SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

QuaTOQ - Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation - Branchenbericht: Chemie- und Pharmaindustrie

Priesack, Kai

Veröffentlichungsversion / Published Version
Forschungsbericht / research report

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
Bundesministerium für Arbeit und Soziales

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Priesack, K. (2019). *QuaTOQ - Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation - Branchenbericht: Chemie- und Pharmaindustrie.* (Forschungsbericht / Bundesministerium für Arbeit und Soziales, FB522/4). Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales; Institut für Innovation und Technik -iit-. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-62870-7

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:
This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.
By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

gesis Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Bundesministerium
für Arbeit und Soziales

FORSCHUNGSBERICHT

522/4

QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation

– Branchenbericht: Chemie- und Pharmaindustrie –

Mai 2019

ISSN 0174-4992

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

Gefördert durch:

Bundesministerium für Arbeit und Soziales

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Branchenbericht: Chemie- und Pharmaindustrie

QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation

Kai Priesack, Wenke Apt, Gina Glock,
Kerstin Goluchowicz, Marc Bovenschulte

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **2**

Abbildungsverzeichnis **3**

Tabellenverzeichnis **5**

1 Zusammenfassung **6**

2 Zielsetzung und Vorgehen **9**

2.1 Zielsetzung 9
2.2 Projektdesign 9
2.3 Methodische Ansätze 10
2.3.1 Empirische Analysen 10
2.3.2 Delphi-Verfahren 11
2.3.3 Fallstudien 12
2.3.4 Synthetisierte Roadmap 12

3 Branchenübersicht **14**

3.1 Wirtschaftliche Kennzahlen 14
3.2 Aktuelles 18

4 Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation **20**

4.1 Übersicht 20
4.2 Technologie 25
4.2.1 Digitalisierung einer Prozessindustrie 25
4.2.2 Gestaltungsoptionen 32
4.3 Organisation 33
4.3.1 Digitalisierung und Qualität der Arbeit 33
4.3.2 Flexibilisierungspotenziale in der Arbeitsorganisation 39
4.3.3 Lernförderliche Arbeitsorganisation 44
4.3.4 Gestaltungsoptionen 49
4.4 Qualifikation 50
4.4.1 Qualifikations- und Berufsstruktur sowie Beschäftigungsperspektiven 50
4.4.2 Kernkompetenzen und Berufsbilder der Zukunft 56
4.4.3 Ausrichtung der beruflichen und akademischen Erstausbildung 60
4.4.4 Berufliche Weiterbildung 66
4.4.5 Gestaltungsoptionen 71

5 Fallstudien **72**

5.1 Produktion in der chemischen Industrie 72
5.2 Neue Geschäftsmodelle in der pharmazeutischen Industrie 74

6 Szenario: Chemie- und Pharmaindustrie 2030 ..... **76**

7 Anhang **78**

Literaturverzeichnis **81**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: QuaTOQ-Projektdesign 9
Abbildung 2: Beschäftigte in der deutschen Chemie- und Pharmaindustrie, 1997 – 2018 14
Abbildung 3: Verteilung von Betrieben und Beschäftigten nach Betriebsgrößenklassen, 2017 15
Abbildung 4: Umsatz nach branchenspezifischen Sparten, 2017 16
Abbildung 5: Inlands- und Auslandsumsatz der deutschen Chemie- und Pharmabranche, 2000 – 2017 16
Abbildung 6: Gründe für den Strukturwandel 20
Abbildung 7: Vorbereitung auf zukünftige Herausforderungen 21
Abbildung 8: Synthetisierte Roadmap 22
Abbildung 9: Kerngeschäft vs. neue digitale Geschäftsmodelle 26
Abbildung 10: Einsatz von Assistenzsystemen in der Produktion 29
Abbildung 11: Digitalisierung der Produktion 30
Abbildung 12: Digitalisierung der Forschung und Entwicklung 31
Abbildung 13: Stufen der Arbeitsqualität des DGB-Index Gute Arbeit, 2017 33
Abbildung 14: DGB-Index Gute Arbeit und Kriterien der Guten Arbeit, 2017 34
Abbildung 15: Folgen der Arbeit mit digitalen Mitteln aus Sicht der Beschäftigten, 2016 35
Abbildung 16: Zukünftige physische und psychische Belastung 36
Abbildung 17: Einflussfaktoren auf psychische Belastung 37
Abbildung 18: Einfluss der Digitalisierung auf die örtliche Flexibilität aus Beschäftigtensicht, 2016 40
Abbildung 19: Zukünftige zeitliche, örtliche und inhaltliche Flexibilität 40
Abbildung 20: Zukünftige Flexibilisierung der Arbeitsorganisation 42
Abbildung 21: Branchentypen nach indexbasiertem Ansatz, 2012 45
Abbildung 22: Lernförderlichkeit des Arbeitsumfelds, 2012 46
Abbildung 23: Zukünftige Bedeutung von Lernförderlichkeit des Arbeitsumfelds 47
Abbildung 24: Kriterien zur Schaffung von Lernförderlichkeit 47
Abbildung 25: Zukünftiger Wandel der Handlungs- und Entscheidungsspielräume 48
Abbildung 26: Sozialversicherungspflichtige Beschäftigung nach Qualifikation, 2013 – 2018 50
Abbildung 27: Zukünftige Entwicklung der Qualifikationsstruktur 51
Abbildung 28: Beschäftigungsanteile nach Berufsgruppenstruktur, 2018 52
Abbildung 29: Veränderung der branchenspezifischen Berufsstruktur, 2013 – 2018 52
Abbildung 30: Berufsuntergruppenstruktur für Berufsgruppe Chemie, 2018 53
Abbildung 31: Zukünftige Beschäftigungsentwicklung 55
Abbildung 32: Zukünftige Berufschancen hochschulischer Fachrichtungen 55
Abbildung 33: Heutige und zukünftige Bedeutung ausgewählter Kompetenzen 57
Abbildung 34: Zukünftige IT-bezogene Kompetenzen 58
Abbildung 35: Zukünftige Entwicklung neuer Berufsbilder 59
Abbildung 36: Zukünftige Anpassung der Inhalte in der formalen beruflichen (Erst-)Ausbildung 60
Abbildung 37: Berufliche Ausbildungen im Wandel und Substituierbarkeitspotenzial 61
Abbildung 38: Zukünftige Anpassung der Inhalte in der formalen (Erst-)Ausbildung 64

Abbildung 39: Zukünftiger Praxisbezug in der hochschulischen Ausbildung 65
Abbildung 40: Strategische Allianzen zwischen Wirtschaft und Hochschulen 65
Abbildung 41: Zukünftige Bedeutung der Weiterbildung 68
Abbildung 42: Trajektorie formaler Aus- und Weiterbildung für ausgewählte Berufsprofile 69
Abbildung 43: Zertifizierung informeller Kompetenzen 70

Bildnachweis Titel: Adobe Stock/ Hoda Bogdan

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Teilnehmendenübersicht der Delphi-Befragung 12
Tabelle 2: Digitalisierungspotenziale in der chemisch-pharmazeutischen Industrie 28
Tabelle 3: Gestaltungfelder einer lernförderlichen Arbeitsumgebung 44
Tabelle 4: Definition der Branchen nach Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008 78
Tabelle 5: Indikatorenauswahl und -gewichtung für Branchentypisierung 79
Tabelle 6: Typen der Lernförderlichkeit 79
Tabelle 7: Einflussfaktoren auf psychische Belastung 80

1 Zusammenfassung

Die Chemie- und Pharmabranche ist eine innovationsstarke und beschäftigungsintensive Industrie in Deutschland. Große traditionsreiche Unternehmen sind eng mit der deutschen Industriegeschichte verbunden und prägen bis heute die Struktur der Branche. Die Digitalisierung gilt – wie auch in anderen Branchen – als zentraler Impulsgeber für künftige Veränderungen: Der zunehmende Einsatz von digitalen Assistenzsystemen, die Modularisierung und Flexibilisierung der verfahrenstechnischen Produktionsprozesse, die brancheninterne und -übergreifende Vernetzung von Wertschöpfungsketten sowie die intensivere Nutzung von Daten in allen Geschäftsbereichen verändern die betrieblichen Prozesse nachhaltig, manifestieren sich dabei aber weniger in einem revolutionären sondern vielmehr in einem evolutionären Wandel der chemisch-pharmazeutischen Industrie.

Betrachtet man die letzten 20 Jahre, so verzeichnete die deutsche Chemie- und Pharmabranche trotz vielfältiger globaler wirtschaftlicher und technischer Herausforderungen eine robuste Entwicklung der Beschäftigung. Damit diese positive Entwicklung auch in der Zukunft fortgeschrieben werden kann, bedarf es einer ganzheitlichen Betrachtung und frühzeitigen Antizipation des branchenspezifischen Wandels von Tätigkeiten, Arbeitsinhalten und Arbeitsabläufen. Dazu werden in diesem Bericht das Zusammenspiel und die wechselseitigen Abhängigkeiten von Technologie, Organisation und Qualifikation in der chemisch-pharmazeutischen Industrie untersucht. Ziel ist es, die Auswirkungen branchenspezifischer Entwicklungen und neuer digitaler Assistenzsysteme und -anwendungen (z. B. intelligente Sensorik, AR/VR-Systeme, fortgeschrittene Simulationsverfahren) auf die Arbeitsorganisation und die künftigen Qualifikations- und Kompetenzbedarfe zu untersuchen.

Auf der **Technologieebene** beeinflusst die **Digitalisierung** in hohem Maß die Arbeit der Beschäftigten in der Chemie- und Pharmabranche. Der Digitalisierungsgrad der Arbeit ist deutlich höher als in anderen Branchen. Im Sinne einer „Chemie 4.0“ verändert der digitale Wandel die Arbeitsprozesse in allen Unternehmensbereichen, insbesondere in der Produktion, Wartung („predictive maintenance“) Forschung und Entwicklung (FuE) (inklusive Labore) und Geschäftsmodellentwicklung. Die Veränderungen sind dabei eher inkrementell und vollziehen sich weitgehend im Rahmen vorhandener Prozesstechnologien und etablierter Produktportfolios. Der Trend zu Spezialchemikalien und personalisierter Medizin wird die Modularisierung und Flexibilisierung der Betriebsabläufe langfristig vorantreiben. Zukünftig werden digitale Technologien in der Chemie- und Pharmabranche auch zunehmen, um die Vernetzung mit Kunden und Lieferanten wie auch zwischen verschiedenen Unternehmensbereichen (z. B. Produktion und Logistik) und innerhalb der Produktion voranzutreiben.

Auf operativer Ebene sind derzeit vor allem die elektronische Kommunikation, softwaregestützte Abläufe (z. B. für die Routen- und Produktionsplanung) und die Arbeit mit unterstützenden Geräten (z. B. Datenbrillen, Diagnosegeräten) prägend. Neben mobilen Endgeräten kommen mittel- bis langfristig Virtual-/ Augmented-Reality-Systeme und zu einem geringeren Anteil auch kollaborative Roboter zum Einsatz. In der chemisch-pharmazeutischen Produktion werden eine intelligente Sensorik, ressourceneffiziente und nachhaltige Produktion sowie die standortübergreifende Vernetzung zum künftigen Stand der Technik zählen. In der FuE prägen vor allem fortgeschrittene Simulationen und datenbasierte Auswertungen zunehmend die Arbeit. Insbesondere Big-Data-Auswertungen und/oder Anwendungen der Künstlichen Intelligenz (KI) werden bis zum Jahr 2030 stark zunehmen. Modulare Forschungsanlagen und robotische Systeme (z. B. Pipettierroboter) werden ebenfalls zum Einsatz kommen. Als Herausforderung für die Nutzung der Digitalisierungspotenziale zur datenbasierten Optimierung der betrieblichen Prozesse werden vor allem die Datensicherheit und der Datenschutz gesehen.

Auf der **Organisationebene** steht eine zunehmend **digitalisierte Arbeitsweise** im engen Zusammenhang mit der **Qualität der Arbeit**. Die Chemie- und Pharmabranche zeichnet sich nach Maßstab des DGB-Index Gute Arbeit dabei durch eine überdurchschnittliche Qualität der Arbeit aus. Dieses Ergebnis basiert neben hohen monetären Leistungen an die Beschäftigten auch auf vergleichsweise

einer positiven Bewertung der Gestaltungs- und Entwicklungsmöglichkeiten sowie emotionalen und körperlichen Anforderungen in der Branche. Gleichzeitig zeigen Datenauswertungen, dass die Arbeitsbelastung im Zuge der Digitalisierung aus Sicht der Beschäftigten zuletzt stärker zugenommen hat als in anderen Branchen des Produzierenden Gewerbes. Künftig wird erwartet, dass ein Rückgang der physischen Belastung in der Produktion mit einer Zunahme der psychischen Belastung in der chemisch-pharmazeutischen Produktion und Forschung- und Entwicklung (FuE) einhergeht.

Der digitale Wandel bietet für die Chemie- und Pharmabranche **neue Flexibilisierungspotenziale der Arbeitsorganisation** hinsichtlich der Arbeitszeit- und Arbeitsortsouveränität. Dabei wird in der FuE von einem Wandel im Einklang mit einer modernen flexiblen Arbeitswelt ausgegangen, während in der chemisch-pharmazeutischen Schichtproduktion einer zeitlichen und vor allem räumlichen Flexibilisierung auch künftig rechtliche und sicherheitstechnische Vorschriften. Darüber hinaus gibt es Anzeichen für einen betriebsstrukturellen Wandel der Arbeitsorganisation weg von starren Hierarchien hin zu eher flachen, dezentralen Arbeitsstrukturen, z. B. durch mehr projektbezogene Arbeit und erweiterte Unterstützung durch digitale Technologien.

Eine **lernförderliche Arbeitsorganisation** unterstützt eine stetige (Weiter-)Entwicklung der Qualifikations- und Kompetenzprofile im Prozess der Arbeit. Dabei wird erwartet, dass die Bedeutung eines lernförderlichen Arbeitsumfeldes in der Chemie- und Pharmaindustrie künftig weiter zunimmt. Die größten Potenziale zur Förderung des arbeitsplatznahen Lernens werden für die Chemie- und Pharmabranche in einer angemessenen Unternehmenskultur, mehr Team- bzw. Gruppenarbeit, vielseitigen Handlungsspielräumen sowie dem Einsatz neuer Technologien gesehen.

Auf der **Qualifikationsebene** zeigt sich unter den Beschäftigten in der Chemie- und Pharmabranche ein vergleichsweise hohes **Qualifikationsniveau**, das künftig voraussichtlich weiter ansteigen wird. Hinsichtlich der **Berufsstruktur** wird die Branche von der Berufsgruppe Chemie dominiert, die ein Drittel der Beschäftigten ausmacht. Darüber hinaus prägen Beschäftigte in der Unternehmensorganisation und -strategie, der technischen Produktionsplanung und -steuerung sowie der Maschinenbau- und Betriebstechnik die Branche, wobei zuletzt insbesondere technische Berufe an Beschäftigungsanteilen gewonnen haben. Punktuell ist die Branche insbesondere in naturwissenschaftlichen und technischen Fachgebieten auf Ebene von Fachkräften, Spezialisten und Experten bereits von Fachkräfteengpässen betroffen. Im akademischen Bereich werden Studierenden in Fachgebieten mit interdisziplinärer Ausrichtung an der Schnittstelle von Naturwissenschaften und Technik die besten **Beschäftigungsperspektiven** vorausgesagt. Dagegen besteht Unsicherheit darüber, wie stark der Bedeutungszuwachs von reinen IT-Spezialisten in der Branche künftig sein wird. Insgesamt wird in der Tendenz von einer verhalten-positiven Beschäftigungsentwicklung in der Chemie- und Pharmabranche ausgegangen.

Die **Kernkompetenzen** der Beschäftigten in der Branche werden neben technisch-naturwissenschaftlichen Fachkenntnissen und Problemlösungsfähigkeit künftig zunehmend Innovationsfähigkeit, IT-bezogene Anwender- und Entwicklerkenntnisse sowie Kenntnisse in der Anwendung von Maschinen und vernetzten Systemen sein. Potenzielle **Berufsbilder der Zukunft** zeichnen sich durch technisch-naturwissenschaftliche Schnittstellenkompetenzen sowie ein ganzheitliches Systemverständnis der chemisch-pharmazeutischen Produktions- und Entwicklungsprozesse aus.

Die voranschreitende Digitalisierung wird sich künftig stärker auf **Ausrichtung der beruflichen und hochschulischen Ausbildung** in naturwissenschaftlich-technischen Fachgebieten der Chemie- und Pharmabranche niederschlagen. So erfolgte eine Integration von neuen digitalen Inhalten zuletzt im Jahr 2018 in Form von neuen Wahlqualifikationen in den Ausbildungsordnungen ausgewählter Berufsausbildungen (z. B. Chemikant/in, Elektroniker/in für Automatisierungstechnik). Auch in der hochschulischen Ausbildung ist eine stärkere Integration von IT-bezogenen Inhalten in naturwissenschaftlichen Studiengängen denkbar, wenngleich kein Konsens über den Umfang einer solchen Kompetenzverschiebung besteht.

Die chemisch-pharmazeutische Industrie zeichnet sich schon heute durch eine überdurchschnittliche Intensität der **beruflichen Weiterbildung** aus und bietet damit eine gute Basis, um die Beschäftigten qualifikatorisch auf die künftigen Veränderungen der Arbeitswelt vorzubereiten. Es wird erwartet, dass künftig neben formalisierter Weiterbildung insbesondere informelle Lernformen in der Branche an Bedeutung gewinnen. Die Potenziale für ein Anerkennungssystem von informell erworbenen Kompetenzen für Beschäftigte der Branche werden unterschiedlich bewertet.

2 Zielsetzung und Vorgehen

2.1 Zielsetzung

Der allgemeine Wandel von Tätigkeiten, Arbeitsinhalten und -abläufen unter dem Einfluss der Digitalisierung und unterschiedlicher Modelle der Arbeitsorganisation wie auch die damit verbundenen Qualifikations- und Kompetenzbedarfe wurden in Fachveröffentlichungen in der jüngeren Vergangenheit zwar behandelt, aber kaum aufeinander bezogen. Aus diesem Grund zielt das Forschungsvorhaben QuaTOQ darauf ab, zukünftige Arbeitsformen und -inhalte vor dem Hintergrund einer weiterhin zunehmenden Technisierung, vor allem aber Digitalisierung der Leistungserbringung und Wertschöpfung, *branchenbezogen* zu betrachten und diese mit Fragen der Beschäftigungs- und Innovationsfähigkeit quantitativ wie qualitativ zu verbinden.

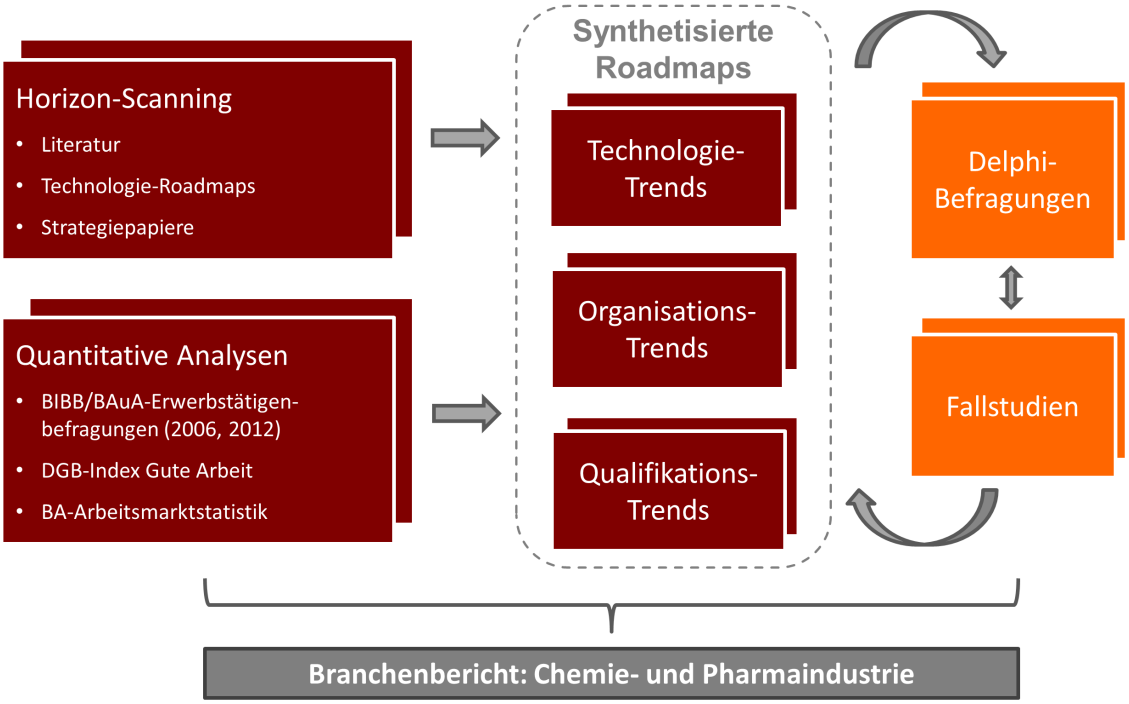
Mit dem Forschungsprojekt sollen das komplexe Zusammenspiel und die wechselseitigen Abhängigkeiten von Technologie, Organisation und Qualifikation betrachtet werden. Die Untersuchungen beziehen sich einerseits auf die Arbeitswelt und somit die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten im weitesten Sinne. Andererseits werden Fragen des Arbeitsmarktes thematisiert, und somit Aspekte der aktuellen Beschäftigungsverhältnisse und relevanter Trends im Hinblick auf Branchen oder entsprechende Digitalisierungsgrade von Tätigkeiten.

Der vorliegende Bericht zur Chemie- und Pharmabranche ist Teil einer Serie von Branchenberichten, die im Rahmen des Forschungsprojektes QuaTOQ erstellt werden.

2.2 Projektdesign

Um ein umfassendes Bild der vergangenen Entwicklungen und zukünftigen Trends beim komplexen Zusammenspiel zwischen den Ebenen Technologie, Organisation und Qualifikation in der Chemie- und Pharmabranche zu erhalten, integriert das Projektdesign qualitative und quantitative Methoden in einem iterativen Prozess (Abbildung 1).

Abbildung 1: QuaTOQ-Projektdesign



Quelle: Eigene Darstellung.

In einem ersten Schritt werden auf Grundlage eines Horizon-Scannings und empirischen Analysen (vgl. Abschnitt 2.3.1) branchenspezifische Trends und Szenarien abgeleitet.[1] In einem zweiten Schritt werden diese Szenarien auf Basis einer Delphi-Befragung validiert und angepasst (vgl. Abschnitt 2.3.2) und in praxisbezogenen Fallstudien weiter vertieft (vgl. Abschnitt 2.3.3). Die Kernszenarien und Themen werden schließlich in einer synthetisierten Roadmap visualisiert und vertiefend diskutiert (vgl. Abschnitt 2.3.4). Dieser mehrstufige Ansatz verbindet somit das Wissen aus der Literatur und datenbasierten Analysen mit Wissen aus der Praxis.

2.3 Methodische Ansätze

2.3.1 Empirische Analysen

Die primäre Datengrundlage der statistischen Analysen bildet die **BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung (ETB) 2012**, eine repräsentative Erhebung von Kernerwerbstätigen in Deutschland (vgl. Rohrbach-Schmidt, 2009, Rohrbach-Schmidt & Hall, 2013).[2] Die Befragung umfasst pro Welle ca. 20.000 Erwerbstätige und adressiert die Kernthemen „Arbeit und Beruf im Wandel“ und „Erwerb und Verwertung von beruflichen Qualifikation“. Die analysierte Stichprobe beinhaltet alle befragten Erwerbspersonen im Alter zwischen 18 und 64 Jahren, die mindestens zehn Stunden wöchentlich arbeiten und nicht in Ausbildung sind. Zur Wahrung der Bevölkerungsrepräsentativität erfolgt die Auswertung der Stichprobe unter Berücksichtigung der Stichprobendesign- und Ausfallgewichtung (Gensicke, Tschersich & Hartmann, 2012). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Antworten die subjektive Einschätzung der Befragten abbilden. Für eine branchenbezogene Analyse der Daten wurden 34 Branchen als Kombinationen von (aggregierten) Wirtschaftszweigen (Klassifikation WZ2008) und Berufen (Klassifikation KldB2010) definiert (vgl. Tabelle 11 im Anhang).[3],[4],[5] Branchen werden weitergehend als „wertschöpfender Kern“ definiert, indem Erwerbstätige aus nachgeordneten Service-Berufen aus der Stichprobe entfernt werden (vgl. Fußnote zu Tabelle 11). Die **Branche „Chemie und Pharma“** ist in den Datenanalysen durch die Beschäftigung in Kernberufen der beiden Wirtschaftszweige „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ und „Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen“ definiert.[6] Die Unterscheidung nach den Vergleichsgruppen „produzierendes Gewerbe“ und „Dienstleistungen“ erfolgt nach Wirtschaftszweigen auf Basis der Definition des Statistischen Bundeamtes (2017c).[7]

---

[1] Das Horizon-Scanning beinhaltete eine umfangreiche Auswertung von verschiedenen Quellen wie renommierte Fachzeitschriften, graue Literatur, Strategiepapiere und Forschungsberichte von relevanten Akteuren aus Wirtschaft, Verbänden und Wissenschaft, Forschungsnachrichten von großen Förderorganisationen, etablierte Tagespresse und populärwissenschaftliche Zeitschriften und Experten-Abfragen.

[2] Aktuell erfolgt die Neuauflage der Erwerbstätigenbefragung (BIBB/BAuA-ETB 2018). Diese steht jedoch erst ab dem ersten Quartal 2020 für die allgemeine Forschung zur Verfügung und kann daher in diesem Bericht nicht verwendet werden, vgl. https://www.bibb.de/de/65740.php, zuletzt aufgerufen am 27.02.2019.

[3] Vgl. https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftklassifikationen/Content75/KlassifikationWZ08.html, zuletzt aufgerufen am 27.02.2019.

[4] Vgl. https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Berufe/KlassifikationKldb2010.html, zuletzt aufgerufen am 27.02.2019.

[5] Die Definition der Branche „Pflege und Versorgung“ stellt einen Sonderfall dar und setzt sich ausschließlich aus Gesundheits-, Kranken- und Altenpfleger/-innen zusammen, die in Wirtschaftszweigen des Gesundheits- und Sozialwesens tätig sind.

[6] Die Branchendefinition der Chemie- und Pharmaindustrie folgt einer gängigen Definition in der Literatur (vgl. z. B. Deloitte (2017); Kantar TNS Business Intelligence [TNS] und Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH [ZEW] (2018b); ZEW (2017)). Unter anderem wird der Wirtschaftszweig „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“, der der chemischen Industrie ebenfalls nahe steht, im Rahmen der eigenen empirischen Auswertungen nicht der Chemie- und Pharmaindustrie zugeordnet. Bei der Diskussion von Statistiken Dritter wird explizit darauf hingewiesen, wenn die Definition der chemischen Industrie weitere Wirtschaftszweige umfasst.

[7] Eine Ausnahme bildet die Branche „Pflege und Versorgung“, die in Anlehnung an Roth (2017) der Vergleichsgruppe „Dienstleistungen“ zugeordnet wird.

Als ergänzende Datenbasis wird der **DGB-Index Gute Arbeit 2012 – 2017** herangezogen. Dieser Index ist eine seit 2007 jährlich durchgeführte repräsentative Erwerbstätigenbefragung zu Arbeitsbedingungen sowie physischer und psychischer Belastung von Beschäftigten in Deutschland. Mit dem DGB-Index Gute Arbeit wird basierend auf 11 Kriterien eine Messung von der Arbeitsqualität angestrebt. Seit der Weiterentwicklung des DGB-Index in der Erhebungsperiode 2011/2012 (Holler, 2013) umfasst die Befragung insgesamt mehr als 40.000 Erwerbstätige. Die Befragungswelle von 2016 umfasst 9.737 abhängig Beschäftigte und beinhaltet eine Sonderauswertung zum Thema „Die Digitalisierung der Arbeitswelt“ (Holler, 2017). In Anlehnung an die BIBB/BAuA-ETB 2012-Analyse umfasst die Stichprobe alle befragten Erwerbspersonen bis zum Alter von 65 Jahren, die nicht in Ausbildung sind. Die Auswertung erfolgt unter Berücksichtigung von verfügbaren Gewichtungsfaktoren. Wie bei der BIBB/BAuA-ETB 2012 ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten, dass die Antworten die subjektive Einschätzung der Befragten abbilden. Darüber hinaus erfolgt die Branchendefinition in den Daten des DGB-Index Gute Arbeit ausschließlich über den Wirtschaftszweig.

2.3.2 Delphi-Verfahren

Mit der Delphi-Befragung werden branchenspezifische Trends zu Technologie, Organisation und Qualifikation durch Experten der Chemie- und Pharmabranche konkretisiert und validiert.[8] Die Befragung erfolgte anonym als softwaregestützte Online-Befragung in zwei Zyklen im Zeitraum von November bis Dezember 2018. In der ersten Runde der Delphi-Befragung wurden die Expertinnen und Experten gebeten, 33 geschlossene und offene Fragen bzw. Frageblöcke zu beantworten. In der ersten Befragungsrunde zur Chemie- und Pharmabranche haben 27 Personen den Fragebogen abgeschlossen. In der zweiten Runde der Delphi-Befragung hatten die Expertinnen und Experten die Möglichkeit, auf Grundlage der Kollektivmeinung aus der ersten Runde ihre Aussagen mit den Meinungen der anderen Experten zu ausgewählten Thesen zu reflektieren, vertiefende Thesen zu bewerten und in offenen Fragen weitere Beispiele zu nennen. In der zweiten Delphi-Runde schlossen 12 Personen den Fragebogen ab. Aufgrund der begrenzten Teilnehmerzahl in der zweiten Runde basieren die im Bericht dargestellten Ergebnisse der geschlossenen Fragen ausschließlich auf den Ergebnissen der ersten Befragungsrunde. Diese werden jedoch um qualitative Aussagen aus den offenen Fragen der zweiten Delphi-Runde ergänzt.[9]

[8] Für Details zur Delphi-Methode siehe Vorgrimler und Wübben (2003).

[9] Darüber hinaus diente eine interne Auswertung der geschlossenen Fragen aus der zweiten Runde als Plausibilitätscheck. Dabei zeigte sich, dass die Kernergebnisse der ersten Runde durch die Teilnehmenden der zweiten Runde weitgehend bestätigt wurden. Auf signifikante Abweichungen wird im Text entsprechend eingegangen.

Tabelle 1: Teilnehmendenübersicht der Delphi-Befragung

1. Befragungszyklus		
Kriterium	***Häufigkeit***	***Anteil***
Akteur		
Unternehmen	*17*	*63 %*
Wissenschaft und Forschung	*7*	*26 %*
Öffentl. Verwaltung, Gewerkschaft, Verbände, Netzwerke oder Politik	*2*	*7 %*
Beratungsunternehmen	*1*	*4 %*
Insgesamt	***27***	***100 %***
Unternehmensgröße		
Kleines und mittleres Unternehmen (bis 249 Beschäftigte)	*15*	*55 %*
Großunternehmen (mehr als 249 Beschäftigte)	*8*	*30 %*
Keine Angaben / Nicht zutreffend	*4*	*15 %*
Insgesamt	***27***	***100 %***
2. Befragungszyklus		
Rücklaufquote	***12***	***44 %***

Quelle: Delphi-Befragung.

2.3.3 Fallstudien

Ausgangspunkt der Fallstudien sind leitfadengestützte Einzelinterviews mit leitenden Vertretern aus Unternehmen der Chemie- und Pharmabranche. Die Fallstudien sollen insbesondere identifizierte Trends der vorhergehenden Untersuchungen validieren und konkretisieren. Die Interviews wurden zunächst transkribiert und in Texte überführt und – nach schriftlicher Klärung offener Fragen – abschließend von der Gesprächspartnerin bzw. dem Gesprächspartner freigegeben. Außer der Branche und dem Geschäftsbereich enthalten die Fallstudien keine weiteren Angaben zum Unternehmen und zur Interviewpartnerin bzw. zum Interviewpartner.

2.3.4 Synthetisierte Roadmap

In Anlehnung an die Visual-Roadmapping-Methodik von Kind, Hartmann und Bovenschulte (2011) erfolgt eine Trendanalyse zur Identifizierung von Zeithorizonten neuartiger technologischer Entwicklungen und deren Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation sowie Qualifikations- und Kompetenzanforderungen in Form einer synthetisierten Roadmap. Die Vorgehensweise eignet sich besonders für die Vorausschau und Bestimmung von Meilensteinen auf dem Weg vom „Jetzt“ hin zu möglichen Zukunftsszenarien in der Arbeitswelt.

Die synthetisierte Roadmap ist das Ergebnis eines iterativen Auswertungsprozesses: Ausgehend von einer Analyse bestehender Technologie-Roadmaps und Strategiepapieren in Kombination mit einer umfassenden Literaturauswertung wurde eine *vorläufige* Version der synthetisierten Roadmap erstellt. Von dieser Roadmap wurden Kernthesen abgeleitet und im Rahmen einer Delphi-Befragung verifiziert und ergänzt. Abschließend wurden die Ergebnisse der Delphi-Befragung in eine *finale* Version der synthetisierten Roadmap eingearbeitet.

Die Visualisierung der synthetisierten Roadmap spiegelt die drei zentralen Betrachtungsebenen von QuaTOQ wider: Technologie, Organisation und Qualifikation. Diese Analyse wird sowohl von branchenspezifischen als auch branchenübergreifenden „Kontextfaktoren“ flankiert, die potenzielle Einflussfaktoren auf zukünftige Entwicklungen auf den drei Ebenen darstellen und in Anlehnung an eine PEST-Analyse den vier thematischen Gruppen „gesellschaftlich“, „politisch/ökonomisch“, „technologisch“ und „ökologisch“ zugeordnet werden (Paul & Wollny, 2014). Mittels eines Horizon-Scannings werden zudem Trendhypothesen für die Zeiträume bis 2020, 2025, 2030 und darüber hinaus ermit-

telt.[10] Ausgangspunkt dieser Untersuchung ist die Ebene Technologie, die durch eine Auswertung bestehender Technologie-Roadmaps und Strategiepapiere umfassend dargestellt wird. Insbesondere wird die Technologie als Initiator des Wandlungsprozesses von Organisationsstrukturen und Qualifikations- und Kompetenzanforderungen verstanden.

Die synthetisierte Roadmap hat nicht das Ziel, alle denkbaren Szenarien zukünftiger Entwicklungen in den drei Dimensionen Technologie, Organisation und Qualifikation aufzuzeigen, sondern soll vielmehr wichtige Herausforderungen hervorheben und potenzielle Entwicklungspfade darstellen.

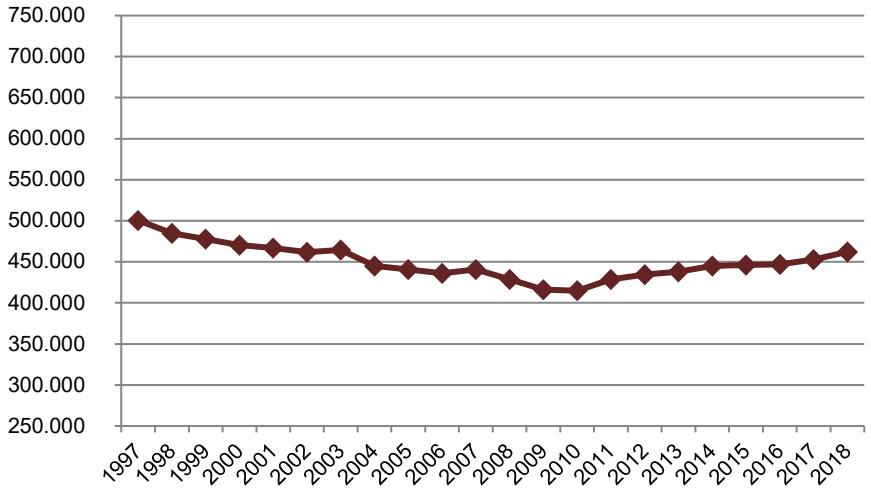
[10] Das Horizon-Scanning beinhaltete eine umfangreiche Auswertung von verschiedenen Quellen wie renommierte Fachzeitschriften, Strategiepapiere von relevanten Akteuren aus Wirtschaft, Verbänden und Wissenschaft, Forschungsnachrichten von großen Förderorganisationen, etablierte Tagespresse und populärwissenschaftliche Zeitschriften und Experten-Abfragen.

3 Branchenübersicht

3.1 Wirtschaftliche Kennzahlen

Die Chemie- und Pharmabranche verzeichnete seit dem Jahr 2010 ein Beschäftigungsplus von 38.000 Personen und beschäftigte im Jahr 2018 etwa 462.000 Personen (Abbildung 2). Der Anteil der chemisch-pharmazeutischen Beschäftigung an der gewerblichen Wirtschaft in Deutschland lag damit zuletzt bei ca. 1,5 %.[11] Mit einem Beschäftigungswachstum seit 2010 von +11 % folgte die Branche einer insgesamt positiven Entwicklung am deutschen Arbeitsmarkt (Bundesagentur für Arbeit, 2017). Der stabilen Beschäftigungsentwicklung im letzten Jahrzehnt war jedoch eine in den 1990er Jahren eingeleitete Rationalisierungswelle vorausgegangen. So sank die Beschäftigung in der Chemie- und Pharmabranche zwischen 1997 und 2010 von über 500.000 Personen auf ca. 415.000 Personen, was einem Rückgang von 17,1 % entsprach. Der Arbeitsplatzabbau ging insbesondere zulasten von ungelernten und angelernten Tätigkeiten (Prognos AG, 2013).

Abbildung 2: Beschäftigte in der deutschen Chemie- und Pharmaindustrie, 1997 – 2018



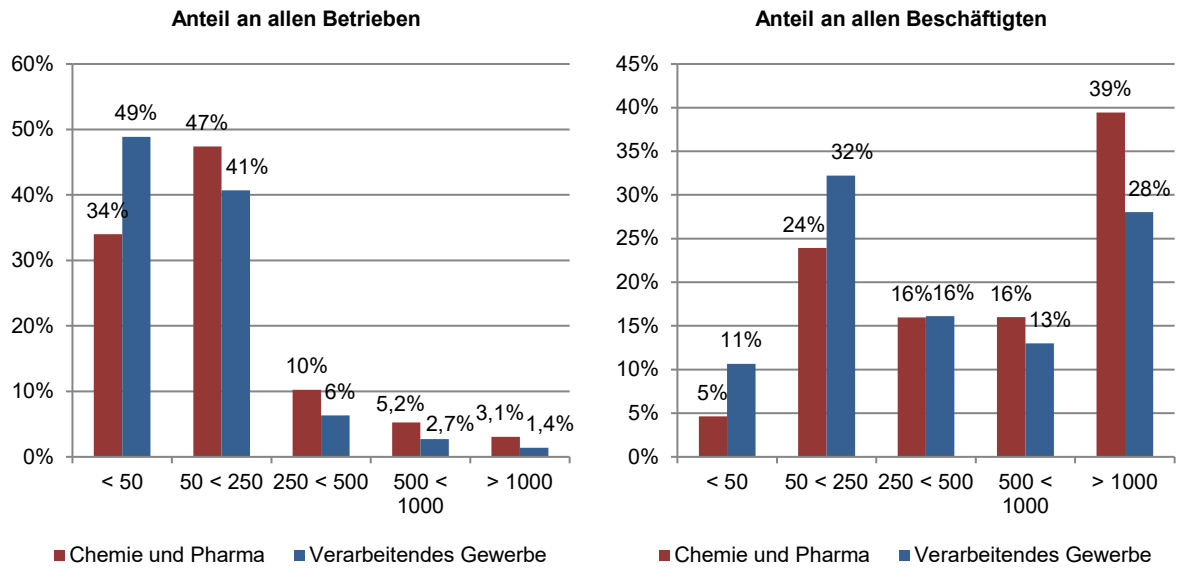
Anmerkung: Die Statistik erfasst Beschäftigte in Betrieben mit 20 oder mehr tätigen Personen.
Quelle: Eigene Darstellung. Statista GmbH (2018a).

Für die Chemie- und Pharmaindustrie sind sowohl Großunternehmen als auch mittelständische Betriebe von hoher Bedeutung. Dabei lässt die Verteilung der Betriebe nach Betriebsgrößenklassen in der Chemie- und Pharmabetriebe im Jahr 2017 im Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe jedoch eine Verschiebung hin zu größeren Unternehmen erkennen (Abbildung 3, links). So ist der Anteil der Kleinbetriebe mit weniger als 50 Beschäftigten in der Chemie- und Pharmabranche deutlich geringer (34 statt 49 %), während der Anteil an mittelständischen Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten (KMU) signifikant höher ist (+4 bis 6 %-Pkt.). Darüber hinaus übersteigt auch der Anteil an großen und sehr großen Betrieben (mit mehr als 500 bzw. 1.000 Beschäftigten) mit 5 bzw. 3,1 % den durchschnittlichen Anteil im verarbeitenden Gewerbe um etwa das Doppelte.

Erwartungsgemäß ist auch der Anteil der Beschäftigten in sehr großen Betrieben mit 39 % deutlich höher als im Durchschnitt des verarbeitenden Gewerbes (28 %). Zu den in Deutschland beschäftigungsstärksten Unternehmen im Jahr 2017 zählen unter anderem BASF mit 54.000 Beschäftigten, Bayer mit 32.000 Beschäftigten sowie Boehringer Ingelheim mit 15.000 Beschäftigten (BASF, 2017; Bayer, 2017; Boehringer Ingelheim, 2017). Gleichzeitig zeigt sich, dass die Beschäftigung in mittelständisch geprägten Betrieben (mit 50 bis 1.000 Beschäftigten) mehr als die Hälfte der Gesamtbeschäftigung in der Branche ausmacht (56 %) (Abbildung 3, rechts).

[11] Angabe basiert auf Statistiken zur sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung der Bundesagentur für Arbeit (März 2018).

Abbildung 3: Verteilung von Betrieben und Beschäftigten nach Betriebsgrößenklassen, 2017

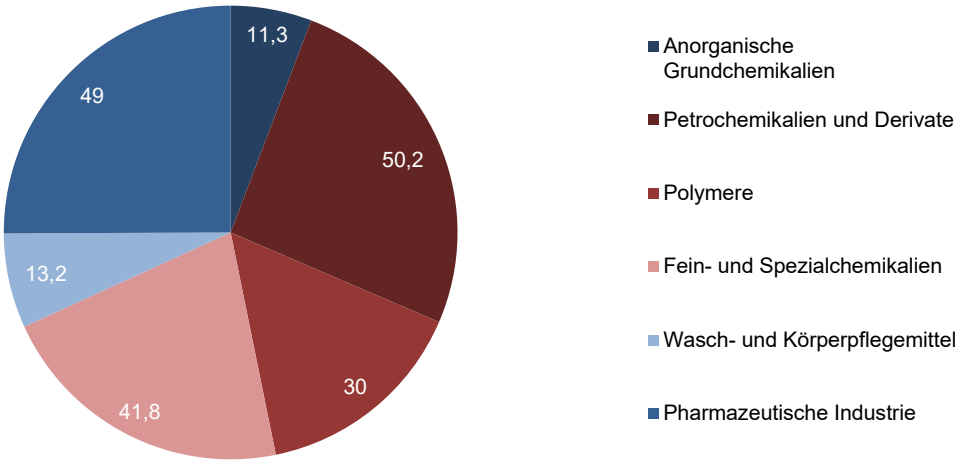


Anmerkung: Die Statistik erfasst Beschäftigte in Betrieben mit 20 oder mehr tätigen Personen.
Quelle: Eigene Darstellung. Destatis (2017b).

