SSOAR

Open Access Repository

www.ssoar.info

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

Apt, Wenke; Peters, Robert; Glock, Gina; Goluchowicz, Kerstin; Krabel, Stefan; Strach, Heike; Priesack, Kai; Bovenschulte, Marc

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:
Apt, W., Peters, R., Glock, G., Goluchowicz, K., Krabel, S., Strach, H., ... Bovenschulte, M. (2019). *QuaTOQ - Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation - Branchenbericht: Baugewerbe.* (Forschungsbericht / Bundesministerium für Arbeit und Soziales, FB522/6). Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales; Institut für Innovation und Technik -iit-. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-65444-7

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

522/6

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

– Branchenbericht: Baugewerbe –

Oktober 2019

ISSN 0174-4992

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

Gefördert durch:

Bundesministerium für Arbeit und Soziales

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Branchenbericht: Baugewerbe

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

Wenke Apt, Robert Peters, Gina Glock, Kerstin Goluchowicz, Stefan Krabel, Heike Strach, Kai Priesack, Marc Bovenschulte

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **3**

Tabellenverzeichnis **4**

1 Zusammenfassung **5**

2 Zielsetzung und Vorgehen **7**

2.1 Zielsetzung 7
2.2 Projektdesign 7
2.3 Methodische Ansätze 8
2.3.1 Branchendefinition 8
2.3.2 Empirische Analysen 9
2.3.3 Delphi-Verfahren 9
2.3.4 Fallstudien 10
2.3.5 Synthetisierte Roadmap 10

3 Branchenübersicht **12**

3.1 Branchenstruktur und -entwicklung 12
3.2 Beschäftigungsentwicklung 19

4 Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation **23**

4.1 Übersicht 23
4.2 Technologie 30
4.2.1 Technologiebezogene Branchenbeschreibung 30
4.2.2 Digitalisierungstrends und Geschäftsfelder 33
4.2.3 Anwendung digitaler Technologien 40
4.2.4 Gestaltungsoptionen 44
4.3 Organisation 46
4.3.1 Digitalisierung und Qualität der Arbeit 46
4.3.2 Flexibilisierungspotenziale in der Arbeitsorganisation 52
4.3.3 Lernförderliche Arbeitsorganisation 55
4.3.4 Gestaltungsoptionen 59
4.4 Qualifikation 61
4.4.1 Qualifikations- und Berufsstruktur sowie Beschäftigungsperspektiven 61
4.4.2 Kernkompetenzen und Berufsbilder der Zukunft 65
4.4.3 Ausrichtung der beruflichen und akademischen Erstausbildung 68
4.4.4 Berufliche Weiter- und Fortbildung 72
4.4.5 Gestaltungsoptionen 75

5 Fallstudien **77**

5.1 Digitalisierung und kooperatives Arbeiten in der Bauplanung und -ausführung 77
5.2 Textil am Bau 80

6 Szenario: Baugewerbe 2030 ..... **83**

Anhang **85**

Literaturverzeichnis **87**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: QuaTOQ-Projektdesign 7
Abbildung 2: Branchendefinition nach WZ 2008 8
Abbildung 3: Verteilung der Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftszweigen und Anteil des Baugewerbes, 2008 – 2018 12
Abbildung 4: Entwicklung des Bauvolumens in Deutschland in Mrd. Euro, 2008 – 2018 13
Abbildung 5: Betriebsstruktur im Bauhauptgewerbe 14
Abbildung 6: Umsatzanteile im Bauhauptgewerbe nach Betriebsgrößenklassen 16
Abbildung 7: Die zehn größten deutschen Bauunternehmen, 2018 16
Abbildung 8: Bruttomonatsverdienste nach ausgewählten Wirtschaftszweigen, 2019 18
Abbildung 9: Gesamtbeschäftigung und sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, 2008 – 2018 19
Abbildung 10: Zukünftige Beschäftigungsentwicklung 21
Abbildung 11: Zukünftige prekäre Beschäftigung und Schwarzarbeit/illegale Beschäftigung 21
Abbildung 12: Zukünftige Unterstützungspotenziale technologischer Assistenzsysteme für ältere Beschäftigte 22
Abbildung 13: Vorbereitung auf zukünftige Herausforderungen 24
Abbildung 14: Gründe für den Strukturwandel 25
Abbildung 15: Synthetisierte Roadmap 27
Abbildung 16: Lebenszyklus eines Bauobjektes 31
Abbildung 17: Technologieeinsatz in unterschiedlichen Phasen des Bauobjektes 33
Abbildung 18: Übersicht und Zuordnung der zuständigen Gremien für die BIM-Standardisierung 35
Abbildung 19: Verbreitung der Arbeit mit digitalen Mitteln, 2016 40
Abbildung 20: Verbreitung und Formen der Arbeit mit digitalen Mitteln, 2016 40
Abbildung 21: Zukünftiger Einsatz von Assistenzsystemen in der Bauplanung und -abnahme 41
Abbildung 22: Zukünftiger Einsatz von Assistenzsystemen in der Bauausführung 42
Abbildung 23: Zukünftiger Einsatz von Assistenzsystemen in der Instandsetzung 42
Abbildung 24: Stufen der Arbeitsqualität des DGB-Index Gute Arbeit, 2018 46
Abbildung 25: DGB-Index Gute Arbeit und Kriterien der Guten Arbeit, 2018 47
Abbildung 26: Folgen der Arbeit mit digitalen Mitteln aus Sicht der Beschäftigten, 2016 48
Abbildung 27: Gestaltung der Arbeit mit digitalen Mitteln aus Sicht der Beschäftigten, 2016 49
Abbildung 28: Zukünftige physische und psychische Belastung 50
Abbildung 29: Einfluss der Digitalisierung auf die örtliche Flexibilität aus Beschäftigtensicht, 2016 52
Abbildung 30: Inhaltliche und zeitliche Flexibilität 53
Abbildung 31: Zukünftige Flexibilisierung der Arbeitsorganisation 54
Abbildung 32: Formen des Lernens im Prozess der Arbeit 55
Abbildung 33: Branchentypen nach indexbasiertem Ansatz, 2012 56
Abbildung 34: Lernförderlichkeit des Arbeitsumfelds, 2012 57
Abbildung 35: Zukünftige Bedeutung von Lernförderlichkeit des Arbeitsumfelds 57
Abbildung 36: Zukünftiger Wandel der Handlungs- und Entscheidungsspielräume 58
Abbildung 37: Zukünftige Entwicklung der (Qualifikations-)Anforderungen 62
Abbildung 38: Brancheninterne Veränderung der Berufsstruktur, 2013 – 2018 62
Abbildung 39: Berufsuntergruppenstruktur für Hochbau, 2018 63
Abbildung 40: Zukünftige Entwicklung der Qualifikationsstruktur 63
Abbildung 41: Heutige und zukünftige Bedeutung ausgewählter Kompetenzen 65
Abbildung 42: Zukünftige Entwicklung neuer Berufsbilder 67
Abbildung 43: Zukünftige Anpassung der Inhalte in der beruflichen (Erst-)Ausbildung 68
Abbildung 44: Berufliche Ausbildungen im Wandel 69
Abbildung 45: Zukünftige Anpassung der Inhalte in der akademischen (Erst-)Ausbildung 71
Abbildung 46 Aufstiegsfortbildung in der Bauwirtschaft 72
Abbildung 47 Formen betrieblicher Weiterbildung 73
Abbildung 48: Zukünftige Bedeutung der Weiterbildung 74
Abbildung 49: Zukünftiger Anteil an Quereinsteigern und Quereinsteigerinnen 74

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Teilnehmendenübersicht der Delphi-Befragung 10
Tabelle 2: Struktur der Betriebe nach Beschäftigen, 2018 14
Tabelle 3: Struktur der Bauinvestitionen im Zeitverlauf in Mrd. Euro 15
Tabelle 4: Umsätze, Beschäftigte und Umsatz je Beschäftigten im Bauhauptgewerbe nach Bundesländern, 2018 17
Tabelle 5: Beschäftigungsentwicklung nach Wirtschaftszweigen, 2013 – 2018 20
Tabelle 6: Beschäftigungsentwicklung nach ausgewählten Berufsuntergruppen, 2013 – 2018 20
Tabelle 7: Zukünftige Gestaltungsfelder der Baubranche 39
Tabelle 8: Sozialversicherungspflichtige Beschäftigung nach Qualifikation, 2013 – 2018 61
Tabelle 9: Branchenübersicht nach WZ 2008 und Beobachtungen nach Datenbasis 85
Tabelle 10: Indikatorenauswahl und -gewichtung für Branchentypisierung 86
Tabelle 11: Typen der Lernförderlichkeit 86

Bildnachweis Titel: Adobe Stock/ Rawpixel.com

1 Zusammenfassung

Der Branchenbericht „Baugewerbe“ analysiert den strukturellen Wandel der Baubranche unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Digitalisierung auf die Anwendung von Technologien sowie Veränderungen in der Arbeitsorganisation und die branchenspezifischen Qualifikations- und Kompetenzbedarfe. Der zugrundeliegende Methodenmix ermöglicht einen Brückenschlag zwischen dem Status quo und der zukünftigen Entwicklung der Baubranche bis zum Jahr 2030. Diese Vorausschau dient als Basis für die Formulierung von Gestaltungsoptionen für Branchen- und Politikakteure.

Die **Zielsetzung und** das **Vorgehen** des Branchenberichts werden in Kapitel 2 dargelegt. Neben der Vorstellung des Forschungsdesigns des Rahmenprojektes „QuaTOQ“ folgen ein Überblick der methodischen Ansätze sowie eine Branchendefinition.