Während die chemischen Großunternehmen überwiegend Vorleistungsgüter produzieren, sind mittelständische Betriebe regelmäßig Kunden der Großunternehmen und verarbeiten die Vorprodukte zu Spezialchemikalien weiter (Verband der Chemischen Industrie e. V. [VCI] & Prognos AG, 2017; VCI, 2018b). Zu den wichtigsten Abnehmer-industrien zählen, neben der Chemie- und Pharmaindustrie selbst, die Gummi- und Kunststoffindustrie, die Automobilbranche, der Maschinenbau, das Baugewerbe, die Papier- und Druckindustrie, die Textil-, Bekleidungs- und Lederindustrie sowie private Haushalte (Gehrke & von Haaren, 2014). Deutschland kann nicht nur eine starke Grundstoff- und Spezialchemie vorweisen, sondern stellt auch eine große Bandbreite von verschreibungspflichtigen Arzneimitteln (RX, „ethischer Mark“) wie Original-Präparaten, Generika sowie Biosimilars und nicht-verschreibungspflichtigen Produkten (OTC-Produkte, Over-The-Counter) für den OTX-Markt („semi-ethischer Markt“, apothekenpflichtig) und den Selbstmedikationsmarkt (SM, teilweise apothekenpflichtig, auch Consumer Health) her (Meissner, 2003).

Der Umsatz der chemisch-pharmazeutischen Industrie lag im Jahr 2017 bei 196 Milliarden Euro. Gemessen am Umsatz ist die Chemie- und Pharmabranche mit einem Anteil von 10,3 % am Gesamtumsatz des verarbeitenden Gewerbes nach der Automobilbranche (426 Milliarden Euro, 22,5 %) und dem Maschinenbau (226 Milliarden Euro, 13,3 %) der drittgrößte Industriezweig in Deutschland (VCI, 2018b). Zuletzt konnte die Branche ihren Umsatz zwischen 2017 und 2018 nochmals um weitere 4,5 % steigern (VCI, 2018c). Drei Viertel des Gesamtumsatzes der chemisch-pharmazeutischen Industrie wird mit Basis- und Spezialchemikalien sowie Pflegeprodukten erzeugt und ein Viertel durch pharmazeutische Erzeugnisse (Abbildung 4). Im Vergleich zum Vorjahr ist der Umsatz im Jahr 2017 in allen Sparten gestiegen. Das stärkste Umsatzwachstum verzeichnete die Branche bei den Polymeren (Hauptkomponente für die Herstellung von Kunststoffen) mit etwa 17 %, das geringste Wachstum mit 2 % gab es hingegen bei den Pharmazeutika. Insgesamt gehen 24 % der Chemieprodukte direkt an die Endverbraucher (VCI, 2018b). Der Anteil des Umsatzes von kleinen und mittelständischen Unternehmen liegt im Durchschnitt über alle Sparten bei rund 27 %; der von Großunternehmen entsprechend bei 73 %.

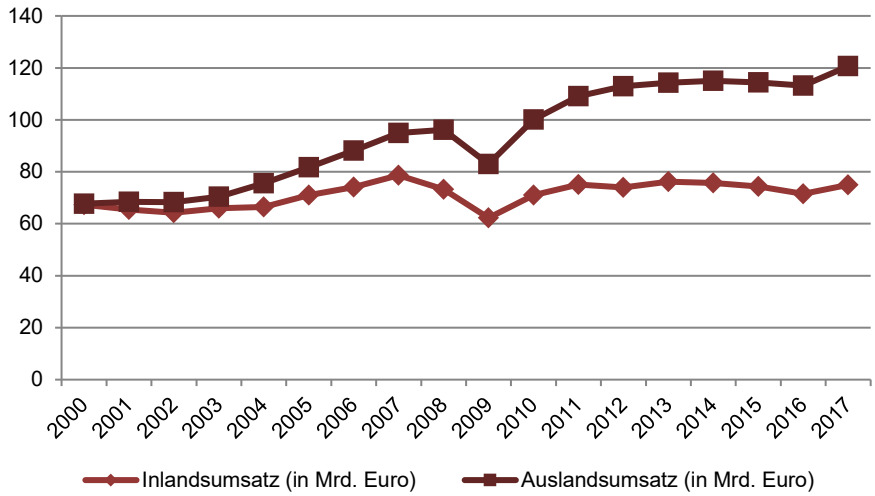
Abbildung 4: Umsatz nach branchenspezifischen Sparten, 2017



Anmerkungen: Angaben in Milliarden Euro.
Quelle: Eigene Darstellung. VCI (2018a).

Zuletzt wurden zwar noch etwa 40 % des Gesamtumsatzes der Branche im Inland generiert, der wichtigste Wachstumstreiber in den letzten zwei Jahrzehnten war jedoch das Ausland. So stieg der im Inland erzeugte Umsatz seit 2000 um etwa 11 %, während das Umsatzwachstum im Ausland bei 78 % lag (Abbildung 5). Während die Großunternehmen ihre Produktion zunehmend in die Abnehmerländer verlagert haben, findet im Mittelstand die Produktion weiterhin überwiegend in Deutschland statt (mehr als 80 %). Dennoch bedienen auch mittelständische Betriebe internationale Absatzmärkte und erzielen mittlerweile etwa 45 % ihrer Umsätze im Ausland – davon die Hälfte außerhalb Europas (Deloitte, 2017).

Abbildung 5: Inlands- und Auslandsumsatz der deutschen Chemie- und Pharmabranche, 2000 – 2017



Quelle: Eigene Darstellung. Statista GmbH (2018b).

Die chemisch-pharmazeutische Industrie zeichnet sich durch einen überdurchschnittlichen Anteil der Forschung- und Entwicklungsausgaben am Umsatz aus („FuE-Ausgabenintensität“), der insbesondere aus den hohen Ausgaben für die Entwicklung neuer Wirkstoffe und Produkte der Pharmaunternehmen resultiert. Im Branchenvergleich lag die FuE-Intensität der Chemie- und Pharmabranche im Jahr 2016 mit etwa 8 % an dritter Stelle hinter der Elektroindustrie (10,5 %) und der Automobilbranche (10 %). Betrachtet man die Pharmaindustrie darüber hinaus isoliert, so übersteigt die pharmazeutische FuE-Intensität mit ca. 18 % sogar deutlich die Werte aller anderen Branchen. Maßgebend für die hohe

FuE-Intensität sind – wie auch in vielen anderen Branchen – vor allem Großunternehmen (Schubert & Rammer, 2018). In einer Gesamtbetrachtung der chemischen Industrie investieren Unternehmen jährlich etwa 7 Milliarden Euro in neue Anlagen und über 10 Milliarden Euro in FuE (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015).

Beim Innovations-Output, der durch die Umsatzanteile von Produkten, die jünger als drei Jahre sind, bemessen wird, rangiert die Chemie- und Pharmabranche mit 16 % im Jahr 2015 zwar im oberen Drittel unter 21 Vergleichsbranchen, weist aber eine deutlich geringere Innovationskraft zu einigen anderen Branchen des verarbeitenden Gewerbes auf (z. B. Fahrzeugbau 48 %, Elektroindustrie 33 % oder Maschinenbau 21 %) (ZEW (2017). Die Pharma- und Chemieindustrie zeichnet sich schließlich durch eine weit verbreitete Innovationskooperation mit Wissenschaftseinrichtungen aus. So lag der Anteil innovationsaktiver Unternehmen, die mit Wissenschaftseinrichtungen kooperieren, im Jahr 2016 mit 48 % deutlich vor allen anderen Branchen, wie bspw. der Elektroindustrie (36 %) und der Automobilbranche (32 %) (Rammer, Doherr, Krieger & Schubert, 2018). Dabei weisen die deutschen Chemie- und Pharmaunternehmen auch im europäischen Vergleich eine vergleichsweise hohe Kooperationsaktivität mit wissenschaftlichen Einrichtungen auf (Gehrke & Rammer, 2017).[12]

[12] Ein Beispiel ist das aktuelle Forschungsprojekt „Privacy Mechanismen“ der Lehrstühle für Sozialpsychologie und Verteilte Systeme der Universität Duisburg-Essen und Evonik Digital zur Entwicklung eines Privacy-schonenden Sicherheitsüberwachungssystems für die chemische Produktion.

3.2 Aktuelles

Unternehmen in der chemisch-pharmazeutischen Industrie befinden sich aktuell in einem Spannungsfeld aus gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Faktoren, welche die Marktentwicklung ihres Kerngeschäfts beeinflussen. Der demografische Wandel bedingt in den Industrie- und Schwellenländern eine höhere Nachfrage nach Medikamenten zur Bekämpfung alterstypischen und chronischen Erkrankungen (z. B. Alzheimer, Arthritis, Krebs). In Schwellenländern steigt mit dem höheren Wohlstandsniveau auch die Verbreitung von Zivilisationskrankheiten wie Adipositas, Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs. Durch das zunehmende Gesundheitsbewusstsein der breiten Bevölkerung ergeben sich zusätzliche Absatzpotenziale, insbesondere in der personalisierten Medizin (z. B. in den Bereichen Immunonkologie und Gentherapie) wie auch an der Schnittstelle von Pharmazie und Medizintechnik (Commerzbank AG, 2018; VCI & Prognos AG, 2017). Damit steigt die weltweite Nachfrage nach Medikamenten und bietet für deutsche Unternehmen vor allem in heutigen Entwicklungs- und Schwellenländern Wachstumspotenziale.

Deutsche Unternehmen können aufgrund ihrer starken Innovationsorientierung auch von den neuen Konsummustern profitieren, sind jedoch auch mit Fachkräfteengpässen (insbesondere bei Ingenieuren und nicht-akademischen Produktionsberufen) wie auch mit einem steigenden Kostendruck konfrontiert (VCI & Prognos AG, 2017). Der Kostendruck resultiert einerseits aus Bemühungen von staatlicher Seite wie auch von Krankenkassen und anderen Kostenträgern im Gesundheitswesen, die steigende Ausgabenlast im Arzneimittelbereich zu mindern. Demnach schränken immer detailliertere Preiskontrollen und Vergütungsregeln für Medizinprodukte den Handlungsspielraum der Pharmaunternehmen ein. Beispielsweise sieht das Änderungsgesetz der Gesetzlichen Krankenversicherung ein sogenanntes Preismoratorium vor, das verhindern soll, dass Pharmahersteller einseitige Preiserhöhungen für Medikamente (außerhalb der Festbetragsgruppe) festlegen (Commerzbank AG, 2018). Andererseits ergibt sich der höhere Kostendruck aus dem globalen Wettbewerb und dem Markteintritt neuer, lokaler und/oder branchenfremder Player. Der verschärfte globale Wettbewerb mit amerikanischen, asiatischen und osteuropäischen Unternehmen bedingt, dass die Produktion von Pharmazeutika zunehmend in die Abnehmerregionen verlagert wird (Malanowski & Awenius, 2017). Vor diesem Hintergrund sind Unternehmen der chemisch-pharmazeutischen Industrie ebenso gezwungen, über die reine Wirkstoffentwicklung hinaus zu denken und neue Geschäftsmodelle zu erschließen (Stark, 2018). Der Kostendruck variiert jedoch zwischen den Produktsegmenten sehr stark: Während im Bereich der Onkologie und „Orphan Drugs“ (d. h. Medikamente gegen seltene Krankheiten) die Medikamentenpreise stabil sind, besteht ein hoher Margen- und Preisdruck bei Herstellern von Generika bzw. mit ablaufenden Patenten. Ein großes Wachstumspotenzial besteht unterdessen für biotechnologisch hergestellte Medikamente (Biopharmazeutika) und deren Nachahmerprodukte (sogenannte Biosimilars) sowie für Medikamente gegen seltene Krankheiten (Commerzbank AG, 2018).

In der chemischen Industrie ist das Wachstumspotenzial für Basischemikalien bis 2030 eher gering. Die zentrale Säule der deutschen Basischemie ist die Ressourceneffizienz, die bisher aus einem engen, oftmals unternehmensübergreifenden Produktionsverbund resultiert (z. B. in Verbundunternehmen oder Chemieparks). In Zukunft werden jedoch die im internationalen Vergleich hohen Energie- und Rohstoffkosten in Deutschland den Importdruck auf Basischemikalien erhöhen und das Wachstumspotenzial der Basischemie schmälern. Gleichzeitig wird die Bedeutung forschungsintensiver und höherwertiger Spezialchemikalien perspektivisch zunehmen. Der wesentliche Treiber in diesem Segment sind Innovationen. Im internationalen Wettbewerb können deutsche Chemieunternehmen von langjährigen Erfahrungen in der Herstellung von Spezialchemikalien profitieren und von neuen Absatzmöglichkeiten im Ausland profitieren. Bei chemischen Produkten geht ein verhaltenes Nachfragewachstum in Europa mit großen Wachstumschancen in den Schwellenländern Asiens, Südamerikas und längerfristig auch Afrika einher. Gleichzeitig ist eine weltweite Wettbewerbsintensivierung zu beobachten, die auf einen stufenweisen Ausbau von Produktionskapazitäten in den Abnehmerländern zurückgeht (VCI & Prognos AG, 2017). Der Hauptabsatzmarkt bleibt jedoch weiterhin in Europa, un-

geachtet überschaubarer politisch-ökonomisch bedingter Absatzverschiebungen (z. B. aufgrund des Brexit).

Durch den zunehmenden Wettbewerbsdruck und die Globalisierung setzt sich der Trend hin zu einer wirtschaftlichen Konsolidierung innerhalb der Chemie- und Pharmabranche fort. Dies erfolgt einerseits durch Rationalisierung und die Konzentration auf bestimmte Produktsegmente oder Unternehmensbereiche. Beispielsweise plant Bayer derzeit einen tiefgreifenden Konzernumbau und den Verkauf der Bereiche Consumer Health und Pharma (Fröndhoff & Hofmann, 2018). In diesem Zusammenhang ist seit einigen Jahren auch die Verlagerung von deutschen FuE-Kapazitäten ins Ausland beobachtbar (Woppowa, 2018). Andererseits beteiligen sich deutsche Großunternehmen zunehmend an großvolumigen Fusionen und Übernahmen zum Aufbau bestimmter Fertigkeiten und Produktsparten, etwa in den Bereichen Spezialchemikalien, Agrochemie, Biotechnologie oder Life Sciences. Neue Geschäftsfelder wie die Elektromobilität (Batterieentwicklung) und die additive Fertigung (3D-Druck) bieten einerseits neue Absatzpotenziale, andererseits auch attraktive Investitionsmöglichkeiten für deutsche Unternehmen. Darüber hinaus zieht die Chemie- und Pharmabranche vermehrt Investitionen aus dem Technologiebereich an. Insbesondere amerikanische Technologiefirmen wie Amazon, Alphabet oder Apple dringen zunehmend in die Life-Sciences-Branche vor (Stark, 2019). Auch in Deutschland besteht der Trend hin zu strategischen Kooperationen mit Technologieanbietern, um digitale Fertigkeiten aufzubauen und die digitale Transformation in der chemisch-pharmazeutischen Industrie voranzubringen (chemieproduktion-online.de, 2017). Damit ermöglicht die Digitalisierung den Unternehmen neuartige, digitale Geschäftsmodelle und den Wandel zum umfassenden Dienstleister. Die digitale Transformation verläuft dabei jedoch inkrementell und die Veränderungen finden weitgehend im Rahmen bestehender Portfolios, Prozesse und Technologien statt (Deloitte, 2017). Anwendungen in den Bereichen KI und Big Data können die Erfolgsaussichten der Arzneimittelforschung erhöhen. Digitale Anwendungen im operativen Betrieb können ebenfalls die Effizienz und Transparenz der Prozesse erhöhen. Als Herausforderung für die Nutzung der Digitalisierungspotenziale werden die Datensicherheit und der Datenschutz gesehen – insbesondere bei KMU (Gehrke & Rammer, 2018).

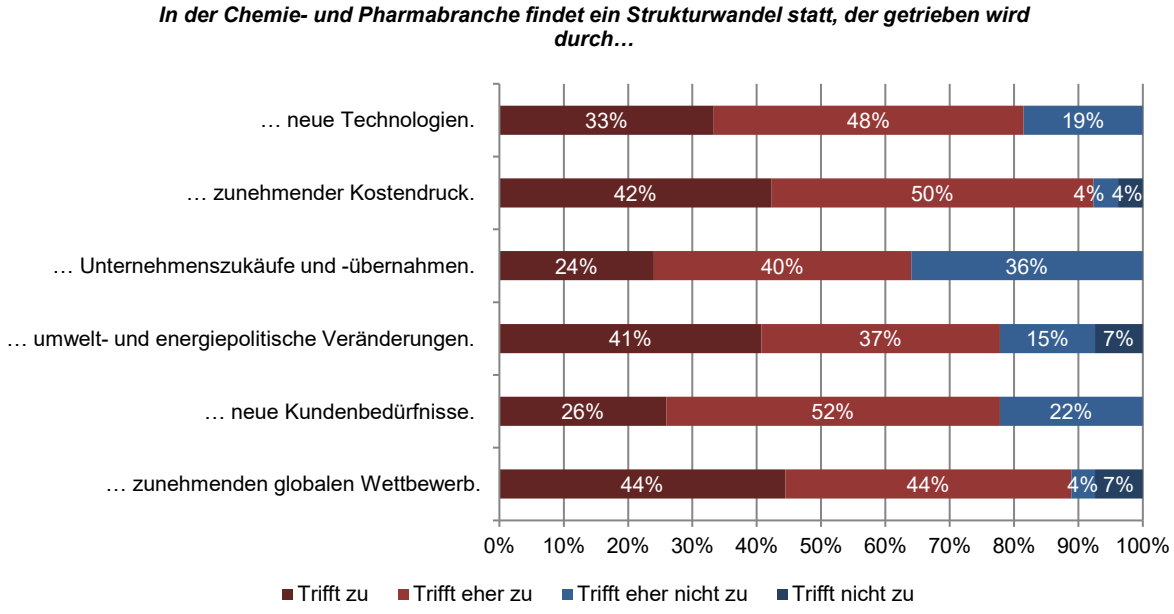
Ein wichtiges Zukunftsfeld der Branche (insbesondere in der chemischen Produktion) ist das Thema Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit, was sich u. a. in der gemeinsamen Initiative „Chemie³“ der Sozialpartner in der Chemie zeigt (Gehrke & Weilage, 2018). Dabei wird auch in Ansätzen einer zirkulären Wirtschaft künftiges Entwicklungspotenzial gesehen (Deloitte, 2017). Gleichzeitig wirken sich nationale und internationale Umweltauflagen direkt und indirekt auf die Branche aus: Beispielsweise wird eine industrielle Produktion auf biologischer Grundlage politisch angestrebt (Bioökonomierat, 2015; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi], 2018a). Dagegen sind für den Pharmabereich vor allem Veränderungen in den regulatorischen Rahmenbedingungen bei der Arzneimittelzulassung und Arzneimittelsicherheit wie auch bei Standardarbeitsanweisungen (Standard Operating Procedures, SOPs) und den Richtlinien zur Qualitätssicherung von Produktionsabläufen und -umgebungen (Good Manufacturing Practive, GMP) relevant (Niggemann & Schnettler, 2018; Winnat, 2018).

4 Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation

4.1 Übersicht

Wenngleich die Chemie- und Pharmabranche im letzten Jahrzehnt ein stabiles Beschäftigungs- und Wirtschaftswachstum verzeichnen konnte (Abschnitt 3.1), so sieht sie sich einer Vielzahl von wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, rechtlichen und ökologischen Herausforderungen ausgesetzt (Abschnitt 3.2). Die Multidimensionalität der Herausforderungen zeigt sich auch in der expertenbasierten Bewertung von potenziell strukturverändernden Einflussfaktoren für die Chemie- und Pharmabranche, die im Rahmen der Delphi-Befragung (Abbildung 8). Wenngleich ein zunehmender Kostendruck und globalen Wettbewerb als potenzielle Gründe mit 92 % und 88 % von den Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung die stärkste Zustimmung erhalten, so werden auch neue Technologien, umwelt- und energiepolitische Veränderungen sowie neue Kundenbedürfnissen von mindestens 78 % der Befragten als Treiber eines Strukturwandels eingeordnet. Etwas überraschend ist lediglich das Ergebnis, dass der Faktor Unternehmenszukäufe und -übernahmen die geringste Zustimmung erhält, obwohl die aktuellen Transaktionsaktivitäten großer Chemie- und Pharmaunternehmen oftmals mit umfangreichen Umstrukturierungsmaßnahmen verbunden werden.

Abbildung 6: Gründe für den Strukturwandel



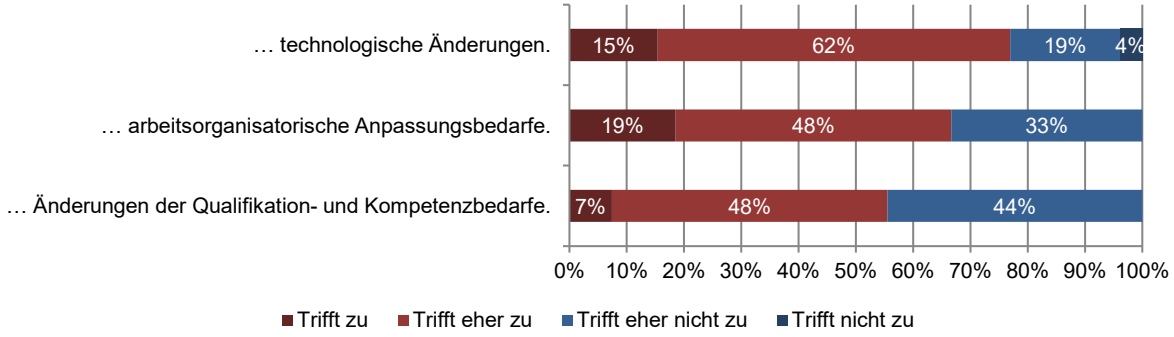
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Weiterführend wurden die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung danach gefragt, wie die Chemie- und Pharmabranche auf die zukünftigen Herausforderungen aus technologischer, arbeitsorganisatorischer und qualifikatorischer Sicht vorbereitet sind (Abbildung 9). Dabei ergibt sich ein verhalten optimistisches Bild. Demnach ist die Chemie- und Pharmabranche auf der technologischen und arbeitsorganisatorischen Ebene für die Zukunft gut gerüstet, gleichzeitig herrscht aber Unsicherheit hinsichtlich der Vorbereitung auf künftige qualifikatorische Herausforderungen. So stimmen 77 % der Expertinnen und Experten der These zu bzw. eher zu, dass die chemisch-pharmazeutischen Unternehmen auf die zukünftigen technologischen Änderungen vorbereitet sind; 67 % glauben zudem, dass auch die Vorbereitung auf arbeitsorganisatorische Anpassungsbedarfe ausreichend ist. Dagegen be-

stätigt nur 55 % der Befragten die These, dass die Unternehmen hinreichend auf veränderte Qualifikations- und Kompetenzbedarfe vorbereitet sind.[13'14]

Abbildung 7: Vorbereitung auf zukünftige Herausforderungen

Unternehmen der Chemie- und Pharmaindustrie sind vorbereitet auf zukünftige…



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

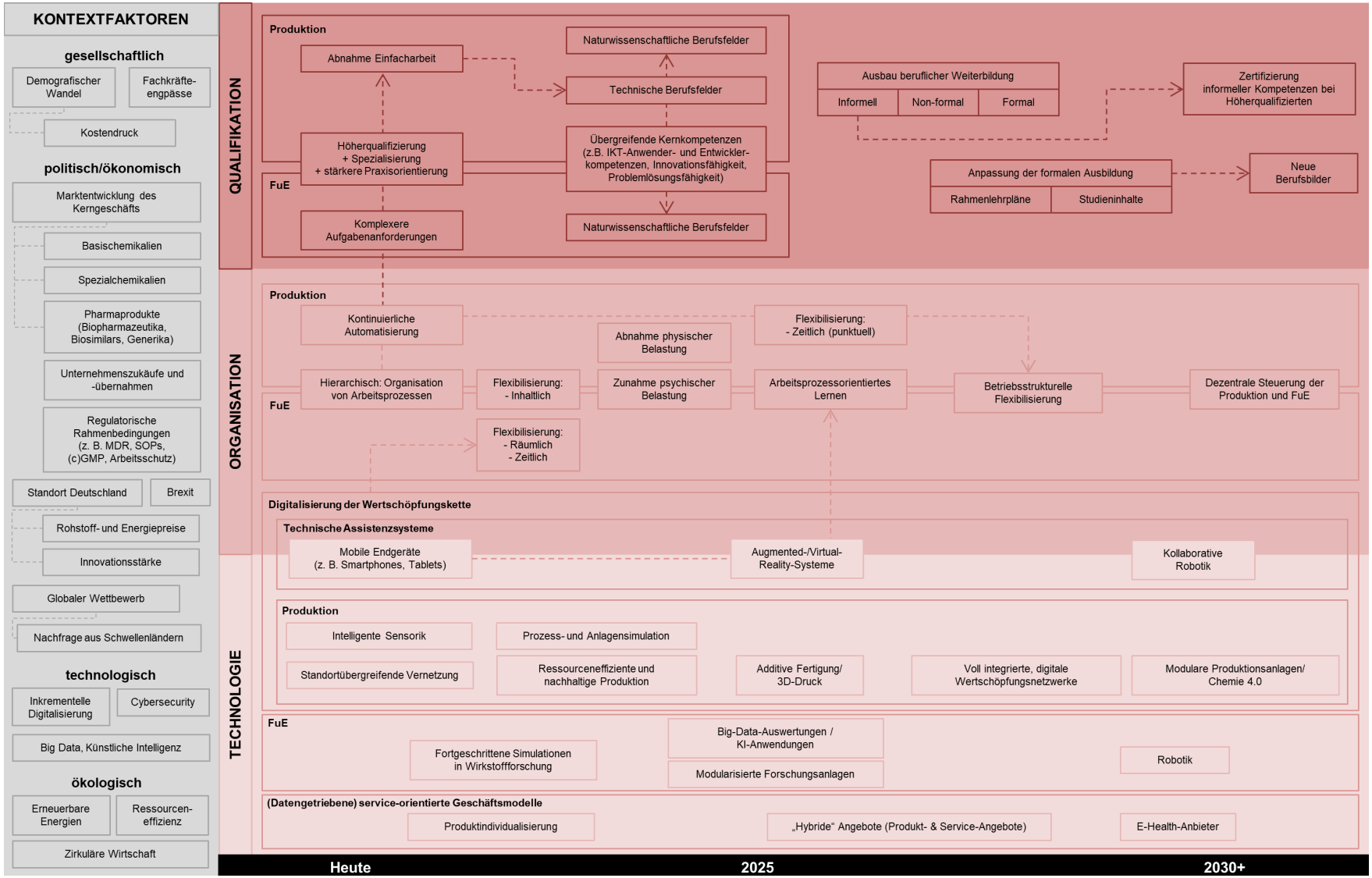
Mit diesem expertenbasierten, zukunftsgerichteten Stimmungsbild zur Chemie- und Pharmabranche wird deutlich, dass die Herausforderungen der Branche weniger rein technologischer Natur sind, sondern tendenziell in der Begegnung von arbeitsorganisatorischen und vor allem qualifikatorischen Herausforderungen liegen. Die Expertenmeinung deckt sich mit einer umfassenden Untersuchung zu mittelständischen Unternehmen der chemischen und pharmazeutischen Industrie in Deutschland. Demnach besteht unter acht abgefragten Items der größte Veränderungsbedarf bei den Qualifikationen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (Commerzbank AG, 2017).

In den folgenden Abschnitten wird das Zusammenspiel der drei Dimensionen Technologie, Organisation und Qualifikation und ihre Wechselbeziehungen für die Chemie- und Pharmabranche ganzheitlich betrachtet. Mit den drei Dimensionen werden die wesentlichen Aspekte einer Arbeitswelt 4.0 im Zusammenhang erfasst und in einer zukunftsgerichteten Perspektive betrachtet (Hartmann & Wischmann, 2018). Dazu werden zunächst mögliche Szenarien für zukünftige Entwicklungspfade der drei Dimensionen und die wechselseitigen Abhängigkeiten in einer synthetisierten Roadmap visualisiert (Abbildung 11) und zusammenfassend diskutiert. Anschließend werden in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 identifizierte Kernthemen für den Branchenendbericht vorgestellt.

[13] Auch in der zweiten Runde der Delphi-Befragung konnte bei der erneuten Abfrage zu der Vorbereitung auf zukünftige Änderungen der Qualifikations- und Kompetenzbedarfe unter den Expertinnen und Experten kein Konsens erreicht werden, 58 % der Befragten stimmten der These zu bzw. eher zu, während 42 % der Befragten der These eher nicht bzw. nicht zustimmten.

[14] Nach Abel (2018) umfasst *Qualifikationen* „Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten, die für die Berufsausübung Voraussetzung sind, um den gestellten Anforderungen gerecht zu werden. Der Erwerb von Qualifikationen findet in der Regel in strukturierten und formalisierten Lehr-/Lernzusammenhängen statt und wird abschließend zertifiziert.“ Dagegen sind *Kompetenzen* „nicht berufsbezogen, sondern bezeichnen die erlernbare Fähigkeit, in unterschiedlichen Situationen angepasst und systematisch zu handeln“.

Abbildung 8: Synthetisierte Roadmap



Quelle: Eigene Darstellung.

Technologie:

Als verfahrenstechnische Prozessindustrie zeichnet sich die Chemie- und Pharmabranche durch kontinuierliche oder diskontinuierliche (z. B. batchorientierte) Produktionsprozesse aus und unterscheidet sich damit grundlegend von mechanisch-technologischen Fertigungsindustrien, die insbesondere durch diskrete Produktionseinheiten geprägt sind. Wie andere Branchen erfährt sie einen digitalen Wandel, der jedoch eher einem evolutionären statt revolutionären Prozess folgt und auf dem bereits bestehenden hohen Automatisierungsgrad der Prozessfertigung aufbaut. Schon heute kommen in der Produktion mobile Endgeräte wie Tablet Computer, Smartphones oder Betriebspanel als technische Assistenzsysteme regelmäßig zum. Auch Virtual- und Augmented-Reality-Systeme kommen künftig in der Branche zunehmend zum Einsatz etwa durch Einblenden von Zusatzinformationen zu eingesetzten Chemikalien, der Darstellung von Arbeitsanweisungen oder für das Lernen in virtuellen Räumen (Keller, 2018). Neben personengebundenen Technologien wird die Produktion immer stärker durch intelligente Sensorik geprägt sein, die nicht mehr nur Daten der Produktion erfassen, sondern mittels integrierter Datenauswertung weitreichendere Selbstüberwachungs- und -diagnosefunktionen in Echtzeit übernehmen (z. B. Predictive Maintenance). Durch die Prozessdigitalisierung wird die Produktion künftig enger mit produktionsfernen Leistungen verzahnt sein. Eine ressourceneffiziente und nachhaltige Produktion („weiße“ und „grüne“ Chemie) gewinnt an Bedeutung (Deloitte, 2017; Gehrke & Weilage, 2018; Prognos AG, 2013; Vollmers, 2017). Potenziale additiver Fertigungsverfahren (3D-Druck) werden sowohl in der Chemie- als auch der Pharmabranche genutzt, beispielsweise im Rahmen einer stärker individualisierten Produktion oder Produktion vor Ort (d.velop, 2017; Huber, Dachtler & Edinger, 2017; Keller, 2018; Malanowski, Niehaus & Awenius, 2017; Malanowski & Awenius, 2017; Tillmann, 2016; Vassiliadis, 2016). Auch Ansätze der Industrie 4.0 versprechen Potenziale für die Verfahrenstechnik, wenngleich der zeitliche Horizont dafür deutlich länger ist. Dabei geht es weniger um eine Steuerung der Produktion durch ein intelligentes Produkt, wie etwa in der Fertigungsindustrie, wo einem Bauteil bzw. Bauteilträgern Informationen mitgegeben werden können (Pötter, Folmer & Vogel-Heuser, 2014; Zühlke, Loch & Quint, 2016). Vielmehr könnte die Digitalisierung eine stärkere Modularisierung der Produktionsanlagen und damit flexiblere Produktion ermöglichen. (Verfahrens-) Technische und regulatorische Rahmenbedingungen stellen die Chemie- und Pharmabranche dabei vor große Herausforderungen. In der Forschung und Entwicklung bzw. den Laboren wird insbesondere die Bedeutung von fortgeschrittenen Simulationen unter Anwendung moderner Datenanalyse- und Lernverfahren deutlich zunehmen; mit Konzepten der Künstlichen Intelligenz werden die immer größeren Datenmengen („Big Data“) der Branche in unterschiedlichen Kontexten genutzt (z. B. Simulation von Experimenten, KI in der Arzneimittelentwicklung). Langfristig ist auch ein stärkerer Einsatz von robotischen Systemen im Labor denkbar. Schließlich gewinnen hybride Produkt-Service-Angebote, die chemisch-pharmazeutische Produkte mit digitalen Dienstleistungen verknüpfen, an Bedeutung. Flexible, digital unterstütze Arbeitsabläufe können dabei zunächst in Bereichen außerhalb der Produktion wie etwa Laboren und in der Forschung und Entwicklung realisiert werden, während in der Produktion modulare, dezentrale Strukturen erst langfristig und nicht flächendeckend Einzug erhalten. Konzepte einer Industrie 4.0 versprechen langfristig auch für die Chemie- und Pharmabranche vielseitige Potenziale.

Zukunftsszenario: Die Branche ist durch eine evolutionäre Digitalisierung aller Wertschöpfungsstufen geprägt; Mittelfristig werden in der Produktion intelligente Sensorik/KI-Anwendungen und digital, vernetze Strukturen vorzufinden sein, während in der FuE vermehrt fortgeschrittene Simulationsverfahren sowie Big Data/KI-Anwendung zum Einsatz kommen.

Organisation:

Kontinuierliche, evolutionäre Automatisierungs- und Digitalisierungsprozesse werden zukünftig zwar zu keinem allumfassenden Umbruch der Chemie- und Pharmabranche führen, wirken sich aber dennoch merkbar auf die Arbeitswelt und damit die Qualität der Arbeit der Beschäftigten in der Branche aus. Digitale Assistenzsysteme werden sowohl die Produktion als auch die Labortätigkeiten in der

Forschung- und Entwicklung kontinuierlich verändern. Zudem bietet ein zunehmender Technologieeinsatz trotz verfahrens-/sicherheitstechnischer, organisatorischer und rechtlicher Restriktionen, die in der Chemie- und Pharmabranche wesentlich ausgeprägter sind als in anderen Branchen, in ausgewählten Unternehmensbereichen neue Möglichkeiten für eine örtliche, zeitliche und inhaltliche Flexibilisierung der Arbeit. Während die Flexibilisierung in der FuE im Einklang mit einer modernen Arbeitswelt erfolgt, wird die Schichtproduktion nur punktuell flexibilisiert und ermöglicht auch langfristig selten eine ortsungebundene Arbeit. Die Bedeutung des Lernens im Prozess wird in allen Geschäftsbereichen künftig deutlich zunehmen und durch vermehrte projektbezogenen Arbeit in wechselnden Teams und einen intensiveren Einsatz von neuen Technologien gefördert.

Zukunftsszenario: Aufgrund verfahrenstechnischer und rechtlicher Restriktionen sind die Möglichkeiten für eine Flexibilisierung in der Produktion mittelfristig begrenzt, während die Flexibilisierungspotenziale in der FuE zunehmend umgesetzt werden. Langfristig wird sich die Branche durch eine zunehmende Dezentralisierung und Agilität in Form einer „chemisch-pharmazeutische Industrie 4.0“ auszeichnen.

Qualifikation:

Die Chemie- und Pharmabranche zeichnet sich durch ein überdurchschnittliches Qualifikationsniveau aus, dass auch zukünftig bestehen bleibt und in der Tendenz zunehmen wird. Während die Berufsprofilstruktur bisher von Beschäftigten aus den Bereichen Naturwissenschaften, Technik- bzw. Ingenieurswesen und Betriebswirtschaft geprägt ist, werden zukünftig vor allem Berufsprofile an der Schnittstelle zu IT-Themen an Bedeutung gewinnen, und zum anderen auch Beschäftigte der technisch-naturwissenschaftlichen Fachgebiete erweiterte IT-Kompetenzen vorweisen. Neben naturwissenschaftlich-fachlichen Kenntnissen sind Innovationsfähigkeit, Organisationsfähigkeit, Problemlösungsfähigkeit, IT-Anwender- und Entwicklerkenntnisse sowie Anwendungskompetenzen für Maschinen und vernetzte Systeme die zentralen Kernkompetenzen der Zukunft. Mittelfristig bestehen punktuelle Anpassungsbedarfe sowohl in der formalen (Erst-) Ausbildung als auch bei den Weiterbildungsangeboten. Sofern sich die veränderte Kompetenzanforderung nicht in die bestehenden Berufsprofile integrieren lassen, könnten mittel- bis langfristig auch neue bisher branchenferne Berufsbilder und Ausbildungsberufe an Bedeutung gewinnen. Die Bedeutung von formalisierter und informeller Weiterbildung steigt deutlich. Zudem wird teilweise ein Potenzial in der Zertifizierung von im Prozess der Arbeit erworbene Kompetenzen gesehen, wobei eine Zertifizierung an das gesamte Qualifikationsspektrum zu adressieren wäre.

Zukunftsszenario: Eine Höherqualifizierung, Spezialisierung und stärkerer Praxisbezug werden die Branche mittelfristig prägen. Neben übergreifenden Kernkompetenzen wie Innovationsfähigkeit, Problemlösungsfähigkeit und Systemwissen werden vor allem IKT-Kompetenzen in branchenprägenden ingenieurstechnischen und naturwissenschaftlichen Berufen an Bedeutung gewinnen. Langfristig sind außerdem neue Berufsbilder mit digitalen/datenbasierten Schwerpunkten in der Branche zu erwarten.

4.2 Technologie

4.2.1 Digitalisierung einer Prozessindustrie

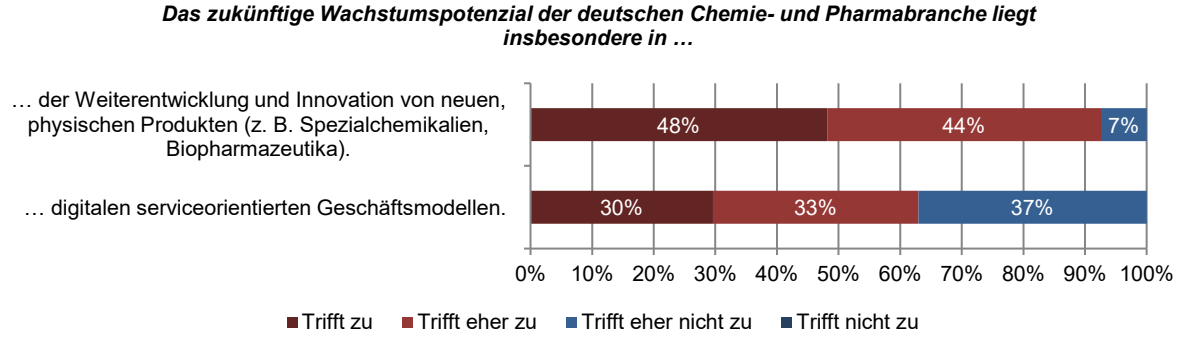
Die Chemie- und Pharmabranche ist eine grundstoffverarbeitende Prozessindustrie, die sowohl durch eine kontinuierliche als auch diskontinuierliche Produktion geprägt ist, deren Ertrag durch Gewichts- oder Volumeneinheiten gemessen wird. In der chemisch-pharmazeutischen Verfahrenstechnik (oder Reaktionstechnik) durchlaufen die Erzeugnisse sogenannte Batchprozesse aus mehreren Reaktoren, in denen sie jeweils so lange verbleiben, bis die betreffende Reaktion abgeschlossen ist und die nächste Produktionsstufe angesteuert werden kann. Damit können einem chemisch-pharmazeutischen Produkt und Bestandteil jedoch keine notwendigen Informationen zur Selbststeuerung mitgegeben werden. Die Branche unterscheidet sich somit beispielsweise von der klassischen Fertigungsindustrie, die durch teilebezogene Produktionsprozesse und diskrete Erzeugnisse geprägt ist. Die chemisch-pharmazeutische Produktion erfolgt in komplexen Produktionsanlagen, die oftmals Bestandteil unternehmensübergreifender Produktions- und Logistiknetzwerke sind. Perspektivisch ist eine Weiterentwicklung der chemisch-pharmazeutischen Industrie im Sinne einer Industrie 4.0 denkbar. Dabei ist es „nicht die Säure, die sich überlegt, was sie einmal werden will“ (Scheuermann, 2015), da einem Grundstoff oder Bauteil die notwendigen Informationen nicht mitgegeben werden können. Die grundlegenden Überlegungen einer vertikalen und horizontalen Prozessintegration und damit höheren Datendurchlässigkeit für eine intelligent vernetzte Produktion und Wertschöpfungskette gelten auch für die Chemie- und Pharmabranche (Pötter et al., 2014). Da diese als Prozessindustrie jedoch vergleichsweise hohe rechtliche und technische Standards hat, die insbesondere im Bereich der IT-Sicherheit/Cybersecurity noch nicht ausreichend adressiert sind, gehen Branchenbeobachter eher von einem evolutionär-inkrementellen Digitalisierungsprozess aus, der von dem bereits bestehenden hohen Automatisierungsgrad in der Prozessfertigung ausgeht und sich dabei von Fertigungsindustrien wie der Automobilbranche unterscheidet (Deloitte, 2017; Scheuermann, 2015; Wolf, 2015).

In der chemisch-pharmazeutischen Produktion wird der Trend zu Spezialchemikalien und personalisierter Medizin die Umstellung vom Batchbetrieb auf eine kontinuierliche Produktion vorantreiben (Malanowski & Awenius, 2017). Ziel ist die mittel- bis langfristige Modularisierung, Flexibilisierung und damit Optimierung der Betriebsabläufe. Die Nutzung digitaler Anwendungen verspricht dabei Produktivitätsgewinne für eine hochspezialisierte Branche, die in den bereits hoch-optimierten Anlagen kaum noch weitere Effizienzsteigerungen zulassen (Gehrke & Rammer, 2018). Nach Scheuermann (2015) geht die Vision dabei über die Optimierung des Ressourceneinsatzes hinaus. Vielmehr sollen die Planung, Inbetriebnahme und Nutzung von Anlagen ein transparenter, integrierter Gesamtprozess werden. In diesem Zusammenhang wird auch der Einsatz digitaler Technologien in den nächsten fünf Jahren zunehmen, um die Vernetzung insbesondere mit Kunden, Lieferanten wie auch zwischen verschiedenen Unternehmensbereichen (z. B. Produktion und Logistik) und innerhalb der Produktion voranzutreiben. Bereits heute nutzen über 70 % der Unternehmen in der chemischen Industrie digitale Anwendungen, um einen Datenaustausch mit Externen zu unterhalten (Gehrke & Rammer, 2018).

Das zukünftige Wachstumspotenzial der deutschen Chemie- und Pharmabranche liegt nach Einschätzung der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung vor allem in der Weiterentwicklung und Innovation von neuen, physischen Produkten wie z. B. Spezialchemikalien oder Biopharmazeutika. Darüber hinaus sehen die Befragten wirtschaftliches Wachstumspotenzial in der (Weiter-)Entwicklung von digitalen, serviceorientierten Geschäftsmodellen (Abbildung 1). Damit stimmen sie mit anderen Prognosen überein, die für die deutsche Chemieproduktion bis zum Jahr 2030 eine steigende Bedeutung von Spezialchemikalien und Pharmazeutika bei gleichzeitigem Erhalt der Produktvielfalt über alle Fertigungsstufen erwarten (VCI & Prognos AG, 2017). Neue Geschäftsmodelle verfolgen zumeist datenbasierte Ansätze, um den Kundennutzen bestehender Produkte und Dienstleistungen zu erhöhen. Dies kann beispielsweise über die Individualisierung von Produkten, dienstleistungsorientierte Betreibermodelle („Service statt Produkt“), Dienste für die Datenaufbereitung, -haltung und -sicherung und die Etablierung neue Vertriebswege erfolgen (Euroforum, 2017). Allerdings ist der Umsetzungs-

stand bei digitalen Geschäftsmodellen bisher recht gering: Nach einer Umfrage im Verband der Chemischen Industrie gaben 70 % der befragten Unternehmen an, keine digitalen Geschäftsmodelle zu unterhalten. Die restlichen 30 % erwirtschaften mit digitalen Geschäftsmodellen etwa 5 % ihres Umsatzes. In den nächsten Jahren planen insbesondere KMU bei digitalen Geschäftsmodellen aufzuholen (Deloitte, 2017).

Abbildung 9: Kerngeschäft vs. neue digitale Geschäftsmodelle

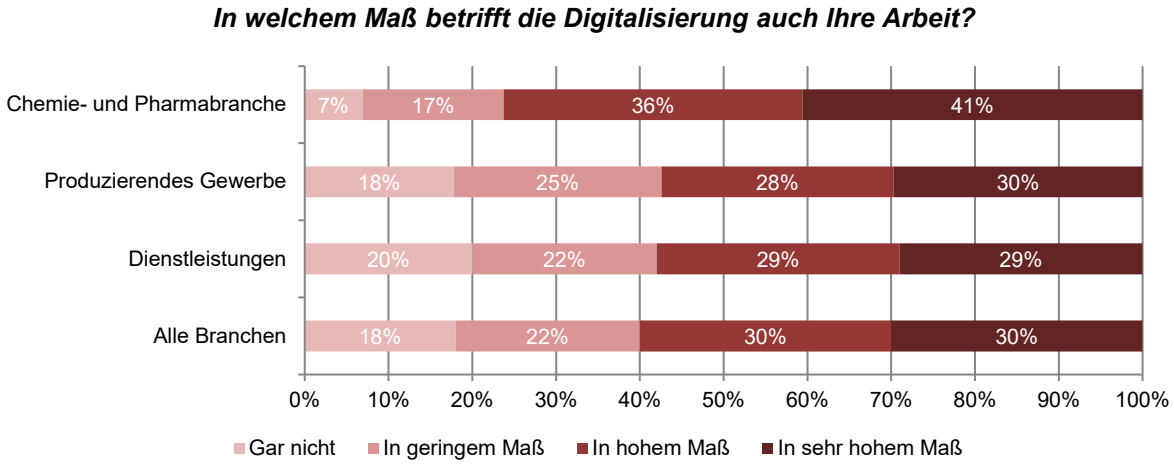


Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Vertiefend wurden die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung nach den wichtigsten Geschäftsfeldern für die Zukunft der deutschen Chemie- und Pharmabranche befragt. Diese sehen sie vor allem in Anwendungen zur Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz, der Spezialchemie und Entwicklung innovativer, neuer Wirkstoffe sowie der Anpassung etablierter Herstellungstechnologien an kleinere Losgrößen (Stichwort „continuous manufacturing“). Technische Grundlage ist dabei jeweils die Modularisierung und flexible Kombination standardisierter Produktionseinheiten mit dem Ziel einer skalierbaren, bedarfsgerechten und kundennahen Produktion in einer intelligenten und vernetzten Fabrik (Beckmann, 2018a).

Bereits heute beeinflusst die Digitalisierung in hohem Maß die Arbeit der Beschäftigten in der Chemie- und Pharmabranche. Nach einer branchenspezifischen Auswertung des DGB-Index Gute Arbeit aus dem Jahr 2016 zeigt sich, dass der Digitalisierungsgrad der Arbeit von den Beschäftigten in der Chemie- und Pharmabranche als deutlich höher als in anderen Branchen bewertet wird (Abbildung 9). Demnach gab die überwiegende Mehrheit der Befragten an, dass die Digitalisierung ihre Arbeit „in hohem Maß“ (36 %) bzw. „in sehr hohem Maß“ (41 %) beeinflussen würde. Dies liegt deutlich über den entsprechenden Werten für das Produzierende Gewerbe (28 % und 30 %) und dem Durchschnitt über alle Branchen (30 % und 30 %).

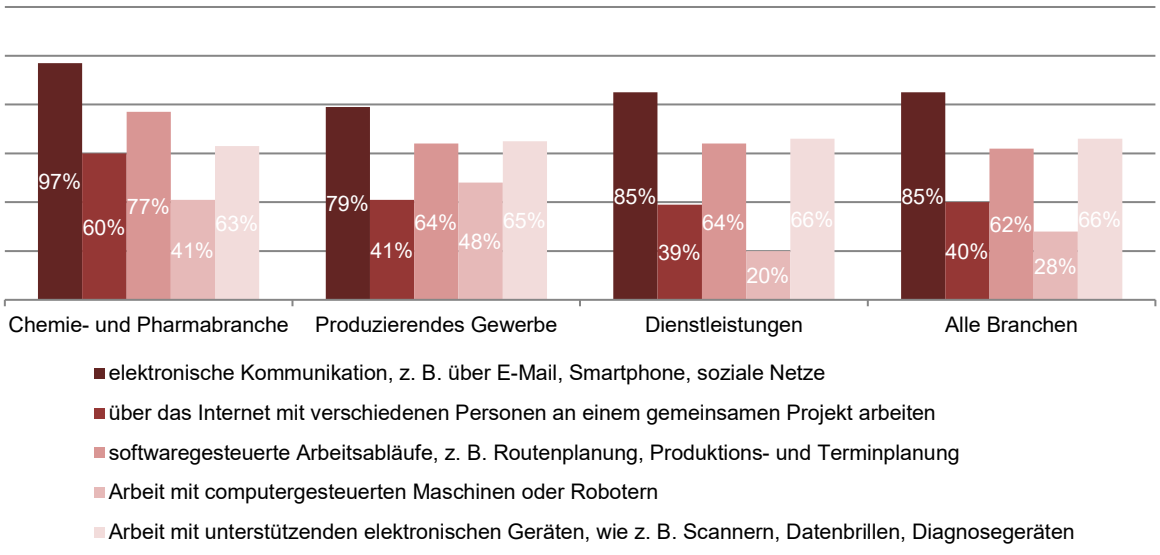
Abbildung 9: Verbreitung der Arbeit mit digitalen Mitteln, 2016



Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2016.

Mit Blick auf die Verbreitung und Formen der Arbeit mit digitalen Arbeitsmitteln zeigt sich innerhalb der Chemie- und Pharmabranche, dass vor allem die elektronische Kommunikation (z. B. über E-Mail, Smartphone oder soziale Netzwerke), softwaregestützte Abläufe (z. B. für die Routen- und Produktionsplanung) und die Arbeit mit unterstützenden elektronischen Geräten (z. B. Datenbrillen, Diagnosegeräte) prägend sind. Die internetbasierte Zusammenarbeit mehrerer Personen an einem Projekt wie auch die Arbeit mit computergestützten Maschinen und Robotern werden als weniger verbreitet eingeschätzt (Abbildung 10). Demnach dürfte der hohe Digitalisierungsgrad der Arbeit in der Chemie- und Pharmabranche vor allem aus der hohen Nutzungsintensität einfacher digitaler Arbeitsmittel und nicht aus einem vergleichsweise höheren Vernetzungs- und Automatisierungsgrad der Produktion resultieren. Im Vergleich zum Produzierenden Gewerbe deuten sich in der Chemie- und Pharmabranche vielmehr unausgeschöpfte Potenziale beim Einsatz intelligenter Maschinen und robotischer Systeme an. Entsprechenden Nachholbedarf konstatieren auch Gehrke und Rammer (2018): Demnach sind digitale Anwendungen in der chemischen Industrie zwar weit verbreitet, insbesondere in der Produktion gebe es jedoch noch erhebliche Ausbaumöglichkeiten.

Abbildung 10: Verbreitung und Formen der Arbeit mit digitalen Mitteln, 2016



Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2016.

Der digitale Wandel verändert auch die Arbeitsprozesse in allen Bereichen von Unternehmen der Chemie- und Pharmabranche. Diese Veränderungen vollziehen sich dabei weitgehend im Rahmen vorhandener Prozesstechnologien und etablierter Produktportfolios. Tabelle 2 gibt einen Überblick der technischen Perspektiven und möglichen Anwendungen digitaler Technologien in den verschiedenen Unternehmensbereichen. Der Fokus liegt dabei auf Großunternehmen in der chemisch-pharmazeutischen Industrie.

Tabelle 2: Digitalisierungspotenziale in der chemisch-pharmazeutischen Industrie

Unternehmensbereich	Potenziale digitaler Anwendungen
Produktion	▪ Zentrale und computergestützte Steuerung von Anlagen unter Nutzung intelligenter (d. h. mit Sensoren ausgestattete) Prozessmess- und Leitsysteme bereits vielfach Standard. ▪ Derzeit Fokus auf Modularisierung und Flexibilisierung von Anlagen durch Vernetzung bestehender Verbundanlagen im Plug-&-Produce-Verfahren (d. h. flexibel einsetzbare und an unterschiedlichen Standorten kombinierbare Anlagen, die sich mittels automatischer Datenübertragung selbst konfigurieren). ▪ Ziel ist der kontinuierliche Betrieb von Batch- bzw. Chargen-Prozessen mit kleinen Produktionsmengen und nachfragegetriebenen Erzeugnissen. ▪ Vernetzte Fertigung mit Erfassung und Integration von Echtzeitinformationen über Zustand und Leistung der Betriebsmittel in der Prozesskette unter Einsatz interdisziplinärer Teams aus Chemie, Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik. ▪ Visualisierung und Analyse von datenbasierten Betriebsmodellen (z. B. 3D-Virtualisierung der Produktion als „digitaler Zwilling“) und erfassten Massendaten zur Optimierung und Effizienzsteigerung der operativen Geschäftsprozesse.
Wartung	▪ Orts- und zeitflexible Überwachung und vorausschauende Wartung von Maschinen („Predictive Maintenance“) mithilfe von Sensoren zur Erfassung der Maschinenzustände und speziellen Algorithmen zur Vorhersage des Wartungsbedarfs. ▪ Datenbasierte Vorhersage von Wartungsbedarfen derzeit im Fokus von geplanten Investitionsmaßnahmen.
Forschung und Entwicklung	▪ Auswertung großer, intern anfallender Datenbestände zur Analyse und Prognose von Markt- und Absatzentwicklungen sowie zur Beantwortung von Fragestellungen aus der Material- und Grundlagenforschung unter Nutzung leistungsfähiger Rechner und Programme. ▪ Systematische Recherche in Datenbanken (z. B. Rohstoffmischungen, Patentrecherchen, Forschungsergebnisse) zur Optimierung von Batch- und Chargen-Prozessen.
Labore	▪ Automatisierte Labore mit verschiedenartigen Sensorsystemen und Pipettierrobotern für die Probenvorbereitung (z. B. auf dem Labortisch, im Abzug oder im Kühlschrank) unter Einsatz interdisziplinärer Teams und elektronischer Bereitstellung sämtlicher Labordaten.
Logistik	▪ Verbundene Logistik und Lieferung durch sensorische Erfassung und Vernetzung aller Materialflüsse innerhalb eines Unternehmens und darüber hinaus, für eine erhöhte Transparenz und Synchronisation der Wertschöpfungskette. ▪ Zunehmender Einsatz selbstfahrender Transportsysteme mit eigenem Fahrantrieb innerhalb und außerhalb von Gebäuden. ▪ Darüber hinaus ist im Bereich der Logistik die Integration von Lieferanten und Kunden zur Transparenzschaffung über die Wertschöpfungsketten u. a. von verschiedenen Gesetzgebern gefordert. Im Rahmen von Track and Trace wird eine lückenlose Dokumentation von der Herstellung bis zur Abgabe eines Produktes an den Patienten erreicht. Dies geschieht z. B. über Barcodes, die sich auf den Verpackungen finden und dann an den einzelnen Stationen gescannt werden.

Vertrieb	▪ Kundenspezifische Anpassung von Produkten (Individualisierung und Personalisierung) u. a. auf Basis von direktem Kundenkontakt (z. B. Direktvertrieb, Business-to-Business-Plattformen zur Spezifikation gewünschter Eigenschaften durch den Kunden) oder datenbasierten, kundenspezifischen Angeboten, auch unter Einbeziehung zusätzlicher Dienstleistungen (z. B. Betreibermodelle, Fernwartung, Prozess- und Datenmanagement). ▪ Neue digitale Produkte und Geschäftsmodelle für den Business-to-Customer-Bereich, z. B. kundenspezifische Reinigungs- und Pflegemittel oder Kosmetika basierend auf der Auswertung von Kundendaten.

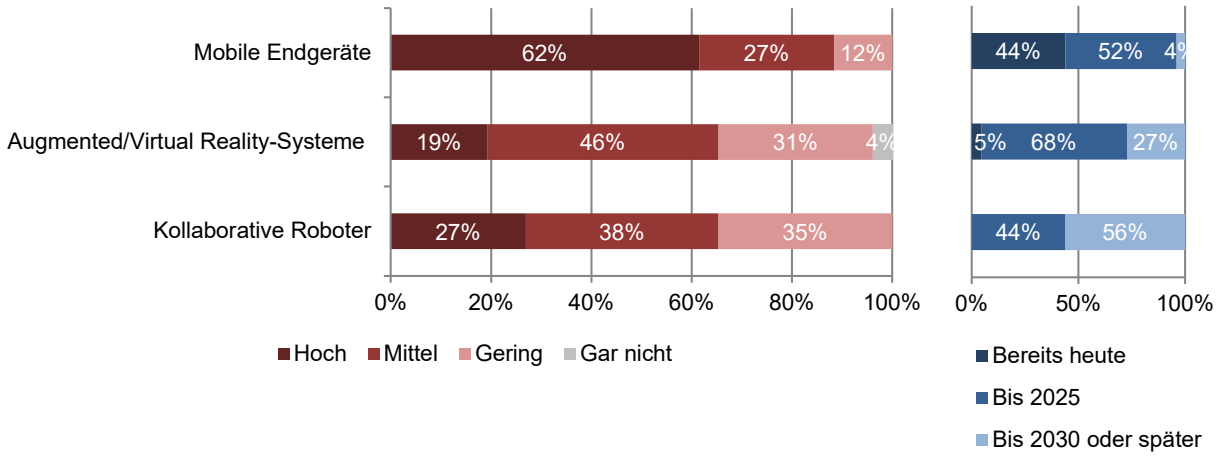
Quelle: Wolf (2015), Deloitte (2017), Euroforum (2017), Malanowski und Awenius (2017).

Für die Unternehmen der chemisch-pharmazeutischen Industrie bietet die digitale Transformation vor allem Potenziale für eine stärker bedarfsorientierte Geschäfts- und Lieferkettenplanung, eine effizientere Produktionssteuerung und Anlagenwartung (z. B. „predictive maintenance“), bessere Vernetzung mit Kunden sowie die Etablierung neuer, dienstleistungsorientierter Geschäftsmodelle (Gehrke & Rammer, 2018). Mittelbare Auswirkungen werden auch für die Bereiche Forschung und Entwicklung, Marketing und Produktmanagement sowie Verwaltung erwartet (Euroforum, 2017). In der weiteren Analyse und Abfrage der technologischen Ebene wird jedoch auf die beiden chemisch-pharmazeutischen Kernbereiche Produktion sowie Forschung und Entwicklung (FuE) fokussiert.

Nach Einschätzung der Expertinnen und Experten in der Delphi-Befragung kommen mobile Endgeräte mit einer hohen Wahrscheinlichkeit bereits heute oder bis 2025 zur Unterstützung der chemisch-pharmazeutischen Produktion zum Einsatz. Der Umsetzungshorizont von Virtual-/ Augmented-Reality-Systemen wird von den Expertinnen und Experten eher bis 2025 terminiert. Kollaborative Roboter werden die Produktion tendenziell ab 2025 unterstützen (Abbildung 2). Diese Einschätzung der regelmäßigen Nutzung mobiler Endgeräte liegt deutlich höher als in anderen Branchenanalysen. Nach dem aktuellen Monitoring-Report DIGITAL nutzen in der Chemie- und Pharmabranche in lediglich 17 % der befragten Unternehmen alle Beschäftigten mobile Endgeräte und in 45 % der Unternehmen stationäre digitale Endgeräte (TNS & ZEW, 2018a).

Abbildung 10: Einsatz von Assistenzsystemen in der Produktion

Zur Unterstützung der Arbeit in der Produktion kommen regelmäßig zum Einsatz:



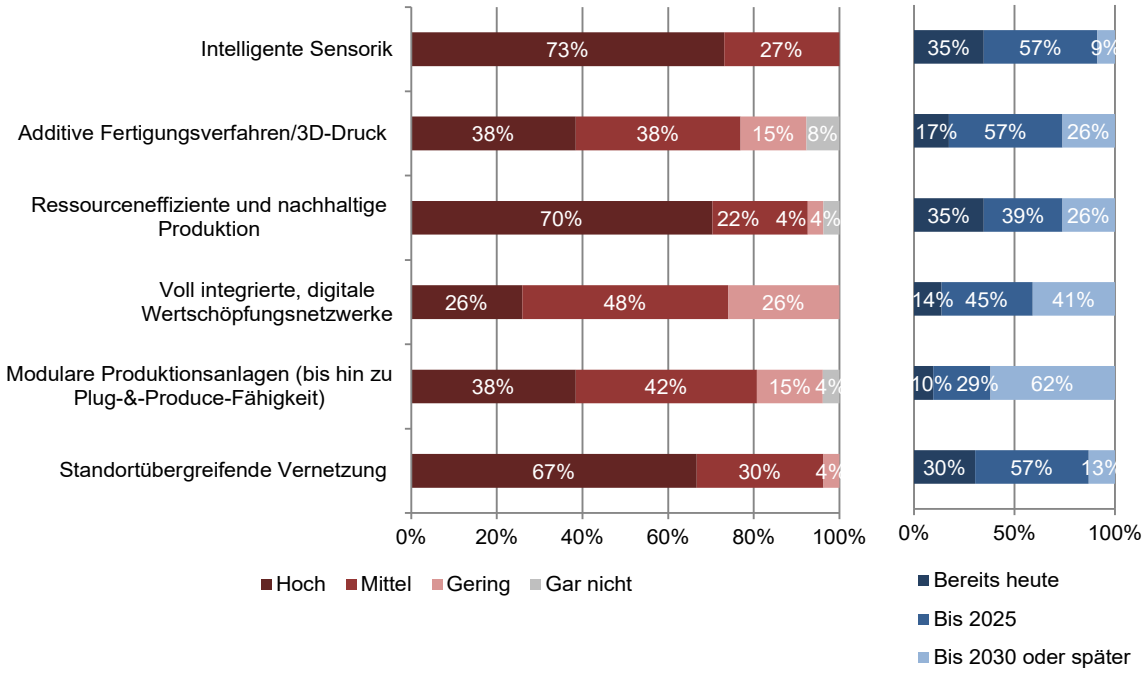
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Hinsichtlich der Nutzung innovativer digitaler Technologien in der chemisch-pharmazeutischen Produktion ist nach Einschätzung der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung der breite Einsatz intelligenter Sensorik, additiver Fertigungsverfahren/3D-Druck, ressourceneffizienter und nachhaltiger Produktionsverfahren sowie Anwendungen zur standortübergreifenden Vernetzung bis 2025 wahrscheinlich. Eher langfristig werden die Umsetzungspotenziale voll integrierter, digitaler Wertschöp-

fungsnetzwerke und modularer Produktionsanlagen (bis hin zu Plug-&-Produce-Fähigkeit) bewertet (Abbildung 3). Als Herausforderung und Umsetzungshemmnis für die Nutzung der Digitalisierungspotenziale werden die Datensicherheit und der Datenschutz gesehen – insbesondere bei KMU (Gehrke & Rammer, 2018). Die Knappheit an IT-Fachkräften, mangelnde IT-Kenntnisse unter den Beschäftigten sowie fehlende technische Standards bei der Ausgestaltung von Schnittstellen können die digitale Transformation und die Umsetzung unternehmensübergreifender Wertschöpfungsnetzwerke verlangsamen (Deloitte, 2017).

Abbildung 11: Digitalisierung der Produktion

Die chemisch-pharmazeutische Produktion ist geprägt durch:

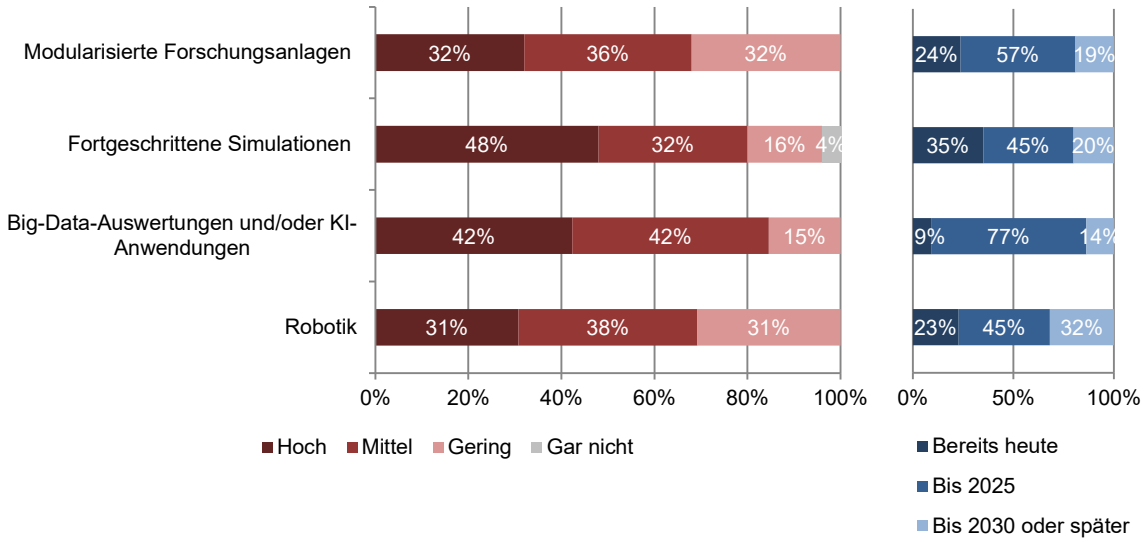


Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Die fortschreitende Digitalisierung in der chemisch-pharmazeutischen FuE zeigt sich nach Einschätzung der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung vor allem in fortgeschrittenen Simulationen, die bereits heute im Einsatz sind und bis 2025 flächendeckend zur Anwendung kommen (Abbildung 4). In der chemisch-pharmazeutischen Wirkstoffforschung erlaubt der Einsatz digitaler Technologien neue Simulationsansätze zur Bewertung potenzieller Wirkstoffe und zur Eingrenzung des Suchraums für neue chemisch-pharmazeutischen Formulierungen (Gehrke & Rammer, 2018). Klinische Studien werden dadurch nicht ersetzt, die Suche nach neuen Medikamenten jedoch beschleunigt. Sogenannte „in-silico"-Experimente nutzen zunehmend fortgeschrittene Technologien und Methoden zur Strukturierung und Auswertung großer Datenbestände, um komplexe chemisch-pharmazeutische Systeme komplett zu simulieren und neue Erzeugnisse mit bestimmten Eigenschaften zu konzipieren (Deloitte, 2017). Ähnlich großes Potenzial haben Big-Data-Auswertungen und/oder Anwendungen von Künstlicher Intelligenz (KI), denen jedoch von den Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung eine eher mittelfristige Umsetzungsperspektive in der chemisch-pharmazeutischen FuE bescheinigt wird. Die Ergebnisse des Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL bestätigen diese Einschätzung: Demnach setzen 8 % der Unternehmen in der chemisch-pharmazeutischen Industrie bereits KI ein und 35 % planen die Nutzung von KI in den kommenden 10 Jahren. Allerdings hält sich in der gleichen Studie etwa ein Drittel der befragten „KI-Kenner" im Vergleich mit der Gesamtwirtschaft für abgeschlagen hinsichtlich der Nutzung von KI (TNS & ZEW, 2018b). In der Delphi-Befragung wird unterdessen die Bedeutung von modularisierten Forschungsanalagen und robotischen Systemen bestätigt, eine Umsetzung in den FuE-Abteilungen jedoch eher mittel- bis langfristig erwartet.

Abbildung 12: Digitalisierung der Forschung und Entwicklung

Die chemisch-pharmazeutische FuE ist geprägt durch:



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Abweichend von der Einschätzung der Expertinnen und Experten in der Delphi-Befragung zeugen die Ergebnisse aus dem aktuellen Monitoring-Report DIGITAL von einer eher geringeren Verbreitung fortgeschrittener digitaler Technologien (TNS & ZEW, 2018a). Demnach nutzen 38 % der befragten Chemie- und Pharmaunternehmen bereits heute Anwendungen im Bereich „Cloud Computing“ und 40 % Anwendungen im Bereich „Internet der Dinge“, welche Grundlagen für eine intelligente, vernetzte Produktion darstellen können. Datenbasierte „Smart-Service“-Ansätze kommen laut Monitoring-Report DIGITAL derzeit bei 26 % der befragten Chemie- und Pharma-Unternehmen zum Einsatz, Anwendungen im Bereich der Robotik/Sensorik lediglich bei 17 % und im Bereich der „Industrie 4.0“ bei 15 % der Unternehmen. Digitale Anwendungen auf Basis von „Big Data“ und „Blockchain“ kommen nur bei einem deutlich geringeren Teil der Unternehmen zum Einsatz.

Zur Bedeutung von Industrie 4.0 in der Produktion der chemisch-pharmazeutischen Industrie ergibt sich in einer vertiefenden Befragung der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung ein heterogenes Bild. Während einige dem Konzept eine „hohe“ bzw. „sehr hohe“ Bedeutung beimessen, insbesondere bei der operativen Prozessplanung, -steuerung und -dokumentation, messen andere dem Thema eine „derzeitig untergeordnete“ Rolle bei. Grundlage für diese Bewertung könnte die implizite Bezugnahme eines von der Fertigungsindustrie geprägten Bilds der Industrie 4.0 sein. Laut Einschätzung eines befragten Experten in der Delphi-Befragung sind Industrie-4.0-Konzepte, die häufig auf die Automobilindustrie Bezug nehmen, „aufgrund anderer Vernetzungsstrukturen, anderer Wertschöpfungsketten und der eingeschränkten Verwendbarkeit von Sensor-Aktor-Systemen nicht eins zu eins auf die chemische Industrie übertragbar. Jedoch gibt es auch in der chemischen Industrie zahlreiche Möglichkeiten der Digitalisierung, Vernetzung und Agilisierung, z. B. in Anlagenplanung und -bau, Produktionssteuerung, Logistik und vieles mehr.“

In der zukünftigen Geschäftsfeldplanung spielt die Digitalisierung eine „wichtige“ bis „sehr wichtige“ Bedeutung für die Unternehmen in der chemisch-pharmazeutischen Industrie, wenngleich entsprechende Digitalisierungsmaßnahmen bisher vor allem von Großunternehmen umgesetzt werden (Malanowski & Awenius, 2017, S. 170). Trotzdem deutet sich an, dass die digitale Transformation zu einem wichtigen Teil von (künftigen) Unternehmensstrategien wird. Nach einer Mitgliederbefragung im Verband der Chemischen Industrie verfügen 18 % der befragten Unternehmen über eine Digitalisierungsstrategie, weitere 32 % planen in den nächsten Jahren eine solche.

4.2.2 Gestaltungsoptionen

- **Einsatz und branchenspezifische Anpassung von digitalen Arbeitsmitteln fördern:** Die Arbeit in der chemisch-pharmazeutischen Produktion erfolgt zumeist in risikobehaften Umgebungen teilweise unter Verarbeitung explosiver Stoffe. Sicherheitstechnische Anforderungen (z. B. Verhinderung von Funken und Lichtbögen) und arbeitspraktische Bedarfe (z. B. Tragen von Schutzhandschuhen) stellen branchenspezifische Anforderungen an digitale Assistenzsysteme. Um dieses vorhandene technologische Unterstützungspotenzial im Sinne „Guter Arbeit" in der Chemie- und Pharmabranche zu nutzen, sind technologische und arbeitsorganisatorische Anpassungen notwendig. Die Förderung entsprechender anwendungsbezogener Modell- und Transferprojekte sind in den Programmlinien „Neue Qualität der Arbeit" und „Lern- und Experimentierräume" des BMAS abbildbar.
- **„Leuchttürme" von Privacy-freundlichem Datenschutz durch Technikgestaltung sichtbar machen:** Die Verbreitung von (intelligenter) Sensorik und der zunehmende Einsatz von personengebundenen Assistenzsysteme ermöglichen eine immer detailliertere Datenerfassung in der verfahrenstechnischen Produktion. Die Arbeit in der chemisch-pharmazeutischen Industrie befindet sich dabei in einem besonderen Spannungsfeld: Eine datenbezogene Überprüfung der Beschäftigten muss auf der einen Seite branchenunabhängige Datenschutzanforderungen (DSGVO) genügen, bietet auf der anderen Seite aber vielseitige Potenziale zur Steigerung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes. Ansätze für einen anlassbezogenen Datenschutz („Privacy by Design"), die eine vollumfängliche Erfassung der individuellen Arbeitsprozesse unterlassen, die Grundprinzipien Datensparsamkeit, Datenvermeidung, Transparenz und Zweckbindung umsetzen, aber gleichzeitig die Potenziale der Daten für den Arbeitsschutz nutzen, sollten in der Breite sichtbar und übertragbar werden. Dazu zählen beispielsweise Ansätze, welche ein privacy-schonendes Überwachungssystem für den Sicherheits- und Arbeitsschutz in der chemisch-pharmazeutischen Produktion adressieren.
- **Digitalisierungsbestrebungen in KMU fördern:** Weiterhin fehlt in der Mehrheit der chemisch-pharmazeutischen Unternehmen (insbesondere in KMU) ein ganzheitlicher Digitalisierungsansatz. Viele kleinere Unternehmen sind in den zahlreichen Chemieparks in Deutschland angesiedelt, die für Maßnahmen zur Unterstützung der digitalen Transformation hohe Synergieeffekte versprechen. Im Rahmen von Informations- und Beratungsangeboten können die Chemieparks als Nuklei für eine Digitalisierung der Geschäftsprozesse in der Breite genutzt werden. Entsprechende Partnerschaften zwischen KMU und Großunternehmen können ebenfalls im Sinne eines Wissenstransfers genutzt werden (z. B. unter Federführung des Chemiepark-Betreibers). Dabei muss ein beiderseitiger Nutzen eintreten, weshalb eine produkt- bzw. geschäftsmodellspezifische Nähe vorhanden sein sollte.
- **Potenzialbetrachtung neuer Technologien:** Die chemische Industrie fungiert vor allem als Zulieferindustrie. Neue technologische Entwicklungen haben weitreichende Auswirkungen auf die wirtschaftlichen Aussichten der Branche. Interdisziplinäre Roadmap-Prozesse, unter Einbindung von Politik, Wissenschaft und Praxis, zu den spezifischen Auswirkungen technologischer Veränderungen bzw. Trends (z. B. Leichtbau, 3D-Druck, E-Mobilität) können die absehbaren Implikationen auf die chemische Industrie untersuchen.

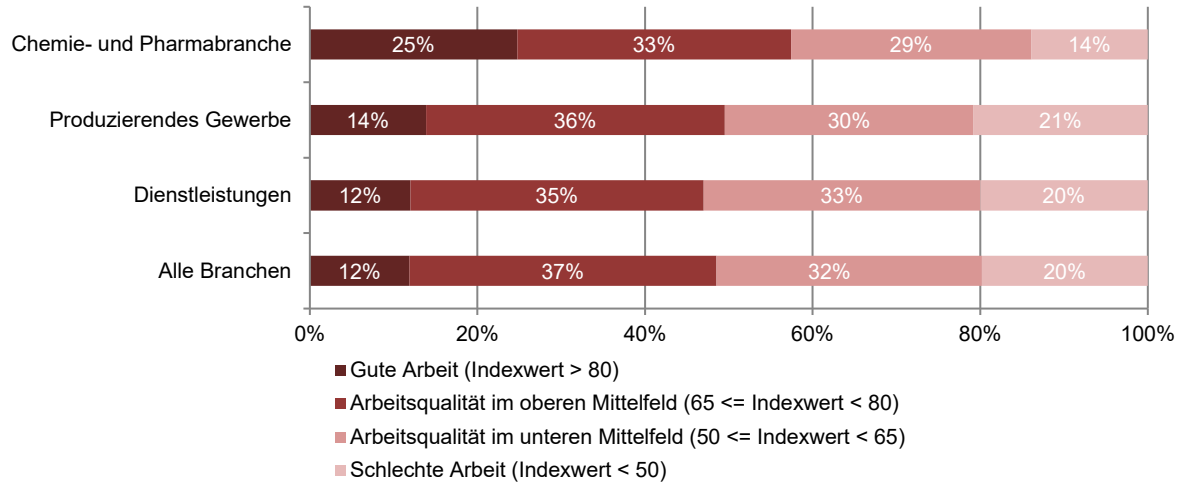
4.3 Organisation

4.3.1 Digitalisierung und Qualität der Arbeit

Die fortschreitenden Digitalisierungsprozesse der Chemie- und Pharmabranche stehen in einem engen Zusammenhang mit der unternehmerischen Arbeitsorganisation und der individuellen Arbeitsqualität. Wirtschaftlicher Erfolg sollte dabei möglichst Hand in Hand mit guten Arbeitsbedingungen gehen. Nach Definition des DGB liegt „Gute Arbeit“ vor, wenn Beschäftigte mit hinreichend Arbeitsressourcen ausgestattet sind, eine gesundheitsverträgliche Arbeitsbelastung gewährleistet ist und ein angemessenes Einkommen und Sicherheit vorliegen (Fuchs, 2006). Mithilfe der Daten des DGB-Index Gute Arbeit und der Sonderbefragung zur Digitalisierung in Kombination mit der Delphi-Befragung lassen sich die Qualität der Arbeit sowie der Zusammenhang zur Digitalisierung in der Chemie- und Pharmabranche quantitativ und qualitativ darstellen sowie mögliche Stärken und Schwächen der chemisch-pharmazeutischen Industrie ableiten.[15'16]

Insgesamt zeichnet sich die Chemie- und Pharmabranche durch eine deutlich überdurchschnittliche Arbeitsqualität im Sinne des DGB-Index Gute Arbeit aus (Abbildung 13). So erfüllt jeder Vierte Beschäftigte der Branche die Kriterien für „Gute Arbeit“, ein Anteil der 9 %-Punkte über dem Durchschnitt des Produzierenden Gewerbes und 12 %-Punkte über dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt liegt. Entsprechend ist der Anteil der Beschäftigten in „schlechter Arbeit“ mit 14 % in der Chemie- und Pharmaindustrie signifikant geringer als in den Vergleichsgruppen. Ein bedeutender Anteil der Beschäftigten bewertet die Arbeitssituation in der Chemie- und Pharmabranche in vielen Dimensionen somit als unterstützend, lernförderlich und absichernd.

Abbildung 13: Stufen der Arbeitsqualität des DGB-Index Gute Arbeit, 2017



Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2017.

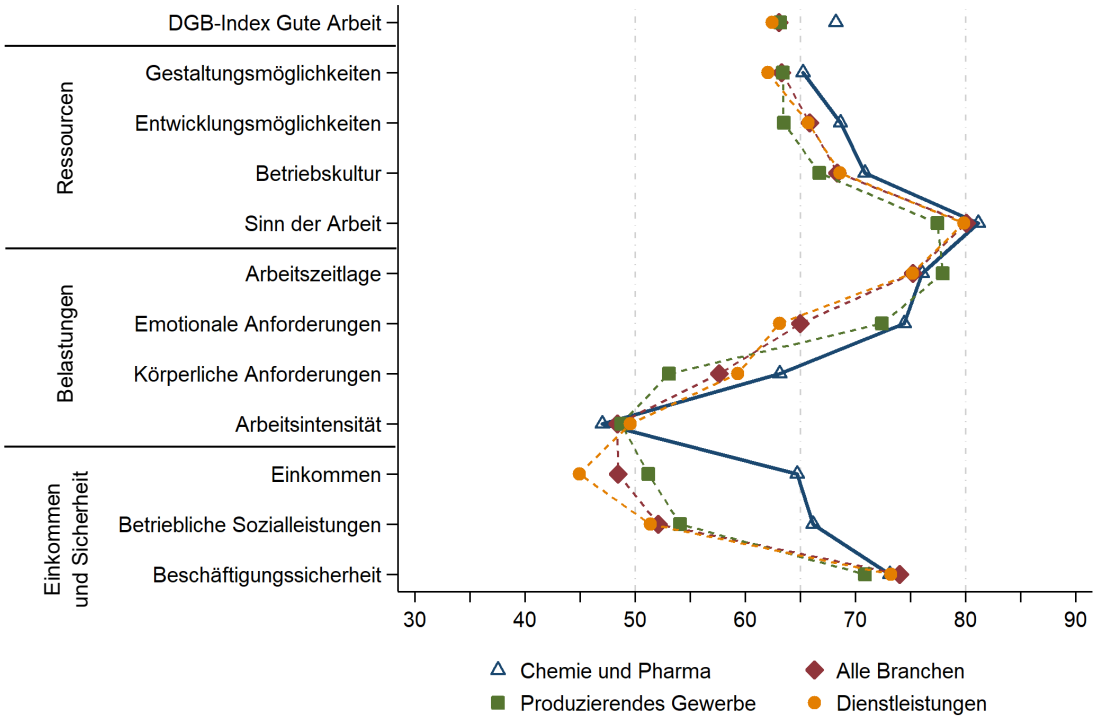
Die Gesamtbewertung des DGB-Index Gute Arbeit lässt sich weitergehend nach 11 Kriterien der Arbeitsqualität auffächern (Abbildung 14). Es zeigt sich, dass die überdurchschnittliche Gesamtbewertung der Chemie- und Pharmabranche aus einer Vielzahl positiv bewerteter Einzelkriterien resultiert. So schneidet die Branche in acht von 11 Kriterien besser ab als die Vergleichsgruppen. Besonders deutlich ist der Vorsprung bei den finanziellen Leistungen (d. h. Einkommen und betriebliche Sozialleistungen), was bei den hohen Branchenlöhnen erwartbar ist. Beispielsweise zeigt eine bundesweite

[15] Nach Definition von Fuchs (2006) bedeutet „Gute Arbeit“ für die Arbeitnehmerin und den Arbeitnehmer „ein festes, verlässliches Einkommen zu erhalten, unbefristet beschäftigt zu sein, die fachlichen und kreativen Fähigkeiten in die Arbeit einbringen und entwickeln zu können, Anerkennung zu erhalten und soziale Beziehungen zu entwickeln.“

[16] Der DGB-Index Gute Arbeit ist ein Instrument zur Bewertung der Arbeitsqualität aus Sicht der Beschäftigten. Die Berechnung des Index erfolgt auf Grundlage von 42 Einzelfragen, die in 11 Kriterien strukturiert sind. Bei der Auswertung des Index werden regelmäßig vier Stufen der Arbeitsqualität unterschieden. Für weitere Details vgl. Abschnitt 2.3.1 und Holler (2013).

Untersuchung zu den branchenspezifischen Gehaltsstrukturen, dass die Beschäftigten in der Chemie- und Pharmaindustrie im Jahr 2016 durchschnittlich rund 20 % mehr als Beschäftigte in anderen Branchen verdienten (CompensationPartner GmbH, 2016). Signifikant besser schneidet die Chemie- und Pharmaindustrie auch bei den Einzelkriterien Gestaltungs- und Entwicklungsmöglichkeiten, Betriebskultur sowie emotionale und körperliche Anforderungen ab. Die Arbeitszeitlage bewerten die Beschäftigten hingegen schlechter als im Durchschnitt des Produzierenden Gewerbes und die Arbeitsintensität schlechter als im Durchschnitt des Produzierenden Gewerbes sowie der Gesamtwirtschaft.

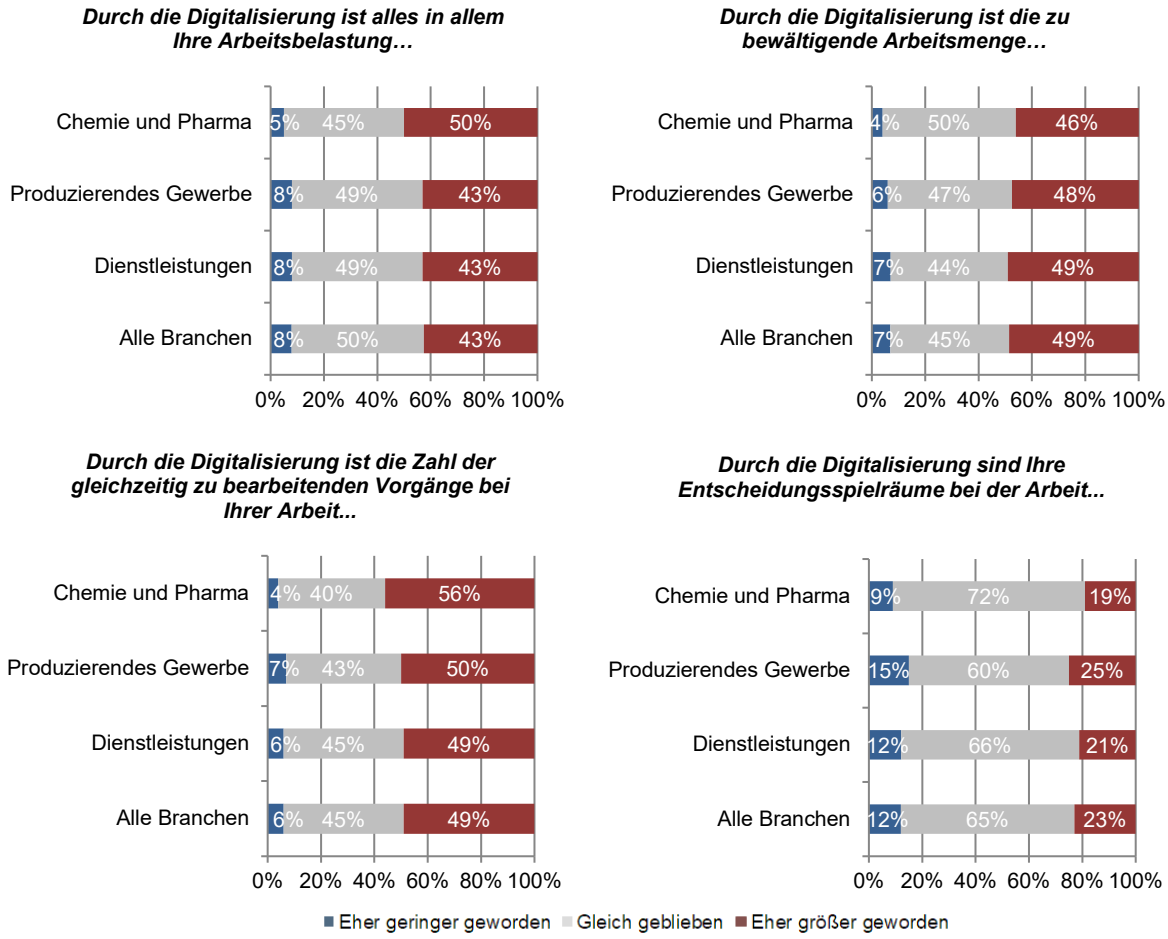
Abbildung 14: DGB-Index Gute Arbeit und Kriterien der Guten Arbeit, 2017



Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2017.

Wenngleich nicht der einzige, so ist die Digitalisierung doch ein zentraler Einflussfaktor auf die Arbeitsqualität. Demnach hat sich aus Sicht der Beschäftigten die Arbeitsbelastung im Zuge der Digitalisierung deutlich erhöht. 50 % der befragten Beschäftigten in der Chemie- und Pharmabranche und damit 7 %-Punkte mehr als im Durchschnitt des Produzierenden Gewerbes und der Gesamtwirtschaft berichten, dass die Arbeitsbelastung durch die Digitalisierung alles in allem größer geworden ist (Abbildung 15). Des Weiteren haben im Zuge der Digitalisierung bei 46 % der Befragten die zu bewältigende Arbeitsmenge und bei 56 % die gleichzeitig zu bearbeitenden Vorgänge bei der Arbeit zugenommen. Die Auswirkungen auf die Entscheidungsspielräume sind hingegen begrenzt. So haben fast drei Viertel der Befragten bei diesem Kriterium keine Veränderungen wahrgenommen.