Im Rahmen von Kapitel 3 leitet eine deskriptive **Branchenübersicht** die Analyse der Baubranche ein. Charakteristisch für die **Branchenstruktur und -entwicklung** (Kapitel 3.1) ist die hohe Zahl an Kleinst- und Kleinunternehmen, die den überwiegenden Teil der Erwerbstätigen unterhält. Diese Unternehmen erwirtschaften den Großteil ihres Umsatzes mit dem Wohnungsbau. Großunternehmen sind dagegen eher in den Bereichen des öffentlichen und Wirtschaftsbaus tätig. Das Bauvolumen ist in den vergangenen zehn Jahren insgesamt stark angewachsen – auf knapp 400 Mrd. Euro im Jahr 2018. Dieser Anstieg äußert sich in einer positiven **Beschäftigungsentwicklung** (Kapitel 3.2). Insgesamt zählt die Baubranche im Jahr 2018 über 2,5 Mio. Erwerbstätige. Zwischen 2013 und 2018 nahm die Zahl der Erwerbstätigen um knapp 10 % zu. Die beschäftigungsseitig stärksten Berufsuntergruppen sind im Hochbau, in der Bauelektrik, in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik sowie im Bereich der Maler- und Lackiererarbeiten zu finden. Eine konstant hohe Nachfrage wird künftig insbesondere für Beschäftigte des Bauingenieurwesens und der Baufacharbeit prognostiziert.

Die Analyse des **Wechselspiels von Technologie, Organisation und Qualifikation** (Kapitel 4) erlaubt tiefergehende Rückschlüsse auf die Treiber des strukturellen Wandels der Baubranche und ermittelt deren Auswirkungen auf Arbeitsorganisation, Qualifikations- und Kompetenzbedarfe. Eine **Übersicht** zu zentralen Herausforderungen, Spannungsfeldern und Rahmenbedingungen liefert Kapitel 4.1. Eine synthetisierte Roadmap visualisiert mögliche Entwicklungspfade der Branche und setzt die drei Ebenen Technologie, Organisation und Qualifikation in zeitlicher Perspektive in Beziehung.

Die Ebene der **Technologie** wird im Rahmen von Kapitel 4.2 mit der Darlegung einer **technologiebezogenen Branchenbeschreibung** (Kapitel 4.2.1) und anhand eines generischen Lebenszyklus eines Bauobjektes eingeleitet. Die Beschreibung von branchenspezifischen **Digitalisierungstrends und Geschäftsfeldern** (Kapitel 4.2.2) fokussiert auf den aktuell prägenden Technologietrend BIM („Building Information Modeling“). Das BIM liefert neben der 3D-Darstellung aller Gewerke im Idealfall alle Informationen zu Materialqualitäten, dem zeitlichen Verlauf sowie zu den Kosten für die Bauausführung und Objektnutzung. Das entstehende Datenmodell dient der Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligter Akteure und erhöht die Transparenz im Bauprojekt. Die **Anwendung digitaler Technologien** (Kapitel 4.2.3) verdeutlicht, dass Beschäftigte des Baugewerbes (bisher) in unterdurchschnittlichem Maß von der Digitalisierung betroffen sind. Der flächendeckende Einsatz des BIM in der Bauplanung und Bauabnahme sowie der Bauausführung/Instandsetzung wird bis etwa 2025 erwartet. Dagegen wird die Anwendung von Baurobotik perspektivisch erst ab 2030 zur Umsetzung kommen.

Die Auswirkungen des digitalen und strukturellen Branchenwandels werden u. a. auf Ebene der **Organisation** in Kapitel 4.3 beschrieben. Die Potenziale der **Digitalisierung** für die **Qualität der Arbeit** (Kapitel 4.3.1) zeigen sich für Beschäftigte des Baugewerbes insgesamt in einer überdurchschnittlichen Arbeitsqualität entsprechend dem DGB-Index Gute Arbeit. Im Vergleich zum produzierenden Gewerbe und dem Dienstleistungssektor schneidet das Baugewerbe jedoch signifikant schlechter bei dem Kriterium der körperlichen Belastungen ab, insbesondere im Bereich der Bauausführung. Hier werden langfristig besondere physische Entlastungspotenziale in der Vorfertigung von Bauelementen

und Baustoffen gesehen. **Flexibilisierungspotenziale in der Arbeitsorganisation** (Kapitel 4.3.2) sind sowohl hinsichtlich des Arbeitsortes und der Arbeitszeit relevant als auch für die betriebsstrukturelle Natur. Die arbeitszeitliche und -örtliche Flexibilität von Beschäftigten der Bauplanung und Bauabnahme werden künftig zunehmen. Eine zentrale Attraktivitätsfrage für die Zukunft der Baubranche wird sein, wie auch Beschäftigten in der Bauausführung/Instandsetzung flexible(re) Arbeitszeitgestaltung ermöglicht werden kann. Der branchenübergreifemde Trend zu dezentralen, agilen Entscheidungs- und Arbeitsstrukturen greift perspektivisch auch in der Baubranche. Dieser Trend kann insbesondere mit der Integration etablierter Elemente der modernen Unternehmensführung sowie der Nutzung digitaler Strukturen für die direkte und unmittelbare Mitarbeiterkommunikation zur Umsetzung kommen. Der Gestaltung einer **lernförderlichen Arbeitsorganisation** (Kapitel 4.3.3) wird dabei eine hohe Bedeutung beigemessen. Als besonders wichtige Faktoren zur Schaffung von Lernförderlichkeit für Beschäftigte der Bauausführung/Instandsetzung werden der Einsatz neuer Technologien, eine förderliche Unternehmenskultur sowie Team- und Gruppenarbeiten angeführt. Sicherheit bei der Arbeit ist als Grundvoraussetzung für Lernen im Prozess der Arbeit anzusehen.

Die Effekte technologie- und organisationsbedingter Transformation auf Ebene der Qualifikation (Kapitel 4.4) sind vielfältig. Ausgehend von der branchenspezifischen **Qualifikations- und Berufsstruktur** sowie den **Beschäftigungsperspektiven** (Kapitel 4.4.1) ist ein Trend zur Höherqualifizierung zu beobachten. Damit gehen steigende (Qualifikations-)Anforderungen für alle Teilbereiche der Branche einher. Der Anteil an Beschäftigten mit (Fach-)Hochschulabschluss liegt jedoch mit 4,5 % (2018) noch deutlich unter dem branchenübergreifenden Durchschnitt. Neben einer steigenden Bedeutung akademischer Qualifikation und verhältnismäßig stabilen Nachfrage nach Beschäftigten ohne formalen Berufsabschluss dürfte der Bedarf nach Fachkräften in Zukunft zumindest nicht abnehmen. Dies ist eine erhebliche Herausforderung für das Baugewerbe, welches strukturell noch stärker vom Fachkräftemangel betroffen ist als das übrige produzierende Gewerbe. Mit Blick auf die **Kernkompetenzen und Berufsbilder der Zukunft** (Kapitel 4.4.2) werden gewinnen IKT-Anwenderkenntnisse, die Anwendung von Maschinen und vernetzten Systemen sowie Team- und Kooperationsfähigkeit in den kommenden zehn Jahren besonders an Bedeutung gewinnen. Schon heute relevante Kompetenzen – wie Problemlösungsfähigkeit, Planungsverhalten und ergebnisorientiertes Handeln – bleiben gleichermaßen relevant. Die Entstehung gänzlich neuer Berufsbilder ist eher nicht zu erwarten. Vielmehr werden bestehende Berufsbilder und Tätigkeitsprofile erweitert werden. Entsprechend untersteht auch die **Ausrichtung der beruflichen und akademischen Erstausbildung** (Kapitel 4.4.3) einem Wandlungs- und Handlungsbedarf. Die Berufe, für die sich das Tätigkeitsprofil bis 2030 voraussichtlich am stärksten verändern wird, sind Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik, Anlagenmechaniker/in für Sanitär, Heizungs- und Klimatechnik, Bauzeichner/in sowie Maurer/in. Curriculare Anpassungen sind ebenso für die hochschulischen Ausbildungen im Bauingenieurwesen und in der Architektur zu erwarten. Nicht nur die Erstausbildung, sondern auch die **berufliche Weiter- und Fortbildung** (Kapitel 4.4.4) sind gegenwärtig einem spürbaren Wandel unterzogen. Im Jahr 2012 gelang zunächst die Etablierung eines bundesweit einheitlichen Systems zur Regelung von Aufstiegsfortbildungen für Facharbeitende in gewerblich-technischen Berufen des Bauhauptgewerbes. Diese soll erfahrenen Beschäftigten den Übergang von physisch stark fordernden zu weniger belastenden Tätigkeiten ermöglichen. Perspektivisch ist zunächst kein eindeutiger Trend in Richtung formaler, nonformaler und/oder informeller Lernformen für die künftige Weiterbildungslandschaft im Baugewerbe erkennbar.

In den Kapiteln 4.2.3, 4.3.4 und 4.4.5 werden ebenenbezogene **Gestaltungsoptionen** vorgestellt und in Kapitel 5 um Unternehmensfallstudien ergänzt. Diese **Fallstudien** befassen sich mit aktuellen Branchentrends: „Digitalisierung und kooperatives Arbeiten in der Bauplanung und -ausführung“ (Kapitel 5.1) sowie „Textil am Bau“ (Kapitel 5.2). In Kapitel 6 zeigt eine abschließende **Szenariobeschreibung** mögliche Entwicklungspfade der Baubranche bis zum Jahr 2030 auf.

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, doch kaum aufeinander bezogen. Deshalb 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 mit Fragen der Beschäftigungs- und Innovationsfähigkeit quantitativ wie qualitativ zu verbinden.