Abbildung 15: Folgen der Arbeit mit digitalen Mitteln aus Sicht der Beschäftigten, 2016



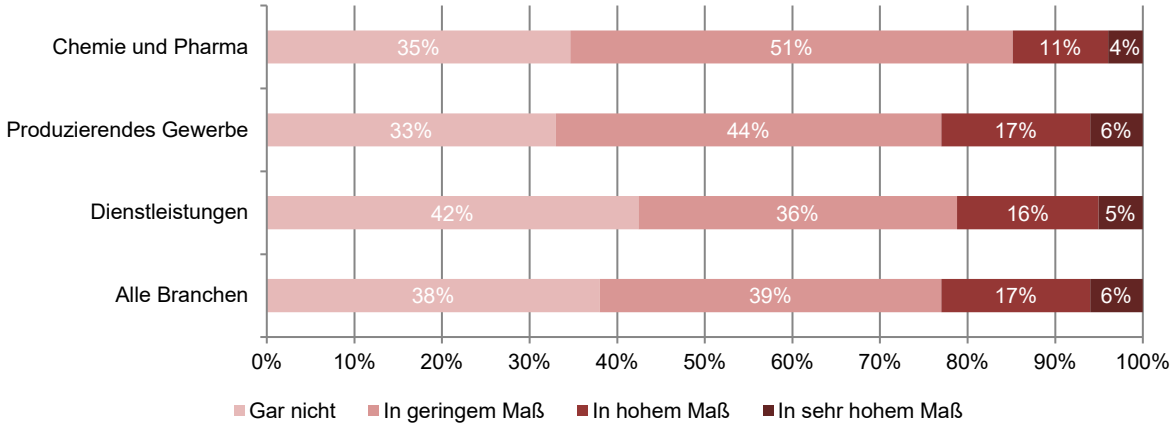
Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2016.

Zuletzt zeigen die Befragungsdaten des DGB-Index, dass die Beschäftigten der Chemie- und Pharmabranche bisher wenig Einfluss auf die Art und Weise des Technologieeinsatzes am Arbeitsplatz hatten, sowohl in absoluten Werten als auch relativ zu den Vergleichsgruppen. Demnach gab jeder Dritte Beschäftigte an, gar keinen Einfluss bei der Gestaltung der Arbeit mit digitalen Mitteln zu haben, 51 % bewerteten den Einfluss zudem als gering. Nur 15 % konnten den Technologieeinsatz in hohem bzw. sehr hohem Maß beeinflussen. Eine Auswertung dieser Frage differenziert nach Qualifikationsniveaus zeigt weiterführend ein deutliches Einflussgefälle in Abhängigkeit der Qualifikation, d. h. mit abnehmender Qualifikation sinkt auch der Gestaltungsraum der Beschäftigten.

Insgesamt deuten die Ergebnisse des DGB-Index darauf hin, dass eine Stärkung von Guter Arbeit in der Chemie- und Pharmabranche weniger durch erweitere Ressourcen und finanzielle Anreize zu erreichen ist, sondern vielmehr arbeitsorganisatorische Verbesserungen zur Reduzierung der Belastungen bedarf, insbesondere vor dem Hintergrund einer zunehmend digitalisierten Arbeitsweise.

Abbildung 15: Gestaltung der Arbeit mit digitalen Mitteln aus Sicht der Beschäftigten, 2016

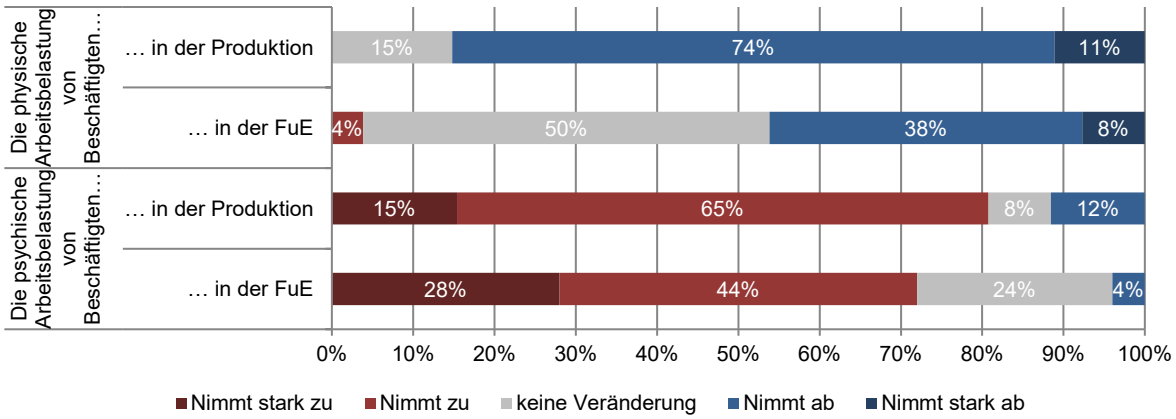
Können Sie Einfluss auf die Art und Weise des Einsatzes der digitalen Technik an Ihrem Arbeitsplatz nehmen?



Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2016.

Um einen besseren Einblick in künftige Entwicklungen der Belastungen in der Branche zu erhalten, wurden die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung nach erwartbaren Veränderungen der physischen und psychischen Belastung gefragt. Während sich physische Belastungen direkt auf das Kriterium der körperlichen Anforderungen des DGB-Index beziehen, wird mit den psychischen Belastungen ein Querschnittsthema adressiert, dass DGB-Kriterien wie Arbeitszeitlage, Arbeitsintensität sowie emotionale Belastungen zusammenfassend abbildet.[17] Mit Blick auf die chemisch-pharmazeutische Produktion gehen die Befragten von einer deutlichen Abnahme der physischen Belastung aus (Abbildung 16). Dagegen sind sich die Expertinnen und Experten uneinig, ob die ohnehin schon geringen physischen Belastungen in der FuE weiter abnehmen oder unverändert bleiben. Anders gestaltet sich die Situation bei den psychischen Belastungen. Laut Expertenmeinung werden diese sowohl in der Produktion als auch in der FuE zunehmen. So gehen 80 % der befragten von einer Zunahme bzw. starken Zunahme der psychischen Belastungen in der Produktion aus, 72 % der Befragten erwarten einen Anstieg der psychischen Belastungen in der FuE, davon 28 % sogar eine starke Zunahme.

Abbildung 16: Zukünftige physische und psychische Belastung



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

[17] Auch in der Abfrage der arbeitsorganisatorischen Ebene wurde zwischen den beiden chemisch-pharmazeutischen Kernbereichen Produktion und Forschung- und Entwicklung (FuE) differenziert (vgl. Abschnitt 4.2.1).

Um Ansatzpunkte zu identifizieren, mit denen zunehmender psychischer Belastungen in der chemisch-pharmazeutischen Produktion und FuE entgegengewirkt werden kann, haben die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung weiterführend die Bedeutung von unterschiedlichen Einflussfaktoren auf die psychische Belastung bewertet. In der Produktion erachten die Befragten eine Ausdehnung der Betriebszeiten über die „Normalarbeitszeit“ hinaus als belastetsten Faktor, wobei insbesondere die Schichtarbeitssysteme zur Auslastung der Produktionsanlagen eine Herausforderung darstellen (vgl. Abschnitt 4.3.2). Darüber hinaus belasten eine hohe Arbeitsintensität und Stress sowie regelmäßige Störungen und Unterbrechungen im Arbeitsprozess die Produktionsarbeit (vgl. Fallstudie in Abschnitt 5.1). Dagegen steht in der FuE der herausfordernde Umgang mit dem ausgeweitetem Tätigkeits- sowie Entscheidungs- und Handlungsspielraum und die Aufgabenvielfalt als Einflussfaktor auf die psychische Belastung der Beschäftigten im Vordergrund, ein Faktor, der von 58 % der Befragten genannt wurde. Die Mitarbeiterführung, das Abweichen von Normalarbeitszeiten und die Arbeitsintensität wurden zudem von jedem Dritten Befragten als Einflussfaktoren in der FuE ausgewählt.

Abbildung 17: Einflussfaktoren auf psychische Belastung

Anmerkung: Die Liste der Einflussfaktoren war in die vier Themenfelder Arbeitsaufgabe; Arbeitszeit; Führung und Organisation sowie Technische Faktoren gegliedert und bestand aus 17 Arbeitsbedingungsfaktoren. Die Liste wurde einer Untersuchung von Rothe et al. (2017) zur psychischen Gesundheit in der Arbeitswelt entnommen und geringfügig angepasst. Die Befragten konnten für die Bereiche „Produktion“ und „FuE“ jeweils bis zu fünf Faktoren auswählen. Die Prozentwerte beziehen sich auf den Anteil der Befragten, die den entsprechenden Faktor genannt haben. Es werden nur Einflussfaktoren angezeigt, die mindestens von 20 % der Befragten ausgewählt wurden. Für eine vollständige Liste der abgefragten Einflussfaktoren siehe Tabelle 7 im Anhang.

Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).[18]

Mit ihrer „Roadmap Arbeit 4.0“ bieten der IG BCE und BAVC bereits branchenspezifische Ansatzpunkte zur Begegnung der vielseitigen Herausforderungen der digitalen Transformation in der chemisch-pharmazeutischen Arbeitswelt. Im Fokus stehen dabei Themen wie das Arbeitsvolumen, Arbeitszeit-

[18] Die Ergebnisse basieren auf der zweiten Runde der Delphi-Befragung mit einer geringeren Fallzahl (vgl. Abschnitt 2.3.2).

souveränität, mobiles Arbeiten und Qualifizierung. Ausgangspunkt für diese Initiative war die Tarifrunde 2018. Ziel ist es, bis Ende der Laufzeit des Tarifabschlusses neue Handlungsbedarfe zu identifizieren. Unter anderem soll ein passendes Gesamtsystem mit attraktiven Arbeitsbedingungen sowie neue Instrumente zur Ausweitung der Arbeitszeitsouveränität für die chemisch-pharmazeutische Industrie geschaffen werden (Beckmann, 2018b; Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. [BAVC], 2018b). Vor dem Hintergrund der in diesem Abschnitt vorgestellten Ergebnisse adressiert die Initiative somit relevante Themenfelder zur Stärkung „Guter Arbeit“ in der Branche.

4.3.2 Flexibilisierungspotenziale in der Arbeitsorganisation

Eine Flexibilisierung der betrieblichen Arbeitsorganisation lässt sich aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachten. So bietet der digitale Wandel auf der einen Seite neue Flexibilisierungspotenziale im Hinblick auf die Arbeitszeit und den Arbeitsort (Eichhorst & Tobsch, 2014). Eine Steigerung der Arbeitszeit- und Arbeitsortsouveränität kann auf der einen Seite einen Beitrag zur besseren Vereinbarkeit von Beruf und Familie leisten, birgt gleichzeitig aber auch die Gefahr einer übersteigerten Entgrenzung von Arbeit (Apt, Bovenschulte, Hartmann & Wischmann, 2016; BAVC, 2018c). Eine Flexibilisierung der Arbeitsorganisation kann zudem auf betriebsstruktureller Ebene erfolgen, idem starre Hierarchien durch flache, dezentrale Arbeitsstrukturen aufgelöst werden (Hirsch-Kreinsen, 2014). Der zunehmende Einsatz von digitalen Arbeitsmitteln ist dabei ein zentraler Treiber für neue Flexibilisierungspotenziale, eine zeitliche und örtliche Entgrenzung der Arbeit sowie Tendenzen der Dezentralisierung (Apt et al., 2016).

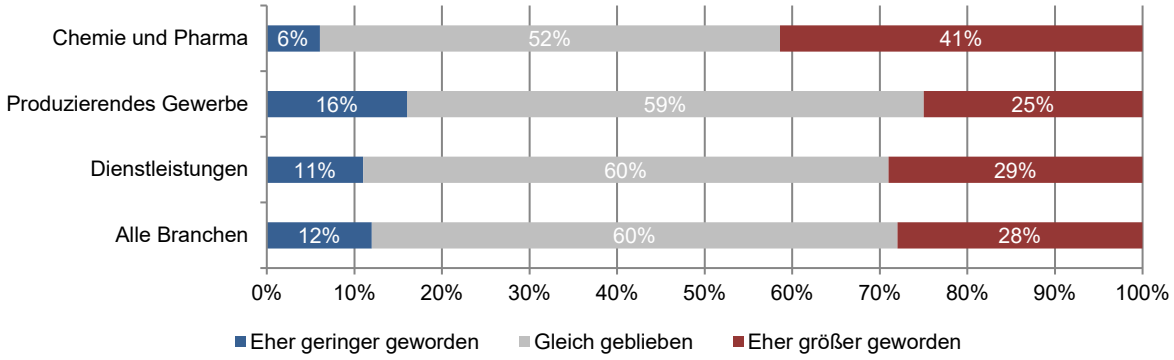
Auch in der Chemie- und Pharmabranche sind Flexibilisierungstendenzen zu beobachten, wenngleich das produktionsgetriebene Kerngeschäft in Kombination mit rechtlichen und sicherheitstechnischen Vorschriften die chemisch-pharmazeutischen Unternehmen vor besondere Herausforderungen stellt. Nach Malanowski et al. (2017) sind die Flexibilisierungsmöglichkeiten demnach in der chemischen Produktion sowie damit verbundenen Tätigkeitsfeldern aufgrund vollkontinuierlicher Prozessabfolgen bei den meisten Anlagen begrenzt. Dagegen lassen sich mit Hilfe neuer digitaler Technologien und neuer Kommunikationsmedien vor allem im Bereich der Angestelltentätigkeiten in der Chemie- und Pharmabranche zunehmend flexiblere Arbeitszusammenhänge realisieren (Malanowski et al., 2017; Malanowski & Awenius, 2017). Eine Mitgliederbefragung des Arbeitgeberverbandes HessenChemie aus dem Jahr 2017 unter rund 50 Unternehmen der chemisch-pharmazeutischen Industrie kommt zu dem Ergebnis, dass künftig das Arbeitsumfeld in der Branche räumlich, zeitlich und inhaltlich flexibler wird. So erwarten drei von vier befragten Unternehmen, dass Mitarbeiter künftig überwiegend räumlich flexibel arbeiten werden, neun von zehn Unternehmen gehen von der Möglichkeit einer überwiegend zeitlich flexiblen Arbeit aus.

Daten des DGB-Index Gute Arbeit für das Jahr 2016 deuten an, dass bereits heute eine überdurchschnittliche Ausweitung der örtlichen Flexibilität unter Beschäftigten der chemisch-pharmazeutischen Industrie besteht. So gaben 41 % der Befragten aus der Chemie- und Pharmabranche an, dass der Anteil der Arbeit, den sie mobil erledigen können, durch die Digitalisierung eher größer geworden ist. Entsprechende Vergleichswerte für das Produzierende Gewerbe sowie die Gesamtwirtschaft liegen bei 25 bis 28 % (Abbildung 18). Differenziert man bei der Auswertung des DGB-Index Gute Arbeit weiterführend nach Schichtarbeitern und Nicht-Schichtarbeitern, zeigt sich jedoch, dass der Wandel überwiegend außerhalb der Schichtarbeit stattgefunden hat.[19] Demnach gaben nur 7 % der befragten Schichtarbeiter aus der Chemie- und Pharmabranche an, dass sie durch die Digitalisierung häufiger mobil arbeiten. Dagegen lag der entsprechende Branchenwert für Nicht-Schichtarbeiter bei 50 % (eigene Berechnungen, nicht abgebildet).

[19] Die Identifikation von Schichtarbeit erfolgt über die Frage nach der Häufigkeit der Arbeit im Schichtdienst in den letzten drei Monaten. Befragte, die angaben, in den letzten drei Monaten ständig oder regelmäßig im Schichtdienst gearbeitet zu haben, wurden der Gruppe der Schichtarbeiter zugeordnet.

Abbildung 18: Einfluss der Digitalisierung auf die örtliche Flexibilität aus Beschäftigtensicht, 2016

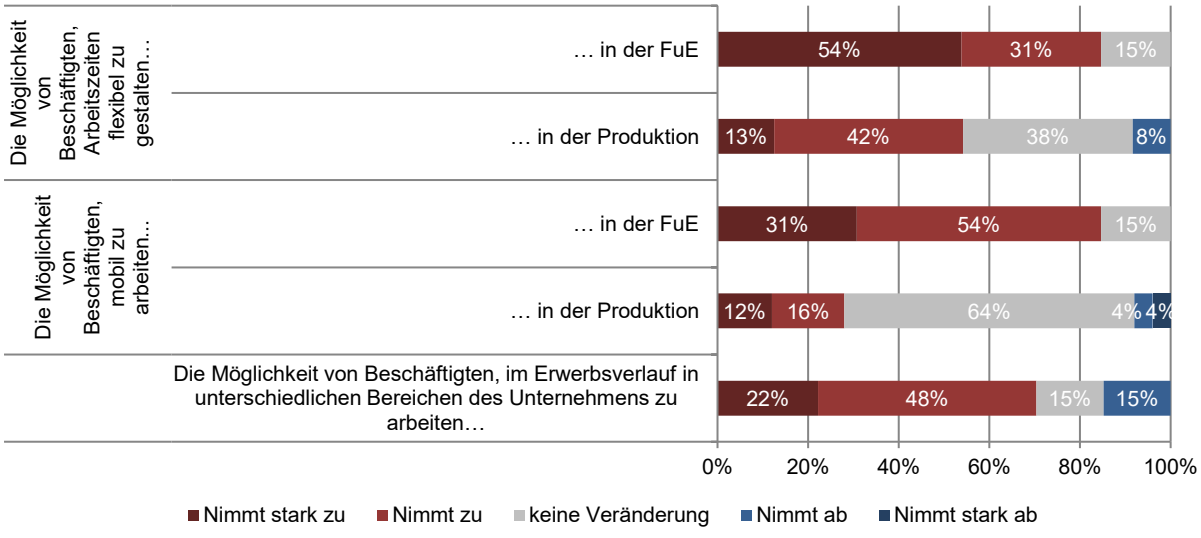
Durch die Digitalisierung ist der Anteil der Arbeit, den Sie von zu Hause oder unterwegs erledigen…



Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2016.

Mit Blick in die Zukunft erwarten die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung, dass die zeitliche und räumliche Flexibilität der Beschäftigten in der FuE zwar zunimmt, die Flexibilisierungspotenziale in der Produktion jedoch begrenzt bleiben. Demnach gehen jeweils 85 % der Befragten davon aus, dass die Möglichkeiten für eine flexible Arbeitszeitgestaltung sowie für mobile Arbeitsformen in der FuE zunehmen bzw. stark zunehmen. Eine zunehmende zeitliche Flexibilisierung in der Produktion erwarten immerhin noch 55 % der Expertinnen und Experten. Von einer Zunahme bzw. starken Zunahme der Möglichkeiten zum mobilen Arbeiten in der Produktion gehen hingegen nur ein Drittel der Befragten aus. Schließlich gehen 70 % der Expertinnen und Experten davon aus, dass künftig die inhaltliche Flexibilität, d. h. die Möglichkeit, im Erwerbsverlauf in unterschiedlichen Bereichen des Unternehmens zu arbeiten, zunimmt bzw. stark zunimmt.

Abbildung 19: Zukünftige zeitliche, örtliche und inhaltliche Flexibilität



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Für die Beschäftigten der chemisch-pharmazeutische FuE kann somit von einer zunehmenden Flexibilität im Einklang mit einer modernen Arbeitswelt ausgegangen werden. Dies bestätigt auch ein Fallbeispiel von Merck. So wurde in dem Unternehmen im Jahr 2012 zunächst in einem Pilotprojekt ein flexibles Arbeitsmodell getestet, welches im Jahr 2014 schließlich an den deutschen Standorten Darmstadt und Gernsheim ausgerollt wurde. Das Modell ermöglicht Beschäftigten, ihre Arbeitszeit und den Arbeitsort individuell mit dem Vorgesetzten und dem Team abzustimmen. Formale Grundlage dafür sind sogenannte Teamvereinbarungen, die unter anderem den Arbeitszeitrahmen, die Präsenzpflicht,

die Funktionszeiten sowie Vertretungsregeln festlegen. Beispielsweise sollen Chemielaboranten mit dem Modell die Möglichkeit bekommen, Analysen von Messreihen und das Verfassen von Berichten außerhalb des Labors zu erledigen (Beckmann, 2016).

In der Produktion bzw. Schichtarbeit ist dagegen kein grundlegender Wandel der Zeit- und Ortsflexibilität zu erwarten. Vorstellbar erscheinen lediglich punktuelle Veränderungen in der zeitlichen Dimension. So zeigt auch der BAVC (2018a) mit seiner „Toolbox Arbeiten 4.0“ verschiedene Ansätze zur Flexibilisierung der Produktion bzw. Schichtarbeit auf.[20] Auf Basis eines modularen Baukastens werden Instrumente zur Flexibilisierung aus den vier Bereichen Teilzeit, Zeitkonto, Job-Sharing und Schichten aufgezeigt, wobei bei Letzterem unter anderem Schicht-Planungsapps, Schichttausch, asymmetrische Dauer, asymmetrische Besetzung und zeitversetzter Beginn als Module genannt werden. Die Umsetzung der unterschiedlichen Ansätze wird schließlich in Praxisbeispielen aus großen Chemie- und Pharmaunternehmen dargestellt (BAVC, 2018a). Eine ortsungebundene Arbeit erscheint hingegen in der Produktion auf absehbare Zeit nicht realisierbar. So erfordert die häufige Arbeit in risikobehafteten Produktionsumfeldern sowie hohen regulatorischen Produktionsauflagen (u. a. durch „Good Manufacturing Practice“, GMP, und „Standard Operating Procedure“, SOP) weiterhin eine durchgängige Vor-Ort-Präsenz von Beschäftigten.[21] Entsprechend halten Malanowski et al. (2017) und Malanowski und Awenius (2017) eine Aufweichung der Präsenzpflicht unter Anwendung von neuen Technologien (z. B. Technologien zur Remote-Kontrolle in Nachtzeiten) in der chemischen-pharmazeutischen Produktion für theoretisch denkbar aber praktisch nicht umsetzbar. Auch Beckmann (2016) hält eine permanente Präsenz in der Produktion für zwingend erforderlich.

Neben der zunehmend zeit- und ortsungebundenen Arbeit können grundsätzlich auch betriebsstrukturelle Veränderungen zur Flexibilisierung der Arbeitsorganisation beitragen. Unter betriebsstrukturellen Faktoren der Arbeitsorganisation werden im Kontext dieser Studie Anpassungen der Hierarchien, Planungs- und Steuerungsfunktionen sowie Formen der Zusammenarbeit verstanden. So zeigen Malanowski et al. (2017) und Malanowski und Awenius (2017), dass auch in Unternehmen der Chemie- und Pharmabranche die Digitalisierung der Unternehmen oftmals mit der Definition neuer Rollen und Funktionsgruppen wie speziellen Projektgruppen, Task Forces oder Chief Digital Officer (CDO) einhergeht. Zudem deuten Ergebnisse einer empirische Untersuchung von Hüther und Stettes (2016) darauf hin, dass eine zunehmende Einbindung digitaler Technologien in Produkte, Maschinen und Anlagen in industriellen Unternehmen in der Tendenz mit einer Dezentralisierung der Steuerung von Produktion und Dienstleistungserstellung einhergeht, wenngleich die Einschätzung von Unternehmen der chemischen Industrie zu diesem Thema deutlich zurückhaltender ist. Eine Befragung unter Führungskräften der Pharmaindustrie zeigt darüber hinaus, dass es ein Großteil der befragten Führungskräfte für erforderlich hält, „starre Prozesse und Organisationssilos durch projektwirtschaftliche Strukturen zu ersetzen“, wobei der Ausbau von Projektarbeit zunächst einen organisatorischen Umbau voraussetzte (Hays, 2016). Eine ähnliche Entwicklung prognostizieren Malanowski et al. (2017) und Malanowski und Awenius (2017): So erwarten die Autorenteams eine stärkere Fokussierung auf projektbasierte Arbeitszusammenhänge in der Chemie- und Pharmabranche. Dabei steht eine Über-

[20] Die „Toolbox Arbeiten 4.0“ des BAVC wurde von Chemie-Arbeitgebern gemeinsam mit Expertinnen und Experten aus der betrieblichen Praxis erarbeitet und bietet Werkzeuge zur praktischen Unterstützung einer zunehmend digitalisierten Arbeit zu den Themenschwerpunkten Bildung, Flexibilität, Gesundheit und Datenschutz, u. a. in Form von Praxisbeispielen, Merkblättern und künftigen Szenarien (BAVC, 2018f).

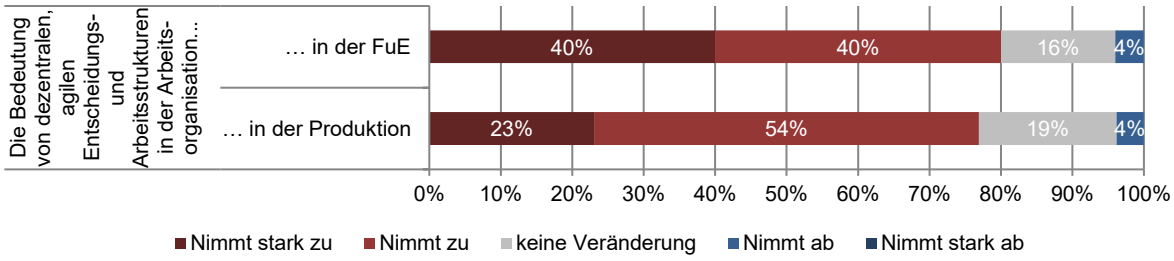
[21] GMP-Regeln sind Richtlinien zur Qualitätssicherung bei der Arzneimittelproduktion. Die Regeln der guten Herstellerpraxis definieren dabei sowohl Anforderungen an die Herstellungsvorgänge als auch die Qualitätskontrolle (Bundesministerium für Gesundheit [BMG] (2006)). Für die Einführung und den Verkehr von Arzneimitteln in den USA sind zudem die Current Good Manufacturing Practice (cGMP)-Richtlinien der U.S. Food and Drug Administration (FDA) von großer Bedeutung, die Qualitätsanforderungen für Arzneimitteln definieren und Mindestanforderungen an die Methode, Produktionseinrichtungen und Kontrolle bei der Herstellung, Verarbeitung und Verpackung von Arzneimitteln festlegen (U.S. Food and Drug Administration [FDA] (2018)). Unter Standard Operating Procedure (SOP bzw. Standardarbeitsanweisung) „versteht man ein standardisiertes Vorgehen von Abläufen in kritischen Bereichen der pharmazeutischen Industrie, in Laboren, der Luftfahrtindustrie oder beispielsweise auch dem Militär“ (roXtra (2017)). GMP-Leitlinien und Gesetze erfordern dabei regelmäßig SOPs (Concept Heidelberg GmbH (2014)).

schreitung organisationaler und auch nationaler Grenzen in einem wechselseitigen Verhältnis zu veränderten Führungs- und Kontrollstrukturen im Unternehmen. Die Ergebnisse deuten schließlich darauf hin, dass sich in Hierarchiestufen unterhalb der Führungsebene zunehmend Arbeitsstrukturen verstetigen, die auf eine verstärkte Selbstkontrolle und -verantwortung der Beschäftigten ausgerichtet sind (Malanowski et al., 2017; Malanowski & Awenius, 2017). Auch eine Untersuchung zur Chemie- und Pharmabranche in Baden-Württemberg kommt zu dem Ergebnis, dass die Verantwortungsbereiche der Beschäftigten künftig größer werden und damit die Handlungsspielräume und Anforderungen an die Entscheidungskompetenzen zunehmen (Hämmerle, Rally & Scholtz, 2017). Entsprechend wird auch das Selbstmanagement im Rahmen der Delphi-Befragung und in der Literatur als eine Schlüsselkompetenz der Zukunft gesehen (vgl. Abschnitt 4.4.2).

Neue Formen der Zusammenarbeit finden im Zuge der Digitalisierung jedoch nicht nur intern statt, sondern manifestieren sich auch in externen Verflechtungen chemisch-pharmazeutischer Unternehmen. Nach Deloitte (2017) erfordern beispielsweise neue, digitale Geschäftsmodelle eine noch stärkere Zusammenarbeit in Netzwerkstrukturen. Die Chemieindustrie müsse sich dabei zunehmend mit einer frühzeitigen Erkennung von Potenzialen in Netzwerken sowie der Positionierung der Chemie- und Pharmabranche innerhalb dieser Netzwerke auseinandersetzen. Auch eine Öffnung nach außen zur Förderung der Innovationsprozesse in Kooperation mit anderen Unternehmen (Wettbewerbern, Zulieferern oder Kunden) sollte angestrebt werden („Offene Innovation“). Bei einer weltweiten Umfrage unter Führungskräften der chemischen Industrie gaben rund 40 % der Befragten an, „dass eine Innovationsplattform, über die Kollaboration und Kreativität unter Partnern gefördert werden, einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen und profitablem Geschäftswachstum leisten kann“ (Deloitte, 2017).[22]

Bei der Delphi-Befragung zeigte sich, dass die Expertinnen und Experten gleichermaßen im Bereich der FuE und der Produktion eine Flexibilisierung der betriebsstrukturellen Arbeitsorganisation erwarten. 80 % der Befragten gehen davon aus, dass die Bedeutung von dezentralen, agilen Entscheidungs- und Arbeitsstrukturen in der Chemie- und Pharmaindustrie künftig zunehmen bzw. stark zunehmen wird. Mit 78 % erwartet ein vergleichbar hoher Anteil der Befragten eine entsprechende Entwicklung in der Produktion.

Abbildung 20: Zukünftige Flexibilisierung der Arbeitsorganisation



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Die Herausforderung wird darin bestehen, wie sich solche Ansätze tatsächlich umsetzen lassen, insbesondere in KMU. Vertiefend wurden die Expertinnen und Expertinnen daher nach Ansätzen zur Schaffung dezentraler, agiler Entscheidungs- und Arbeitsstrukturen in der chemisch-pharmazeutischen Produktion gefragt.[23] Potenzielle Ansätze sind nach Expertenmeinung eine verstärkte Teamarbeit in Kombination mit der Befähigung der Beschäftigten zur Selbstorganisation, neue Formen

[22] Mit dem Merck Innovation Center und dem Grants4Apps (G4A) Accelerator von Bayer zeigen zwei große chemisch-pharmazeutische Unternehmen Konzepte, wie agile, kollaborative und innovationsfördernde Strukturen und Programme ausgestaltet sein können. Das modulare Innovationszentrum am Hauptstandort von Merck in Darmstadt hat zum Ziel, einen kreativen Freiraum außerhalb der tradierten Unternehmensstrukturen zu bieten, um Innovationen voranzutreiben (Beckmann (2016)). Mit dem G4A Programm sollen Innovationen im Gesundheitsbereich gefördert werden, indem Start-ups Mentoring und kostenlose Co-Working Spaces im Bayer Campus angeboten werden, vgl. https://g4a.health/, zuletzt aufgerufen am 27.02.2019.

[23] Eine analoge Befragung zum Bereich der FuE erfolgte nicht.

des Projekt- und Produktmanagements (z. B. „Scrum“), der Einsatz von Algorithmen und lernenden Computersystemen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung von Produktionsteams vor Ort sowie der Abbau von Routineaufgaben zur Erweiterung der individuellen Handlungsspielräume. Auch eine Dezentralisierung der Qualitätskontrolle („In-Process-Control“) wurde angeregt, wenngleich auch auf bedeutende rechtliche Einschränkungen (u. a. durch GMP-Anforderungen) hingewiesen wurde.

4.3.3 Lernförderliche Arbeitsorganisation

Eine lernförderliche Arbeitsorganisation kann einen wichtigen Beitrag zur stetigen Weiterentwicklung der Qualifikations- und Kompetenzprofile der Beschäftigten leisten und das Lernen im Arbeitsprozess befördern. Arbeitsgebundenes Lernen findet meist als ein Lernen statt, das als „fluide, temporär, selbstgesteuert und als nicht formell organisiert charakterisiert werden kann“ (Dehnbostel, 2008). Dennoch bestehen nach Schäfer (2009) in der Arbeitsumgebung, den Arbeitsaufgaben, der Arbeitsorganisation sowie der Unternehmenskultur konkrete Gestaltungsfelder, die einen informellen Lernprozess am Arbeitsplatz begünstigen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Gestaltungfelder einer lernförderlichen Arbeitsumgebung

Arbeitsumgebung	Arbeitsaufgaben	Arbeitsorganisation
Nutzung ergonomischer Gestaltungskriterien	Schaffung vollständiger, problemhaltiger Tätigkeiten	Gestaltung von relevanten Strukturmerkmalen
z. B. Beleuchtung, Farbgestaltung, Lärm, Klima, mechanische Schwingungen, Gefahrstoffe, Arbeitsmittel	z. B. Selbstständigkeit, Partizipation, Kommunikation, Kooperation, Information und Feedback am Arbeitsplatz	z. B. Produktionsablauf, Gruppenarbeit, Arbeitsteilung, Hierarchie, Arbeitszeit und Entgelt
Unternehmenskultur		

Quelle: Eigene Darstellung. Schäfer (2009).

Die Bedeutung einer lernförderlichen Arbeitsumgebung für die Chemie- und Pharmabranche zeigt sich exemplarisch an einer Mitgliederbefragung des Arbeitgeberverbandes HessenChemie aus dem Jahr 2017. So gaben die etwa 50 Befragten an, dass eine lernförderliche Arbeitsumgebung als Personalentwicklungsmaßnahme bei 42 % der Unternehmen für den Großteil der Belegschaft angewendet und etwa bei einem weiteren Viertel der Unternehmen für ausgewählte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter genutzt wird (Schleiermacher & Stettes, 2017). Des Weiteren zeigen die Autoren, dass bei Vorhandensein einer lernförderlichen Arbeitsumgebung relativ häufig auch die Erwartungshaltung besteht, dass die Beschäftigten eigenständig Lösungen für unerwartete Probleme finden und auf diese Weise ihre Kompetenzen und Fähigkeiten weiterentwickeln. In einer gesamtwirtschaftlichen Untersuchung aus dem Jahr 2014 wird außerdem gezeigt, dass eine lernförderliche Arbeitsumgebung in einem positiven Zusammenhang mit dem Digitalisierungsgrad der Unternehmen steht (Arbeitgeberverband Nordostchemie e. V. & Verband der Chemischen Industrie e. V., Landesverband Nordost, 2015). Eine Befragung unter Beschäftigten der Chemie- und Pharmabranche am Standort Baden-Württemberg aus dem Jahr 2016 zeigt schließlich, dass in der Branche, trotz eines bereits hohen Niveaus, von einem weiteren Anstieg des Lernens im Prozess der Arbeit durch die Digitalisierung ausgegangen wird (Hämmerle et al., 2017).

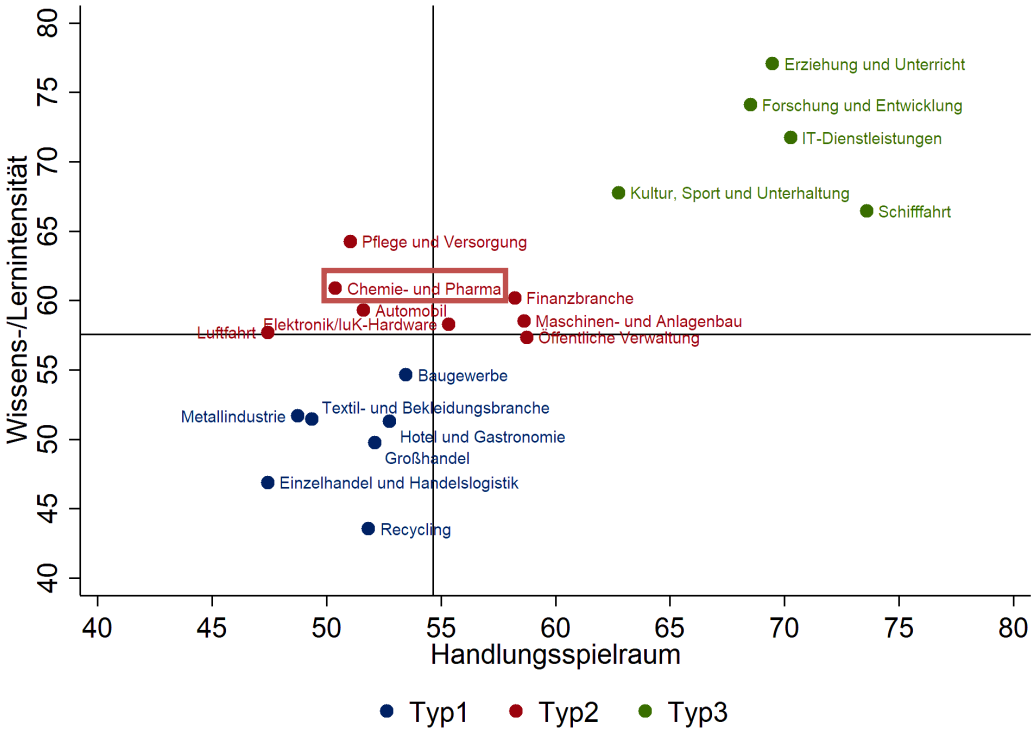
Zur vertiefenden Untersuchung der branchenspezifischen Lernförderlichkeitspotenziale wurde auf Basis der BIBB/BAuA-ETB 2012 eine indexbasierte Bewertung der Wissens- und Lernintensität und Handlungsspielräume in der Chemie- und Pharmabranche im Vergleich zu anderen Branchen vorgenommen.[24'25] Die beiden Faktoren Wissens- und Lernintensität und Handlungsspielräume stellen dabei zentrale Determinanten für ein lernförderliches Arbeitsumfeld dar. Als Branche vom Typ 2 zeichnet sich die Chemie- und Pharmabranche entlang beider Dimensionen zunächst durch Indexwerte nahe

[24] Mit dem *indexbasierten Ansatz* wurden Branchen auf Basis einer hierarchischen Clusteranalyse mit den indexierten Variablen Handlungsspielraum und Wissens-/Lernintensität in drei Typen unterteilt. Die Indexvariablen sind jeweils gewichtete Mittelwerte von vier (Handlungsspielraum) und sieben (Wissens-/Lernintensität) Indikatorvariablen aus der BIBB/BAuA-ETB 2012. Um den Informationsgehalt der Daten optimal zu nutzen, wurde die Gewichtung der Indikatoren durch eine Faktoranalyse ermittelt (Cleff (2015)). Für eine Übersicht der Indikatorenauswahl und -gewichtung siehe Tabelle 5 im Anhang. Die Anzahl der Cluster erfolgte auf Grundlage von inhaltlichen und statistischen Kriterien (u. a. grafische Analyse des Dendrogramms). Der Index *Handlungsspielraum* erfasst die Freiheitsgrade und Vielfalt der Arbeitsprozesse und bildet einen Faktor der Dimension Arbeitsorganisation ab (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [BAuA] (2014); Hartmann, Engelhardt, Hering, Wangler und Birner (2014)). Der Index *Wissens-/Lernintensität* spiegelt die Komplexität der Aufgaben und Lernanforderungen für Beschäftigte wider und kann der Dimension Qualifikation zugeordnet werden (Tiemann (2009)).

[25] Siehe Tabelle 11 für die Branchendefinition nach Wirtschaftszweigklassifikation.

des gesamtwirtschaftlichen Durchschnitts aus (Abbildung 22).[26] Gemäß der Branchentypisierung ist die Chemie- und Pharmabranche damit unter anderem vergleichbar mit der Automobilindustrie und dem Maschinen- und Anlagenbau. Gleichzeitig deuten die Ergebnisse an, dass für die Chemie- und Pharmabranche vor allem die Handlungsspielräume ein limitierender Faktor für eine lernförderliche Arbeitsgestaltung sein könnten. Hier könnten insbesondere die weiterhin vorherrschenden starren Strukturen der verfahrenstechnischen Produktionsweise zum Tragen kommen, die durch strenge technische und regulatorische Vorgaben bei den einzelnen Arbeitsschritten geprägt sind und für die Beschäftigten wenig Spielraum lassen, die Arbeit selbstständig zu planen und einzuteilen. Dagegen liegt die Bewertung der Wissens- und Lernintensität eher am oberen Ende des Ergebnisspektrums für den Branchentyp und bildet die komplexen Aufgaben- und Lernanforderungen für die Beschäftigten ab.

Abbildung 21: Branchentypen nach indexbasiertem Ansatz, 2012



Quelle: Eigene Berechnung. BIBB/BAuA-ETB 2012.

Zur genaueren Quantifizierung der Potenziale einer lernförderlichen Arbeitsgestaltung wurden mit einem weiteren Clusterverfahren die Anteile der Beschäftigten in der Branche nach drei Typen der Lernförderlichkeit berechnet.[27]

- Geringe Lernförderlichkeit: ständige Wiederholung von Arbeitsgängen; vorgeschriebene Strukturen; soziale Unterstützung
- Mittlere Lernförderlichkeit: eigenständiges Handeln; monotone, repetitive Arbeitsvorgänge

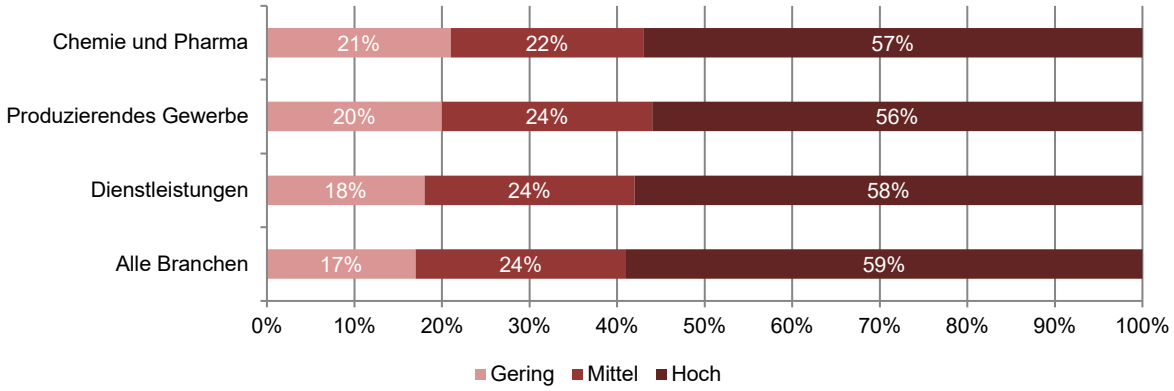
[26] Zur besseren Übersichtlichkeit werden nur 20 der 34 untersuchten Branchen in der Abbildung dargestellt. Die dargestellten Branchen decken 87 % der Stichprobe der BIBB/BAuA-ETB 2012 ab.

[27] Zur Berechnung der Anteile der Beschäftigten nach drei Typen der Lernförderlichkeit wurden eine multiple Korrespondenzanalyse und eine hierarchischen Clusteranalyse durchgeführt. Die Methodik orientiert sich an Lorenz und Valeyre (2005). Die Anzahl der Cluster erfolgte auf Grundlage von inhaltlichen und empirischen Kriterien. Grundlage für die empirische Analyse bilden 11 Indikatoren, die potenziellen Einfluss auf die Lernförderlichkeit von Beschäftigten haben. Tabelle 6 im Anhang gibt die Ausprägungen der Indikatoren entsprechend des Lernförderlichkeitstyps auf Basis der BIBB/BAuA-ETB 2012 wieder.