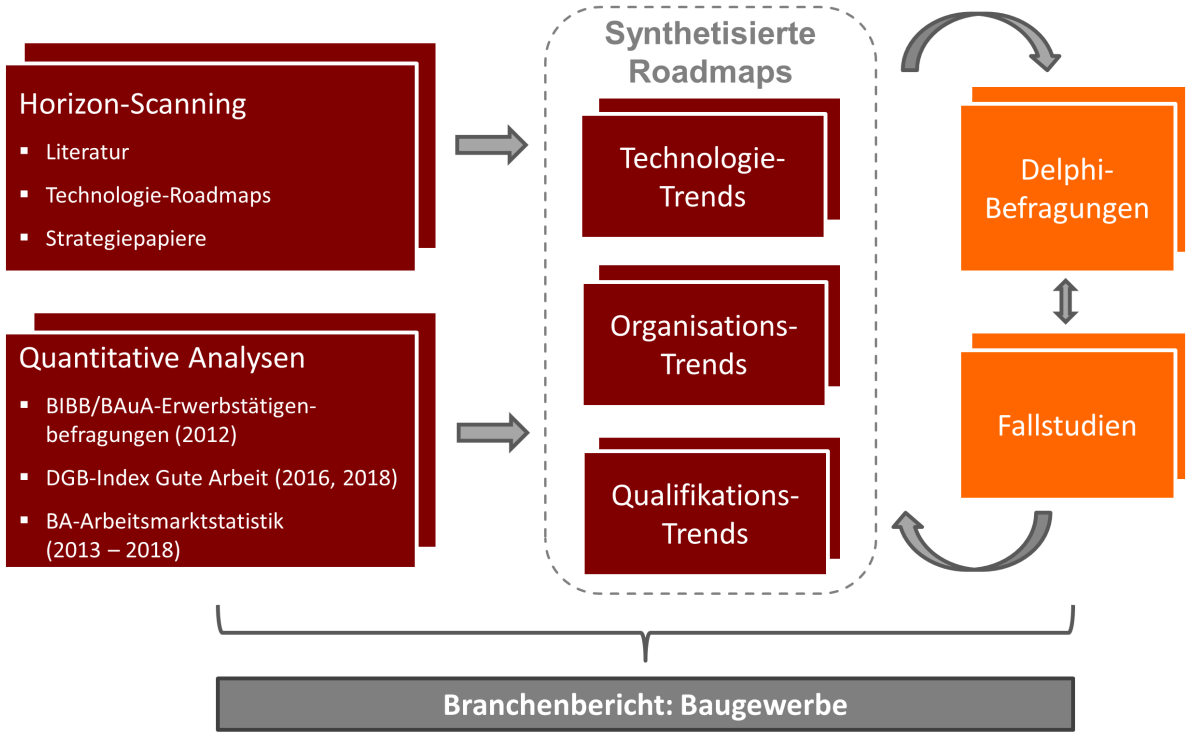
Mit dem Forschungsprojekt sollen das komplexe Zusammenspiel und die wechselseitigen Abhängigkeiten von Technologie, Organisation und Qualifikation betrachtet werden. Die Untersuchungen beziehen sich einerseits auf die Arbeitswelt und somit die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten im weitesten Sinne.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

Der vorliegende Bericht zur Baubranche 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 im Baugewerbe zu erhalten, integriert das Projektdesign qualitative und quantitative Methoden in einem iterativen Prozess (Abbildung 1).

Abbildung 1: QuaTOQ-Projektdesign



Quelle: Eigene Darstellung.

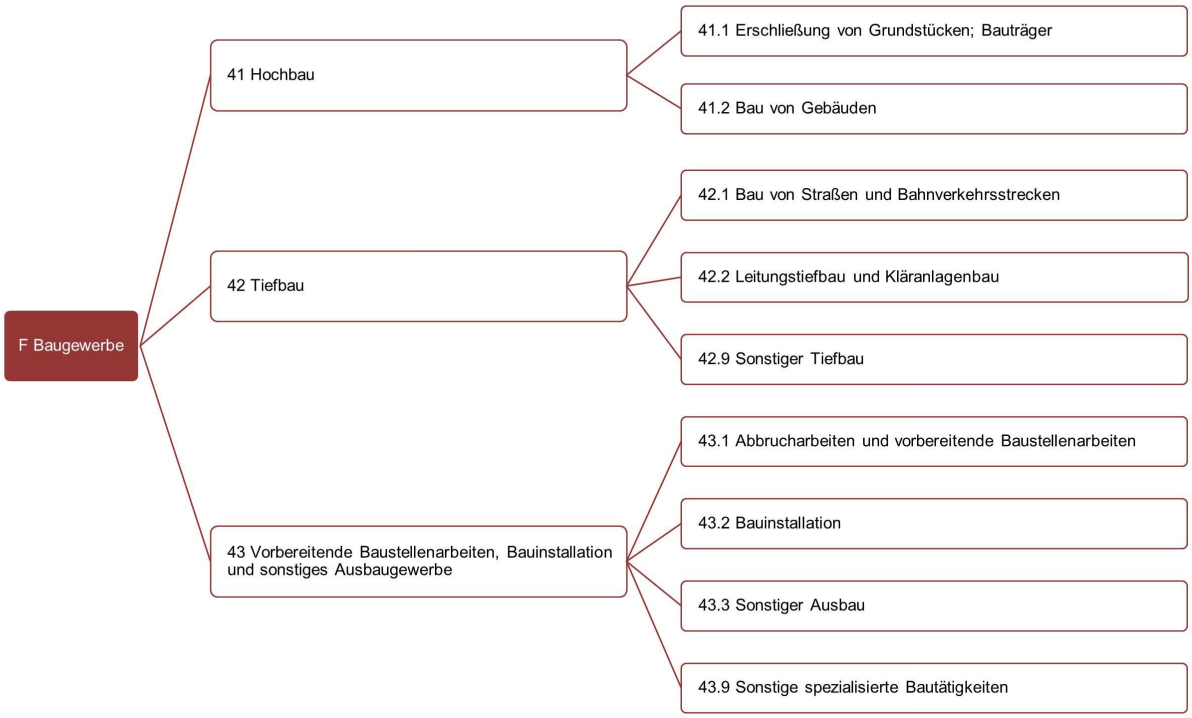
In einem ersten Schritt werden auf Grundlage eines Horizon-Scannings und empirischer Analysen (Kapitel 2.3.1) branchenspezifische Trends und Szenarien abgeleitet. Im zweiten Schritt werden diese Szenarien auf Basis einer Delphi-Befragung validiert und angepasst (Kapitel 2.3.2) und in praxisbezogenen Fallstudien weiter vertieft (Kapitel 2.3.3). Die Kernszenarien und Themen werden schließlich in einer synthetisierten Roadmap visualisiert und vertiefend diskutiert (Kapitel 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 Branchendefinition

Die Baubranche ist im Rahmen der vorliegenden Branchenanalyse entsprechend der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) (Statistisches Bundesamt [Destatis], 2008) durch die Beschäftigung in Kernberufen des Abschnitts F „Baugewerbe“ definiert. Abschnitt F ist in die drei Abteilungen „Hochbau“ (WZ 2008: 41), „Tiefbau“ (WZ 2008: 42) und „Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe“ (WZ 2008: 43) gegliedert. Abbildung 2 bietet einen Überblick über den gewählten Abschnitt F sowie die dazugehörigen Abteilungen und Gruppen. Diese Branchendefinition dient primär als Basis für die folgenden empirischen Auswertungen ausgewählter Datenbasen (Kapitel 2.3.2). Qualitative Analysen, z. B. die Delphi-Befragung (Kapitel 2.3.3), können von dieser Definition abweichen.

Abbildung 2: Branchendefinition nach WZ 2008



Quelle: Eigene Darstellung. Destatis (2008).

2.3.2 Empirische Analysen

Die primäre Datengrundlage der statistischen Analysen bildet die **BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung (ETB) 2012**, eine repräsentative Erhebung von Kernerwerbstätigen in Deutschland (Rohrbach-Schmidt, 2009; Rohrbach-Schmidt & Hall, 2013).[1] Die Befragung umfasst pro Welle ca. 20.000 Erwerbstätige und adressiert die Kernthemen „Arbeit und Beruf im Wandel" sowie „Erwerb und Verwertung von beruflichen Qualifikation". Die analysierte Stichprobe enthält 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 Stichprobenauswertung 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 (WZ 2008) und Berufen (KldB 2010) definiert (Tabelle 9 im Anhang).[2][3][4] Branchen werden weitergehend als „wertschöpfender Kern" definiert, indem Erwerbstätige aus nachgeordneten Service-Berufen aus der Stichprobe entfernt werden (Fußnote zu Tabelle 9). Die Unterscheidung nach den Vergleichsgruppen „produzierendes Gewerbe" und „Dienstleistungen" erfolgt nach Wirtschaftszweigen auf Basis der Definition des Statistischen Bundeamtes (2017).[5]

Als ergänzende Datenbasis wird der **DGB-Index Gute Arbeit 2016 und 2018** 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 elf Kriterien eine Messung der Arbeitsqualität angestrebt. Bei der Auswertung des Index werden regelmäßig vier Stufen der Arbeitsqualität unterschieden. 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). Die Welle des Jahres 2018 umfasst 8.011 abhängig Beschäftigte sowie eine Sonderauswertung zum Thema „Interaktionsarbeit" (Institut DGB-Index Gute Arbeit, 2018). 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 stehen. Die Auswertung erfolgt unter Berücksichtigung der 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 Wirtschaftszweige.

2.3.3 Delphi-Verfahren

Mit der Delphi-Befragung werden branchenspezifische Trends zu Technologie, Organisation und Qualifikation durch Experten der Baubranche konkretisiert und validiert.[6] Die Befragung erfolgte anonym als softwaregestützte Online-Befragung in zwei Zyklen von Mai bis Juni 2019. Den Fragebogen der ersten Befragungsrunde zur Baubranche schlossen insgesamt 32 Personen ab (Tabelle 1). Die Teil-

---

[1] 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 27.09.2019.

[2] Vgl. https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftklassifikationen/Content75/KlassifikationWZ08.html, zuletzt aufgerufen am 27.09.2019.

[3] Vgl. https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Berufe/KlassifikationKldb2010.html, zuletzt aufgerufen am 27.09.2019.

[4] Die Definition der Branche „Pflege und Versorgung" stellt einen Sonderfall dar und setzt sich ausschließlich aus Gesundheits-, Kranken- und Altenpflegenden zusammen, die in Wirtschaftszweigen des Gesundheits- und Sozialwesens tätig sind.

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

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

nehmenden sind Vertreterinnen und Vertreter von Unternehmen der Branche, Wissenschaft und Forschung, öffentlichen und politischen Akteuren sowie Bildungsträgern.