- Hohe Lernförderlichkeit: hohes Maß an eigenständigen Entscheidungs- und Lernmöglichkeiten; selbstständiges Problemlösen; stetige Wissensaneignung; Einarbeiten in neue Tätigkeitsfelder; autonome Arbeitsumgebung, selbstverantwortliches Handeln; soziale Unterstützung

Für die Chemie- und Pharmabranche wird das Lernförderlichkeitspotenzial für rund 57 % der Beschäftigen als hoch eingestuft, während für die restlichen Beschäftigten das Potenzial zu etwa gleichen Anteilen als mittel oder gering bewertet wird (Abbildung 22). Das Potenzialprofil der Chemie- und Pharmabranche entspricht damit weitgehend dem Durchschnittsprofil des Produzierenden Gewerbes. Vor dem Hintergrund, dass sich die Chemie- und Pharmabranche durch ein überdurchschnittliches Qualifikations- und Anforderungsniveau auszeichnet (vgl. Abschnitt 4.4.1), überrascht dieses Ergebnis zunächst. Eine weitergehende Analyse der Anteile der Lernförderlichkeitstypen nach den vier Anforderungsniveaus (Helfer, Fachkraft, Spezialist, Experte) zeigt jedoch, dass ein überdurchschnittlicher Anteil von Spezialisten und Experten in Kombination mit überdurchschnittlichen Lernförderlichkeitspotenzial bei diesen beiden Anforderungsniveaus (unabhängig von der Branche) auf der einen Seite durch branchenspezifische unterdurchschnittliche Lernförderlichkeitspotenziale bei Fachkräften der Chemie- und Pharmabranche auf der anderen Seite neutralisiert wird.[28] So wird etwa jede Dritte chemisch-pharmazeutischen Fachkraft dem niedrigen Lernförderlichkeitstyp zugeordnet, während im Produzierenden Gewerbe nur jede Vierte Fachkraft diesem niedrigsten Lernförderlichkeitstyp zugewiesen wird und über alle Branchen sogar nur etwa jede Fünfte. Das Ergebnis deutet letztlich darauf hin, dass die Aufgaben- und Organisationsstrukturen insbesondere für Beschäftigte mit beruflicher Bildung, die den Kern der Fachkräfte ausmachen, zum Befragungszeitpunkt ein begrenztes Lernpotenzial aufwiesen.

Abbildung 22: Lernförderlichkeit des Arbeitsumfelds, 2012

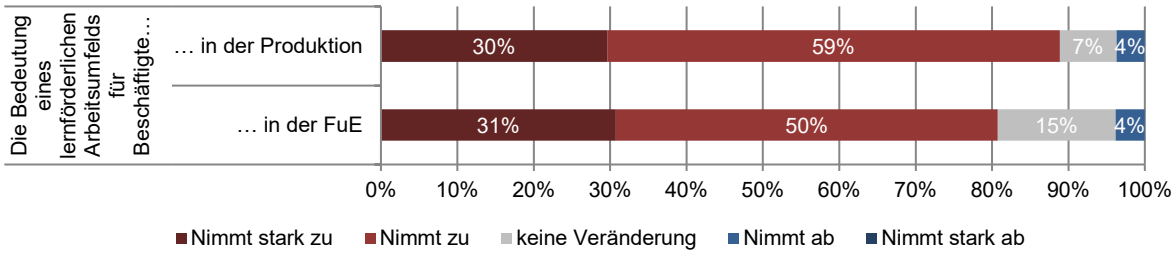


Quelle: Eigene Berechnung. BIBB/BAuA-ETB 2012.

Wenngleich die retrospektive, modellbasierte Bewertung der Lernförderlichkeit in der Chemie- und Pharmabranche nur verhalten positiv ausfällt, erwarten rund 89 % der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung, dass die Bedeutung eines lernförderlichen Arbeitsumfeldes in der Produktion künftig zunimmt bzw. stark zunimmt (Abbildung 24). Auch im Bereich der FuE prognostizieren 80 % der Befragten einen Bedeutungszuwachs für eine lernförderliche Arbeitsumgebung. Der 8 %-Punkte höhere Anteil unter den Befragten in der Produktion könnte ein Indiz für bisher unausgeschöpfte Lernförderlichkeitspotenziale in diesem Bereich sein.

[28] Helfer sind typischerweise Personen ohne abgeschlossene Berufsausbildung; Fachkräfte sind typischerweise Personen mit einer mindestens zweijährigen Berufsausbildung; Spezialisten sind typischerweise Personen mit einem Fortbildungsabschluss, wie Meister-, Techniker- oder Fachschulabschluss oder Personen mit Bachelorabschluss ohne Berufserfahrung; Experten sind typischerweise Personen mit abgeschlossenem (Fach-)Hochschulstudium oder Personen mit Bachelorabschluss und Berufserfahrung (Paulus und Matthes (2013)).

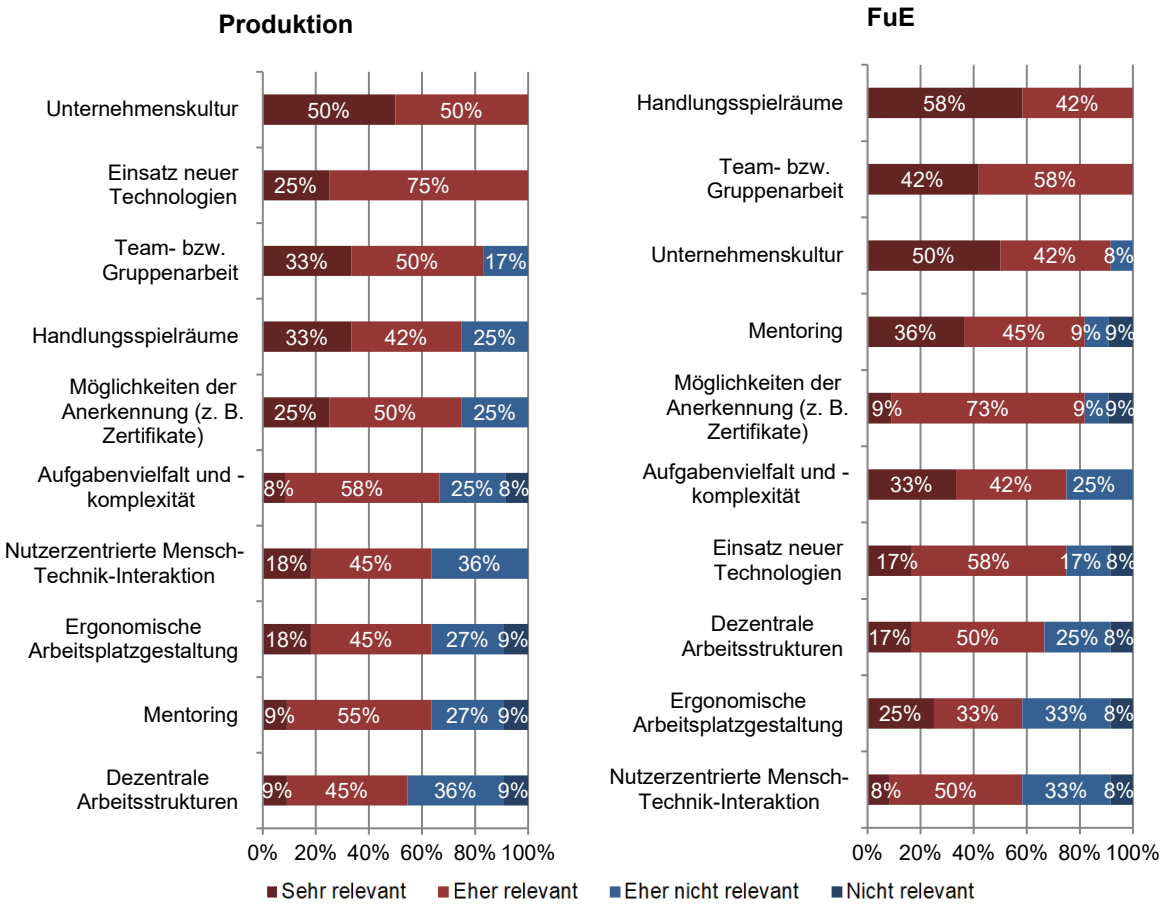
Abbildung 23: Zukünftige Bedeutung von Lernförderlichkeit des Arbeitsumfelds



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Um Ansatzpunkte zur Stärkung der Lernförderlichkeit durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen zu identifizieren, haben die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung in einem weiteren Schritt einen Katalog von Einzelkriterien bewertet. Alle abgefragten Kriterien werden jeweils von einer Mehrheit der Expertinnen und Experten für eher relevant bzw. sehr relevant erachtet, sowohl in der Produktion als auch in der FuE (Abbildung 24). Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass eine aktive Beförderung des Lernens am Arbeitsplatz eine vielschichtige und komplexe Herausforderung für die Unternehmen darstellt. Dennoch kristallisieren sich mit einer hundertprozentigen Zustimmung bei der Relevanz die Unternehmenskultur sowie die Team- bzw. Gruppenarbeit für die Chemie- und Pharmabranche für beide Organisationsbereiche als besonders wichtige Gestaltungsfelder heraus. Zudem herrscht unter den Expertinnen und Experten die einstimmige Meinung, dass in der Produktion vor allem der Einsatz neuer Technologien Lernförderlichkeitspotenziale am Arbeitsplatz heben kann, während in der FuE die Handlungsspielräume die größte Relevanz zur Förderung der Lernförderlichkeit haben.

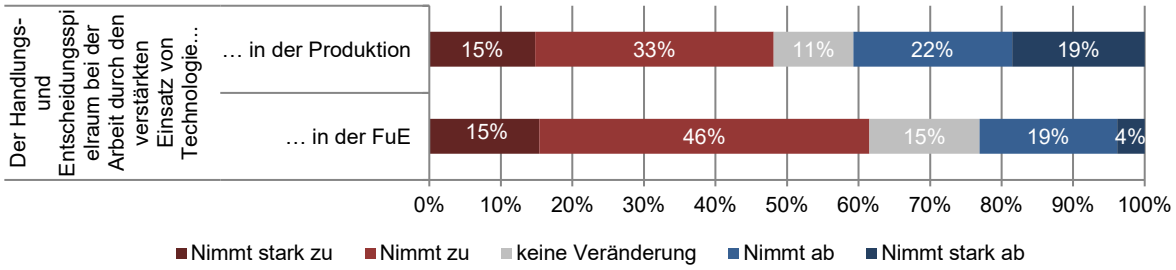
Abbildung 24: Kriterien zur Schaffung von Lernförderlichkeit



Quelle: Delphi-Befragung (2. Zyklus).

Weiterführend gehen 61 % der Expertinnen und Experten davon aus, dass durch einen verstärkten Technologieeinsatz in der FuE künftig die Handlungs- und Entscheidungsspielräume zunehmen bzw. stark zunehmen (Abbildung 25). Technologie schafft also in der FuE neue Möglichkeiten und Freiräume, wodurch die Kompetenzentwicklung im Arbeitsalltag der Forscherinnen und Forscher gesteigert werden kann. Dagegen sind sich die Expertinnen und Experten uneinig darüber, welche Auswirkungen der technische Fortschritt in der Produktion haben wird. Während etwa die Hälfte der Befragten eine Zunahme bzw. starke Zunahme der Handlungs- und Entscheidungsspielräume erwartet, gehen 41 % Befragten von einer Abnahme bzw. starken Abnahme aus, 11 % der Befragten erwarten wiederum keine Veränderung. Die Ergebnisse machen deutlich, dass eine fortschreitende Digitalisierung in der chemisch-pharmazeutischen Produktion auf der einen Seite neue Potenziale zur Beförderung des arbeitsplatznahen Lernens bieten, gleichzeitig aber Unsicherheit über die Auswirkungen der zunehmenden Digitalisierung auf die Rolle des Menschen im Produktionsprozess besteht. Die Herausforderung besteht somit darin, dem Bedeutungszuwachs des arbeitsplatznahen Lernens in der verfahrenstechnischen Produktion der Chemie- und Pharmabranche gerecht zu werden, z. B. durch eine verstärkte Einbettung von tutoriellen Assistenzsystemen (vgl. Abschnitt 4.2.1).

Abbildung 25: Zukünftiger Wandel der Handlungs- und Entscheidungsspielräume



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

4.3.4 Gestaltungsoptionen

- **Bestehende Initiativen der Chemie- und Pharmabranche zur Zukunft der Arbeit unterstützen:** Um den zukünftigen Herausforderungen der digitalen Transformation zu begegnen, haben die Sozialpartner der chemisch-pharmazeutischen Industrie mit der „Roadmap Arbeit 4.0“ aus dem Tarifvertrag 2018 sowie dem Dialogprozess „WORK@industrie40“ bereits einen umfassenden Austausch zur zukünftigen Gestaltung „Guter Arbeit“ initiiert. Die Umsetzung, Verstetigung und Prüfung der branchenübergreifenden Übertragbarkeit sollte im Rahmen von Modell- und Transferprojekten der „Initiative Neue Qualität der Arbeit“ und in der Initiative „Lern- und Experimentierräume“ des BMAS adressiert werden. Der Förderfokus sollte dabei auf KMU liegen.
- **Potenziale für eine flexible Produktion untersuchen:** Flexible Schichtarbeit kann helfen, den Einsatz des vorhandenen Personals effizienter zu gestalten und damit die Zufriedenheit und Gesundheit im Unternehmen zu fördern. Mit der „Toolbox Arbeiten 4.0“ bietet der BAVC bereits einen modularen Baukasten zur Förderung der zeitlichen Flexibilität in der Schichtproduktion und zeigt deren Anwendungen in Praxisbeispielen aus Großunternehmen. In welchem Umfang die bestehenden Flexibilisierungsansätze auch auf KMU übertragen werden können, kann im Rahmen einer Studie oder anwendungsbezogener Forschungsprojekte in den Unternehmen untersucht werden.

4.4 Qualifikation

4.4.1 Qualifikations- und Berufsstruktur sowie Beschäftigungsperspektiven

Hochtechnisierte Verfahrensprozesse in der Produktion, eine hohe Entwicklungs- und Forschungsintensität und komplexe Unternehmensorganisationen in Betrieben der Chemie- und Pharmabranche spiegeln sich auch in der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten wider. Im Jahr 2018 hatten 22 % der Beschäftigten einen akademischen Bildungsabschluss und weitere 65 % eine abgeschlossene berufliche Ausbildung. Dagegen hatten nur rund 9 % der Beschäftigten keinen Berufsabschluss (Abbildung 26).[29] Zudem haben die Akademikerinnen und Akademikern – insbesondere solche mit einer naturwissenschaftlichen Ausrichtung – in der Chemie- und Pharmabranche häufiger eine Promotion abgeschlossen (Gehrke & Weilage, 2018). Das Qualifizierungsniveau der Branche ist unter den Branchen des Produzierenden Gewerbes eines der höchsten und liegt folglich deutlich über dem Durchschnitt des Produzierenden Gewerbes aber auch des Dienstleistungssektors. Gleichzeigt ist festzuhalten, dass in der Chemie- und Pharmaindustrie der überwiegende Teil der Beschäftigten dennoch weiterhin beruflich ausgebildet ist. Betrachtet man weitergehend die zeitliche Entwicklung, so zeichnet sich eine Tendenz für eine zunehmende Akademisierung der Branche ab. Demnach stieg der Anteil der Beschäftigten mit einem Hochschulabschluss zwischen 2013 und 2018 um etwa 3,6 %-Punkte und damit mehr als in den Vergleichsgruppen.

Abbildung 26: Sozialversicherungspflichtige Beschäftigung nach Qualifikation, 2013 – 2018

	Chemie und Pharma		Produzierendes Gewerbe		Dienstleistungen		Alle Branchen	
	2018	Δ2013-2018	2018	Δ2013-2018	2018	Δ2013-2018	2018	Δ2013-2018
Ohne Berufsabschluss	44.117	-1.983	1.108.340	-46.498	2.552.358	468.841	3.977.050	396.776
	9,1%	*-1,1%-Pkt.*	11,9%	*-1,1%-Pkt.*	12,8%	*1,2%-Pkt.*	12,1%	*0,2%-Pkt.*
Mit Berufsausbildung	314.433	16.086	6.328.583	311.873	11.824.525	1.247.637	20.329.725	1.692.521
	65,1%	*-1,2%-Pkt.*	67,9%	*0,3%-Pkt.*	59,5%	*0,2%-Pkt.*	61,8%	*0,1%-Pkt.*
(Fach-)Hochschulabschluss	106.161	23.368	1.147.029	234.253	3.204.048	921.533	5.320.552	1.345.333
	22,0%	*3,6%-Pkt.*	12,3%	*2,1%-Pkt.*	16,1%	*3,3%-Pkt.*	16,2%	*3,0%-Pkt.*
Keine Angabe	17.981	-4.816	741.430	-80.189	2.285.152	-599.054	3.242.901	-729.287
	3,7%	*-1,3%-Pkt.*	8,0%	*-1,3%-Pkt.*	11,5%	*-4,7%-Pkt.*	9,9%	*-3,3%-Pkt.*
Insgesamt	482.692	32.655	9.325.382	419.439	19.866.083	2.038.957	32.870.228	2.705.343

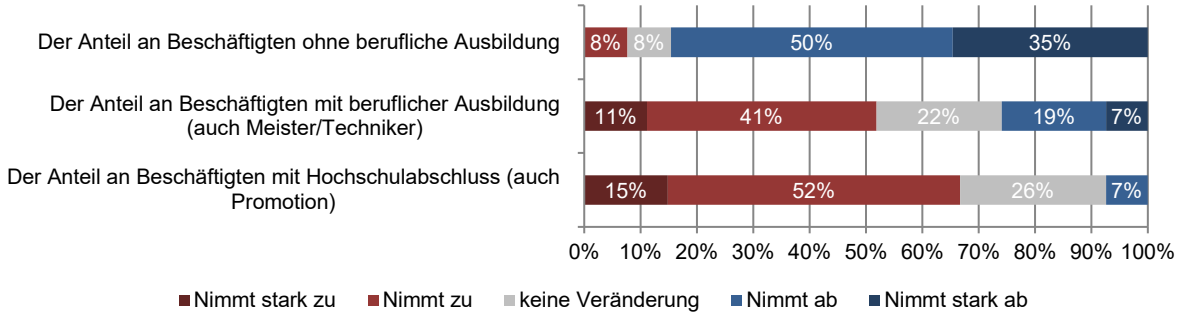
Quelle: Eigene Darstellung. Stichtage 30.09.2013 und 30.06.2018. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Sonderauswertung.

Die Mehrheit der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung geht davon aus, dass das Qualifikationsniveau in der Branche künftig weiter ansteigen wird. So erwarten 85 % der befragten, dass der Anteil an Beschäftigten ohne Berufsabschluss sinkt. Demgegenüber erwartet etwa die Hälfte der Befragten eine Zunahme bzw. starke Zunahme des Anteils der Beschäftigten mit einer beruflichen Bildung, während die andere Hälfte bei dieser Qualifikationsgruppe zu etwa gleichen Teilen keine Veränderung oder eine Abnahme des Anteils erwartet. Für den Anteil von Beschäftigten mit Hochschulabschluss ist das Bild noch deutlicher: Hier erwarten rund zwei Drittel der Befragten eine Zunahme bzw. starke Zunahme, 26 % erwarten keine Veränderung und lediglich 7 % gehen von einer Abnahme aus. Während die Experteneinschätzung einen Rückgang von Geringqualifizierten erwarten lässt – wobei der Anteil dieser Gruppe schon zum jetzigen Zeitpunkt gering ist – sind die Differenzen der Bewertungen künftiger Entwicklungen in der beruflichen und hochschulischen Bildung nicht so ausgeprägt, sodass sich keine klare Aussage zugunsten der einen oder anderen Qualifikationsgruppe ableiten lässt.

[29] Neben einer Differenzierung nach den drei Niveaus der formalen Qualifikation stellen die vier Anforderungsniveaus Helfer, Fachkraft, Spezialist und Experten eine weitere häufig verwendete Unterteilung der Beschäftigten dar (vgl. Fußnote 28), unter anderem auch in den meisten Analysen zu Fachkräfteengpässe (Risius und Werner 2018). Mit Blick auf die Chemie- und Pharmabranche zeigt sich auch ein überdurchschnittliches Anforderungsniveau. So liegt der Anteil der Experten mit 15 % und der Anteil der Spezialisten mit 20 % jeweils 5 bis 6 %-Punkte über dem Durchschnitt im Produzierenden Gewerbe, während der Anteil an Fachkräften und Helfern entsprechend unter dem Durchschnitt liegt.

Des Weiteren wurden die Expertinnen und Experten danach gefragt, ob die Akademisierung in der Branche aus einem branchenunabhängigen angebotsseitigen Anstieg von Hochschulabsolventinnen und -absolventen oder einem nachfrageseitigen Anstieg der Qualifikationsanforderung speziell in der chemisch-pharmazeutischen Industrie resultiert. 42 % der Befragten sahen den Grund für das steigende Qualifikationsniveau in einem allgemeinen Trend der Akademisierung im Bildungssystem, wohingegen nur 17 % einen Wandel der branchenspezifischen Anforderungen als Ursache sahen. Weitere 42 % der Befragten vermuten, dass beide Faktoren gleichzeitig wirken. Insgesamt machen die Experteneinschätzungen deutlich, dass zwar mit einer Zunahme des Qualifikationsniveaus zu rechnen ist, dies aber nicht nur zugunsten von Hochschulabsolventinnen und -absolventen gehen muss, sondern auch Beschäftigte mit einer beruflichen Bildung künftig von hoher Bedeutung bleiben und den Kern der Beschäftigung ausmachen.

Abbildung 27: Zukünftige Entwicklung der Qualifikationsstruktur



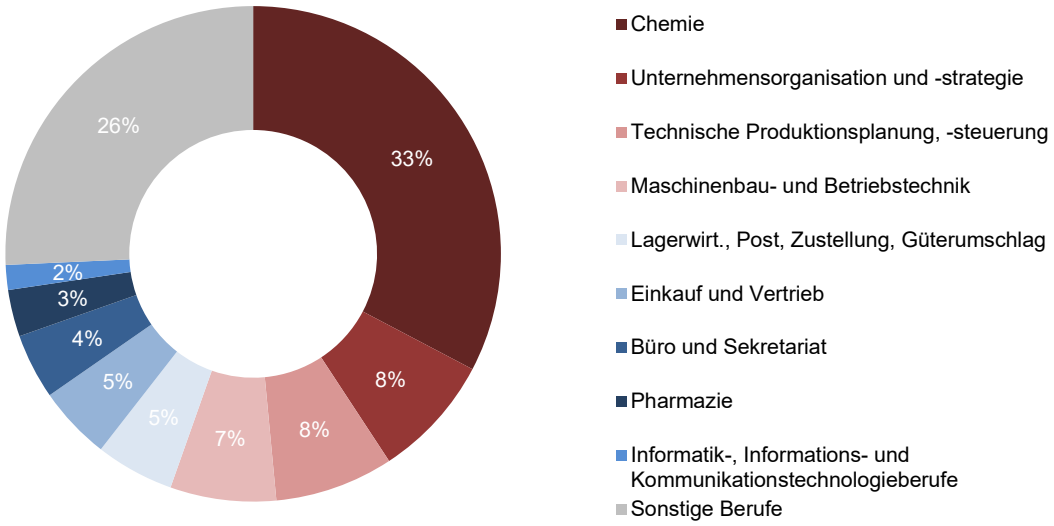
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Um vertiefende Einblicke in die Beschäftigtenstrukturen der Branche zu gewinnen, bietet Abbildung 28 einen Überblick zu der Berufsgruppenstruktur der chemisch-pharmazeutischen Industrie im Jahr 2018.[30] Etwa ein Drittel der Beschäftigten ist der Gruppe Chemie zugeordnet. Darüber hinaus stellen die Gruppen Unternehmensorganisation und -strategie, Technische Produktionsplanung und -steuerung sowie Maschinenbau- und Betriebstechnik mit jeweils etwa 7 bis 8 % die drei nächstgroßen Berufsgruppen dar. Der Anteil von Beschäftigten im Bereich der *Informations- und Kommunikationstechnik* ist mit etwa 1,6 % dagegen gering und liegt zudem unter dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt von 2,4 %.[31]

[30] Berufsgruppen beziehen sich auf die dritte Ebene der Klassifikation der Berufe 2010 und teilen Berufe in 144 Gruppen ein (vgl. Abschnitt 2.3.1).

[31] Eine mögliche Unterrepräsentation von IT-Bereichen könnte aus der Bündelung von nicht-fachlichen und somit auch IT-Service-orientierten Bereichen in sogenannte „Shared Service Center" resultieren, die nach Gehrke und Weilage (2018) insbesondere in großen Industriekonzernen genutzt werden, um dienstleistungsorientierte und oftmals gleichartige Prozesse auszulagern. Einige Experten der chemischen Industrie weisen zudem darauf hin, dass sie eine größere Dienstleistungsnachfrage nach externen Spezialisten, die die Hardware, Software sowie Module der Produktionsanlagen betreuten, erwarten (Malanowski und Brandt (2014)).

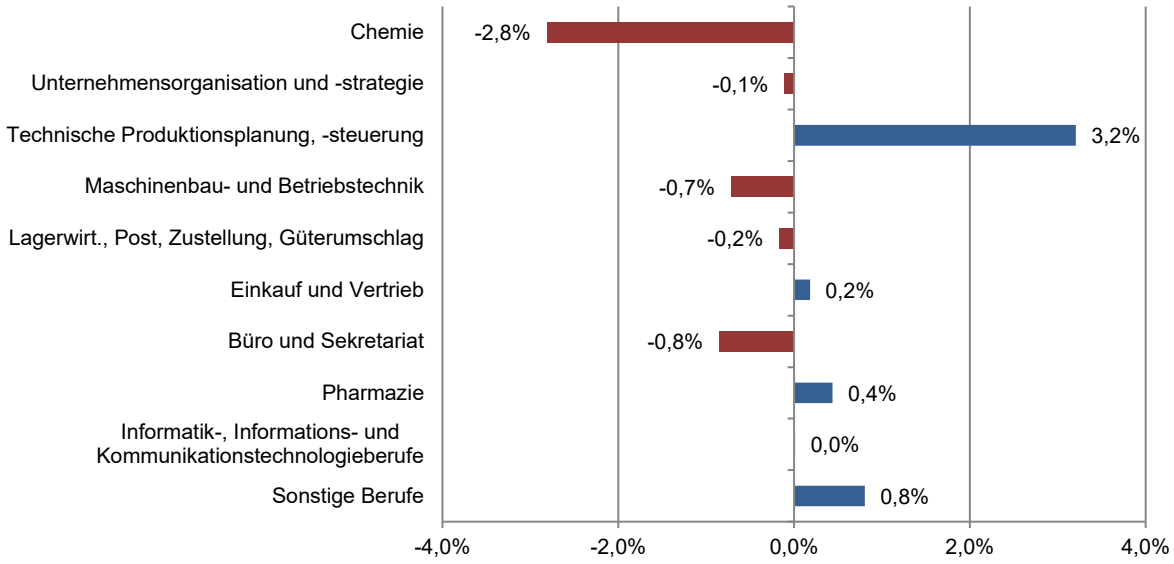
Abbildung 28: Beschäftigungsanteile nach Berufsgruppenstruktur, 2018



Quelle: Eigene Darstellung. Stichtag 30.06.2018. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Sonderauswertung.

Ein Fünfjahresvergleich macht deutlich, dass sich die Berufsstruktur in der chemisch-pharmazeutischen Industrie in der Tendenz weg von naturwissenschaftlicher Prägung hin zu einer verstärkt technischen Ausrichtung entwickelt hat. So ist der Anteil der Beschäftigung in der Berufsgruppe Chemie um 2,8 %-Punkte (bundesweit etwa 1.800 Beschäftigte) zurückgegangen, während im gleichen Zeitraum der Anteil der Beschäftigung in der technischen Produktionsplanung und -steuerung um 3,2 %-Punkte (bundesweit etwa 17.00 Beschäftigte) angestiegen ist. Interessanterweise hat sich im gleichen Zeitraum der Anteil der Beschäftigung in den informationstechnischen Berufen entgegen eines branchenübergreifenden positiven Trends in der Chemie- und Pharmabranche nicht verändert. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass den Kompetenzbedarfen im Bereich der IT (bisher) nicht durch eine vermehrte Einstellung von IT-Spezialisten begegnet wurde. Vielmehr lässt sich eine Tendenz zur verstärkten IT-Kompetenzentwicklung in den bestehenden Kernberufen der Branche vermuten (vgl. dazu Abschnitt 4.4.3 und 4.4.4).

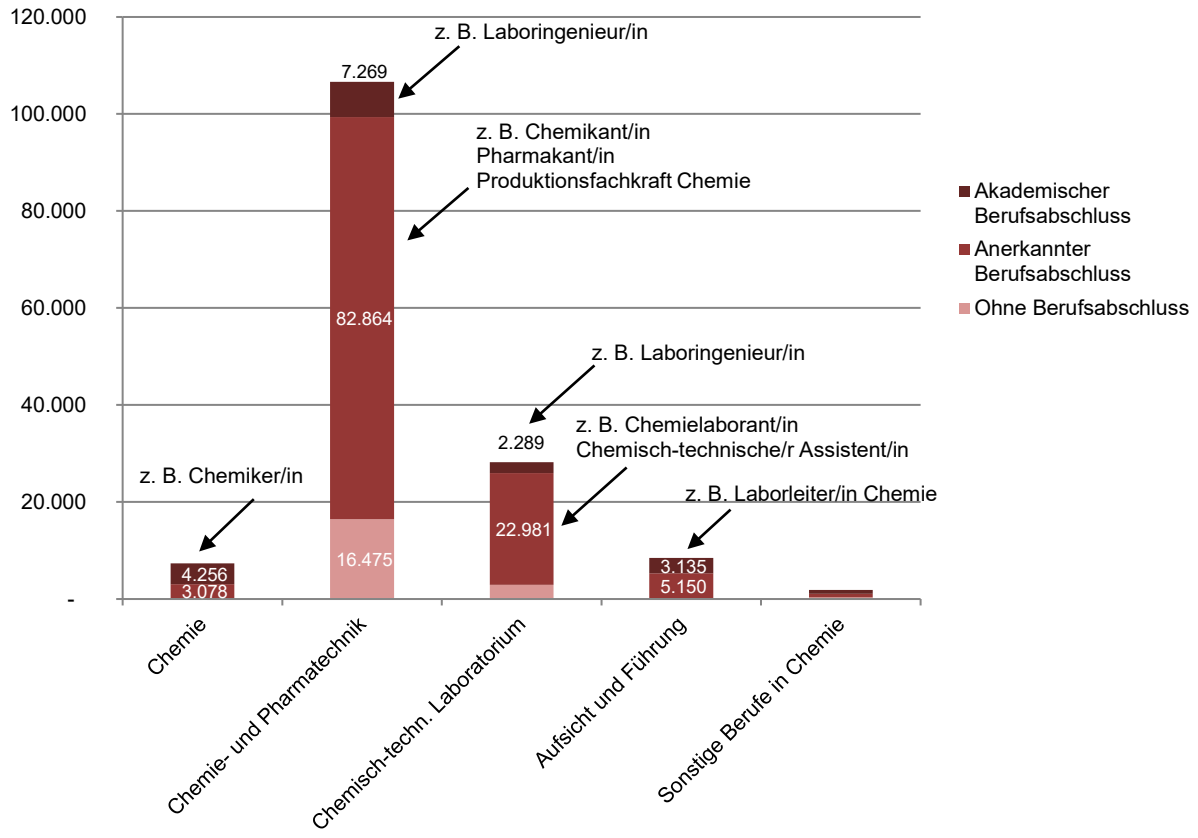
Abbildung 29: Veränderung der branchenspezifischen Berufsstruktur, 2013 – 2018



Quelle: Eigene Darstellung. Stichtage 31.12.2013 und 30.06.2018. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Sonderauswertung.

Abbildung 30 fächert die Beschäftigung der größten Berufsgruppe *Chemie* weiter auf. Die Übersicht bietet exemplarisch ein detailliertes Bild der diversen Berufsbilder einer Berufsgruppe und deckt alle drei Qualifikationsniveaus ab.[32] Klassische Ausbildungsberufe für die chemisch-pharmazeutische Industrie wie Chemikant/in, Pharmakant/in, Chemielaborant/in oder auch chemisch-technische/r-Assistent/in fallen dabei in Berufsuntergruppen des mittleren Qualifikationsniveaus, die insgesamt rund 106.000 bzw. 22 % der Beschäftigten in der Branche ausmachen und damit zu den Branchenkernberufen gehören. Zudem zeigt sich, dass ein Großteil der Beschäftigten ohne Berufsabschluss im Bereich der Chemie- und Pharmatechnik arbeitet. So stellen die 16.500 Beschäftigten dieser Berufsuntergruppe 37 % aller Beschäftigten ohne formalen Berufsabschluss in der Branche dar, das entspricht etwa 3,4 % der Gesamtbeschäftigung.[33]

Abbildung 30: Berufsuntergruppenstruktur für Berufsgruppe Chemie, 2018



Quelle: Eigene Darstellung. Stichtag 30.06.2018. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Sonderauswertung.

Zur Darstellung potenzieller Beschäftigungsengpasse der Chemie- und Pharmabranche wird im Folgenden auf bestehende Auswertungen für beide Branchen zurückgegriffen. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich identifizierte Engpassberufe in der Regel nicht auf einzelne Branchen beziehen, sondern alle Branchen betreffen, die entsprechende Arbeitskräfte der Berufe beschäftigten.[34'35]

---

[32] Berufsuntergruppen beziehen sich auf die vierte Ebene der Klassifikation der Berufe 2010 und teilen Berufe in 700 Gruppen ein (vgl. Abschnitt 2.3.1).

[33] Den zweitgrößten Anteil an Beschäftigten ohne Berufsabschluss machen mit etwa 4.200 Beschäftigten bzw. 9,6 % Berufe in der Lagerwirtschaft aus (Stand: 2018).

[34] In den zitierten Studien besteht ein Engpass, wenn auf 100 gemeldete Stellen bei der Bundesagentur für Arbeit (BA) weniger als 200 Arbeitslose kommen. Die Definition berücksichtigt, dass nur etwa jede zweite offenen Stelle bei der BA gemeldet wird (Risius und Werner (2018)).

[35] Die Analyse der Engpässe erfolgt auf Ebene von 1.286 Berufsgattungen nach der Klassifikation der Berufe 2010 (vgl. Abschnitt 2.3.1).

Mit Fokus auf die Chemieindustrie identifizieren Risius und Werner (2018) im Fachbereich der Naturwissenschaften die stärksten Engpässe bei Fachkräften der Chemie- und Pharmatechnik, einer Berufsgattung, die unterem anderem Chemikanten, Pharmakanten und Produktionsfachkräfte umfasst. Darüber hinaus gibt es auch für die Berufsgattung chemisch-technisches Laboratorium, zu der unter anderem die Chemielaboranten gehören, Anzeichen für einen leichten Engpass auf dem Anforderungsniveau der Fachkräfte. Im technischen Fachbereich finden sich die stärksten Engpässe in den Bereichen Maschinenbau- und Betriebstechnik (Fachkräfte und Experten), Mechatronik (Spezialisten und Experten) sowie Automatisierungstechnik (Fachkräfte, Spezialisten und Experten). Wenngleich diese Berufe einen geringen Anteil in der Branche ausmachen, sieht sich die Chemie- und Pharmabranche gerade in diesen Berufen einem starken branchenübergreifenden Wettbewerb um Fachkräfte ausgesetzt. Zuletzt weist das Autorenteam auf Engpasstendenzen im kaufmännischen Fachbereich bei studierten Ökonomen und Betriebswirten sowie Fachlageristen und Lagerlogistikern hin.

Neben den Engpässen analysieren Risius und Werner (2018) außerdem die Entwicklung des Angebotes und der Nachfrage nach Ausbildungsplätzen. Im naturwissenschaftlichen Fachbereich übersteigt die Anzahl der Bewerbung bisher noch knapp die Anzahl der angebotenen Ausbildungsplätze. So lag der Bewerberüberschuss im Jahr 2016 bei Chemielaboranten zwar noch bei 7,5 %, während er bei Chemikanten lediglich 3,8 % betrug. Entsprechend hoch sind auch die Besetzungsquoten der Ausbildungen, etwa 99,7 % bei Chemikanten. Problematischer gestaltet sich die Situation im Fachbereich Technik, wo die Bewerberzahl zuletzt unter der Anzahl der angebotenen Ausbildungsstellen lag. Im kaufmännischen Fachbereich bestanden im Jahr 2016 schließlich leichte Bewerberüberschüsse im Verhältnis zu angebotenen Ausbildungsstellen, unter anderem bei Industriekaufleuten und Fachlageristen mit zweijähriger Ausbildung (Risius & Werner, 2018).

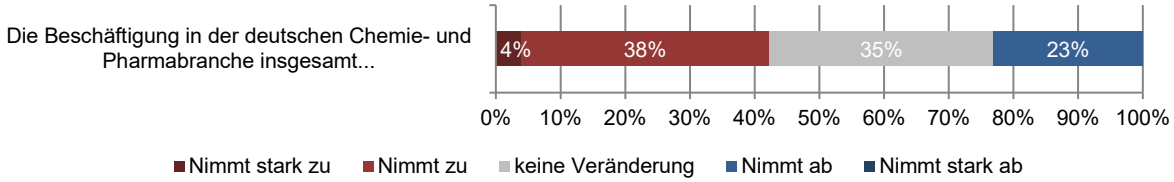
Eine vergleichbare Analyse der Fachkräftesituation für die Pharmaindustrie bieten Diel und Kirchhoff (2018).[36] Insgesamt kommen die beiden Autorinnen zu dem Ergebnis, dass sich die Arbeitskräftesituation in pharmazeutischen Unternehmen besser darstellt als in anderen industriellen Bereichen. Dennoch betreffen einige Engpässe auch die Pharmaunternehmen. So sind auch Pharmaunternehmen von Engpässen bei Fachkräften in Berufen der Chemie- und Pharmatechnik sowie in Berufen des chemisch-technischen Laboratorium betroffen, wenngleich die Engpässe aufgrund der geringeren Beschäftigungsanteile dieser Berufe weniger gravierend sind als in den chemischen Unternehmen. Auf Ebene der Fachkräfte bestehen zudem im Maschinenbau deutliche Engpässe. Auf dem Anforderungsniveau der Experten verweisen Diel und Kirchhoff (2018) hingegen auf Engpässe in der technischen Produktionsplanung und -steuerung sowie technischen Qualitätssicherung. Beide Bereiche sind laut der Autoren dabei von besonderer strategischer Bedeutung: Zum einen kann von einem zunehmenden Bedarf an qualifizierten Beschäftigten im Bereich der Qualitätssicherung aufgrund der strengen regulatorischen Anforderungen in den pharmazeutischen Herstellungsprozessen sowie der komplexen Zulassungsverfahren von Arzneimitteln ausgegangen werden. Zudem werden entsprechende Expertinnen und Experten gleichzeitig in einer Vielzahl anderer industrieller Branchen nachgefragt (Diel & Kirchhoff, 2018). Insgesamt stellen die Engpässe nach VCI und Prognos AG (2017) weniger die großen Unternehmen in den Ballungszentren, sondern vielmehr die KMU in der Fläche vor zunehmende Probleme.

In Ergänzung zu den obigen branchenspezifischen Bestandanalysen wurden die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung zunächst um eine allgemeine Einschätzung der Beschäftigungsentwicklung der Chemie- und Pharmabranche gebeten. Insgesamt sind die Befragten verhaltenoptimistisch. So gehen 42% der Expertinnen und Experten in den nächsten 10 Jahren von einer Zunahme bzw. starken Zunahme der Beschäftigung in der Branche aus, 35 % erwarten keine signifikante Veränderung, lediglich 23 % erwarten einen Rückgang (Abbildung 31). Insgesamt lassen die Er-

[36] Während Diel und Kirchhoff (2018) analog zu Risius und Werner (2018) die Engpässe auf Ebene der Berufsgattungen bestimmten, beziehen sich die dargestellten Ergebnisse in Diel und Kirchhoff (2018) auf ein höheres Aggregationsniveau (Berufsgruppen nach Anforderungsniveau).

gebnisse künftig keine tiefgreifenden Veränderungen des Beschäftigungsniveaus erwarten, wahrscheinlicher scheint eine Fortschreibung der Entwicklung der letzten fünf Jahre (vgl. Abbildung 26).

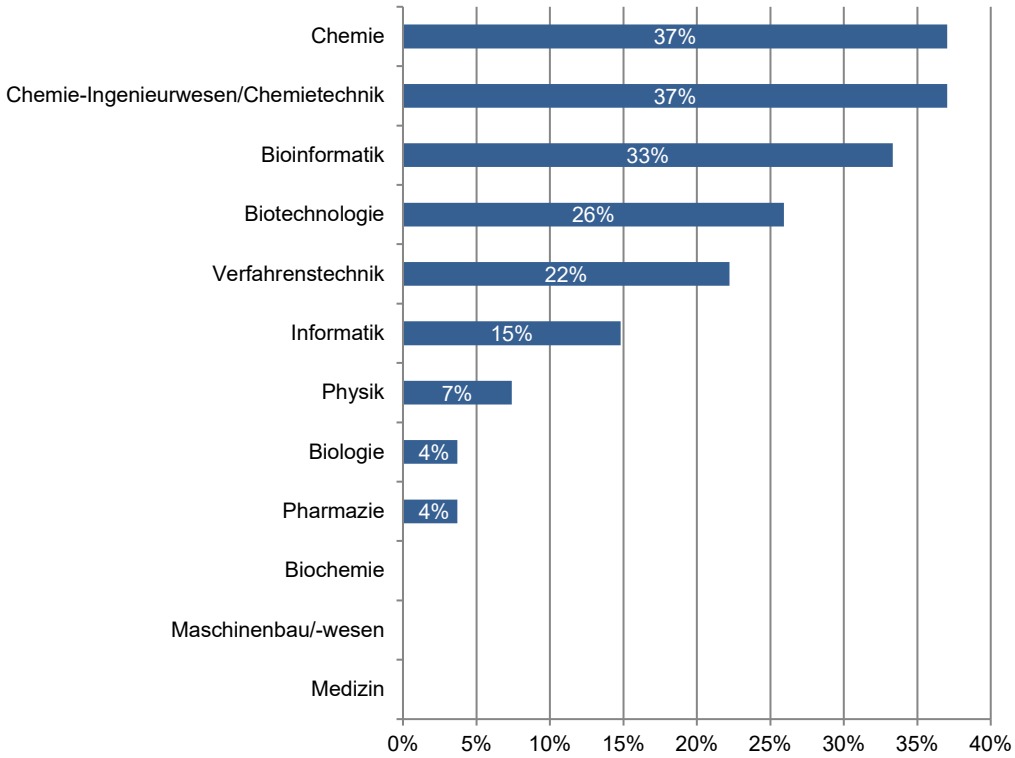
Abbildung 31: Zukünftige Beschäftigungsentwicklung



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Mit Fokus auf der akademischen Ausbildung wurden die Expertinnen und Experten weiterführend nach der hochschulischen Fachrichtung der Absolventinnen und Absolventen mit den künftig besten Berufschancen gefragt (Abbildung 32). Mit den Studienbereichen Chemie-Ingenieurwesen bzw. Chemietechnik, Bioinformatik sowie Biotechnologie befinden sich – neben Chemie als Kernstudiengang der Branche – unter den am häufigsten ausgewählten Fachrichtungen insbesondere jene, die sich durch eine interdisziplinäre Ausrichtung an der Schnittstelle zwischen Naturwissenschaften und Technik auszeichnen. Die Expertinnen und Experten begründen ihre Auswahl damit, dass in Zukunft ein bereichsübergreifendes Wissen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Darüber hinaus zeigt die geringe Auswahlhäufigkeit für den Studienbereich Informatik, dass bisher kein Konsens darüber herrscht, dass der Anteil von IT-Fachkräften in der Chemie- und Pharmaindustrie künftig in ähnlichem Umfang zunimmt wie in anderen Branchen bzw. gesamtwirtschaftlich. Denkbar ist auch ein verstärkter Aufbau von IT-Kompetenzen in bestehenden naturwissenschaftlich-technischen Kernprofilen der Branche.

Abbildung 32: Zukünftige Berufschancen hochschulischer Fachrichtungen



Anmerkungen: Die Balken stellen den Anteil der Befragten, die den entsprechenden Studiengang ausgewählt haben, dar (Mehrfachnennungen möglich). Zur Auswahl standen hochschulische Studiengänge aus den Bereichen Naturwissenschaften und Technik, die laut Informationsportalen für die Chemie- und Pharmabranche prägend sind. Die Definition der Studiengänge orientiert sich an den Studienbereichen nach Definition des Statistischen Bundesamtes (Destatis, 2018).
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

4.4.2 Kernkompetenzen und Berufsbilder der Zukunft

Der branchenübergreifende Bedeutungswandel, weg von Routine hin zu Nicht-Routine-Tätigkeiten, wirkt sich auch auf die Tätigkeits- und Kompetenzprofile der Beschäftigten der chemisch-pharmazeutischen Industrie aus. Demnach wird es nach Gehrke und Weilage (2018) in der Branche im Zuge der Digitalisierung eine Verschiebung hin zu anspruchsvolleren Aufgaben geben, wobei zunächst insbesondere Tätigkeiten im Lager und der Logistik, perspektivisch aber auch in der Produktion, betroffen sein werden. Auch werden kaufmännische Dienstleistungsberufe in den Bereichen Finanzen, Rechnungswesen und Buchhaltung an Bedeutung verlieren. Neben Verschiebungen und neuen Spezialisierung bei den fachlichen Kenntnissen wird insbesondere erwartet, dass die personalen bzw. sozialen Kompetenzanforderungen ansteigen (Schleiermacher & Stettes, 2017). Zudem wird erwartet, dass sich künftig auch die fortschreitende Digitalisierung stärker in den Qualifikations- und Kompetenzprofilen niederschlägt. Während IT-Spezialisten in der Vergangenheit in der Chemie- und Pharmabranche eher als Exoten galten, sind IT-Kenntnisse mittlerweile in vielen Unternehmensbereichen der Chemie- und Pharmabranche sehr gefragt (Festerling & Baumann, 2018). So müssen Beschäftigte in der Produktion zukünftig in der Lage sein, verschiedene Maschinen zu bedienen und anhand von vorliegenden Daten schnelle und kompetente Entscheidungen zu treffen bzw. automatisierte Entscheidungsprozesse zu überwachen (Malanowski & Brandt, 2014). In der FuE werden vertiefte IT-Kenntnisse insbesondere im Bereich komplexer Datenanalysen benötigt (Wiechert, Scheper & Weuster-Botz, 2018). Ob es zur Begegnung dieser Kompetenzbedarfe neuer bzw. eher branchenferner Berufsbilder bedarf oder ob es ausreicht, das bestehende Fachwissen und digitale Know-how der bereits Beschäftigten zu erweitern, wird in der Literatur unterschiedlich bewertet (Hämmerle et al., 2017; Vollmers, 2017). Weitere wichtige Kompetenzen für die Chemie- und Pharmabranche, die in der Literatur aufgegriffen werden, sind Systemwissen und -verständnis, Prozesswissen, berufliches Erfahrungswissen als auch Problemlösungsfähigkeit gekoppelt mit der Fähigkeit zu vernetztem Denken und Arbeiten sowie Eigeninitiative und Kreativität (BAVC, 2015; Gehrke & Weilage, 2018; Hämmerle et al., 2017; Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie [IG BCE], 2014; Malanowski & Brandt, 2014; Wolf, 2015).

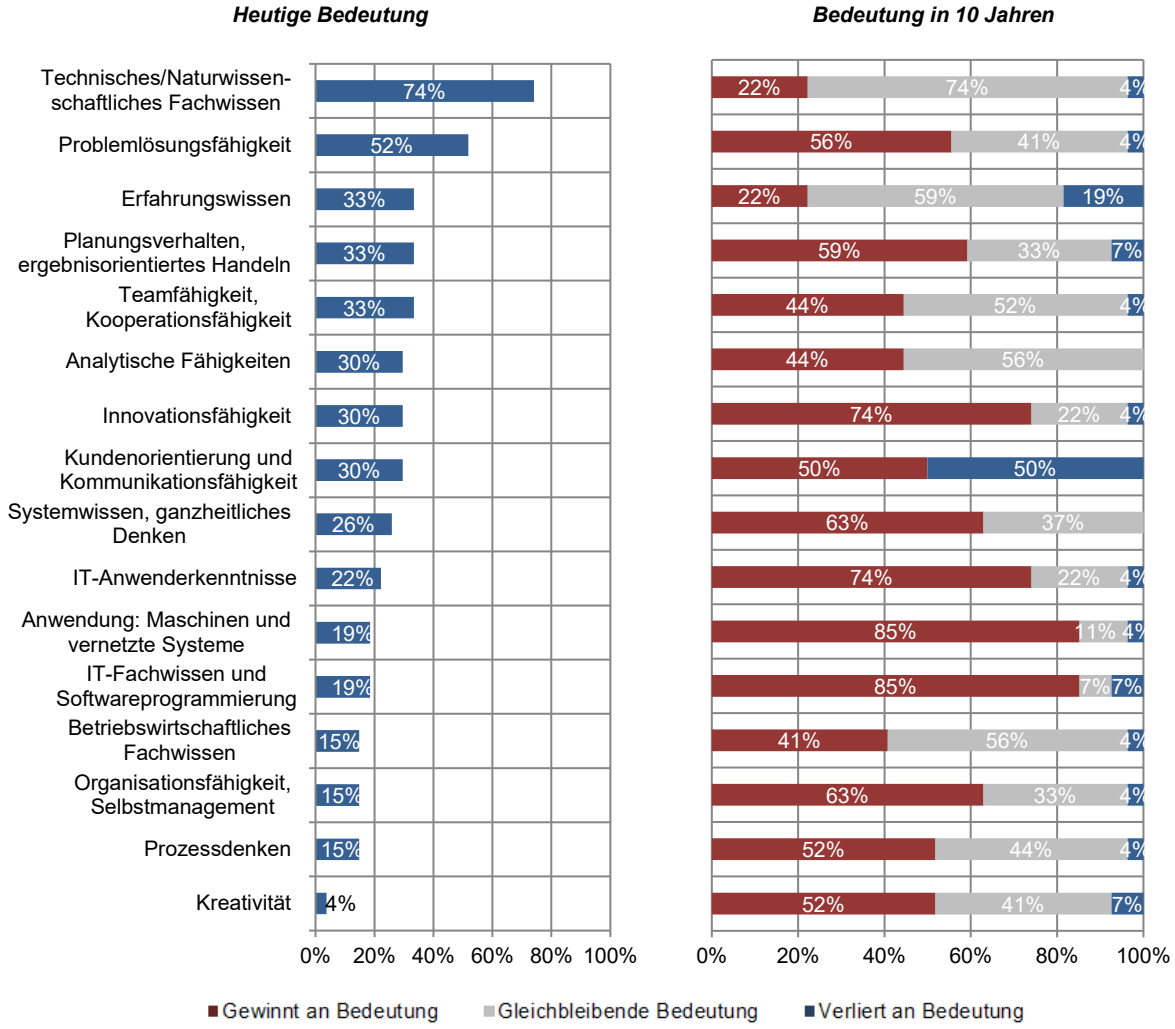
Auch die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung wurden um eine Einschätzung der heutigen und zukünftigen Bedeutung von Kernkompetenzen für die Branche gebeten. Laut Expertenmeinung stellen aus heutiger Sicht die technisch-naturwissenschaftlichen Fachkenntnisse das bedeutendste Kompetenzfeld dar (Abbildung 33). Zudem wird der Problemlösungsfähigkeit ein hohes Gewicht beigemessen. So wurden die Fachkenntnisse von 74 % der Befragten ausgewählt, während die Problemlösungsfähigkeit von jedem zweiten Befragen genannt wurde.[37] Dagegen wurden IT-Anwendungskenntnisse, die Anwendung von Maschinen und vernetzten Systemen sowie IT-Fachkenntnisse nur von etwa 20 % der Befragten gewählt. Richtet man den Blick nach vorne, sind es gleichzeitig genau diese IT-bezogenen Kompetenzen, die zusammen mit der Innovationsfähigkeit bis 2030 am stärksten an Bedeutung gewinnen. Demnach erwarten bei allen vier Kompetenzfeldern mindestens drei von vier Befragten, dass die entsprechende Kompetenz in den nächsten 10 Jahren an Bedeutung gewinnt. 63 % der Expertinnen und Experten gehen außerdem davon aus, dass das Systemwissen und ganzheitliche Denken sowie die Organisationsfähigkeit und das Selbstmanagement künftig bedeutendere Kompetenzen werden.

Die Ergebnisse der Delphi-Befragung zur aktuellen Bedeutung von Kompetenzen decken sich mit den bisher in der Weiterbildung adressierten Inhalten in der Chemie- und Pharmabranche. So zeigt eine empirische Erhebung von Seyda, Zibrowius und Placke (2017), dass fast alle Unternehmen (95 %) im Jahr 2017 zu beruflichem Fachwissen weitergebildet haben, während nur etwa 50 % der Unternehmen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu IT-Anwenderkenntnissen und nur rund 30 % zu IT-

[37] Wenngleich nicht explizit abgefragt, so ist zu erwarten, dass künftig auch neue regulatorische Kompetenzen benötigt werden, um den verschärften regulatorischen Anforderungen, insbesondere im Bereich der pharmazeutischen und medizintechnischen Produkte, gerecht zu werden (vgl. Abschnitt 1.1).

Fachwissen und Softwareprogrammierung geschult haben.[38] Darüber hinaus deckt sich der prognostizierte Bedeutungszuwachs von Organisationsfähigkeiten und Selbstmanagement mit der Einschätzung des BAVC (2018d), dass Selbstmanagement und Eigenverantwortung Schlüsselqualifikationen einer zunehmend dynamischen Arbeitswelt sind. Treffen die Prognosen der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung zu, so sollte künftig IT-bezogene Weiterbildungsinhalten in Unternehmen der Chemie- und Pharmabranche mehr Platz eingeräumt werden. So fördert auch der VCI (2018d) bereits zahlreiche Lehrprojekten zur Einführung von digitalen Methoden im Studium für Chemie bzw. Chemieingenieurwesen. Unter anderem werden dabei Projekte unterstützt, die die Vermittlung von theoretischen und praktischen Kenntnissen und Fähigkeiten im Bereich moderner digitaler Methoden stärken, Modellierungs- und Simulationskompetenzen zu chemischen Systemen und Prozessen vermitteln und Ansätze zur Automatisierung von Laborprozessen aufzuzeigen.

Abbildung 33: Heutige und zukünftige Bedeutung ausgewählter Kompetenzen

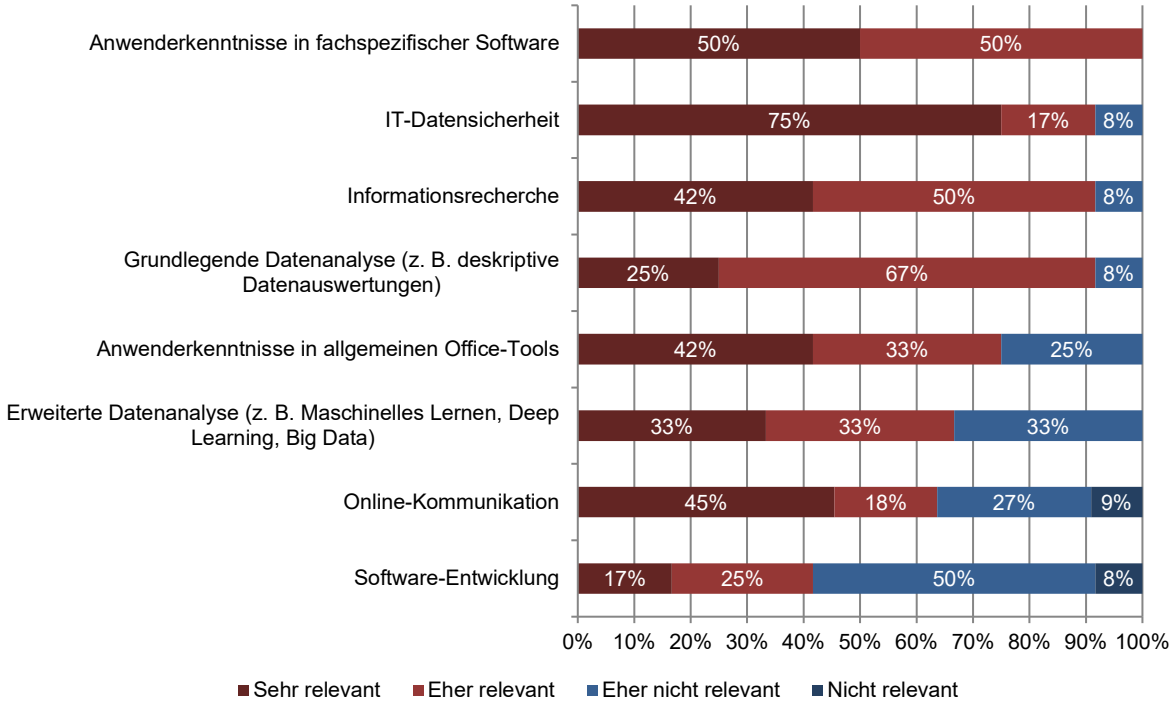


Anmerkungen: Die Liste der Kernkompetenzen wurde in Anlehnung an Apt et al. (2018) erstellt. Die Befragten konnten bis zu fünf Kompetenzen auswählen. Der Prozentwert bezieht sich auf den Anteil der Befragten, die die entsprechende Kompetenz genannt haben.
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

[38] In Abweichung zur Branchendefinition dieser Studie beinhalten die Chemie-Branche nach Seyda, Zibrowius und Placke (2017) neben Unternehmen zur Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen auch Unternehmen zur Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren. Vgl. Fußnote 6 für weitere Details zu Unterschieden bei der Branchendefinition nach Wirtschaftszweigen.

Um ein besseres Bild über die künftigen Bedarfe an branchenspezifischen IT-bezogenen Kompetenzen zu erhalten, wurden die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung um eine Bewertung der Relevanz von einzelnen IT-Themenfeldern gebeten. Dabei zeigt sich, dass zunächst die Anwenderkenntnisse für fachspezifische Software im Vordergrund stehen. So gehen alle Befragten davon aus, dass diese zukünftig eher bzw. sehr relevant sein werden (Abbildung 34). Etwa 90 % der Expertinnen und Experten erwartet zudem, dass Kenntnisse zur IT-Datensicherheit, Informationsrecherche und grundlegende Kenntnisse zur Datenanalyse eher bzw. sehr relevant sein werden. Es zeigt sich, dass für die Chemie- und Pharmabranche somit vor allem praxisnahe, anwenderbezogene IT-Kompetenzen im Fokus stehen werden, während vertiefende IT-Kompetenzen, beispielsweise im Bereich der KI-gestützten Datenanalysen oder der Software-Entwicklung, eine vergleichsweise geringe Bedeutung haben werden.

Abbildung 34: Zukünftige IT-bezogene Kompetenzen

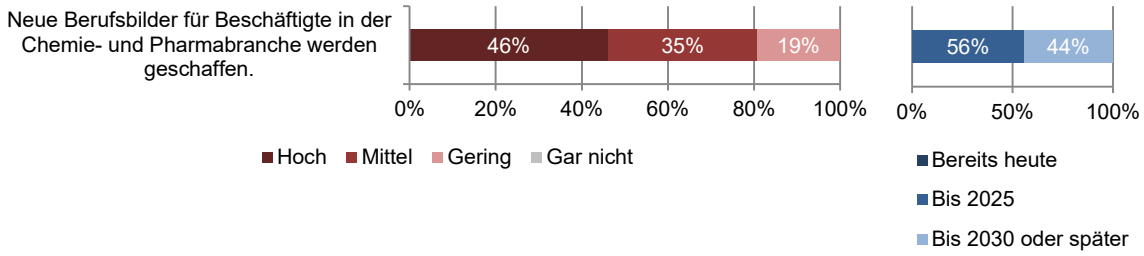


Quelle: Delphi-Befragung (2. Zyklus).

Ein künftiger Wandel der Kernkompetenzen für die Chemie- und Pharmabranche wird sich zum einen voraussichtlich zunehmend in den Inhalten der Aus- und Weiterbildungsinhalte widerspiegeln (vgl. Abschnitt 4.4.3 und 4.4.4). Zudem vermutet die Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung, dass mittel- bis langfristig neue Berufsbilder die Branche prägen werden. So gehen 48 % der Befragten von einer hohen und 36 % von einer mittleren Wahrscheinlichkeit aus, dass neue Berufsbilder für die Beschäftigten in der Chemie- und Pharmabranche geschaffen werden (Abbildung 35).[39] Etwa 61 % der Befragten erwarten die neuen Berufsbilder bis 2025, weitere 48 % erst bis 2030 oder später.

[39] Dieses Ergebnis wurde in der zweiten Runde der Delphi-Befragung bestätigt. So schätzen auch hier 42 % der Befragten die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten der These als hoch und 33 % als mittel ein, weitere 25 % gingen von einer niedrigen Wahrscheinlichkeit aus.

Abbildung 35: Zukünftige Entwicklung neuer Berufsbilder



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Während die Einschätzung zu den neuen Berufsbildern durch die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung recht deutlich ist, besteht in der Literatur bisher kein Konsens über die Entwicklung neuer Berufsbilder. So erwartet Vollmers (2017), dass im Bereich der computergestützten Forschungs- und Entwicklung neue Berufsbilder entstünden. Auch Malanowski et al. (2017) halten das Entstehen neuer Berufsbilder für wahrscheinlich, insbesondere um die gewandelten Anforderungen an Produktionstechnologien mit modularer Produktion aufzufangen. Malanowski und Awenius (2017) erwarten zudem, dass künftig verstärkt Quereinsteiger mit verschiedenen akademischen Abschlüssen und Kenntnissen zu Big Data-Analysen bzw. Data Analytics in der Branche beschäftigt werden. Ittermann, Niehaus und Hirsch-Kreinsen (2015) gehen hingegen davon aus, dass weniger neue Berufsbilder die Branche prägen werden, sondern vielmehr bestehende Berufsbilder der Branche graduell angepasst werden, unter anderem durch die Aufnahme neuer Lehrmodule zu Fremdsprachen, Informatik sowie Systemwissen und -verständnis.

Dagegen erwarten die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung, dass die neuen Berufsfelder insbesondere technisch-naturwissenschaftlichen Schnittstellenkompetenzen abbilden werden, so z. B. bei einer bzw. einem kombinierten IT- und Chemiewissenschaftlerin bzw. -wissenschaftler. Auch werden in der Chemie- und Pharmaindustrie künftig Berufsbilder Einzug erhalten, die noch stärker ein Verständnis für die Gesamtheit der chemisch-pharmazeutischen Entwicklungs- und Produktionsprozesse aufweisen können, etwa als Managerin und Managern für Wertschöpfungsketten oder als digitale Prozessplanerinnen und -planer.

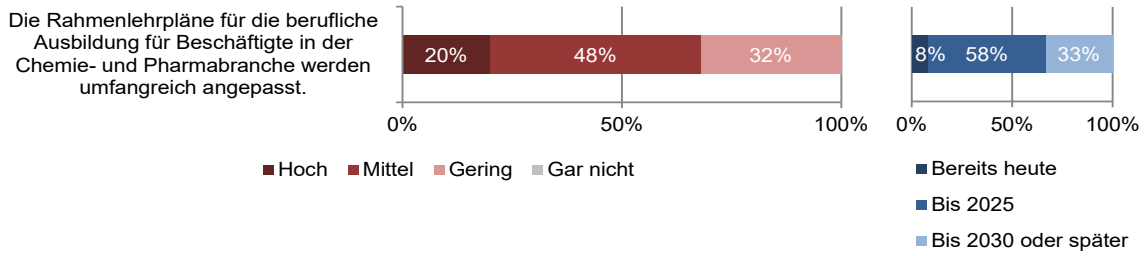
Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung, die keine neuen Berufsbilder erwarten, begründen dies hingegen damit, dass die Bedarfe zum einen hinreichend durch Verschiebung bestehender Berufsbilder gedeckt werden können und zudem eine weitere Aufteilung von beruflichen und hochschulischen Ausbildungsschwerpunkten einen zu hohen Grad an Spezialisierung mit sich bringt – insbesondere in KMU ließe sich das volle Wissensspektrum durch begrenzte Personalkapazitäten dann nur noch schwer abbilden.

4.4.3 Ausrichtung der beruflichen und akademischen Erstausbildung

Die formalen Bildungshintergründe der Beschäftigten in der chemisch-pharmazeutischen Industrie decken eine Vielzahl von überwiegend naturwissenschaftlichen, technischen und kaufmännischen Fachrichtungen ab. Der Standort Deutschland wird dabei grundsätzlich für die gute Qualifikation der Beschäftigten in der Chemie- und Pharmabranche geschätzt. Neben der akademischen Ausbildung an Hochschulen, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen leistet das berufliche Ausbildungssystem dazu einen wichtigen Beitrag und ist eine tragende Säule des formalen Ausbildungsangebotes (Gehrke & Weilage, 2018). So stellen Fachkräfte mit einer beruflichen Ausbildung trotz eines überdurchschnittlichen Akademisierungsgrads in der Chemie- und Pharmabranche weiterhin den Kern der Belegschaften in den meisten Unternehmen dar (vgl. Abschnitt 4.4.1). Im Folgenden werden potenzielle Anpassungsbedarfe bei der Ausrichtung der beruflichen und akademischen Ausbildung in den Kernfachrichtungen der Chemie- und Pharmabranche diskutiert Der Fokus liegt dabei auf naturwissenschaftlichen und technischen Bildungsfeldern, da bei Fachkräften mit naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen sowie spezifischen IT-Kenntnissen der größte Bedarf in der Branche gesehen wird (Gehrke & Weilage, 2018).

Wie auch in anderen Branchen ist die Chemie- und Pharmabranche von einer fortschreitenden Digitalisierung in allen Unternehmensbereichen geprägt, sodass sich auch der Diskurs um mögliche Anpassungsbedarfe in den aktuellen Ausbildungsordnungen vorwiegend auf dieses Thema fokussiert. Dabei ist festzuhalten, dass die Ausbildungsordnungen im dualen Ausbildungssystem unabhängig von der Fachrichtung grundsätzlich technologieoffen formuliert sind und damit den Betrieben die Möglichkeit geboten wird, neue Technologien flexibel in die praktische Ausbildung mit einzubeziehen. Trotz dieser flexiblen Ausgestaltung des dualen Ausbildungssystems schätzen etwa 68 % der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung die Wahrscheinlichkeit, dass die Rahmenlehrpläne für die berufliche Ausbildung umfangreich angepasst werden, als mittel bzw. hoch ein. Dabei erwarten 60 % der Expertinnen und Experten eine entsprechende Anpassung bis 2025 und ein weiteres Drittel bis 2030 oder später.[40] Unabhängig von der Fachrichtung besteht laut Expertenmeinung ein Anpassungsbedarf bei der naturwissenschaftlichen Grundausbildung sowie bei Digitalisierungsinhalten, die stärker an der industriellen Realität ausgerichtet sein sollten.

Abbildung 36: Zukünftige Anpassung der Inhalte in der formalen beruflichen (Erst-)Ausbildung

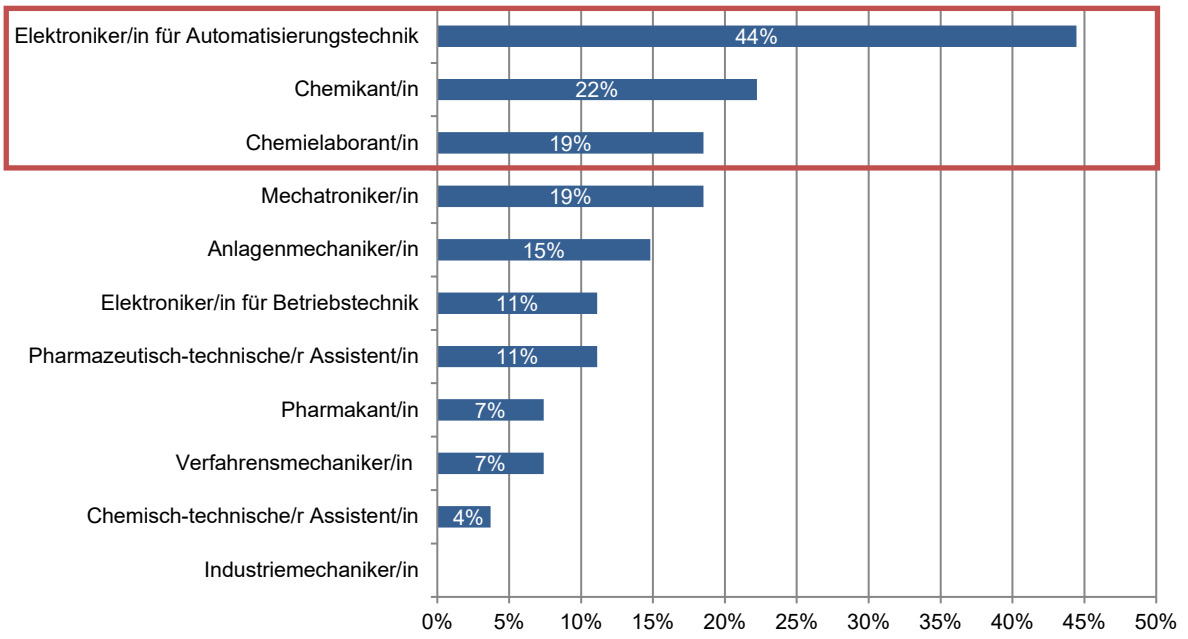


Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Um konkrete Anpassungstendenzen in einzelnen Ausbildungsberufen zu identifizieren, wurden die Expertinnen und Experten weiterführend gefragt, für welche berufliche Ausbildungen sich das Tätigkeitsprofil in der Chemie- und Pharmabranche in den nächsten 10 Jahren am stärksten verändern wird (Abbildung 37). Im Folgenden wird der Wandel der Tätigkeitsprofile in Kombination mit einer Beschreibung des aktuellen Tätigkeitsspektrums exemplarisch für die drei am häufigsten gewählten Ausbildungen Elektroniker/in für Automatisierungstechnik, Chemikant/in und Chemielaborant/in skizziert.

[40] Dieses Ergebnis wurde in der zweiten Runde der Delphi-Befragung bestätigt. So schätzen auch hier 82 % der Befragten die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten der These als mittel bzw. hoch ein; 18 % gingen von einer niedrigen Wahrscheinlichkeit aus.

Abbildung 37: Berufliche Ausbildungen im Wandel und Substituierbarkeitspotenzial



Anmerkungen: Die Balken stellen den Anteil der Befragten, die die entsprechende Ausbildung ausgewählt haben, dar (Mehrfachnennungen möglich). Zur Auswahl standen berufliche Ausbildungen aus den Bereichen Naturwissenschaften und Technik, die laut Informationsportalen für die Chemie- und Pharmabranche prägend sind und in denen die Anzahl der Ausbildungsverträge nach Zahlen der Deutscher Industrie- und Handelskammertag [DIHK] (2018) für das Berichtsjahr 2017 mehr als 500 betrug.
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Laut Expertenmeinung wird sich bei **Elektronikerinnen und Elektronikern in der Automatisierungstechnik** der tiefgreifendste Wandel vollziehen. Auszubildende dieser 3,5-jährigen dualen industriellen Ausbildung analysieren die Funktionszusammenhänge und Prozessabläufe von automatisierten Produktionssystemen und ändern und erweitern diese. Neben der Installation von Komponenten für komplexe Automatisierungseinrichtungen fällt auch die laufende Diagnose, Überwachung und Wartung der Automatisierungssysteme in das Tätigkeitsfeld der Elektronikerinnen und Elektroniker (BERUFENET, 2019c). Trotz eines hohen Anteils an substituierbaren Tätigkeiten von 75 % nach Schätzung von Dengler, Matthes und Paulus (2014), ist nicht mit einem Bedeutungsrückgang für das Berufsbild zu rechnen, eher im Gegenteil.[41] So weisen Pfeiffer und Suphan (2015) darauf hin, dass der Faktor Mensch bei der Überwachung und der Beseitigung von Störrungen in der industriellen Produktion und somit auch der Automatisierungstechnik auch künftig eine wichtige Rolle spielen wird. Auch die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung erwarten, dass der Bedarf an Fachkräften für die Automatisierungstechnik mit steigendem Automatisierungsgrad in der Chemie- und Pharmabranche zunehmen wird. Die Automatisierungstechnik wird dabei über immer mehr technische Hierarchiestufen zum Einsatz kommen, die mittelfristig auch völlig neue betriebliche Abläufe erwarten lassen. Elektronikerinnen und Elektroniker müssen neue Systeminnovationen in die Produktionsprozesse einbinden sowie Internet der Dinge (IoT)- und KI-Anwenderkompetenzen für die Verfahrenstechnik entwickeln.

Um dem Wandel des Berufsbildes gerecht zu werden, hat das BMWi zusammen mit den Sachverständigen der Tarifpartner und dem BIBB zuletzt im August 2018 in elf industriellen Metall- und Elektroberufen, darunter dem Beruf des Elektronikers der Automatisierungstechnik, neue Anforderungen in die Ausbildungsordnung aufgenommen (BMWi, 2018b). Neben gemeinsamen neuen Inhalten der

[41] Zur Ermittlung der substituierbaren Tätigkeitsanteile haben Dengler, Matthes und Paulus (2014) für jeden Beruf die Kernkompetenzen, die in der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit dokumentiert sind, kategorisiert und anschließend den Anteil an Tätigkeiten ermittelt, der schon heute potenziell durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt werden kann. In Ergänzung zu bestehenden Veröffentlichungen der beiden Autorinnen können aktuelle Substituierbarkeitspotenziale nach Berufen unter https://job-futuromat.iab.de/ abgerufen werden.

Digitalisierung und Vernetzung für alle elf Berufe „zur Datensicherheit und -analyse, informationstechnologischen Auftragsabwicklung und Terminverfolgung, zur Recherche in Clouds und Netzen und digitalen Lernmedien, zu informationstechnischen Schutzzielen, mobilen Datenträgern und Maßnahmen gegen Schadsoftware, zu Assistenz-, Diagnose- oder Visualisierungssystemen [digitaler Zwilling] und zur Arbeit in interdisziplinären Teams“ können leistungsstarke Auszubildende der Automatisierungstechnik auch Zusatzqualifikationen in den drei Feldern „digitale Vernetzung“, „Programmierung“ und „IT-Sicherheit“ erwerben (Bundesgesetzblatt, 2018b). Die Erweiterung der Ausbildungsinhalte spiegelt damit die von den Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung beschriebenen Wandlungstendenzen wider. Bisher offen ist, in wieweit Auszubildende diese neuen Angebote im Rahmen ihrer Ausbildung künftig auch tatsächlich in Anspruch nehmen. Erfahrungswerte dazu sind erst in den kommenden Jahren zu erwarten.

Im Zuge der Digitalisierung in der verfahrenstechnischen Produktion wird sich laut Expertenmeinung auch das Profil des **Chemikanten** ändern. Chemikantinnen und Chemikanten arbeiten nach ihrer 3,5-jährigen dualen Ausbildung vorwiegend in Werk- und Produktionshallen aber auch Laborräumen und werden sowohl in der chemischen als auch der pharmazeutischen Industrie beschäftigt. Im Kern sind Chemikantinnen und Chemikanten für die Herstellung von chemischen Erzeugnissen aus organischen und anorganischen Rohstoffen zuständig. Dazu steuern und überwachen sie chemische Prozesse in computergestützten Anlagen und Fertigungsstraßen und protokollieren den Fertigungsverlauf bis hin zur Verpackung der fertigen Produkte (BERUFENET, 2019b). Die fortschreitende Automatisierung wirkt sich laut Expertenmeinung deutlich auf das Tätigkeitsprofil dieser Berufsgruppe aus: Wenngleich Chemikantinnen und Chemikanten dabei weniger für die Einführung neuer Produktionstechnologien sondern vielmehr für deren Anwendung verantwortlich sind, so bedarf es dennoch der Weiterentwicklung von produktionsspezifischen IT-Kompetenzen. Darüber hinaus müssen Chemikantinnen und Chemikanten verstärkt ein ganzheitliches Systemverständnis und Prozesskenntnisse entwickeln, um auch bei einer zunehmenden Integration einzelner Produktionsabschnitte in unternehmensübergreifende Produktionssysteme die Prozesse nachvollziehen und überwachen zu können. Der zunehmende Elektronikeinsatz erfordert laut der Befragten außerdem gute Sprachkenntnisse in Englisch. Auch für den Ausbildungsberuf des Chemikanten wurde die Ausbildungsordnung kürzlich überarbeitet und im August 2018 die neue Wahlqualifikation „Digitalisierung und vernetzte Produktion“ eingeführt, in der Kompetenzen zur digitalisierten Arbeit, zur Datenanalyse sowie zum Lernen mit digitalen Mitteln vermittelt werden (Bundesgesetzblatt, 2018a).[42]

Zuletzt wird auch mit Veränderungen beim Berufsprofil von **Chemielaborantinnen und -laboranten** gerechnet. Absolventinnen und Absolventen dieser 3,5-jährigen dualen Ausbildung arbeiten vorwiegend in Forschungs-, Entwicklungs- und Produktionslaboren der chemisch-pharmazeutischen Industrie. Das Tätigkeitsspektrum reicht von der Überprüfung organischer und anorganischer Stoffe und der Untersuchung chemischer Prozesse bis hin zur Herstellung von Stoffgemischen und der Entwicklung und Optimierung von Syntheseverfahren (BERUFENET, 2019a). Im Gegensatz zu Chemikanten, die meist im Umfeld einer hochskalierten verfahrenstechnischen Produktion tätig sind, ist die Arbeit der Chemielaboranten stärker von manuellen, kleinteiligen Tätigkeiten geprägt, die nichtsdestotrotz einen hohen Einsatz von digitalen Assistenzmitteln erfordern. Dabei erwarten die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung für die Zukunft, dass die Digitalisierung die Laborarbeit stetig verändern wird. Im Vordergrund steht dabei die fortschreitende Automatisierung von Analyseschritten, die mit einem Bedeutungsverlust von händischen Analyseverfahren einhergeht. Auch der Einsatz von KI-Anwendung und eine Zunahme an biotechnischen Verfahren werden erwartet.

[42] Eine ausführliche Beschreibung des Weiterbildungsmoduls „Digitalisierung und vernetzte Produktion“ für Chemikanten bietet der BAVC (2018g) im Rahmen seiner „Toolbox Arbeiten 4.0“. Darüber hinaus stellt der BAVC in einer weiteren Veröffentlichung der Toolbox Szenarien zum Arbeitsplatz der Zukunft für das Berufsbild des Chemikanten exemplarisch für sechs digitale Handlungsfelder dar (BAVC (2018e)).

Dass die Expertinnen und Experten nicht nur in der Produktion sondern auch im Laborumfeld von einer fortschreitenden Digitalisierung ausgehen, überrascht nicht und ist kein neues Phänomen. So wurde bereits im Jahr 2012 in einer umfangreichen Untersuchung zum Wandel der Laborbeschäftigung in der Chemie- und Pharmabranche die erhebliche Erhöhung des Technisierungs- und Automationsniveaus als ein zentraler Treiber für den Wandel der Laborarbeit identifiziert (Kädtler & Neumann, 2012). Dennoch erfordert die kontinuierliche Weiterentwicklung von technisch-assistierten Analyseverfahren eine angemessen Kompetenzvermittlung während und nach der Ausbildung von Laborantinnen und Laboranten. Die Ausbildungsordnung für Chemielaboranten wurde etwa letztmalig im Jahr 2002 novelliert, neue Wahlqualifikationen zur Digitalisierung wurden im Unterschied zu den obigen technischen Ausbildungsberufen zuletzt nicht aufgenommen.

Während die technologieoffen formulierten Ausbildungsordnungen in Kombinationen mit technologiebezogenen Wahlqualifikationen weiterhin einen sinnvollen Ansatz in der beruflichen Ausbildung darstellen und die notwendige Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Ausbildung von Fachkräften bieten, liegt die künftige Herausforderung vor allem darin, dass diese Angebote auch genutzt werden (können). Dafür müssen sowohl Betriebe als auch Berufsschulen über hinreichend technische Ausstattungen und geschultes Ausbildungspersonal verfügen, um frühzeitig die Auszubildenden an neue technologische Entwicklungen der Chemie- und Pharmabranche heranzuführen. Unzureichende technische und personelle Ressourcen stellen derzeit die größten Umsetzungshindernisse für eine berufliche Erstausbildung auf dem aktuellen Stand der Technik dar (BAVC & VCI, 2018). Insbesondere in mittelständischen Betrieben besteht die Gefahr, dass sich eine schleppende Digitalisierung auch hemmend auf die Ausbildung zu digitalen Themen auswirkt.

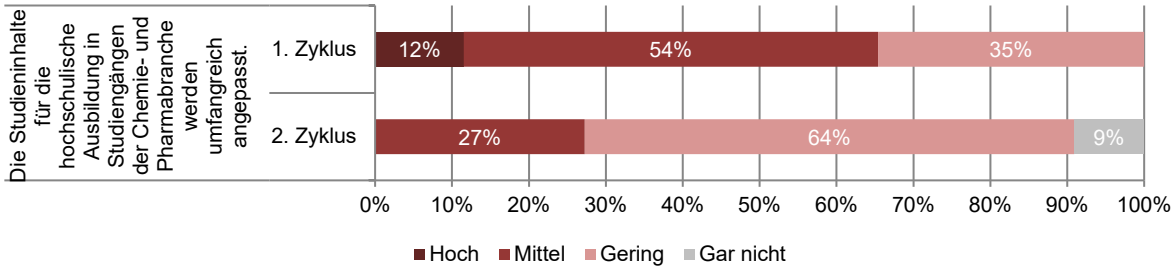
Neben der beruflichen Bildung ist die hochschulische Bildung ein weiteres zentrales Standbein des deutschen Ausbildungssystems. Mit 22 % liegt der Anteil von Beschäftigten mit einem Hochschulabschluss oder einer Promotion in der Chemie- und Pharmabranche deutlich über dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt von 16 %, wobei unter anderem die hohe Forschungsintensität der Branche ein überdurchschnittliches Qualifikationsniveau bedingt. Diskussionen um potenzielle Anpassungsbedarfe in den hochschulischen Bildungsinhalten beziehen sich gleichermaßen auf produktions- und labornahe Studienprofile und stehen ebenfalls ganz im Zeichen der Digitalisierung. Dabei lässt sich aus der Literatur und der Delphi-Befragung ein gewisser Zielkonflikt ableiten. Demnach gehen Forderungen nach einer weiteren Spezialisierung oftmals mit dem Anspruch einer breiteren Ausbildung („Generalisten“) einher. So erhält Keller (2018) in einer Umfrage unter Chemikern und Ingenieuren im Rahmen einer Untersuchung zur digitalen Arbeit in der Chemie das widersprüchliche Ergebnis, dass die befragten Chemiker und Ingenieure gleichermaßen einen Trend zum Generalisten und zum Spezialisten erwarten. Ein ähnlicher Widerspruch zeigt sich in einer Mitgliederbefragung der GVC-VDI.[43] Während sich mit Blick auf das Curriculum der Verfahrenstechniker vier von fünf Befragte gegen eine stärkere Vermittlung von Informatik zu Lasten von verfahrenstechnischen Kompetenzen aussprachen, gaben 60 % der Befragten an, dass die Hochschulausbildung grundsätzlich an die Bedürfnisse der „Digital Natives“ Generation angepasst werden sollte, was wiederum mehr Digitalisierungsinhalte vermuten lässt (VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, 2017).

Passend dazu ergab auch die Frage nach der Wahrscheinlichkeit für eine umfangreiche Anpassung der Studieninhalte für die hochschulische Ausbildung in branchenrelevanten Studiengängen unter den Delphi-Expertinnen und -Experten kein eindeutiges Ergebnis. So schätzen im ersten Zyklus zunächst 66 % der Befragten die Wahrscheinlichkeit für umfangreiche Anpassungen in den nächsten 10 Jahren als mittel bzw. hoch ein. Bei der erneuten Abfrage der These in der zweiten Runde ging hingegen die

[43] Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen.

Mehrheit der Befragten von einer geringen oder gar keiner Wahrscheinlichkeit aus (73 %).[44] Darüber hinaus wurden keine Detailangaben zu möglichen Anpassungsbedarfen in der hochschulischen Ausbildung gemacht.

Abbildung 38: Zukünftige Anpassung der Inhalte in der formalen (Erst-)Ausbildung



Anmerkung: Die Abbildung zeigt die Einschätzung in der ersten und zweiten Delphi-Befragungsrunde. Vgl. Fußnote 44.
Quelle: Delphi-Befragung (1. und 2. Zyklus).

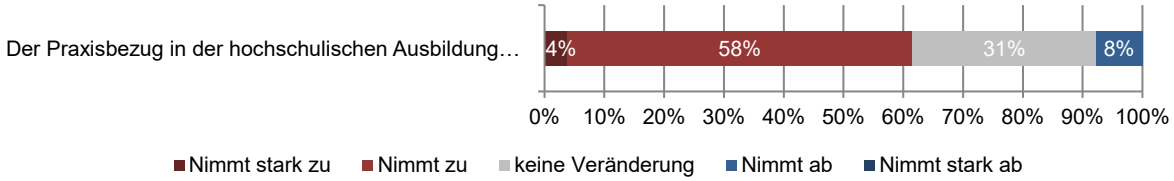
In einem Positionspapier beschreiben dagegen der BAVC und VCI (2018) vielseitige Anpassungsbedarfe für die hochschulischen Curricula der Studiengänge Chemie, Chemieingenieurwesen und der Lebenswissenschaften. So sollte laut der Verbände die Vermittlung solider Grundkenntnisse der Chemie- und Bioinformatik ein obligatorischer Bestandteil der Ausbildung werden. Insbesondere sollte die Vermittlung von berufspraxisnahen Kenntnissen und Kompetenzen zu modernen IT-Anwendungen und Softwarepaketen im Bereich der wissenschaftlich-technischen Aufgabenfelder stärker in den Fokus rücken, um dem Bedeutungszuwachs von elaborierten softwarebasierten Werkzeugen in Laboren und der Produktion der Chemie- und Pharmabranche gerecht zu werden. Dabei heben die Verbände den Fortschritt in der „Modellierung und Simulation für die Exploration von Eigenschaften und Verhalten stofflicher Systeme sowie im Bereich der Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR) für die Automatisierung komplexer Stoffwandel- und Stofftransportprozesse“ hervor. Ausreichende digitale Kompetenzen sind zudem notwendig, um eine Zusammenarbeit zwischen Experten der naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen auf der einen Seite und Datenwissenschaftlern („Data Scientists“) sowie IT-Fachleuten auf der anderen Seite zu ermöglichen. Während die Verbände die primäre Aufgabe der Experten der Datenwissenschaften darin sehen, Werkzeuge für eine breitere integrierte Verwendung in Unternehmen der Chemie- und Pharmabranche zur Verfügung zu stellen, sollen Chemiker, Chemieingenieure, Verfahrenstechniker, Biowissenschaftler und andere naturwissenschaftlich-technisch-orientierte Spezialisten die Applikationen in der Produktion, FuE oder Wartung und Services zur Anwendung bringen (BAVC & VCI, 2018). Auch ein Vertreter der Linde AG fordert von Chemikern und Biotechnologen ein grundlegendes technisches Verständnis im Einklang mit den Bedarfen aus der Wirtschaft. Gleichzeitig macht der Chief Digital Officer von BASF deutlich, dass naturwissenschaftliche Kompetenzen weiterhin im Vordergrund stehen sollten und IT-spezifische Anforderungen durch Zusatzqualifikationen zu erfüllen seien (Reckter, 2018). In einem weiteren Positionspapier von arbeitgeber- und arbeitnehmernahen Chemieorganisationen wird ein „verstärktes Einbeziehen von Problemstellungen mit industrieller Relevanz in die Studiengänge der Chemie“ gefordert (BAVC et al., 2016).

Weitere Anpassungsbedarfe sind hinsichtlich des Praxisbezuges in der hochschulischen Ausbildung erkennbar. So plädieren Gehrke und Rammer (2018) für eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, um die Innovationsprozesse zu stärken. Zudem erwartet die Mehrheit

[44] Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass nicht alle Expertinnen und Experten an der zweiten Befragungsrunde teilnahmen (vgl. Abschnitt 2.3.2). Eine Analyse der Zweifachbefragten zeigt jedoch, dass diese in der zweiten Runde tendenziell eine geringere Wahrscheinlichkeit angaben als in der ersten Runde. Somit kann das Ergebnis nicht allein daraus resultieren, dass nur solche Expertinnen und Experten an der zweite Runde teilnahmen, die in der ersten Runde eine geringe Wahrscheinlichkeit angaben. Gründe für den Meinungswandel wurden nicht abgefragt.

der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung, dass zukünftig der Praxisbezug in der hochschulischen Ausbildung zunimmt bzw. stark zunimmt (Abbildung 39).