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 Befragten zu ausgewählten Thesen zu reflektieren, vertiefende Thesen zu bewerten und in offenen Fragen weitere Beispiele zu nennen. Im zweiten Delphi-Zyklus schlossen 14 Personen den Fragebogen ab. Aufgrund der begrenzten Teilnehmendenzahl 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 Fragen der zweiten Delphi-Runde ergänzt. Darüber hinaus diente eine interne Auswertung der geschlossenen Fragen aus der zweiten Runde als Plausibilitätscheck.

Tabelle 1: Teilnehmendenübersicht der Delphi-Befragung

1. Befragungszyklus		
Kriterium	**Häufigkeit**	**Anteil**
Akteur		
Unternehmen	8	25 %
Handwerk	3	9 %
Baunahe Dienstleister	6	19 %
Wissenschaft und Forschung	3	9 %
Öffentliche Verwaltung, Gewerkschaft, Verbände, Netzwerke oder Politik	6	19 %
Berufsschule, Berufsbildungszentrum oder anderem Bildungsträger	6	19 %
Insgesamt	**32**	**100 %**
Unternehmensgröße		
Selbstständig	3	9 %
Kleines und mittleres Unternehmen (bis 249 Beschäftigte)	19	60 %
Großunternehmen (mehr als 249 Beschäftigte)	3	9 %
Keine Angaben/nicht zutreffend	7	21 %
Insgesamt	**32**	**100 %**
2. Befragungszyklus		
Rücklaufquote	**14**	**44 %**

Quelle: Delphi-Befragung.

2.3.4 Fallstudien

Ausgangspunkt der Fallstudien sind leitfadengestützte Einzelinterviews mit Expertinnen und Experten des Baugewerbes. 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. Die Interviews sind anonymisiert und als Fallstudien in den vorliegenden Branchenbericht eingebunden.

2.3.5 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 Strategiepapiere 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 in 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 ermittelt. Das Horizon-Scanning umfasst in Anlehnung an die Methodik von Bovenschulte, Ehrenberg-Silies und Compagna (2014) eine umfangreiche Auswertung verschiedener Quellen, wie renommierte Fachzeitschriften, Strategiepapiere relevanter Akteuren aus Wirtschaft, Verbänden und Wissenschaft, Forschungsnachrichten großer Förderorganisationen, etablierte Tagespresse, populärwissenschaftliche Zeitschriften und Experten-Abfragen.

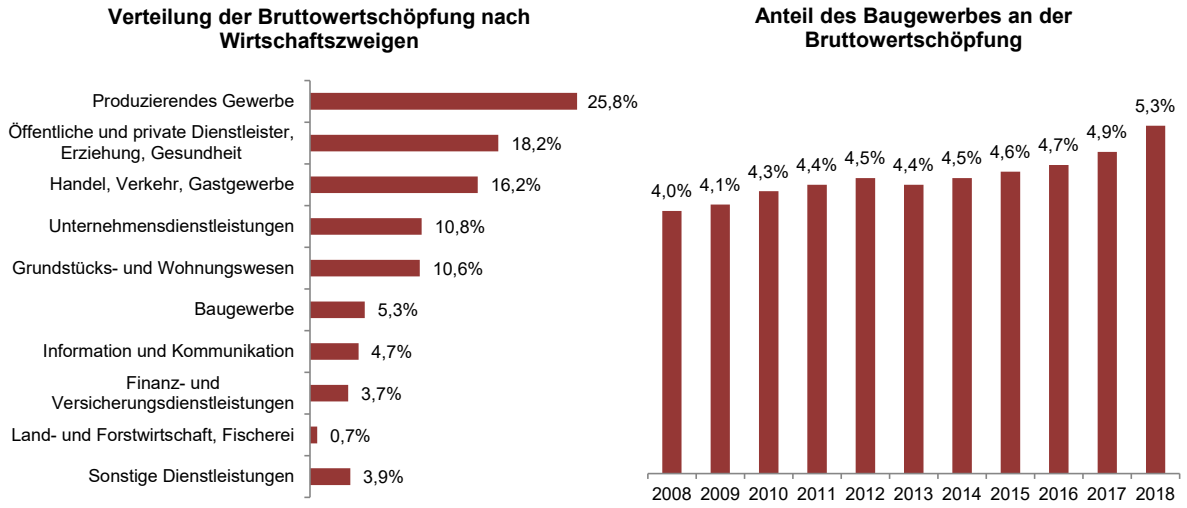
Ausgangspunkt dieser Untersuchung ist die Ebene Technologie, die durch eine Auswertung bestehender Technologie-Roadmaps und Strategiepapiere umfassend dargestellt wird. Insbesondere wird Technologie als Initiator des Wandlungsprozesses von Organisationsstrukturen sowie Qualifikations- und Kompetenzanforderungen verstanden. Die synthetisierte Roadmap hat nicht das Ziel, alle denkbaren Szenarien zukünftiger Entwicklungen in den drei Dimensionen Technologie, Organisation und Qualifikation aufzuzeigen; vielmehr soll sie wichtige Herausforderungen hervorheben und potenzielle Entwicklungspfade darstellen.

3 Branchenübersicht

3.1 Branchenstruktur und -entwicklung

Das Baugewerbe ist eine der Schlüsselbranchen der deutschen Volkswirtschaft. Im Jahr 2018 trug das Baugewerbe 5,3 % zur gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung in Deutschland bei und bildet damit den – gemessen an der Bruttowertschöpfung – sechstgrößten Wirtschaftszweig in Deutschland. Ferner weist die zeitliche Entwicklung auf eine künftig steigende Bedeutung der Bauwirtschaft hin: Während 2008 die Bauwirtschaft noch 4,0 % zur Bruttowertschöpfung beitrug, steigerte sich dieser Wert nahezu kontinuierlich bis 5,3 % im Jahr 2018 (Abbildung 3). Der Anteil des Baugewerbes an der gesamten Beschäftigung lag bei 5,6 %.[7] „Damit liegt das Baugewerbe 2018 sowohl beim Beitrag zur Bruttowertschöpfung als auch bei der Beschäftigung noch vor weiteren wichtigen Industriebereichen wie dem Fahrzeugbau, dem Maschinenbau oder der Chemischen Industrie.“[8] Diese Vergleiche unterstreichen die bedeutende Stellung der Bauwirtschaft in Deutschland.

Abbildung 3: Verteilung der Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftszweigen und Anteil des Baugewerbes, 2008 – 2018



Quelle: Eigene Darstellung. Statista GmbH (2018).

Exkurs – Definition Bauhauptgewerbe[9]

Die Einteilung in Bauhaupt- und Baunebengewerbe wurde 1993 durch eine EU-Verordnung abgelöst. Die Einteilung erfolgt aktuell durch die Klassifikation der Wirtschaftszweige. Die amtliche Statistik unterteilte die Bauwirtschaft in folgende Gruppen:

Bauhauptgewerbe: Wirtschaftszweige, welche dem Bauhauptgewerbe zugerechnet werden, beschäftigen sich überwiegend mit Arbeiten im Hoch- und Tiefbau sowie spezialisierten Bautätigkeiten wie Zimmerei und Ingenieurholzbau.

Ausbaugewerbe: Zum Ausbaugewerbe (auch Baunebengewerbe) zählen alle Wirtschaftszweige, die im Bereich Bauinstallation und sonstiger Ausbau tätig sind.

Bauträger: Wirtschaftszweige, die als Bauträger oder im Bereich der Erschließung von Grundstücken tätig sind.

---

7 Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/bedeutung-der-bauwirtschaft_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

8 Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/bedeutung-der-bauwirtschaft_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

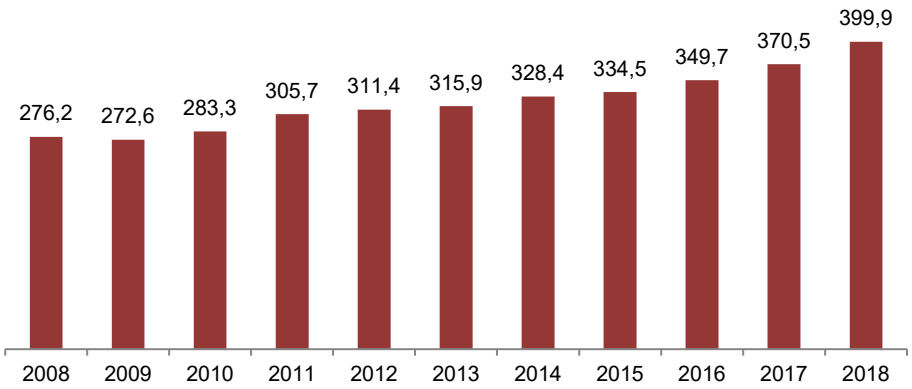
9 Vgl. https://www.bgu.tum.de/fileadmin/w00blj/bau/2_Studium/Bachelor/Praktikum/Definition-Bauhauptgewerbe.pdf, aufgerufen am 27.09.2019.

Entwicklung der Branche seit Anfang der 1990er Jahre

Die deutsche Wiedervereinigung hatte im Zeitraum von 1991 bis 1995 für ein erhebliches Wachstum der Branche gesorgt. Neue Wohnungen wurden gebaut, die Infrastruktur wurde instand gesetzt. Diese Entwicklung wurde zum Teil durch staatliche Förderprogramme unterstützt; Unternehmen investierten und bauten dabei auch erhebliche Überkapazitäten auf. Nach Ende dieses Booms litt die Branche anschließend unter einer langen Phase der Rezession, deren Ende erst 2005 erreicht wurde. Zum Ende der zehnjährigen Baurezession wurde im Jahr 2005 in Deutschland preisbereinigt ein Viertel weniger in Bauten investiert als zum Höchststand Mitte der 1990er Jahre. Seit dem Ende der Baukrise 2005 haben sich die Anteilswerte wieder deutlich erhöht. Dabei halfen zunächst Sondereffekte im Wohnungsbau, z. B. vorgezogene Baumaßnahmen aufgrund des anstehenden Endes der Eigenheimzulage (2006) sowie die Erhöhung der Mehrwertsteuer (2007). Unterbrochen wurde der Aufschwung durch die Finanzkrise 2009, der Rückgang des Aufschwungs war jedoch nicht tiefgreifend. Unterstützt durch niedrige Zinsen, erreichte das Bauvolumen zuletzt ca. 400 Mrd. Euro im Jahr 2018 (Abbildung 4) (Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016).

Mit Blick auf die Langzeitperspektive von 1991 bis 2018 hat sich das (preisbereinigte) Bauvolumen der deutschen Bauwirtschaft von 1991 bis 2015 kaum verändert.[10] Die positive finanzwirtschaftliche und baukonjunkturelle Entwicklung führte ferner zu einem deutlichen Rückgang der Insolvenzen im Bauhauptgewerbe. Seit dem Höhepunkt im Jahr 2001 (4.909) gingen diese bis 2017 um nahezu drei Viertel auf nur noch 1.290 zurück (Ehlert-Hoshmand, Huchzermeier, Jung, Kleibrink & Schrinner, 2018).

Abbildung 4: Entwicklung des Bauvolumens in Deutschland in Mrd. Euro, 2008 – 2018



Quelle: Eigene Darstellung. Statista GmbH (2019b).

Exkurs – Definition Bauinvestitionen/Bauvolumen

Bauinvestitionen: Bauinvestitionen stellen die Bruttoanlageinvestitionen in bauliche Anlagen für Neubauten, Um- oder Erweiterungsbauten und für werterhöhende Reparaturen dar. Sie sind eine wichtige Größe zur Beurteilung der Bauwirtschaft.

Bauvolumen: Das Bauvolumen erfasst alle im Inland erbrachten Bauleistungen, also Neu-, Um- oder Erweiterungsbauten und nichtwerterhöhende Reparaturen. Dazu rechnen auch alle in Bauwerke eingehenden Leistungen des Verarbeitenden Gewerbes und Dienstleistungen, wie Architektenleistungen, amtliche Gebühren, Grundstücksübertragungskosten.

Das Bauvolumen ist definiert als die Summe aller Leistungen, die auf die Herstellung oder den Erhalt von Gebäuden und Bauwerken gerichtet sind. Insofern geht der Nachweis über die vom Statistischen Bundesamt berechneten Bauinvestitionen hinaus, denn bei den Investitionen bleiben konsumtive Bauleistungen unberücksichtigt.

[10] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/entwicklung-der-bauinvestitionen_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

Branchenstruktur nach Betriebsgrößenklassen

Die Baubranche ist geprägt von kleinen Betrieben, in denen Handwerk und Bau in Deutschland traditionell aufgestellt sind. Im Juni 2018 zählte das deutsche Bauhauptgewerbe etwa 75.000 Betriebe mit 842.400 Beschäftigten, davon waren 356.000 Beschäftigte in den 66.000 Betrieben mit weniger als 20 Mitarbeitenden beschäftigt. Die großen Betriebe mit 200 und mehr Beschäftigten machten 0,3 % der Unternehmen aus, beschäftigten jedoch 12 % der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer der Branche und erwirtschafteten 18 % des Umsatzes (Tabelle 2).

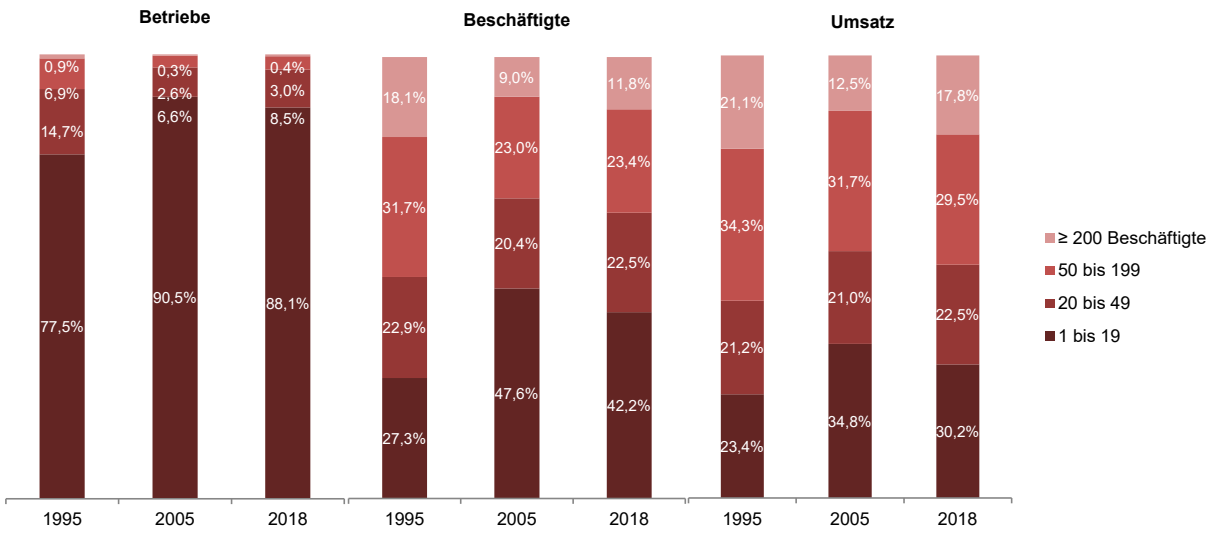
Tabelle 2: Struktur der Betriebe nach Beschäftigen, 2018

	Betriebe mit … Beschäftigten					
	1 bis 19	20 bis 49	50 bis 99	100 bis 199	≥ 200	**Gesamt**
Betriebe	65.945	6.345	1.678	609	260	**74.837**
Beschäftigte	356.241	189.434	114.646	82.800	99.242	**842.363**
Baugewerblicher Umsatz (in Mio. Euro)	3.458	2.584	1.824	1.554	2.041	**11.462**

Quelle: Eigene Darstellung. Statistisches Bundesamt.[11]

Abbildung 5 zeigt die Betriebsstruktur im Bauhauptgewerbe nach Beschäftigtengrößen und den Umsatz nach Beschäftigtengrößenklassen. Die grafische Darstellung der Beschäftigtengrößenklassen visualisiert dabei die in Tabelle 2 angeführten Daten. Die Darstellung des Umsatzes zeigt, dass insbesondere beim Wirtschaftsbau und beim öffentlichen Bau größere Unternehmen stark am Umsatz beteiligt sind, während dies für kleinere Betriebe eher beim Wohnungsbau zutrifft. Ferner zeigt die Darstellung, dass beim Vergleich der Jahre 1995, 2005 und 2018 keine gravierenden Veränderungen an dieser „Aufteilung“ zu sehen sind.

Abbildung 5: Betriebsstruktur im Bauhauptgewerbe



Quelle: Eigene Darstellung. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.[12]

[11] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/betriebsstruktur-im-bauhauptgewerbe_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

[12] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/betriebsstruktur-im-bauhauptgewerbe_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

Struktur der Bauinvestitionen nach Sparten und Betriebsgrößenklassen im Zeitverlauf

„Der Wohnungsbau ist seit Jahren die bedeutendste Bausparte, 2017 entfielen auf ihn 61 % aller Bauinvestitionen. Die (relative) Bedeutung des Öffentlichen Baus (Hoch- und Tiefbau) ist langfristig deutlich zurückgegangen, er machte 2018 nur noch knapp 12 % der Bautätigkeit aus. Der Anteil des Wirtschaftsbaus ist relativ konstant geblieben und lag bei 27 % (Tabelle 3). Zu ihm zählen auch die Auftraggeber Deutsche Bahn und Deutsche Telekom sowie kommunale Ver- und Entsorger (Stadtwerke), wenn sie als rechtlich eigenständige Unternehmen am Markt auftreten.“[13]

Von der guten Baukonjunktur haben die größeren Betriebe überdurchschnittlich profitiert; der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie führt dies darauf zurück, dass der aktuelle Konjunkturaufschwung vor allem vom Neubau getragen wird, kleinere Unternehmen dagegen eher bei Baumaßnahmen im Bestand gefragt sind.[14] Die Bausparte profitiert in ihrer Entwicklung von den niedrigen Hypothekenzinsen, der guten Arbeitsmarktlage, dem steigenden Wohnraumbedarf (insbesondere nach Mietwohnungen in Ballungsgebieten) und dem Wunsch von Kapitalanlegern nach wertbeständigen Investitionen – wie etwa der Anlage in „Betongold“.

Tabelle 3: Struktur der Bauinvestitionen im Zeitverlauf in Mrd. Euro

	1991	1995	2000	2005	2010	2013	2016	2018
Wohnungsbau	95,7	143,4	140,5	114,7	133,3	163,6	186,9	213,2
Wirtschaftshochbau	49,5	61,3	52,4	43,6	54,6	63,2	66,5	74,3
Wirtschaftstiefbau	16,8	19,5	15,0	14,4	16,0	16,5	17,9	21,1
Öffentlicher Hochbau	12,2	14,4	11,9	9,5	13,8	12,6	12,7	13,8
Öffentlicher Tiefbau	17,8	22,0	21,1	17,5	19,4	21,2	23,1	28,2

Quelle: Eigene Darstellung Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.[15]

Im Folgenden wird der Umsatz im Bauhauptgewerbe nach Betriebsgrößen dargestellt, wobei eine Unterteilung in (1) Wohnungsbau, (2) Wirtschaftsbau (Hoch- und Tiefbau) und (3) öffentlichen Bau (Hoch- und Tiefbau) vorgenommen wird. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6 dargestellt. Auffällig sind dabei speziell zwei Aspekte:

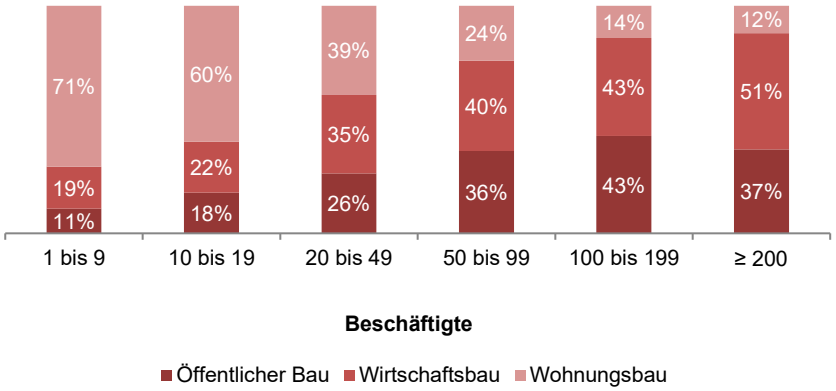
- Gerade für die kleineren Betriebe des Bauhauptgewerbes mit bis zu 19 Beschäftigten ist der Wohnungsbau die dominierende Bausparte. Nahezu zwei Drittel des Umsatzes in kleinen Betrieben entfallen auf den Wohnungsbau.
- Mit wachsender Betriebsgrößenklasse geht die Bedeutung des Wohnungsbaus stark zurück. Insbesondere bei den größeren Betrieben des Bauhauptgewerbes mit 200 und mehr Beschäftigten machte der Wohnungsbau im Juni 2017 nur gut 15 % des Umsatzes aus. Der Wirtschaftsbau trägt bei größeren Betrieben den größten Umsatzanteil bei.