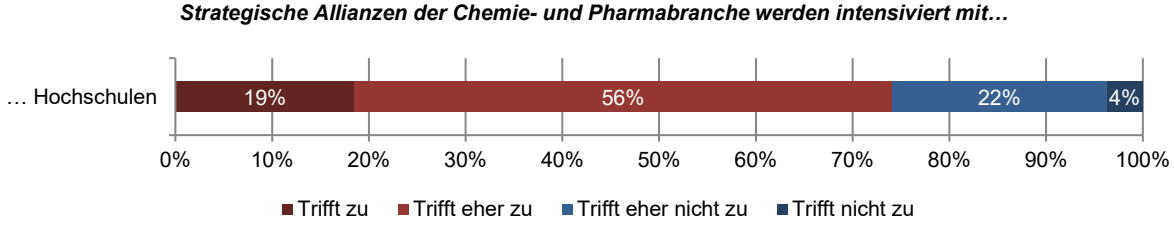
Abbildung 39: Zukünftiger Praxisbezug in der hochschulischen Ausbildung



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Darüber hinaus stimmten 75 % der befragten Expertinnen und Experten der These eher zu bzw. zu, dass die strategischen Allianzen zwischen der Chemie- und Pharmabranche intensiviert werden (Abbildung 40). Als förderlich für eine Zusammenarbeit zwischen der Wissenschaft und der Wirtschaft erachteten die Expertinnen und Experten unter anderem eine proaktive Darstellung des hochschulischen Leistungsspektrums, um den Unternehmen die jeweiligen Forschungsschwerpunkte der Hochschulen aufzuzeigen. Zudem sollten praxisnahe Projekte zwischen Universitäten und Unternehmen wie auch ein Mentoring von Start-ups an den Hochschulen durch etablierte Industrieunternehmen stärker gefördert werden. Eine verbesserte Anschlussfähigkeit zur industriellen Produktion und FuE könne zudem durch die Bereitstellung von modernem Equipment in den Hochschulen erreicht werden. Zuletzt wurde angeregt, die strategische Allianz zwischen Forschung und Praxis durch die Zusammenarbeit mit Cluster-Initiativen sowie durch eine Übertragung von Kooperationsmodellen anderer Länder (z. B. Österreich) auf die deutsche Hochschullandschaft zu stärken.

Abbildung 40: Strategische Allianzen zwischen Wirtschaft und Hochschulen



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

4.4.4 Berufliche Weiterbildung

Die Veränderung der Arbeitswelt im Zuge der Digitalisierung erfordert einen Ausbau und Anpassung der Weiterbildungsangebote an die derzeit Beschäftigten. So zeigen branchenübergreifende Betriebsbefragungen, dass verstärkte Investitionen in Betrieben regelmäßig mit höheren Weiterbildungsausgaben einhergehen (Janssen, Leber, Arntz, Gregory & Zierahn, 2018). Weiterbildung kann dabei in unterschiedlichen Formen erfolgen, die sich in Anlehnung an eine gängige internationale Klassifikation durch ein dreistufiges System beschreiben lässt: (1) Formale Weiterbildung findet in Bezug auf Lernziele, Lernzeit und Lernförderung in einem organisierten und strukturierten Kontext durch betriebliche oder überbetriebliche Bildungsträger statt und führt in der Regel zu einer Zertifizierung (z. B. Meister- oder Technikerweiterbildung). (2) Non-formale Lehr- und Lernarrangements werden meist nicht explizit als Lernen bezeichnet, beziehen sich auf halb organisierte und strukturierte Lernprozesse außerhalb formaler Bildungsstrukturen und führen selten zu einer Zertifizierung (z. B. Messebesuche, Teamsitzungen, Coachings). (3) Informelle Weiterbildung findet überwiegend unstrukturiert und situativ am Arbeitsplatz („on-the-Job-Training/Learning“) sowie im Alltag statt. Es ist meist nicht ausdrücklich beabsichtigt und führt normalerweise zu keiner Zertifizierung (Europäisches Zentrum für die Förderung der Berufsbildung [CEDEFOP], 2011).

Insgesamt zeichnet sich die chemisch-pharmazeutische Industrie schon heute durch eine überdurchschnittliche Weiterbildungsintensität aus und bietet damit eine gute Basis, um die Beschäftigten qualifikatorisch auf die künftigen Veränderungen der Arbeitswelt vorzubereiten. Systematische Potenzialanalysen und bedarfsgerechte Angebote ermöglichen eine individuelle Personalentwicklung und haben zuletzt deutlich zugenommen (Schleiermacher & Stettes, 2017). Auch zeigen Seyda et al. (2017) in einer branchenspezifischen Auswertung zu betrieblichen Weiterbildungsaktivitäten, dass der Anteil an chemisch-pharmazeutischen Unternehmen, die sich im Jahr 2016 an betrieblicher Weiterbildung beteiligt haben, mit etwa 93 % deutlich über der gesamtwirtschaftlichen Beteiligung von 85 % sowie der durchschnittlichen Beteiligung des Verarbeitenden Gewerbes von 72 % liegt.[45] Mit Blick auf die Formen der betrieblichen Weiterbildung zeigt sich, dass die Verbreitung und Nutzung von formalen Weiterbildungsformaten (z. B. Besuche von Lehrveranstaltungen und Informationsveranstaltungen) wie auch von non-formalen bzw. informellen Weiterbildungsformaten (z. B. Lernen im Arbeitsprozess, selbstgesteuertes Lernen mit Medien) in der chemisch-pharmazeutischen Industrie meist deutlich über dem Durchschnitt in der Gesamtwirtschaft und dem Verarbeitenden Gewerbe liegt (Seyda et al., 2017). Im Fokus der formalen Weiterbildung steht dabei die Vermittlung von beruflichem Fachwissen, insbesondere in Hinblick auf neue Technologien und veränderte Arbeitsprozesse. Entsprechend der gestiegenen Anforderungen adressieren formale Weiterbildungsmaßnahmen jedoch auch zunehmend die personalen Kompetenzen (z. B. Organisations- und Planungsfähigkeit) wie auch sozialen Kompetenzen (z. B. Kommunikations- und Teamfähigkeit) für breitere Gruppen der Belegschaft. Ein besonderer Fokus in der formalen Weiterbildung liegt auf Angeboten zur Gesunderhaltung und Stressbewältigung (Schleiermacher & Stettes, 2017).

Als wichtigste Weiterbildungshemmnisse werden hingegen fehlende Zeit für die Freistellung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und fehlende Kapazitäten für die Organisation sowie kein Bedarf an

[45] Grundlage für die empirische Erfassung aktueller unternehmerischer Weiterbildungsaktivitäten ist die IW-Weiterbildungserhebung, die regelmäßig vom Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW) durchgeführt wird und an der sich im Jahr 2016 bundesweit 1.706 Unternehmen beteiligt haben (Seyda und Placke (2017)). Weiterführend wurde die chemische Industrie auf Grundlage der IW-Weiterbildungserhebung von Seyda et al. ((2017)) in einer Sonderauswertung untersucht, wobei in Abweichung zu der Branchendefinition in dieser Studie der chemischen Industrie nach IW-Definition neben den Wirtschaftszweigen „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ und „Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen“ auch der Wirtschaftszeig „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ zugeordnet wurde. Dennoch ist zu erwarten, dass aufgrund des höheren Anteils von Chemie- und Pharmaunternehmen die Daten in der Tendenz ein hinreichend gutes Abbild der Branche bieten. Vgl. Fußnote 6 für weitere Details zu Unterschieden bei der Branchendefinition nach Wirtschaftszweigen.

mehr Weiterbildung genannt (Seyda et al., 2017).[46] Unter den Mitgliedern von HessenChemie wird der Erhalt und Ausbau von Kompetenzen in vier von zehn Unternehmen durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen gefördert. Zumeist handelt es sich dabei um Angebote und Möglichkeiten der informellen Weiterbildung wie z. B. Wissenstransfersysteme, eine lernförderliche Arbeitsumgebung und altersgemischte Teams. Insbesondere ältere Beschäftigte lernen demnach einfacher am Arbeitsplatz, weshalb die altersmäßige Durchmischung von Fachkräften für rund die Hälfte der befragten Mitgliedsunternehmen eine effektive Maßnahme für den informellen Wissenstransfer darstellt (Schleiermacher & Stettes, 2017).

In Expertengesprächen mit Vertreterinnen und Vertretern aus Chemie- und Pharmaunternehmen wird des Weiteren darauf hingewiesen, dass zwar vielfach über unternehmensweite Kompetenzentwicklungsstrategien in den Unternehmen diskutiert wird, eine strategische Ausbildungs- und Personalplanung bisher jedoch selten stattfindet (Gehrke & Weilage, 2018; Malanowski et al., 2017; Malanowski & Awenius, 2017). Die Organisation und Ausweitung der betrieblichen Weiterbildung stellt dabei vor allem KMU vor große Herausforderungen, da sie im Gegensatz zu Großunternehmen im Rahmen von deutlich restriktiveren finanziellen und personellen Kapazitäten agieren müssen (Gehrke & Weilage, 2018).[47]

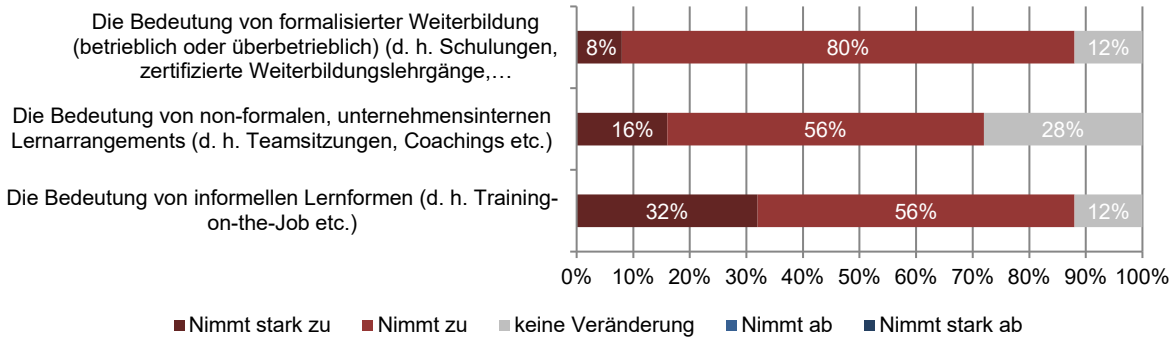
Die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung gehen davon aus, dass die formale und informelle Weiterbildung im Vergleich zu non-formalen Lehrformen in den kommenden zehn Jahren den stärksten Bedeutungszuwachs erfahren werden (Abbildung 41). Demnach erwarten 80 % der Befragten, dass die Bedeutung von betrieblichen und überbetrieblichen formalisierten Weiterbildungen in den nächsten zehn Jahren zunimmt. Weitere 8 % gehen von einer starken Zunahme aus. Hinsichtlich der Bedeutung von informellen, arbeitsplatznahen Lernformen erwarten 56 % der Expertinnen und Experten eine Zunahme, etwa jeder Dritte prognostiziert sogar einen starken Bedeutungszuwachs. Die Ergebnisse der Delphi-Befragung lassen einen deutlichen Anstieg der Weiterbildungsbedarfe bis 2030 erwarten, der voraussichtlich von einer gewissen Verschiebung, weg von non-formalen hin zu formalen und vor allem informellen Weiterbildungsformen, begleitet wird. Somit könnten auch Konzepte zur aktiven Förderung einer lernförderlichen Arbeitsorganisation stärker in den Fokus rücken (vgl. auch Abschnitt 4.3.2).[48]

[46] Auch in einer Untersuchung des Statistischen Bundesamtes zur betrieblichen Weiterbildung nach Branchen wird für die chemisch-pharmazeutischen Industrie eine im Branchenvergleich deutlich überdurchschnittliche Verbreitung von Weiterbildungsangeboten am und außerhalb des Arbeitsplatzes ermittelt. In Ergänzung zu den in Fußnote 45 genannten Wirtschaftszweigen ist die Branchendefinition jedoch noch weiter gefasst und enthält zusätzlich die Wirtschaftszweige „Kokerei und Mineralölverarbeitung“ und „Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“, die jedoch nur einen geringen Anteil ausmachen (Destatis (2017a)).

[47] Für exemplarische Ausführungen zu den umfangreichen Weiterbildungsaktivitäten in chemisch-pharmazeutischen Großunternehmen siehe BASF (2016) und Beckmann (2017).

[48] In dem seit dem Jahr 2016 laufenden Dialogprozess „Work@industrie4.0“ zur Arbeit der Zukunft stellt die Aus- und Weiterbildung ebenfalls ein Schwerpunktthema dar. Darüber hinaus werden im Rahmen des Dialoges Themen wie orts- und zeitflexiblem Arbeiten, gutes und gesundes Arbeiten und Führung und Organisation fokussiert. Ziel des Dialogprozesses ist es, ein gemeinsames Branchenverständnis zur digitalen Transformation zu entwickeln (BAVC und IG BCE (2018)).

Abbildung 41: Zukünftige Bedeutung der Weiterbildung



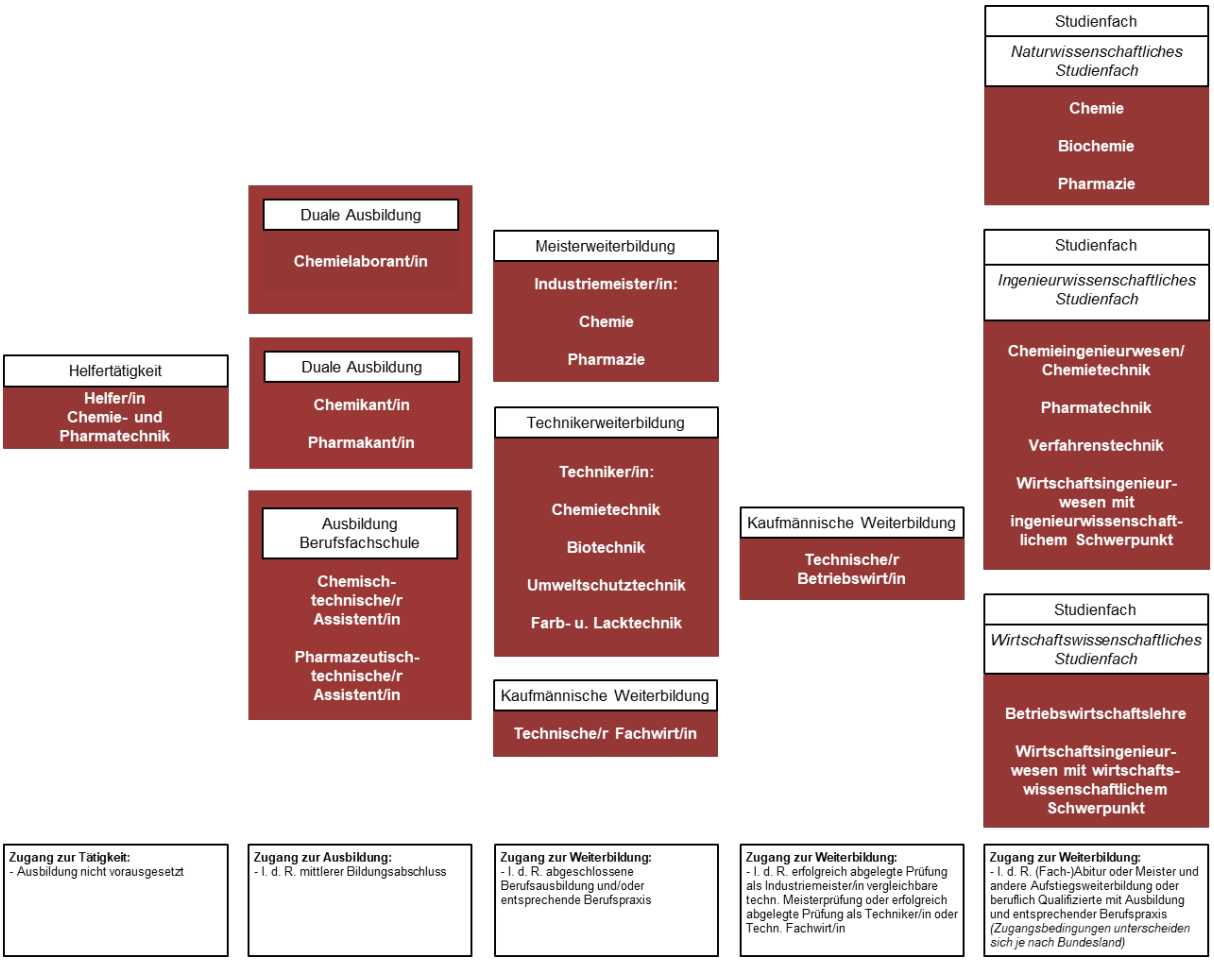
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Zur Vertiefung wurden die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung weiterführend nach potenziellen Maßnahmen gefragt, mit denen Unternehmen der Chemie- und Pharmabranche dem Bedeutungszuwachs von formalisierter und informeller Weiterbildung vor dem Hintergrund potenziell begrenzter finanzieller und personeller Ressourcen adressieren können. Im Hinblick auf die formalisierte Weiterbildung ist zunächst festzuhalten, dass das bisherige formale Aus- und Weiterbildungssystem in Deutschland bereits vielseitige Entwicklungsmöglichkeiten für Beschäftigte der Branche bietet.

Abbildung 42 zeigt exemplarisch das breite Spektrum der aufeinander aufbauenden Weiterbildungsmöglichkeiten für ausgewählte chemisch-pharmazeutische Berufe auf.[49] Dabei wird deutlich, dass beispielsweise die Zugangsvoraussetzungen zu hochschulischen Studiengängen auf unterschiedliche Weise erfüllt werden können – neben einem (Fach-)Abitur etwa auch durch einen Meister oder eine Aufstiegsweiterbildung. Die Herausforderung besteht vielmehr darin, eine entsprechende Durchlässigkeit zwischen den unterschiedlichen Bildungsstufen sicherzustellen. So fordern auch der BAVC und VCI (2018) die Durchlässigkeit zwischen akademischer und beruflicher Bildung zu verbessern.

[49] Die Abbildung beschränkt sich auf berufliche Ausbildungen, Meister-, Techniker- und kaufmännische Weiterbildung sowie hochschulische Studienfächer. Darüber hinaus existieren weitere anerkannte Möglichkeiten zur zertifizierbaren Weiterbildung, z. B. von der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh, https://www.gdch.de/veranstaltungen/fortbildung.html), den Industrie- und Handelskammern (IHK, https://www.ihk.de/weiterbildung), TÜV Nord (https://www.tuev-nord.de/de/unternehmen/bildung/qualifizierung-weiterbildung/) oder TÜV Rheinland (https://www.tuv.com/de/deutschland/pk/weiterbildung/weiterbildung.html), zuletzt geprüft am 27.02.2019.

Abbildung 42: Trajektorie formaler Aus- und Weiterbildung für ausgewählte Berufsprofile



Anmerkungen: Exemplarische Darstellung des Spektrums potenzieller Bildungstrajektorien für chemisch-pharmazeutische Kernberufe. Die Anordnung von links nach rechts orientiert sich an dem zu erwartenden Anforderungsniveau für den Zielberuf. Dargestellt ist eine Auswahl von beruflichen Ausbildungen, Aufstiegsweiterbildungen und Studienfächern auf Basis von Berufsinformationen der Bundesagentur für Arbeit.
Quelle: Eigene Darstellung; BERUFENET.

Vor dem Hintergrund des bestehenden Angebots äußern die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung auch keinen grundsätzlichen Ausweitungsbedarf der formalen Bildungsstrukturen in Deutschland. Vielmehr werden die Potenziale zur Verbesserung der formalen Weiterbildung auf der operativen Ebene gesehen. So regen die Befragten eine stärkere Integration von neuen, digital-gestützten Lernangeboten wie etwa E-Learning, Online-Plattformen oder Blended Learning an. Darüber hinaus sollte die Weiterbildung durch organisatorische Maßnahmen gestärkt werden, z. B. die Definition von Zeitkonten für Weiterbildung sowie eine genaue Analyse der betrieblichen Weiterbildungsbedarfe in Kombination mit einer passenden Auswahl der zu schulenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter („Qualifikationsmatrix“).[50]

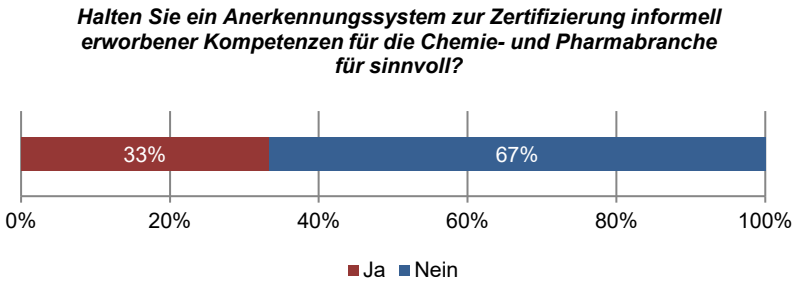
Hinsichtlich potenzieller Maßnahmen zur Begegnung des Bedeutungszuwachses informeller Lernformen wurde von den Expertinnen und Experten angeregt, die Feedbackstrukturen zu intensivieren, um die Arbeitsmethoden und -prozesse kontinuierlich zu optimieren. Des Weiteren wird ein altersbezogenes Mentoring-Programm angeregt, bei dem ältere Beschäftigte belastende Tätigkeiten in der Produktion reduzieren und die dadurch freigesetzten personellen Kapazitäten zur Weiterbildung und Erfahrungsweitergabe an die jüngere Belegschaft eingesetzt werden können. Schließlich soll das informelle

[50] So hält es auch der Vorstand des BAVC, Dr. Kai Beckmann, für überlegenswert, die in den Tarifverträgen bestehenden Langzeitkonten zu verwenden, um den chemisch-pharmazeutisch Beschäftigten in Zukunft die Möglichkeit für komplette Qualifizierungsauszeiten zu bieten (Festerling und Baumann (2018)).

Lernen durch einen verstärkten Technikeinsatz gestärkt werden, etwa durch arbeitsplatznahe E-Learning-Formate und den Aufbau von Augmented-Reality-Umgebungen. Insgesamt sind die genannten expertenbasierten Vorschläge Im Kontext der Förderung einer lernförderlichen Arbeitsorganisation zu sehen (vgl. Abschnitt 4.3.2).

Abschließend wurden die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung vor dem Hintergrund einer erwartbaren Zunahme informell erworbener Kompetenzen um eine Einschätzung zu den Potenzialen von Anerkennungssystemen zur Zertifizierung dieser Kompetenzen gebeten. Dabei konnte jedoch kein Konsens erreicht werden. Demnach erachtet etwa ein Drittel der befragten Expertinnen und Experten ein solches System für die Chemie- und Pharmabranche für sinnvoll, zwei Drittel hingegen nicht (Abbildung 43). Potenzielle Ansätze zur Umsetzung eines Zertifizierungssystems bilden laut Expertenmeinung die Weiterentwicklung von bestehenden Zertifikaten (z. B. TÜV oder IHK-Zertifikate) oder eine automatisierte Zertifizierung von E-Learning-Kursen mit Anbindung an betriebliche Schulungsdokumentationssysteme. Bestehende Zertifizierungsansätze in Deutschland fanden in den Expertenkommentaren hingegen keine Berücksichtigung (z. B. ValiKom).[51] Da der Anteil von Beschäftigen ohne Berufsabschluss mit 9,2 % im Branchenvergleich unterdurchschnittlich ist (vgl. Abschnitt 4.4.1), überrascht es jedoch nicht, dass Konzepte zur Anerkennung informell erworbene Kompetenzen für Geringqualifizierte weniger Aufmerksamkeit erhalten.

Abbildung 43: Zertifizierung informeller Kompetenzen



Quelle: Delphi-Befragung (2. Zyklus).

[51] Das vom BMBF geförderte Projekt „ValiKom“ und das Folgeprojekt „ValiKom Transfer“ haben zum Ziel, ein standardisiertes Verfahren zu entwickeln, das informell erworbene Berufskompetenzen erfasst, überprüft, bewertet und zertifiziert (Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF] (2018)). Das Validierungsverfahren richtet sich allgemein an Personen mit einschlägiger Berufserfahrung, die unabhängig vom derzeitigen Beschäftigungsstatus im In- oder Auslands Berufskompetenzen erworben haben, diese aber nicht durch einen Berufsabschluss nachweisen können. Dies betrifft sowohl Personen ohne Berufsabschluss als auch Personen mit Berufsabschluss, die jedoch in einem von der Ausbildung abweichenden Beruf tätig sind (Deutscher Handwerkskammertag [DHKT] und DIHK (2018)). Auch im internationalen Kontext werden Ansätze zur Anerkennung informell erworbener Kompetenzen diskutiert (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2019)).

4.4.5 Gestaltungsoptionen

- **Branchenspezifische Weiterbildungsplattform für KMU initiieren:** Veränderte Kompetenzanforderungen im Zuge der Digitalisierung steigern den Bedarf an Weiterbildung in der Chemie- und Pharmabranche. Insbesondere KMU verfügen oftmals nicht über die personellen und finanziellen Ressourcen, um diesen Bedarfen hinreichend zu begegnen. Eine branchenspezifische, überbetriebliche Schulungsplattform kann Unternehmen bedarfsgerechte, modularisierte und arbeitsplatznahe Angebote unter Einsatz moderner digitaler Lernmedien bieten. Bestehende Angebote gilt es dabei zu bündeln und zu erweitern.
- **Innovative Lernkonzepte fördern:** Unternehmen sollten verstärkt arbeitsorganisatorische Konzepte zum arbeitsnahen Lernen (z. B. Lerninseln) umsetzen. Der Einsatz von digitalen (tutoriellen) Assistenzsystemen als Lernsystem („Shop-Floor Learning“) sollte vor dem Hintergrund des Bedeutungszuwachses der informellen Weiterbildung angestrebt werden.

5 Fallstudien

5.1 Produktion in der chemischen Industrie

Die Fallstudie basiert auf einem Gespräch mit einer Expertin eines mittelständischen Chemieunternehmens

Das Unternehmen ist ein mittelständischer Produktionsbetrieb aus der chemischen Farben- und Lackindustrie. Die aktuellen Veränderungen im Unternehmen werden nicht als fundamentaler Strukturwandel angesehen. Zwar sieht sich das Unternehmen neuen globalen Herausforderungen ausgesetzt, welche vor allem durch neue Technologien und die Digitalisierung geprägt sind. Dabei fand in den letzten Jahren jedoch keine völlige Neustrukturierung des Unternehmens statt. Vielmehr erfolgte eine inkrementelle Anpassung einzelner Prozesse oder auch ganzer Prozessabläufe – eine Entwicklung, die für das Unternehmen jedoch nicht neu ist. Da in der Produktion von Lacken und Farben wenig Potenzial für neue auf Digitalisierung beruhende Geschäftsmodelle gesehen wird, wird mit der zunehmenden Digitalisierung vorwiegend das Ziel verfolgt, die bestehenden Produktionsprozesse zu optimieren und die Effizienz zu steigern.

Während die Digitalisierung im Labor, in der Entwicklung und im Verkauf bereits weit fortgeschritten ist, vollzieht sich in dem Unternehmen aktuell vor allem in der Produktion ein Wandel. In der einfachen Variante der Digitalisierung wurde in den letzten Jahren in vielen Maschinen bereits eine händische Maschinenführung durch einen elektronischen Ausbau in Kombination mit der Programmierung und dem Abruf von Standardprogrammen ersetzt. Zukünftig sollen die Maschinen verstärkt miteinander verknüpft werden und sich untereinander automatisiert Rückmeldung geben. Beispielsweise soll der Verbrauch von Rohstoffen nach Einwaage automatisch im bestehenden ERP-System festgehalten werden.

Bei der Digitalisierung der Produktion sieht sich das Unternehmen besonderen sicherheitstechnischen und arbeitspraktischen Herausforderungen ausgesetzt. Durch einen regelmäßigen Gebrauch von Lösungsmitteln erfolgt die Arbeit in einer explosionsgefährdeten Atmosphäre. Somit müssen elektrische Funken, Lichtbögen und Blitze stets verhindert werden. Dies geht mit besonderen und oftmals sehr kostenintensiven Anforderungen an die Elektronik einher und wird als zusätzliche Hürde bei der Digitalisierung gesehen. Darüber hinaus stellt das Tragen von Arbeitsschutzkleidung bei der direkten Arbeit mit Chemikalien (Sicherheitshandschuhe etc.) praktische Hürden bei der Bedienung von digitalen Arbeitsmitteln wie Computer oder Tablets dar und muss bei der Einführung neuer Technologien stets mitbedacht werden.

Die Initiative bei der Einführung von neuen Technologien geht meist von der Geschäftsführung, Beschäftigten in Schlüsselfunktionen in der Produktion (z. B. Produktionsleitung) oder der IT-Administration aus. Sofern der Einsatz der neuen Technologie nicht nur ein einfaches Technik-Update bedeutet, sondern perspektivisch die Produktionsabläufe verändert (z. B. Umstellung von handschriftlicher auf digitale Dokumentation im Logbuch), werden die Beschäftigten frühzeitig in die Pläne eingebunden. Oftmals wird dabei in einem ersten Schritt auf die „innovativ“ geltenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zugegangen, die die neuen Technologien und Prozessabläufe zunächst austesten. Sofern eine Testphase erfolgreich ist, wird im Anschluss die übrige Belegschaft in der Anwendung der neuen Technologien geschult. Während die junge Belegschaft („digital natives“) in der Tendenz neuen Technologien meist offener gegenübersteht und begeisterungsfähiger für Veränderungen ist, sind ältere Beschäftigungskohorten häufig zurückhaltender. Gleichzeitig sind es aber auch eher die erfahrenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die frühzeitig (und häufig zu Recht) auf zu erwartende Probleme beim veränderten Technikeinsatz hinweisen. Grundsätzlich folgt das Unternehmen der Philosophie, dass neue Technologien nur zur Reduzierung der Arbeitsbelastung und nicht zum Personalabbau angeschafft werden.

Mit Blick auf die Arbeitsqualität werden in der Produktion häufige Unterbrechungen durch eine gesteigerte Erreichbarkeit an den Maschinen über mobile Kommunikationsmittel als eine bedeutende psychische Belastung für die Beschäftigten gesehen. In Belehrungen werden die Beschäftigten daher darauf hingewiesen, Anfragen an Produktionsmitarbeiterinnen und -mitarbeitern zu bündeln und gering zu halten. Perspektivisch bietet die Digitalisierung das Potenzial, diese Problematik zu entschärfen, indem Produktionsprozesse digital dokumentiert und visualisiert werden und die Informationen anderen Bereichen zur Verfügung gestellt werden (z. B. werden somit telefonische oder persönliche Abfragen zum Produktionsstand überflüssig). Eine weitere Belastung stellt die Schichtarbeit dar, die unter anderem die Vereinbarung von Beruf und Familie erschwert. Das Unternehmen sieht auf absehbare Zeit jedoch keine Möglichkeit, von diesem Arbeitszeitmodell in der Produktion abzuweichen.

Das fachliche Niveau bei Neueinsteigerinnen und -einsteigern mit einer beruflichen Bildung wird insgesamt als positiv bewertet (z. B. bei Chemikanten oder Chemiefachwerkern). Das Unternehmen hat jedoch zunehmend Probleme, geeignete Kandidatinnen und Kandidaten für die offenen Stellen in der chemischen Produktion zu finden. Um Bedarfslücken zu schließen, hat die Personalabteilung bestehende Produktionsprozesse analysiert und die Suche auf „analoge“ Ausbildungsberufe ausgeweitet. Ziel war es, Berufe aus anderen Bereichen zu identifizieren, die auf der operativen Ebene nach einem ähnlichen Schema arbeiten (z. B. Bäcker/Köche für die Lackproduktion, da in beiden Bereichen die Arbeit nach „Rezept“ erfolgt).

Da durch die Digitalisierung vorwiegend einfache Tätigkeiten wegfallen, sind die Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten im Unternehmen gestiegen. Neben der Aneignung von grundlegenden IT-Kompetenzen müssen die Beschäftigten sich zunehmend in andere Unternehmensbereiche hineindenken können und ein ganzheitliches Unternehmensverständnis entwickeln. So sollen die Produktionsarbeiterinnen und -arbeiter nicht nur ihre eigene Arbeit durchführen können, sondern auch ein Verständnis für die vor- und nachgelagerten Prozesse besitzen. Insbesondere bei einer zunehmend vernetzen Produktion ist dieses Systemverständnis von hoher Bedeutung.

Zur Stärkung der Lernförderlichkeit im Prozess der Arbeit wechseln ausgewählte Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Rahmen einer „Jobrotation“ gelegentlich für einen begrenzten Zeitraum den Arbeitsplatz innerhalb des Unternehmens. Der Arbeitsplatzwechsel erfolgt meist für etwa vier Wochen und beschränkt sich vorwiegend auf Zeiten geringerer Auslastung. Die Teilnahme an der Jobrotation ist freiwillig und erfolgt in Abstimmung mit der Personalabteilung. Die meisten Beschäftigten stehen dem Ansatz sehr offen gegenüber. Das Unternehmen verfolgt mit der Jobrotation zum einen das Ziel, den Beschäftigten die Möglichkeit zu bieten, ein ganzheitliches Verständnis der unterschiedlichen Aufgaben im Unternehmen zu entwickeln. Darüber hinaus kann das Personal bei Bedarf im Unternehmen flexibler eingesetzt werden (z. B. bei Ausfällen durch Krankheit oder Urlaub).

Neben dem Learning-by-doing erfolgt die Weiterbildung der Beschäftigten vorwiegend in internen Schulungen, bei denen sich Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Kleingruppen gegenseitig zu neuen Technologien und Prozessen schulen. Zudem werden kostenfreie Weiterbildungsangebote wie Messebesuche, Lieferantengespräche sowie Lehrangebote der Lieferanten in Anspruch genommen. Kostenintensive Weiterbildungen an externen Einrichtungen finden nur in Ausnahmefällen statt, d. h. wenn Kompetenzbedarfe anderweitig nicht gedeckt werden können. Weiterbildungen werden sowohl durch Anfragen von Beschäftigten als auch durch Empfehlungen von Vorgesetzten initiiert. Insbesondere bei Höherqualifizierten mit akademischem Abschluss findet die Weiterbildung auch vielfach im Selbststudium außerhalb der Arbeitszeit und am Wochenende statt.

5.2 Neue Geschäftsmodelle in der pharmazeutischen Industrie

Die Fallstudie basiert auf einem Gespräch mit einem Experten vom deutschen Standort eines amerikanischen Pharmaunternehmens.

Das Unternehmen ist ein pharmazeutisches Technologie- und Forschungsunternehmen und ist im Bereich der Stoffwechselanalytik tätig. Als Neugründung in den 2000er Jahren war der deutsche Standort ursprünglich ein Start-up, ist aber nun seit einigen Jahren Teil eines amerikanischen Unternehmens an der Schnittstelle von Pharmazie und Life Sciences. Mit dem Aufkauf wollte das Mutterunternehmen v. a. seine Präsenz in Europa ausbauen. Insgesamt beschäftigt das Gesamtunternehmen rund 200 Personen, von denen etwa 15 am deutschen Standort arbeiten.

Das Geschäftsmodell ist vornehmlich Business-to-Business und durch Auftragsforschung geprägt. Im Mittelpunkt steht die ganzheitliche Wirkungsforschung in Bezug auf die Entstehung von Krankheiten und die Wirkung von Medikamenten bzw. anderen Stoffen. Darunter fallen umfangreiche Analysen von Molekülen in Proben von Stoffwechselprodukten und aufwendige statistische Auswertungen der entstandenen Daten. Die Kunden des Unternehmens kommen aus unterschiedlichen Branchen, u. a. der Pharmaindustrie, der Lebensmittelbranche sowie der Gesundheitsbranche. Eine Herausforderung sieht das Unternehmen darin, die Potenziale der verfügbaren Technologien und komplexen Analysemethoden zu vermitteln, etwa unter praktizierenden Ärzten. Die Bildung von Netzwerken und strategischen Partnerschaften ist daher sehr wichtig.

In den nächsten fünf bis zehn Jahren wird die Bedeutung von Präzisionsmedizin und personalisierter Medizin zunehmen. Dies gilt für die Branche und das eigene Geschäftsmodell. Dafür notwendig sind jedoch technologische Weiterentwicklungen und analytische Fortschritte, etwa in der Analyse von Umwelteinflüssen.

Die Branchenkonvergenz von Pharmazie, Life Sciences und Medizintechnik wird beispielsweise am Vertrieb von Medikamenten deutlich: Dabei gehen Pharmafirmen neue Wege und bieten neben dem Verkauf von Medikamenten auch Tests zur entsprechenden Wirksamkeitsprüfung an. Weitere Möglichkeiten der Angebotsdiversifizierung betreffen die Bereitstellung von Apps (z. B. zum Tracking von Biomarkern) wie auch Zusatzangebote im Bereich genetischer Tests oder IT-Medizinprodukte. Ziel ist dabei immer die Erhöhung der Kundenbindung.

Forschungskooperationen dienen dem Unternehmen zur Öffnung des eigenen Innovationsprozesses, insbesondere im Bereich der Grundlagenforschung und methodischen Weiterentwicklung. Sie sind komplementär zur Auftragsforschung, bei der das geistige Eigentum und die physiologischen Erkenntnisse komplett an den Auftraggeber übergehen. In der Vergangenheit war das Unternehmen u. a. an Forschungskooperationen zur Früherkennung von Multipler Sklerose und Depression wie auch der Erforschung endokriner Disruptoren (also Stoffen und Chemikalien, die das Hormonsystem durcheinanderbringen) beteiligt. In derartigen Projektkontexten findet ein anwendungsbezogener Wissensaufbau in vielversprechenden, neuen Themenbereichen statt, der anschließend in die Weiterentwicklung des Geschäftsmodells münden kann.

Eine kontinuierliche Weiterbildung hat für das Unternehmen einen hohen Stellenwert. So muss es sicherstellen, dass die Beschäftigten stets auf dem aktuellen technologischen Stand sind und methodische Weiterentwicklungen mitverfolgen. Neben der informellen Weiterbildung im Arbeits- und Forschungsprozess, die oftmals aus Eigenmotivation erfolgt, findet bei grundlegenden technologischen (Neu-)Entwicklungen die Weiterbildung am deutschen Standort überwiegend intern durch die amerikanischen Kolleginnen und Kollegen statt. Handelt es sich dagegen um weiterreichende technologische Anpassungen, erfolgt die Weiterbildung meist durch die externen Hersteller, z. B. in Form von dezidierten „Hardware-Schulungen“.

Im Bereich der Arbeitsorganisation hängt der Grad der Orts- und Zeitflexibilität der Beschäftigten im Unternehmen von der individuellen Funktion ab. Während die Beschäftigten im IT-Bereich weitgehend

orts- und zeitungebunden arbeiten können, erfordern Labortätigkeiten zur Bedienung der Geräte eine Vor-Ort-Präsenz. Bei den nachgelagerten Datenauswertungen besteht jedoch auch die Möglichkeit zum mobilen Arbeiten. Um die soziale Interaktion und Teamarbeit zu stärken, besteht die informelle Erwartung, dass die fachlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihre wöchentliche Heimarbeit auf ein bis zwei Tage beschränken.

Grundlage der Arbeitsstrukturen im Gesamtunternehmen ist eine Matrixorganisation. Die Bearbeitung der Auftragsforschung erfolgt zudem in flexiblen Projektteams, die sich bei jedem Auftrag neu zusammensetzen (können). Der Vertrieb ist dagegen eher traditionell und hierarchisch organisiert. Der Aufkauf durch das amerikanische Unternehmen hatte einen gewissen, wenn auch begrenzten Einfluss auf die Arbeitsorganisation: Es fand ein Personalaufwuchs am deutschen Standort statt, der mit einer fachlichen Spezialisierung unter den naturwissenschaftlichen Beschäftigten und einer klaren Rollendefinition einherging.

Das Unternehmen arbeitet an der Schnittstelle von biochemisch-pharmazeutischen Themenfeldern und Datenwissenschaften („Data Science“). Die Belegschaft besteht vornehmlich aus Quereinsteigern mit einem naturwissenschaftlichen Studium, die sich im Laufe ihrer akademischen und/oder beruflichen Laufbahn hinreichend Wissen in den relevanten Themenfeldern der Informatik und Mathematik angeeignet haben. Das Unternehmen hat die Erfahrung gemacht, dass der Wissenstand zu IT-bezogenen Themen bei den Naturwissenschaftlern sehr unterschiedlich ist und v. a. vom individuellen Interesse an entsprechenden IT-Themen abhängt. Vor dem Hintergrund der erwartbaren Zunahme von computergestützten und datengetriebenen Tätigkeiten wäre aus Sicht des Unternehmens eine Ausweitung der Vermittlung von IT-Kenntnissen wünschenswert. Aufgrund seiner hoch spezialisierten Aktivitäten in einem Nischenfeld ist das Unternehmen bereits heute von Fachkräfteengpässen betroffen und hat Schwierigkeiten passendes Personal zu finden.

6 Szenario: Chemie- und Pharmaindustrie 2030

Ende des 19. Jahrhunderts entwickelte sich Deutschland zur „Apotheke der Welt“. Eine wichtige Grundlage dafür war die enge Zusammenarbeit zwischen der aufstrebenden chemisch-pharmazeutischen Industrie und der sich ebenso rasch entwickelnden medizinisch-pharmakologischen Forschung. Wenngleich sich die wirtschaftlichen Kräfteverhältnisse längst verschoben haben, gehört die chemisch-pharmazeutische Industrie auch im Jahr 2030 noch zum industriellen Kern Deutschlands. Und auch an der anhaltenden Forschungsstärke und insbesondere der Kooperation mit Wissenschaftseinrichtungen hat sich dabei nichts geändert, wenngleich die meisten zugelassenen Produkte außerhalb von Deutschland entwickelt werden. Hier setzt sich jener Trend zur Internationalisierung von FuE-Kooperation fort, der bereits unter dem Eindruck des Biotech-Booms seit den 1990er Jahren die pharmazeutische Industrie gleichsam revolutioniert hat. Die oftmals von Startups entwickelten neuartigen Methoden zur Diagnose und Therapie sowie auch zur Wirkstoffherstellung stellten für die etablierten Firmen zu gleichen Teilen eine Bedrohung aber auch Chance dar. Und tatsächlich etablierten sich in dieser Zeit zahllose Kooperationen mit international herausragenden Wissenschaftsstandorten wie etwa Boston.