[13] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/struktur-der-bauinvestitionen_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

[14] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/umsatze-im-bauhauptgewerbe-nach-sparten_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

[15] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/struktur-der-bauinvestitionen_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

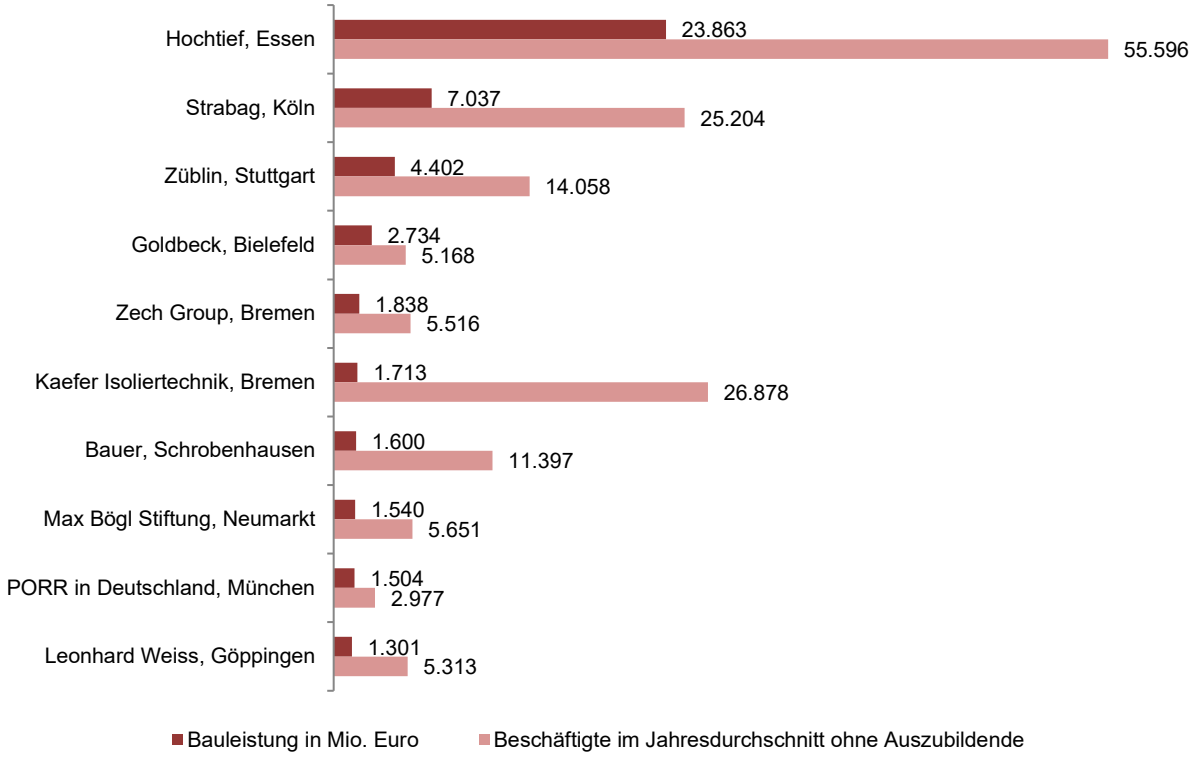
Abbildung 6: Umsatzanteile im Bauhauptgewerbe nach Betriebsgrößenklassen



Quelle: Eigene Darstellung. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.[16]

Abbildung 7 zeigt die zehn größten Bauunternehmen in Deutschland im Jahr 2018 nach Bauleistung. Auffällig dabei ist, dass Hochtief aus Essen sowohl nach Bauleistung als auch nach Anzahl der Beschäftigten das mit Abstand größte Unternehmen darstellt. Die drei – gemessen an der Beschäftigtenzahl – größten Firmen Hochtief, Strabag aus Köln und Kaefer Isoliertechnik (Bremen) stellen etwa jeden achten Arbeitsplatz in der Bauwirtschaft; insgesamt arbeitet etwa jeder fünfte Beschäftigte der Branche für eine der hier aufgeführten zehn bauleistungsstärksten Baufirmen.

Abbildung 7: Die zehn größten deutschen Bauunternehmen, 2018



Quelle: Eigene Darstellung. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.[17]

[16] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/umsaetze-im-bauhauptgewerbe-nach-betriebsgrossenklassen_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

[17] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauunternehmen/ubersicht-bauunternehmen/, aufgerufen am 27.09.2019.

Umsätze im Bauhauptgewerbe nach Regionen

2018 erwirtschafteten die Betriebe des Bauhauptgewerbes einen baugewerblichen Umsatz von 127 Mrd. Euro. Die regionale Verteilung ist äußerst heterogen: Etwa ein Fünftel des Umsatzes wurde von Betrieben mit Sitz in Bayern erbracht. Dies entsprach in etwa der Leistung aller Betriebe in Ostdeutschland.

Die Höhe der Umsätze lässt jedoch für sich stehend keine Rückschlüsse auf die Produktivität der Bauunternehmen zu: Mit Blick auf den Umsatz je Beschäftigten lag der deutschlandweite Durchschnitt im Jahr 2018 bei 140.000 Euro und damit um 35 % über dem Niveau von 2005. Die Baubetriebe in Hamburg nehmen – mit 226.000 Euro je Beschäftigten – den Spitzenplatz ein, Sachsen-Anhalt belegt in dieser Statistik mit 122.000 Euro je Beschäftigten den letzten Platz. Damit liegt Hamburg um 88 % über dem Rangletzten Sachsen-Anhalt (Tabelle 4).[18]

Tabelle 4: Umsätze, Beschäftigte und Umsatz je Beschäftigten im Bauhauptgewerbe nach Bundesländern, 2018

Region	Baugewerblicher Umsatz im Bauhauptgewerbe in Mrd. Euro	Beschäftigte	Umsatz je Beschäftigten in 1.000 Euro
Bundesgebiet	**126.638**	**836.807**	**151**
Bayern	25.643	156.149	164
Nordrhein-Westfalen	20.373	139.801	146
Baden-Württemberg	17.422	103.535	168
Niedersachsen	13.367	87.941	152
Hessen	7.999	62.393	128
Sachsen	7.975	58.959	135
Rheinland-Pfalz	6.261	41.508	151
Brandenburg	4.668	34.839	134
Berlin	4.492	22.932	196
Schleswig-Holstein	4.327	30.310	143
Sachsen-Anhalt	3.672	30.137	122
Thüringen	3.523	27.000	130
Meckl.-Vorpommern	2.406	17.045	141
Hamburg	2.354	10.415	226
Saarland	1.268	9.497	134
Bremen	0.889	4.344	205

Quelle: Eigene Darstellung. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.[19]

Lohn und Verdienst in der Bauwirtschaft

Bezogen auf das Entgelt ist in der Bauwirtschaft ein moderater Anstieg der Löhne im Zeitverlauf zu beobachten. Seit dem 1. Mai 2018 liegt der Bundesecklohn der Arbeiter im westdeutschen Bauhauptgewerbe bei 19,48 Euro. Unter Berücksichtigung des Bauzuschlages von 5,9 %, der für die besondere Belastung auf Baustellen gewährt wird, erreichte der Gesamttarifstundenlohn 20,63 Euro. Allerdings gibt es nach wie vor eine Differenz zwischen Arbeitnehmern in alten und neuen Bundesländern. Für die ostdeutschen Bauarbeiter beträgt der Gesamttarifstundenlohn seit dem 1. Mai 2018 nur 19,35 Euro.[20] Mit Blick auf den durchschnittlichen Bruttomonatsverdienst liegt das Baugewerbe mit durchschnittlich 3.489 Euro pro vollzeitbeschäftigtem Arbeitnehmer unterhalb des Durchschnittslohnes des produzierenden Gewerbes, der bei 4.237 Euro liegt und des Dienstleistungssektors, der durchschnittlich einen Monatslohn von 4.124 Euro zahlt (Abbildung 8).