Aus diesem Grund hatten die Pharma- aber auch Chemiefirmen oftmals schon Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit oder der Integration von Startups und ihren Technologien, als sich unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ eine weitere Umwälzung in der Produktion sowie in der Art der Geschäftsmodelle abzeichnete. Dabei kam den Unternehmen auch zugute, dass die Digitalisierung schon vor Jahrzehnten schrittweise einsetzte und frühzeitig ein im Branchenvergleich überdurchschnittliches Niveau erreichte. Aufbauend auf diesen Erfahrungen hat sich die Branche daran gemacht, weitere Schritte zu tun, um Wertschöpfung und Beschäftigung zu erhalten. Auch im Jahr 2030 lassen sich klare Trennlinien zwischen den einzelnen Branchensegmenten und -strukturen erkennen. Nicht nur für chemische und pharmazeutische Firmen gelten aufgrund der unterschiedlichen Produkte und Märkte andere Regeln. Auch zwischen großen und kleineren Chemie- und Pharmaunternehmen bestehen Unterschiede. Die kleineren Chemiefirmen erlebten insbesondere im Bereich „New/Smart Materials“ einen Boom, der sehr stark von der sich ab den frühen 2020er Jahren zum Massenmarkt entwickelnden Elektromobilität getrieben wurde. Hier haben sich in einzelnen Bereichen Hidden Champions entwickelt, die große Teile des Weltmarkts mit ihren Speziallösungen bedienen. Ebenso profitieren verfahrensintensive Unternehmen von den wachsenden Anstrengungen im Recycling. Und so ist es seit Mitte der 2020er Jahre möglich, auch jene Kunststoffe, die nicht sortenrein und mit Additiven versetzt sind, über das klassische Downcycling hinaus aufzubereiten und ökonomisch konkurrenzfähig wiederzuverwerten. Da hierfür sowohl für die Herstellung als auch das Recycling dieser Materialien hochpräzise, hoch automatisierte und im Regelfall individuelle Lösungen nötig sind, erhielt die weitere Digitalisierung der korrespondieren Prozesse einen erneuten Schub. Die umfassend ausgebildeten und permanent weitergeschulten Fachleute in der Produktion stützen sich auf leistungsstarke Experten- und Steuerungssysteme, mit deren Hilfe die unzähligen Prozessparameter bestimmt und überwacht werden. Folglich sind die Prozesse stark modularisiert, um den Ansprüchen einer „economy of scope“ zu genügen, und dementsprechend ist auch die Arbeitsorganisation in den Unternehmen weitaus flexibler und mit einer hohen individuellen Verantwortung versehen, als dies bei den großen Grundstoffherstellern der Fall ist. Die hier auch weiterhin vorherrschende „Bulk“-Produktion ist weiterhin eine „economy of scale“. Hier hat sich in den 2020er Jahren jedoch ein von der Öffentlichkeit weitgehend unbemerkter, tiefgreifender Wandel vollzogen. Das über viele Jahrzehnte bestimmende Dreischichtsystem wurde im Zuge der Verfügbarkeit und Implementierung leistungsfähiger digitaler Systeme auf ein Flow-System umgestellt. Während Früh- und Spätschicht weiterhin in gewohnter Belegschaftsstärke arbeiten, wird die Nachtschicht nur mit 1/3 der ursprünglichen Stärke realisiert. Alle arbeitsintensiven Prozessänderungen und Anpassungen werden dabei in den Tagschichten durchgeführt, während nachts ein möglichst ruhiger und eingriffsarmer Prozessfluss („Flow“) gefahren wird. Doch auch die beiden Tagschichten erfuhren im Zuge der Digitalisierung ein Update: Im April 2021 wurde bei einem großen

Grundstoffhersteller die „gleitende Schichtarbeit“ eingeführt: Hier ermittelt eine KI unter Berücksichtigung von Wetter-, Verkehrs- und natürlich Belegschaftsdaten, wie der Betrieb auch dann ohne Einbußen aufrechterhalten werden kann, wenn die einzelnen Schichtmitarbeiterinnen und -mitarbeiter in einem Toleranzbereich von 30 Minuten zu spät kommen. Das System hat auch wesentlich zur Aufrechterhaltung eines Notbetriebs beigetragen, als es im Winter 2015/16 zur ersten großen Vogelgrippewelle bei Menschen kam und große Teile der Belegschaft ausfielen.

Vor dem Hintergrund der Flexibilisierung hat sich als weiterer und ebenfalls modularisierter Ansatz der Produktion das „Scale-out“ als Alternative zum „Scale-up“ etabliert. Statt großer Reaktoren wird hier eine Vielzahl kleiner Reaktoren parallel geschaltet; diese können rasch und flexibel angefahren und auch wieder gestoppt werden. Diese Prinzipien wurden sowohl bei den Herstellern von Spezialchemie als auch in der pharmazeutischen Industrie erfolgreich etabliert. Für die Belegschaften bedeutete dies eine weitere Technisierung ihrer Tätigkeiten bei gleichzeitiger Erhöhung der Produkt- und Prozessvielfalt. Ebenso war es damit erstmalig möglich, auch Tätigkeiten in der unmittelbaren Produktion räumlich entkoppelt durchzuführen. Allerdings ist der technische Aufwand aus Sicherheitsgründen so hoch, dass nur die wenigsten Firmen ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern entsprechende Lösungen anbieten. Als Trost mag hier gelten, dass aufgrund der anspruchsvollen Arbeitsinhalte das Lohnniveau in der Chemie- und Pharmaindustrie auch im Jahr 2030 überdurchschnittlich ist. Daran hat auch die ungebrochene Fusions- und Konsolidierungswelle in der Branche nichts geändert. Allerdings gibt es durch die zunehmende Marktmacht von China auch in diesem Bereich eine umfassende industriepolitische Diskussion um einen möglichen Ausverkauf des wissenschaftlich-technischen Know-hows einer deutschen Kernbranche.

7 Anhang

Tabelle 4: Definition der Branchen nach Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008

Branche	WZ2008	Beobachtungen BIBB/BAuA ETB 2012	Beobachtungen DGB-Index Gute Arbeit 2016
Landwirtschaft	1-3	179	75
Bergbau	5-9	30	25
Ernährungsgewerbe	10-11	474	204
Sonstiges verarbeitendes Gewerbe	12; 16-19; 22-23; 31-33; 58	830	487
Textil- und Bekleidungsbranche	13-15	145	36
Chemie- und Pharmabranche	20-21	444	197
Metallindustrie	24-25	691	491
Maschinen- und Anlagenbau	28	495	299
Elektronik und IuK-Hardware	26-27	643	215
Automobil	29	614	360
Sonstiger Fahrzeugbau	30	107	55
Recycling	38	88	30
Energie- und Wasserversorgung	35-36	270	119
Baugewerbe	41-43	841	467
Kraftfahrzeughandel und sonstige Serviceleistungen	45	157	124
Großhandel	46	197	267
Einzelhandel	47	1258	488
Hotel und Gastronomie	55-56	314	138
Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen	49	314	137
Schifffahrt	50	11	8
Luftfahrt	51	41	26
Sonstige Tätigkeiten für Verkehr und Verkehrsvermittlung	52; 79	270	168
Nachrichtenübermittlung	53; 61	344	164
Finanzbranche	64-66	806	398
Immobilienbranche	68	114	50
IT-Dienstleistungen	62-63	341	175
Forschung und Entwicklung	72	100	67
Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	69-71; 73-74; 77-78; 80-82	1060	493
Öffentliche Verwaltung	84	1400	893
Erziehung und Unterricht	85	1415	961
Pflege und Versorgung*	86-88	923	1113**
Gesundheits- und Sozialwesen (ohne Pflege und Versorgung)	75; 86-88	1719	362**
Sonstige öffentliche und persönliche Dienstleistungen	37; 39; 95-96	157	89
Kultur, Sport und Unterhaltung	59-60; 90-93	317	88

*Anmerkungen: * Die Branche „Pflege und Versorgung" umfasst nur Beschäftigte in den Berufen „Gesundheits- und Krankenpflege, Rettungsdienst und Geburtshilfe" (KldB2010: 813) und „Altenpflege" (KldB2010: 821). Der wertschöpfende Kern in der Branchendefinition für die BIBB/BAuA-ETB 2012 schließt Beschäftigte in Berufen der Gastronomie (Kldb2010: 292, 293, 623, 632, 633), Objektpflege (KldB2010: 541, 832) und Objektsicherheit (KldB2010: 341, 531, 532) aus. Die Ausschlussregel gilt nicht für Beschäftigte in der Gastronomie für die Branchen „Ernährungsgewerbe", „Einzelhandel und Hotel" und „Gastronomie" und Beschäftigte in der Objektpflege für die Branche „Recycling". Für einen Vergleich der BIBB/BAuA-ETB 2006 und 2012 wurden die Branchen näherungsweise über den WZ2003 und KldB1992 definiert. Die Branchendefinition für den DGB-Index Gute Arbeit erfolgt ausschließlich auf Grundlage des WZ2008.*

*** Die Branche „Pflege und Versorgung" ist im DGB-Index Gute Arbeit näherungsweise über Beschäftigte ohne akademischen Abschluss in den aufgelisteten Wirtschaftszweigen definiert. Die Branche „Gesundheits- und Sozialwesen (ohne Pflege und Versorgung)" ist im DGB-Index Gute Arbeit näherungsweise über Beschäftigte mit akademischem Abschluss in den aufgelisteten Wirtschaftszweigen definiert.*

Tabelle 5: Indikatorenauswahl und -gewichtung für Branchentypisierung

Index	BIBB/BAuA-Indikatoren	Wirkungs-richtung	Gewicht
Handlungsspielraum	Häufigkeit eigenständig schwierige Entscheidungen zu treffen	+	0,21
	Häufigkeit, dass Arbeitsdurchführung bis in alle Einzelheiten vorgeschrieben	-	-0,31
	Häufigkeit, dass sich derselbe Arbeitsgang bis in alle Einzelheiten wiederholt	-	-0,29
	Häufigkeit eigene Arbeit selbst planen und einteilen	+	0,29
Wissens-/ Lernintensität	Häufigkeit Wissenslücken schließen	+	0,13
	Häufigkeit in neue Aufgaben hineindenken und einarbeiten	+	0,19
	Häufigkeit bisherige Verfahren verbessern und etwas Neues probieren	+	0,22
	Organisieren, Planen und Vorbereiten von fremden Arbeitsabläufen	+	0,19
	Entwickeln, Forschen, Konstruieren	+	0,23
	Ausbilden, Lehren, Unterrichten, Erziehen	+	0,18
	Informationen sammeln, recherchieren, dokumentieren	+	0,16

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 6: Typen der Lernförderlichkeit

Indikatorenausprägung nach Typ der Lernförderlichkeit:

Indikator	Hoch	Mittel	Niedrig
Planung von Weiterbildungsmaßnahmen			
Zufriedenheit mit Weiterbildungsmaßnahmen			
Problemlösen			
Entscheidungsfreiheit			
Wissensaneignung			
Lernpotenzial			
Verbesserungspotenzial			
Methodenautonomie			
Repetitionsrate			
Soziale Unterstützung (Kollegen)			
Soziale Unterstützung (Vorgesetze)			
Beobachtungen	9.050	3.683	2.637
Anteil	59%	24%	17%

Charakterisierung von Lernförderlichkeitstypen:

Niedrig: ständige Wiederholung von Arbeitsgängen; vorgeschriebene Strukturen; soziale Unterstützung

Mittel: eigenständiges Handeln; monotone, repetitive Arbeitsvorgänge

Hoch: hohes Maß an eigenständigen Entscheidungs- und Lernmöglichkeiten; selbstständiges Problemlösen; stetige Wissensaneignung; Einarbeiten in neue Tätigkeitsfelder; autonomen Arbeitsumgebung, selbstverantwortliches Handeln; soziale Unterstützung

Anmerkungen: Innerhalb der Heatmap tragen rote Bereiche in besonderem Maß zur Definition eines Lernförderlichkeitstyps bei. Blaue/weiße Bereiche dokumentieren eine vergleichsweise schwache Ausprägung.
Quelle: Eigene Berechnung. BIBB/BAuA-ETB 2012.

Tabelle 7: Einflussfaktoren auf psychische Belastung

Einflussbereich	Einflussfaktor
Arbeitsaufgabe:	Belastende interaktive Arbeit, z. B. im Kundenkontakt
	Tätigkeitsspielraum, Handlungs- und Entscheidungsspielraum, Aufgabenvariabilität
	Überforderung , Aufgaben nicht gewachsen fühlen
	Störungen, Unterbrechungen
	Arbeitsintensität, Stress
Arbeitszeit:	Erreichbarkeit außerhalb der regulären Arbeitszeit
	Einfluss auf Pausengestaltung
	Work-Life-Balance
	Keine Normalarbeitszeit, z. B. lange oder unregelmäßige Arbeitszeiten, Schichtarbeit, Wochenendarbeit
Führung und Organisation:	Unterstützung durch Kollegen und Vorgesetzte
	Mitarbeiterführung
	Möglichkeiten der Mitbestimmung im Betrieb
	Arbeitsplatzsicherheit
	Wertschätzung und Würdigung der Arbeit
Technische Faktoren:	Einfluss auf Technikeinsatz
	Technische Ausstattung
	Arbeitsumfeld (Lärm, Beleuchtung, Klima)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Rothe et al. (2017).

Literaturverzeichnis

Abel, J. (2018). *Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt* (Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW), Hrsg.). Düsseldorf. Verfügbar unter http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/FGW-Studie-I40-09-Abel-komplett-web.pdf

Apt, W., Bovenschulte, M., Hartmann, E. A. & Wischmann, S. (2016). *Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“* (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Hrsg.) (Forschungsbericht Nr. 463). Berlin: Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (iit). Verfügbar unter https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/f463-digitale-arbeitswelt.pdf;jsessionid=EE11A6F676739649F19F82044A883221?__blob=publicationFile&v=2

Arbeitgeberverband Nordostchemie e. V. & Verband der Chemischen Industrie e. V., Landesverband Nordost (Hrsg.). (2015). *Chancen nutzen, 4.0 denken. Jahresbericht 2015.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.nordostchemie.de/fileadmin/Jahresberichte/Nordostchemie_Jahresbericht_2015_Druckversion_Web.pdf

BASF (Hrsg.). (2016). *Arbeiten bei BASF. Konzernlagebericht.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://bericht.basf.com/2016/de/serviceseiten/downloads/files/arbeiten_bei_basf_basf_gb16.pdf

BASF (Hrsg.). (2017). *BASF in Deutschland.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.basf.com/global/de/careers/why-join-basf/basf-in-germany.html

Bayer (Hrsg.). (2017). *Namen, Zahlen, Fakten zu Bayer. Profil und Organisation.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.bayer.de/de/profil-und-organisation.aspx

Beckmann, K. (2016). Der Mensch steht weiterhin im Mittelpunkt. In M. Suckale (Hrsg.), *Chemie Digital - Arbeitswelt 4.0* (1. Aufl., S. 41–52). Frankfurter Allgemeine Buch.

Beckmann, K. (2017). *Digitalization: Vocational and advanced training is key.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.thefuturetransformation.net/work_4_0/digitalization-vocational-and-advanced-training-is-key/

Beckmann, K. (2018a). *Die Fabrik wird smart.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.linkedin.com/pulse/die-fabrik-wird-smart-kai-beckmann/

Beckmann, K. (2018b). *Tarifpartnerschaft: Gemeinsam auf dem Weg zur Arbeit 4.0.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.linkedin.com/pulse/tarifpartnerschaft-gemeinsam-auf-dem-weg-zur-arbeit-40-kai-beck-mann/?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_profile_view_base_post_details%3BZV0bf%2FrcT%2BKOWqvg1JvZeQ%3D%3D

BERUFENET. (2019a). *BERUFENET Steckbrief: Chemielaborant/in.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/13809.pdf

BERUFENET. (2019b). *BERUFENET Steckbrief: Chemikant/in.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/1143.pdf

BERUFENET. (2019c). *BERUFENET Steckbrief: Elektroniker/in für Automatisierungstechnik.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/15630.pdf

Bioökonomierat (Hrsg.). (2015). *Die deutsche Chemieindustrie – Wettbewerbsfähigkeit und Bioökonomie.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/BOERMEMO_Chemie_final.pdf

Boehringer Ingelheim (Hrsg.). (2017). *Zahlen und Fakten 2017. Zahlen und Fakten 2017.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.boehringer-ingelheim.de/unternehmensprofil/unser-unternehmen/zahlen-und-fakten

Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.). (2017). *Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) - Deutschland, West/Ost und Länder (Zeitreihe Quartalszahlen) - Dezember 2017.* Zugriff am 28.02.2019.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). (2014). *Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung. Erfahrungen und Empfehlungen*. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. (Hrsg.). (2015). *Stellungnahme zum Grünbuch Arbeiten 4.0 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS).* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.arbeitenviernull.de/fileadmin/Futurale/Statements/PDFs/BAVC.pdf

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. (Hrsg.). (2018a). *Baukasten "Flexibilität in der Produktion". Toolbox Arbeiten 4.0*.

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. (Hrsg.). (2018b). *Chemie-Tarifabschluss 2018. Roadmap Arbeit 4.0.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://bavc.de/bavc/web/web.nsf/id/li_ib_11_2018_fa4.html

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. (Hrsg.). (2018c). *Navigator „Mobiles Arbeiten“. Toolbox Arbeiten 4.0*.

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. (Hrsg.). (2018d). *Navigator in die Welt des digital unterstützten Lernens. Toolbox Arbeiten 4.0*.

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. (Hrsg.). (2018e). *Szenario zum Arbeitsplatz der Zukunft für das Berufsbild Chemikant. Toolbox Arbeiten 4.0*.

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. (Hrsg.). (2018f). *Vom Elfenbeinturm in die betriebliche Praxis* (BAVC Impuls 05/2018).

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. (Hrsg.). (2018g). *Weiterbildungsmodul für Chemikanten. Toolbox Arbeiten 4.0*.

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V., Deutsche Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie e.V., Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie e.V., Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V., Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie et al. (Hrsg.). (2016). *Positionspapier der Chemieorganisationen aus Wissenschaft und Wirtschaft.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Positionspapier+Bildung_+Forschung+und+Innoavtionen+Chemieorganisationen___-p-20002130.pdf

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. & Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (Hrsg.). (2018). *WORK@INDUSTRY 4.0: Dialog der Chemie-Sozialpartner zur Arbeit der Zukunft. Gemeinsamer Bericht über den Dialogprozess WORK@INDUSTRY 4.0 der Chemie-Sozialpartner.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://work-industry40.de/fileadmin/docs/WAI_gemeinsamer_Bericht_ueber_den_Dialogprozess_WORK%40INDUSTRY_4.0_November_2018.pdf

Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. & Verband der Chemischen Industrie e. V. (Hrsg.). (2018). *Digitale Bildung – Positionen und Forderungen der chemischen Industrie.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.bavc.de/bavc/mediendb.nsf/gfx/16DD976F516299D4C1258233003009A2/$file/Positionspapier%20BAVC%20VCI_Digitale%20Bildung.pdf

Bundesgesetzblatt (Hrsg.). (2018a). *Erste Verordnung zur Änderung der Verordnung über die Berufsausbildung zum Chemikanten/zur Chemikantin.* Bundesgesetzblatt: Jahrgang 2018 Teil I Nr. 11. Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl118s0382.pdf

Bundesgesetzblatt. (2018b). *Zweite Verordnung zur Änderung der Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Elektroberufen.* Bundesgesetzblatt: Jahrgang 2018 Teil I Nr. 20. Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.gesamtmetall.de/sites/default/files/downloads/aenderungsverordnung_elektroberufe_druckversion.pdf

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). (2018). *Berufsbildungsbericht 2018*. Verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub/Berufsbildungsbericht_2018.pdf

Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.). (2006). *Leitfaden der Guten Herstellungspraxis. Teil I.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/Statistiken/GKV/Bekanntmachungen/GMP-Leitfaden/GMP-Leitfaden-1.pdf

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). (2015). *Branchendialog mit der chemischen Industrie. Gemeinsame Vereinbarung*. Berlin. Zugriff am 19.02.2019. Verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/massnahmenpaket-branchendialog-chemische-industrie.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). (2018a). *Altmaier gibt Startschuss für Dialogplattform „Industrielle Bioökonomie“.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2018/20181011-altmaier-gibt-startschuss-fuer-dialogplattform-industrielle-biooekonomie.html

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018b, 8. Juni). *Ausbildung und Industrie 4.0: Zupacken statt zu warten in der Metall- und Elektroindustrie.* Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2018/20180608-ausbildung-industrie-4-0-zupacken-statt-zuwarten-in-der-metall-und-elektroindustrie.html

Chemieproduktion-online.de (Hrsg.). (2017). *Chemiebranche steht 2017 vor M&A Rekordjahr.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.chemieproduktion-online.de/branchennews/chemiebranche-steht-2017-vor-ma-rekordjahr?nopaging=1

Cleff, T. (2015). *Deskriptive Statistik und Explorative Datenanalyse* (3. Aufl.). Wiesbaden: Springer Gabler.

Commerzbank AG (Hrsg.). (2017). *UnternehmerPerspektiven 2017. Next Generation: Neues Denken für die Wirtschaft. Ergebnisse für die chemische und pharmazeutische Industrie.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.presseportal.de/download/document/418958-up17-chemie-pharma.pdf

Commerzbank AG (Hrsg.). (2018). *Pharma / Medizintechnik in Deutschland. Branchenreport*. Frankfurt am Main.

CompensationPartner GmbH (Hrsg.). (2016). *Branchenindex 2016.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.compensation-partner.de/images/content/trends/Branchenindex-2016-compensation-partner.pdf

Concept Heidelberg GmbH (Hrsg.). (2014). *GMP: welche SOPs werden gefordert?* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.gmp-navigator.com/gmp-news/gmp-welche-sops-werden-gefordert

D.velop (Hrsg.). (2017). *Branchenstudie Digitalisierungsstatus 2017. Chemie/Pharma*.

Dehnbostel, P. (2008). Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung. In Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (Hrsg.), *Lernen im Prozess der Arbeit* (Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP), 2/2008, S. 5–8).

Deloitte. (2017). *Chemie 4.0. Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch* (Deloitte, Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/vci-deloitte-studie-chemie-4-punkt-0-langfassung.pdf

Dengler, K., Matthes, B. & Paulus, W. (2014). Berufliche Tasks auf dem deutschen Arbeitsmarkt. Eine alternative Messung auf Basis einer Expertendatenbank. *FDZ-Methodenreport* (12/2014).

Deutscher Handwerkskammertag & Deutscher Industrie- und Handelskammertag (Hrsg.). (2018). *Talente sichtbar machen: Validierung als neuer Weg in der Berufsbildung. Ergebnisse und Handlungsempfehlungen des Verbundprojekts »Abschlussbezogene Validierung non-formal und informell erworbener Kompetenzen« von Industrie- und Handelskammern sowie Handwerkskammer*. Verfügbar unter https://www.validierungsverfahren.de/index.php?eID=tx_securedownloads&u=0&g=0&t=1547131971&hash=0542c94d0bae8f9d5d0099b23579e246f8572a31&file=/fileadmin/user_upload/valikom/download/valikom-abschlussbericht_10-2018_download.pdf

Deutscher Industrie- und Handelskammertag (Hrsg.). (2018). *Statistik Ausbildung 2017.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.dihk.de/ressourcen/downloads/statistik-ausbildung-17/at_download/file?mdate=1520433148205

Diel, A. & Kirchhoff, J. (2018). *Gibt es einen Fachkräfteengpass in der deutschen Pharmaindustrie?* IW-Trends: Nr. 3. Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/IW-Trends/PDF/2018/IW-Trends_2018-03-06_Fachkr%C3%A4fteenegpass_Pharmaindustrie.pdf

Eichhorst, W. & Tobsch, V. (2014). *Flexible Arbeitswelten. Bericht an die Expertenkommission „Arbeits- und Lebensperspektiven in Deutschland“* (Bertelsmann Stiftung, Hrsg.) (IZA Research Report Nr. 59). Gütersloh: Institut zur Zukunft der Arbeit (IZA).

Euroforum (Hrsg.). (2017). *Umfrage: Digitalisierung bleibt die größte Herausforderung für die Chemie-Branche.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://veranstaltungen.handelsblatt.com/chemie/news/umfrage-digitalisierung-groesste-herausforderung-fuer-chemie-branche/

Europäisches Zentrum für die Förderung der Berufsbildung. (2011). *Qualität in der allgemeinen und beruflichen Bildung. Glossar.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter http://www.cedefop.europa.eu/files/4106_en.pdf

Festerling, A. & Baumann, D. (2018, 15. Dezember). Wir brauchen virtuelle Kaffeeküchen. Kai Beckmann, Präsident des Arbeitgeberverbandes Chemie, über flexible Arbeitszeitmodelle und Big Data in der Krebsforschung. *Frankfurter Rundschau (FR),* 292, S. 16–17.

Fröndhoff, B. & Hofmann, S. (2018, 29. November). Bayer plant Abbau von weltweit rund 12.000 Stellen. *Handelsblatt.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/pharmakonzern-bayer-plant-abbau-von-weltweit-rund-12-000-stellen/23698054.html?ticket=ST-152461-DJ9KDhNrJeiBaorSubdi-ap4

Fuchs, T. (2006). *Was ist gute Arbeit? Anforderungen aus der Sicht von Erwerbstätigen* (2. Aufl.) (Geschäftsstelle der Initiative Neue Qualität der Arbeit, Hrsg.) (INQA-Bericht Nr. 19). Verfügbar unter http://www.inqa.de/SharedDocs/PDFs/DE/Publikationen/inqa-19-was-ist-gute-arbeit.pdf?__blob=publicationFile

Gehrke, B. & Rammer, C. (2017). *Innovationsindikatoren Chemie 2017* (Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/InnoIndi-Chemie2017.pdf

Gehrke, B. & Rammer, C. (2018). *Innovationsindikatoren Chemie 2018* (Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Hrsg.). Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW); Center für Wirtschaftspolitische Studien (CWS). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter

https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/zew-cws-vci-studie-innovationsindikatoren-chemie-2018.pdf

Gehrke, B. & von Haaren, F. (2014). Die Chemische Industrie. In Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) (Hrsg.), *Die Chemische Industrie. Eine Branchenanalyse* (S. 7–70).

Gehrke, B. & Weilage, I. (2018). *Branchenanalyse Chemieindustrie. Der Chemiestandort Deutschland im Spannungsfeld globaler Verschiebungen von Nachfragestrukturen und Wertschöpfungsketten* (Hans-Böckler-Stiftung, Hrsg.) (Study Nr. 395). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.cws.uni-hannover.de/fileadmin/cws/publikationen/p_study_hbs_395.pdf

Gensicke, M., Tschersich, N. & Hartmann, J. (2012). *BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2011/2012. Strukturkontrolle, Steuerung und Gewichtung der Stichprobe*. Verfügbar unter https://www.bibb.de/dokumente/pdf/a22_etb12_methodenberichte_04Gewichtungsbericht_Los__1.pdf

Hämmerle, M., Rally, P. & Scholtz, O. (2017). *Digitalisierung und Arbeitswelt in Chemie und Pharma Baden-Württemberg. Studie zu Ist-Stand und Erwartungen* (Bauer, W., Hrsg.). Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.i40-bw.de/wp-content/uploads/Digitalisierung-und-Arbeitswelt-in-Chemie-und-Pharma.pdf

Hartmann, E. A., Engelhardt, S. von, Hering, M., Wangler, L. & Birner, N. (2014). *Der iit-Innovationsfähigkeitsindikator. Ein neuer Blick auf die Voraussetzungen von Innovationen* (Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (iit), Hrsg.) (iit perspektive Nr. 16). Verfügbar unter https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/der-iit-innovationsfaehigkeitsindikator

Hartmann, E. A. & Wischmann, S. (2018). Technologie, Organisation, Qualifikation. In S. Wischmann & E. A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung* (S. 233–246). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Hays (Hrsg.). (2016). *Pharma im digitalen Wandel. Neue Themen, Kompetenzen und Strukturen.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.ddim.de/wp-content/uploads/2016/10/Hays-Studie_-_Pharma_im_Digitalen_Wandel.pdf

Hirsch-Kreinsen, H. (2014). *Welche Auswirkungen hat "Industrie 4.0" auf die Arbeitswelt?* (WISO direkt. Friedrich-Ebert-Stiftung, Hrsg.). Verfügbar unter http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11081.pdf

Holler, M. (2013). *Methodenbericht zur Weiterentwicklung des DGB-Index Gute Arbeit in der Erhebungsperiode 2011/2012* (INIFES, Internationales Institut für Empirische Sozialökonomie, gGmbH, Hrsg.). Verfügbar unter http://index-gute-arbeit.dgb.de/veroeffentlichungen/zur-praxis/++co++78aa5846-3690-11e4-b7f7-52540023ef1a

Holler, M. (2017). *Verbreitung, Folgen und Gestaltungsaspekte der Digitalisierung in der Arbeitswelt. Auswertungsbericht auf Basis des DGB-Index Gute Arbeit 2016* (Institut DGB-Index Gute Arbeit, Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter http://index-gute-arbeit.dgb.de/++co++1c40dfc8-b953-11e7-8dd1-52540088cada

Huber, G., Dachtler, M. & Edinger, D. (2017). Digitalisierung in der Pharmaindustrie. In M. A. Pfannstiel, P. Da-Cruz & H. Mehlich (Hrsg.), *Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen II. Impulse für das Management* (S. 241–255). Wiesbaden: Springer Gabler.

Hüther, M. & Stettes, O. (2016). Digitale Arbeitswelt - Merkmal und Implikationen für die chemische Industrie. In M. Suckale (Hrsg.), *Chemie Digital - Arbeitswelt 4.0* (1. Aufl., S. 142–153). Frankfurter Allgemeine Buch.

Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (Hrsg.). (2014). *Die Chemische Industrie. Eine Branchenanalyse*.

Ittermann, P., Niehaus, J. & Hirsch-Kreinsen, H. (2015). *Arbeiten in der Industrie 4.0. Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder* (Hans-Böckler-Stiftung, Hrsg.). Düsseldorf.

Janssen, S., Leber, U., Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. (2018). *Mit Investitionen in die Digitalisierung steigt auch die Weiterbildung* (IAB-Kurzbericht 26/2018). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter http://doku.iab.de/kurzber/2018/kb2618.pdf

Kädtler, J. & Neumann, U. (2012). *Industrielle Fachkräfte unter Druck? Das Beispiel der Laborantinnen und Laboranten in der Chemie- und Pharmaindustrie* (Hans-Böckler-Stiftung, Hrsg.) (Arbeitspapier 257). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.boeckler.de/pdf/p_arbp_257.pdf

Kantar TNS Business Intelligence & Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH. (2018a). *Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018* (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Hrsg.). Zugriff am 07.09.2018. Verfügbar unter https://www.tns-infratest.com/wissensforum/studien/pdf/bmwi/mrwd-2018-lang.pdf

Kantar TNS Business Intelligence & Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH. (2018b). *Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018. Chemie und Pharma* (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.tns-infratest.com/wissensforum/studien/pdf/bmwi/digitalisierungsprofile/2018/mrwd-2018-chemie-pharma.pdf

Keller, W. (2018). *Berufe 4.0 – Wie Chemiker und Ingenieure in der digitalen Chemie arbeiten* (Vereinigung für Chemie und Wirtschaft (VCW) der GDCh, Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter http://www.wolfram-keller.de/wp-content/uploads/2018/10/20180930-Die-Ergebnisse-der-VCW-Initiative-Berufe-4.0-Whitepaper.pdf

Kind, S., Hartmann, E. A. & Bovenschulte, M. (2011). *Die Visual-Roadmapping-Methode für die Trendanalyse, das Roadmapping und die Visualisierung von Expertenwissen. Ein Instrument des iit – Institut für Innovation und Technik für den Einsatz in Politik und Wirtschaft zum Management von Innovation und Technologie* (Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (iit), Hrsg.) (iit perspektive Nr. 4). Verfügbar unter https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/iit-perspektive-4

Lorenz, E. & Valeyre, A. (2005). Organisational Innovation, Human Resource Management and Labour Market Structure. A Comparison of the EU-15. *Journal of Industrial Relations, 47* (4), 424–442.

Malanowski, N. & Awenius, M. (2017). Digitalisierung in der Pharmazeutischen Industrie: Großunternehmen sind vorne mit dabei. In *Digitalisierung und Industrie 4.0. Technik allein reicht nicht* (S. 163–184).

Malanowski, N. & Brandt, J. C. (2014). *Innovations- und Effizienzsprünge in der chemischen Industrie? Wirkungen und Herausforderungen von Industrie 4.0 und Co.* (VDI Technologiezentrum GmbH (VDI TZ), Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.boeckler.de/pdf/p_fofoe_innovations_und_effizienzspruenge_chem_indust.pdf

Malanowski, N., Niehaus, J. & Awenius, M. (2017). Digitalisierung in der Chemischen Industrie. In *Digitalisierung und Industrie 4.0. Technik allein reicht nicht* (S. 139–162).

Meissner, S. (2003). *Markenbewertung bei Mergers & Acquisitions: Analyse und Konzeption am Beispiel der Pharmaindustrie* (1. Aufl.): Springer.

Niggemann, B. & Schnettler, R. (Process, Hrsg.). (2018). *Aus Schaden wird man klug: Wie funktioniert GMP in der Pharma-Praxis? GMP – Good Manufacturing Practices in der Übersicht*. Verfügbar unter https://www.process.vogel.de/aus-schaden-wird-man-klug-wie-funktioniert-gmp-in-der-pharma-praxis-a-317883/

Organisation for Economic Co-operation and Development (Hrsg.). (2019). *Getting Skills Right: Future-Ready Adult Learning Systems*. Verfügbar unter https://www.oecd-ilibrary.org/getting-skills-right-future-ready-adult-learning-

systems_5j3x6spv6lbt.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F9789264311756-en&mimeType=pdf

Paul, H. & Wollny, V. (2014). *Instrumente des strategischen Managements. Grundlagen und Anwendungen* (2., aktualisierte und erw. Aufl.). München: De Gruyter Oldenbourg.

Paulus, W. & Matthes, B. (2013). *Klassifikation der Berufe. Struktur, Codierung und Umsteigeschlüssel* (FDZ-Methodenreport 08/2013). Verfügbar unter http://doku.iab.de/fdz/reporte/2013/MR_08-13.pdf

Pfeiffer, S. & Suphan, A. (2015). *Der Mensch kann Industrie 4.0*. Kurzfassung zum Working Paper: "Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0". Universität Hohenheim. Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015_Mensch_kann_Industrie40.pdf

Pötter, T., Folmer, J. & Vogel-Heuser, B. (2014). Enabling Industrie 4.0 – Chancen und Nutzen für die Prozessindustrie. In T. Bauernhansl, M. ten Hompel & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (S. 159–171). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8_8

Prognos AG. (2013). *Die deutsche chemische Industrie 2030. VCI-Prognos-Studie* (Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/langfassung-prognos-studie-30-01-2013.pdf

Rammer, C., Doherr, T., Krieger, B. & Schubert, T. (2018). *Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2017* (Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW), Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/17/mip_2017.pdf

Reckter, B. (2018, 21. September). Die neue Welt der Prozesstechnik. *VDI Nachrichten,* 38, S. 8.

Risius, P. & Werner, D. (2018). *Fachkräftecheck Chemie. Verfügbarkeit von Fachkräften in ausgewählten Berufen am deutschen Arbeitsmarkt am Beispiel der chemischen Industrie* (Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V., Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2018/Fachkraeftecheck_Chemie_KOFA.pdf

Rohrbach-Schmidt, D. (2009). *The BIBB/IAB- and BIBB/BAuA-Surveys of the Working Population on Qualification and Working Conditions in Germany* (BIBB-FDZ Daten- und Methodenberichte 1/2009). Verfügbar unter https://metadaten.bibb.de/download/703

Rohrbach-Schmidt, D. & Hall, A. (2013). *BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012* (BIBB-FDZ Daten- und Methodenberichte Nr. 1 / 2013). Verfügbar unter https://metadaten.bibb.de/download/1874

Roth, I. (2017). *Digitalisierung und Arbeitsqualität. Eine Sonderauswertung auf Basis des DGB-Index Gute Arbeit 2016 für den Dienstleistungssektor* (ver.di-Bereich Innovation und Gute Arbeit, Hrsg.). Berlin: ver.di – Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft. Verfügbar unter http://innovation-gute-arbeit.verdi.de/++file++592fd69d086c2653a7bb5b05/download/digitalverdi_web.cleaned.pdf

Rothe, I., Adolph, L., Beermann, B., Schütte, M., Windel, A., Grewer, A. et al. (2017). *Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt. Wissenschaftliche Standortbestimmung* (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Hrsg.). Verfügbar unter https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/Psychische-Gesundheit.pdf?__blob=publicationFile

RoXtra (Hrsg.). (2017). *Was ist eine SOP?* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.rossmanith.com/qm-blog/was-ist-eine-sop/

Schäfer, E. (2009). *Warum lernförderliche Arbeitsgestaltung?* (Hans-Böckler-Stiftung, Hrsg.). Verfügbar unter https://www.boeckler.de/pdf/mbf_nmp_lernfoerd_arbeit_einfuehrung.pdf

Scheuermann, A. (2015). Industrie 4.0 in der Prozessindustrie. *CHEMIE TECHNIK* (Oktober 2015). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.chemietechnik.de/industrie-4-0-in-der-prozessindustrie/

Schleiermacher, T. & Stettes, O. (2017). *Digitaler Wandel in der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Eine Befragung der Mitgliedsunternehmen von HessenChemie* (Arbeitgeberverband Chemie und verwandte Industrien für das Land Hessen e.V. (HessenChemie), Hrsg.). Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW); IW Consult. Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/366818/Gutachten_Digitaler_Wandel_HessenChemie.pdf

Schubert, T. & Rammer, C. (2018). Pharmaindustrie. *Innovationen Branchenreport, 25* (10).

Seyda, S. & Placke, B. (2017). *Die neunte IW-Weiterbildungserhebung. Kosten und Nutzen betrieblicher Weiterbildung* (Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW), Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/369145/IW-Trends_2017-04_Seyda_Placke.pdf

Seyda, S., Zibrowius, M. & Placke, B. (2017). *Weiterbildung in der Chemie-Branche. Sonderauswertung der IW-Weiterbildungserhebung 2017* (Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW), Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.bavc.de/bavc/mediendb.nsf/gfx/082CCE67F0AB6AFBC125821A00393E6C/$file/IW-Weiterbildungserhebung%20Sonderauswertung%20Chemie.pdf

Stark, A. (2018). *Digitale Technologien fördern wertorientierte Versorgung durch die Pharmaindustrie,* Vogel Communications Group. PharmaTEC. Zugriff am 01.03.2019. Verfügbar unter https://www.process.vogel.de/digitale-technologien-foerdern-wertorientierte-versorgung-durch-die-pharmaindustrie-a-786751/

Stark, A. (2019). *Fusionen und Übernahmen. Tech-Giganten dringen in Life Sciences vor,* Vogel Communications Group. PROCESS. Zugriff am 01.03.2019. Verfügbar unter https://www.process.vogel.de/tech-giganten-dringen-in-life-sciences-vor-a-788630/

Statista GmbH (Hrsg.). (2018a). *Anzahl der betrieblich Beschäftigten in der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie in den Jahren 1991 bis 2017.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36287/umfrage/anzahl-der-beschaeftigten-in-der-chemieindustrie-seit-1991/

Statista GmbH (Hrsg.). (2018b). *In- und Auslandsumsatz der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie in den Jahren 2000 bis 2017 (in Millionen Euro).* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/203381/umfrage/in-und-auslandsumsatz-der-deutschen-chemisch-pharmazeutischen-industrie/

Statistisches Bundesamt. (2017a). *Berufliche Weiterbildung in Unternehmen. Fünfte Europäische Erhebung über die berufliche Weiterbildung in Unternehmen (CVTS5)* (Statistisches Bundesamt (Destatis), Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.vditz.de/fileadmin/media/publications/pdf/Band_75.pdf

Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2017b). *Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Beschäftigtengrößenklassen, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-4-Steller Hierarchie). Tabelle: 42271-0006*. Verfügbar unter https://www-genesis.destatis.de

Statistisches Bundesamt. (2017c). *Produzierendes Gewerbe und Dienstleistungen im Überblick* (Statistisches Jahrbuch). Statistisches Bundesamt (Destatis). Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/ProdGewerbeDienstleistungen.pdf?__blob=publicationFile

Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2018). *Bildung und Kultur: Studierende an Hochschulen. Wintersemester 2017/2018* (Fachserie 11 Reihe 4.1). Zugriff am 27.03.2019. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-

Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/studierende-hochschulen-endg-2110410187004.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Tiemann, M. (2009). *Wissensintensive Berufe. Empirische Forschungsarbeit* (Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Hrsg.) (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Berufsbildung Heft 114). Bonn. Verfügbar unter https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/en/publication/download/6176

Tillmann, U. (2016). Die Digitalisierung der chemisch-pharmazeutischen Industrie: Herausforderung und Chance. In M. Suckale (Hrsg.), *Chemie Digital - Arbeitswelt 4.0* (1. Aufl., S. 176–188). Frankfurter Allgemeine Buch.

U.S. Food and Drug Administration (Hrsg.). (2018). *Current Good Manufacturing Practice (CGMP) Regulations.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.fda.gov/drugs/developmentapprovalprocess/manufacturing/ucm090016.htm

Vassiliadis, M. (2016). Industrie- und Arbeitsbeziehungen im digitalen Wandel. In M. Suckale (Hrsg.), *Chemie Digital - Arbeitswelt 4.0* (1. Aufl., S. 29–40). Frankfurter Allgemeine Buch.

VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (Hrsg.). (2017). *Bedeutung der digitalen Transformation für die chemische Industrie. Ergebnisse der 2. GVC-Mitgliederumfrage* (VDI-Statusreport). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://m.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gvc_dateien/ab2017_gvc_dateien/GVC-Publikation_Digitalisierung_in_der_chemischen_Industrie_WEB.PDF

Verband der Chemischen Industrie e. V. (2018a). *Chemiewirtschaft in Zahlen 2018* (Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/chemiewirtschaft-in-zahlen-print.pdf

Verband der Chemischen Industrie e. V. (Hrsg.). (2018b). *Chemische Industrie 2018. Auf einen Blick.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/chemische-industrie-auf-einen-blick.pdf

Verband der Chemischen Industrie e. V. (Hrsg.). (2018c). *Jahrespressekonferenz des VCI.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.vci.de/vci/downloads-vci/media-weitere-downloads/2018-12-04-grafiken-vci-jahrespressekonferenz.pdf

Verband der Chemischen Industrie e. V. (Hrsg.). (2018d, 8. Oktober). *Anschubfinanzierung für Einführung digitaler Methoden im Chemiestudium.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.vci.de/presse/pressemitteilungen/anschubfinanzierung-fuer-einfuehrung-digitaler-methoden-im-chemiestudium-fonds-der-chemischen-industrie-unterstuetzt-sechs-hochschulen.jsp

Verband der Chemischen Industrie e. V. & Prognos AG (Hrsg.). (2017). *Die deutsche chemische Industrie 2030. VCI-Prognos-Studie – Update 2015/2016.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.prognos.com/uploads/tx_atwpubdb/20170713_vci-prognos-studie-die-deutsche-chemische-industrie-2030-update-2015-2016.pdf

Vollmers, F. (2017). *Megatrends in der Chemieindustrie: Jobs für Naturwissenschaftler.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.audimax.de/naturwissenschaften/branchen/chemie/megatrends-in-der-chemieindustrie-jobs-fuer-naturwissenschaftler

Vorgrimler, D. & Wübben, D. (2003). *Die Delphi-Methode und ihre Eignung als Prognoseinstrument* (Statistisches Bundesamt (Destatis), Hrsg.) (Wirtschaft und Statistik 8/2003).

Wiechert, W., Scheper, T. & Weuster-Botz, D. (2018). *Neue Schubkraft für die Biotechnologie. Miniaturisierung, Automatisierung und Digitalisierung revolutionieren die Entwicklung biotechnologischer Prozesse und Produkte* (DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Hrsg.). Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/PP_Schub_Biotechnologie_2018_A5.pdf

Winnat, C. (2018, 31. Januar). EU-Kommission entwirft einheitliche Nutzenbewertung. *ÄrzteZeitung.* Zugriff am 28.02.2019. Verfügbar unter https://www.aerztezeitung.de/politik_gesellschaft/arzneimittelpolitik/article/956589/arzneimittel-eu-kommission-entwirft-einheitliche-nutzenbewertung.html

Wolf, I. (2015). Herausforderungen und Trends. In Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) (Hrsg.), *Industrie 4.0 Arbeit 4.0 Betriebsrat 4.0* (S. 21–24).

Woppowa, L. (2018). *Verlagerungen der chemischen Industrie ins Ausland drastisch gestiegen,* VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen. Verfügbar unter https://www.vdi.de/artikel/verlagerungen-der-chemischen-industrie-ins-ausland-drastisch-gestiegen/

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH. (2017). Chemie- und Pharmaindustrie. *Innovationen Branchenreport, 24* (4).

Zühlke, D., Loch, F. & Quint, F. (2016). Wie die Digitalisierung Produktion verändert. In M. Suckale (Hrsg.), *Chemie Digital - Arbeitswelt 4.0* (1. Aufl., S. 249–265). Frankfurter Allgemeine Buch.

Diese Publikation wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales kostenlos herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Publikation dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Außerdem ist diese kostenlose Publikation - gleichgültig wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Publikation dem Empfänger zugegangen ist - nicht zum Weiterverkauf bestimmt.

Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.
Die Durchführung der Untersuchungen sowie die Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen sind von den Auftragnehmern in eigener wissenschaftliche Verantwortung vorgenommen worden. Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales übernimmt insbesondere keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Untersuchungen.

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.