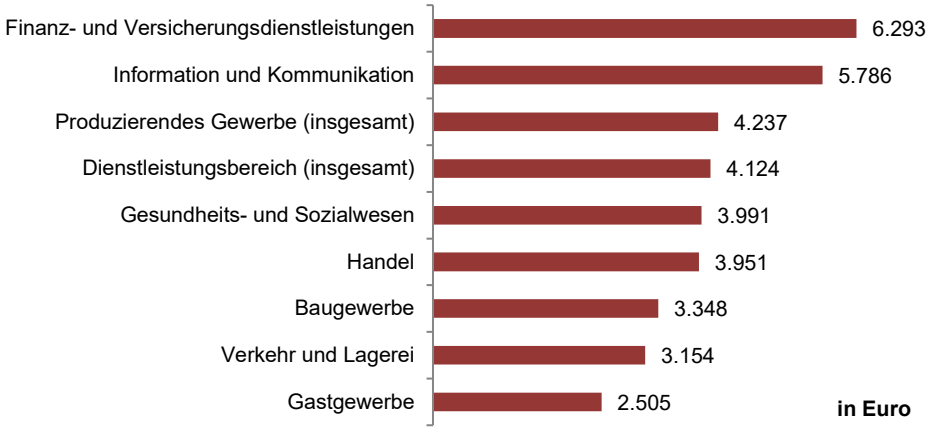
---

18 Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/umsaetze-im-bauhauptgewerbe-nach-regionen_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

19 Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/umsaetze-im-bauhauptgewerbe-nach-regionen_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

20 Vgl. https://www.bauprofessor.de/News/cd9ef467-be58-4915-8df1-cd536b5cb830, aufgerufen am 27.09.2019.

Abbildung 8: Bruttomonatsverdienste nach ausgewählten Wirtschaftszweigen, 2019



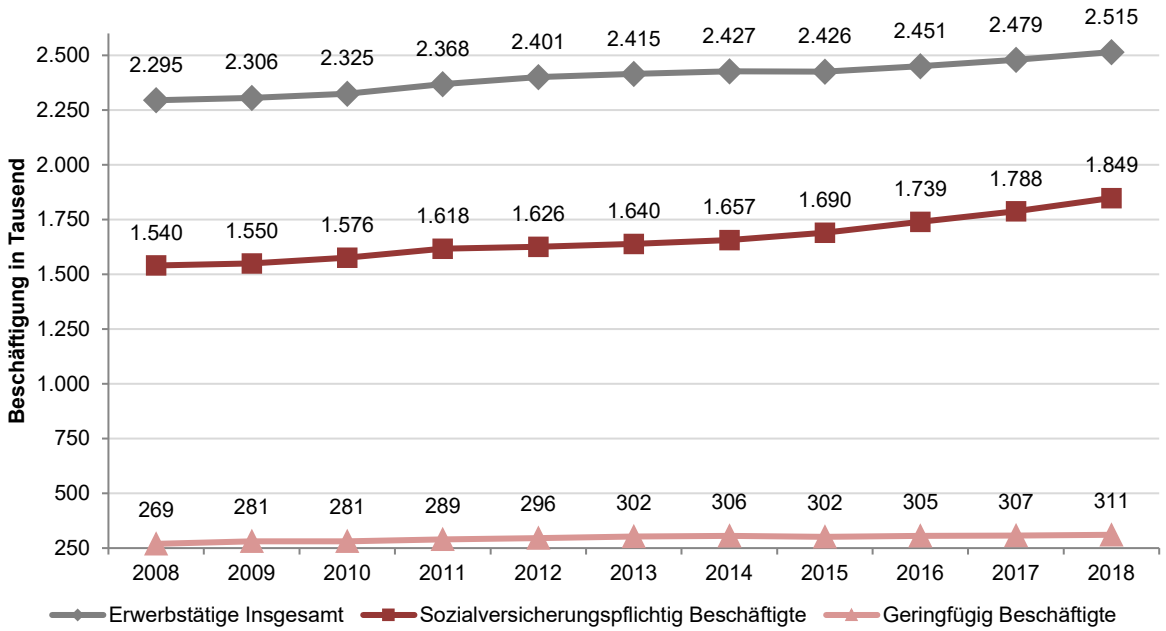
Anmerkung: Bruttomonatsverdienste als Durchschnitt. Betrifft Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in Vollzeit (Q1 2019).
Quelle: Eigene Darstellung. Statista GmbH (2019a).

3.2 Beschäftigungsentwicklung

Dem Beschäftigtenhöchststand des Jahres 1995 folgte eine stark rückläufige Entwicklung, in deren Folge sich die Zahl der Beschäftigten des Bauhauptgewerbes bis 2009 halbierte. Im gleichen Zeitraum sank der beschäftigungsseitige Anteil des Bauhauptgewerbes an allen Erwerbstätigen in Deutschland von 4,1 % auf 1,9 %. Beginnend mit dem (bau-)konjukturellen Aufschwung seit Mitte der 2000er Jahre erholte sich das Baugewerbe stetig. Dies spiegelt sich in kontinuierlich steigenden Beschäftigungszahlen wider. Insbesondere Bauingenieure und Baufacharbeitende profitieren von dieser Entwicklung: Die Nachfrage nach diesen Berufen ist seit 2009 ungebrochen hoch.[21]

Die Zahl der Erwerbstätigen im Baugewerbe stieg um 220.000 Personen (+ 9,6 %) zwischen 2008 und 2018 auf rund 2.515.000 Beschäftigte (Abbildung 9). Im Wesentlichen ist dieser Anstieg auf die erhöhte Anzahl sozialversicherungspflichtig Beschäftigter zurückzuführen: Im Betrachtungszeitraum wuchs deren Zahl um 309.000 Personen (+ 20,1 %). Auch die Zahl der geringfügig Beschäftigten stieg, nämlich um 42.000 (+ 15,6 %).

Abbildung 9: Gesamtbeschäftigung und sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, 2008 – 2018



Quelle: Eigene Darstellung. Abschnitt F Baugewerbe für sozialversicherungspflichtig sowie geringfügig Beschäftigte nach WZ 2008. Stichtage jeweils zum 31.12. des Jahres. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) - Deutschland, West/Ost und Länder (Zeitreihe Quartalszahlen). Erwerbstätige nach Wirtschaftsbereichen (Inlandskonzept). Destatis.

Tabelle 5 erlaubt eine tiefergehende Betrachtung des Wirtschaftszweigs Baugewerbe (WZ2008: K): Das relative Beschäftigungswachstum von 2013 bis 2018 verteilt sich gleichmäßig auf die drei Abteilungen „Hochbau“ (+ 10,7 %), „Tiefbau“ (+ 13,0 %) sowie „Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe“ (+ 11,0 %). Das absolute Beschäftigungswachstum schlägt sich jedoch überwiegend in letzterem Bereich nieder: Um rund 159.000 Personen wuchs die Beschäftigtenzahl zwischen 2013 und 2018 – auf insgesamt 1.596.000 sozialversicherungspflichtig und geringfügig Beschäftigte an. Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe vereinen hierbei verschiedenste Berufe und Tätigkeiten, z. B. Fundamentarbeiten, Rohbau, Betonbau, Maurerarbeiten, Gerüstbau, Dachdeckung, Zimmerei sowie Malerarbeiten. Beschäftigte des traditionellen Handwerks sind entsprechend überwiegend in dieser Abteilung zu verorten.

[21] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/beschftigung-und-arbeitslosigkeit-im-bauhauptgewerbe_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

Tabelle 5: Beschäftigungsentwicklung nach Wirtschaftszweigen, 2013 – 2018

	2013			2018		
WZ 2008	**Insgesamt**	SvB	GB	**Insgesamt**	SvB	GB
K Baugewerbe	**1.942.175**	**1.639.700**	**302.475**	**2.159.416**	**1.848.673**	**310.743**
Δ 2013 – 2018				11,2%	12,7%	2,7%
41 Hochbau	**299.388**	261.348	38.040	**331.350**	294.145	37.205
Δ 2013 – 2018				10,7%	12,5%	-2,2%
42 Tiefbau	**205.614**	192.049	13.565	**232.384**	216.987	15.397
Δ 2013 – 2018				13,0%	13,0%	13,5%
43 Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe	**1.437.173**	1.186.303	250.870	**1.595.682**	1.337.541	258.141
Δ 2013 – 2018				11,0%	12,7%	2,9%

Anmerkungen: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SvB), Geringfügig Beschäftigte (GB).
Quelle: Eigene Darstellung. Stichtage jeweils zum 31.12. des Jahres. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Sonderauswertung.

Tabelle 6: Beschäftigungsentwicklung nach ausgewählten Berufsuntergruppen, 2013 – 2018

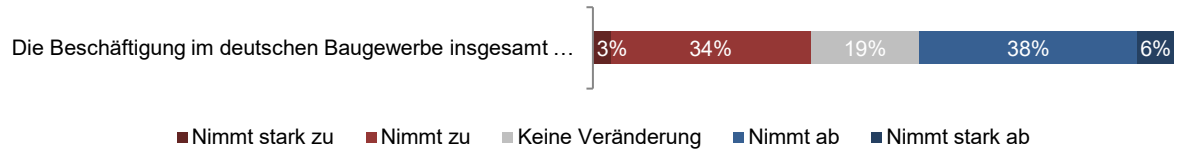
WZ 2008: F Baugewerbe	2013			2018		
KldB 2010	**Insgesamt**	SvB	GB	**Insgesamt**	SvB	GB
2621 Berufe in der Bauelektrik	**122.748**	115.894	6.854	**125.838**	118.582	7.256
Δ 2013 – 2018				2,5%	2,3%	5,9%
3110 Berufe in der Bauplanung und -überwachung (o. S.)	**18.667**	17.633	1.034	**19.608**	18.447	1.161
Δ 2013 – 2018				5,0%	4,6%	12,3%
3119 Aufsichts- und Führungskräfte - Bauplanung und -überwachung, Architektur	**20.043**	19.332	711	**27.489**	26.466	1.023
Δ 2013 – 2018				37,2%	36,9%	43,9%
3210 Berufe im Hochbau (o. S.)	**168.971**	131.698	37.273	**251.681**	211.997	39.684
Δ 2013 – 2018				48,9%	61,0%	6,5%
3212 Berufe im Maurerhandwerk	**89.484**	86.367	3.117	**91.681**	88.590	3.091
Δ 2013 – 2018				2,5%	2,6%	-0,8%
3220 Berufe im Tiefbau (o. S.)	**45.991**	43.969	2.022	**54.898**	52.456	2.442
Δ 2013 – 2018				19,4%	19,3%	20,8%
3321 Berufe für Maler- und Lackiererarbeiten	**103.938**	95.496	8.442	**121.628**	113.261	8.367
Δ 2013 – 2018				17,0%	18,6%	-0,9%
3330 Berufe im Aus- und Trockenbau (o. S.)	**34.101**	26.648	7.453	**48.818**	41.112	7.706
Δ 2013 – 2018				43,2%	54,3%	3,4%
3332 Berufe in der Zimmerei	**42.444**	40.626	1.818	**46.386**	44.406	1.980
Δ 2013 – 2018				9,3%	9,3%	8,9%
3421 Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik	**152.389**	144.705	7.684	**160.466**	152.489	7.977
Δ 2013 – 2018				5,3%	5,4%	3,8%

Anmerkungen: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SvB), Geringfügig Beschäftigte (GB), ohne Spezialisierung (o. S.).
Quelle: Eigene Darstellung. Stichtage 31.12.2013 und 30.09.2018. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Sonderauswertung.

Ergänzend beleuchtet Tabelle 6 die Beschäftigungsentwicklung des Baugewerbes nach ausgewählten Berufsuntergruppen, die beschäftigungsseitig besonders bedeutsam für die Branche sind. Zu den größten Berufsuntergruppen des Baugewerbes gehören Berufe im Hochbau (251.681), in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (160.466), in der Bauelektrik (125.838) sowie für Maler- und Lackiererarbeiten (121.628). Hervorzuheben sind zwischen 2013 und 2018 insbesondere die relativen Beschäftigungsaufwüchse bei den Berufen im Hochbau (+ 48,9 %), im Aus- und Trockenbau (+ 43,2 %) sowie bei Beschäftigten mit Aufsichts- und Führungsrollen, der Bauplanung und -überwachung oder Architektur (+ 37,2 %). Aus absoluter Perspektive verzeichneten die Berufe im Hochbau die mit Abstand größte Beschäftigungszunahme – von 2013 bis 2018 stieg die Zahl der Erwerbstätigen hier um knapp 83.000 an. Die meisten geringfügig Beschäftigten sind ebenso innerhalb der Berufe im Hochbau zu verorten. Im Betrachtungszeitraum sind minimale Rückgänge lediglich vereinzelt bei geringfügig Beschäftigten festzustellen.

Mit Blick auf die kommenden zehn Jahre können die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung diese positive Beschäftigungsentwicklung der vergangenen Jahre nicht eindeutig für die Zukunft bestätigen (Abbildung 10). Mit einer (starken) Zunahme der Beschäftigung im deutschen Baugewerbe rechnen 37 % der Befragten; weitere 44 % schätzen, dass die Beschäftigung abnehmen wird. Die Analyse der zweiten Runde der Delphi-Befragung deutet darauf hin, dass Beschäftigungszunahmen eher im Bereich der Bauplanung und -abnahme als in der Bauausführung/Instandsetzung zu verorten sind. Gründe für einen möglichen Beschäftigungsrückgang sind für die Expertinnen und Experten sowohl der grundlegende Trend der alternden Gesellschaft und der damit einhergehende Fachkräftemangel als auch teils unattraktive Arbeitsbedingungen und arbeitserleichternde Prozesse (zunehmende Vorfertigung, modulare Bausysteme).

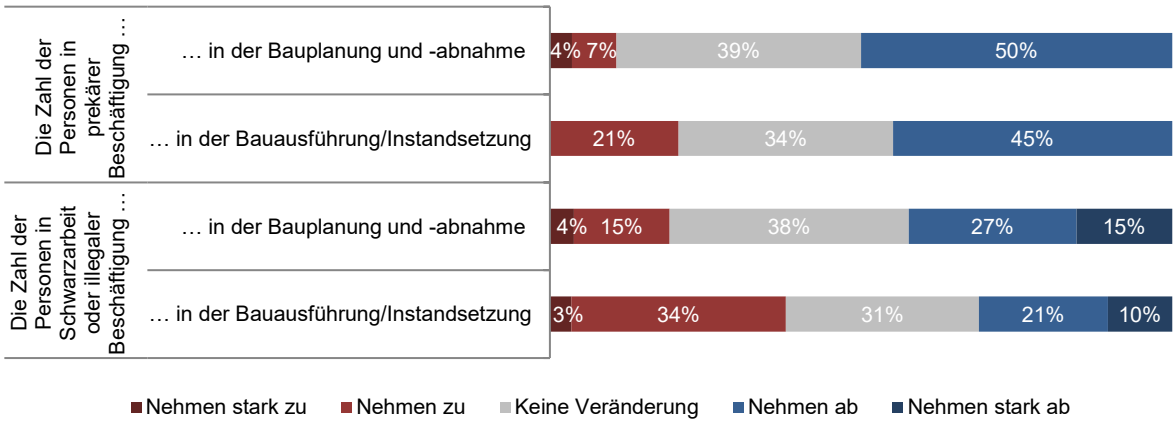
Abbildung 10: Zukünftige Beschäftigungsentwicklung



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Die Experteneinschätzung hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Zahl von Menschen in prekärer Beschäftigung im Baugewerbe fällt hingegen eindeutiger aus (Abbildung 11): 50 bzw. 45 % der Befragten gehen von einer Abnahme prekärer Beschäftigung in der Bauplanung und -abnahme bzw. der Bauausführung/Instandsetzung aus. Mit einer Zunahme ist perspektivisch nicht zu rechnen.

Abbildung 11: Zukünftige prekäre Beschäftigung und Schwarzarbeit/illegale Beschäftigung

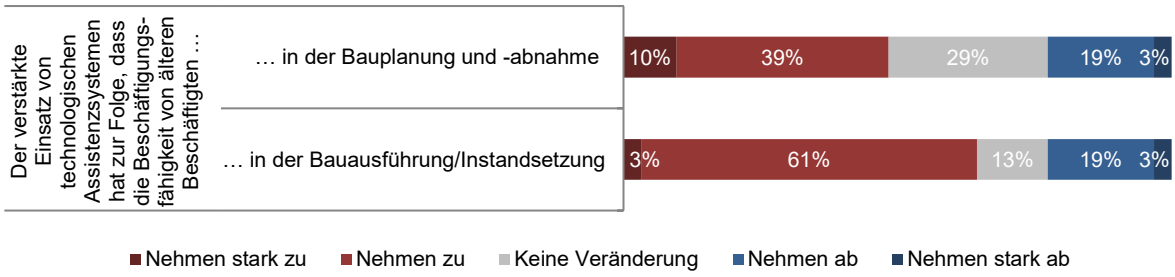


Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Aus den Einschätzungen der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung kann demgegenüber nicht abgeleitet werden, ob auch die Zahl der Personen in Schwarzarbeit oder illegaler Beschäftigung rückläufig sein wird. Mit Blick auf die Bauplanung und -abnahme kann eine leicht abnehmende Tendenz unterstellt werden. Für die Bauausführung/Instandsetzung ist auf Basis dieser Analyse keine eindeutige Aussage möglich.

Abschließend geht der überwiegende Teil der Befragten davon aus, der verstärkte Einsatz von technologischen Assistenzsystemen habe zur Folge, dass die Beschäftigungsfähigkeit älterer Beschäftigter perspektivisch zunehmen wird (Abbildung 12). Dies gilt insbesondere für ältere Erwerbstätige in der Bauausführung/Instandsetzung: Insgesamt 64 % der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung schätzen, dass technologische Assistenztechnologien unterstützend auf ältere Beschäftigte wirken können. Entlastungspotenziale sind vermutlich primär im Bereich physischer Belastungen (Kapitel 4.3.1) zu verorten. Eine tiefergehende Betrachtung des Einsatzes technologischer Assistenzsysteme im Baugewerbe liefert Kapitel 4.2.

Abbildung 12: Zukünftige Unterstützungspotenziale technologischer Assistenzsysteme für ältere Beschäftigte



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

4 Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation

4.1 Übersicht

Das Baugewerbe ist vor allem durch kleine und mittlere Unternehmen geprägt und mit vielen anderen Branchen und Handwerkszweigen eng verknüpft. Mit zunehmender Größe erbringen die Unternehmen weniger Bauleistungen selbst und treten vermehrt als Generalunternehmer auf, die einen großen Teil der Arbeiten an nachgelagerte, oft sehr kleine Unternehmen vergeben. Derartige Nachunternehmerbeziehungen und Nachunternehmerketten sind insbesondere im Hochbau üblich. Mit der hohen Anzahl an Beteiligten, die für die Planung und Ausführung eines Bauwerks notwendig sind, findet eine Fragmentierung des Bauprozesses statt, die ein hohes Maß an Koordination erfordert (Gross, Syben & Gross, 2009).

Mit der positiven Baukonjunktur seit dem Jahr 2008 gestaltete sich der Rückgriff auf inländische Nachunternehmerleistungen zunehmend schwieriger, und die Bauunternehmen erbrachten einen größeren Anteil wieder selbst bzw. kauften Bauleistungen bei ausländischen Nachunternehmern ein. Der Anteil an ausländischer Nachunternehmertätigkeit variiert nach Spezialisierungsgrad und Wirtschaftszweig; er fiel nach zuletzt verfügbaren Zahlen im Jahr 2016 im Hochbau mit 41 % am höchsten aus.[22] Im Branchenvergleich ist das Baugewerbe von illegaler Beschäftigung („Schwarzarbeit“) von allen Branchen am stärksten betroffen. Dabei wird geschätzt, dass über 80 % der Bauunternehmen in Deutschland Verluste durch Schwarzarbeit erleiden. Trotz der positiven Baukonjunktur ist der Umfang nicht angemeldeter Erwerbstätigkeit eher rückläufig. Branchenfachleute führen dies auf die verbesserten Arbeits- und Verdienstmöglichkeiten im Rahmen regulärer Beschäftigung zurück.[23]

Das Baugewerbe ist – bezogen auf seine Tätigkeiten, Qualifikationsanforderungen und Potenziale der Digitalisierung – eine sehr heterogene Branche. In der Bauplanung und -abnahme sind kognitiv fordernde Büroarbeiten für Hochqualifizierte vorrangig. In der Bauausführung und -instandsetzung dominieren immer noch physisch sehr fordernde Tätigkeiten und ein hoher Anteil an Beschäftigten mit beruflicher Ausbildung (inklusive Meister und Techniker).

In den letzten Jahren zeigte sich ein kontinuierlicher Anstieg der quantitativen Nachfrage nach qualifizierten Beschäftigten und qualitativen Anforderungen an Beschäftigte. Vor allem der Wohnungsbau war verantwortlich für das starke Wachstum. Es wird geschätzt, dass zukünftig eher der Tiefbau und im Hochbau der sogenannte Bestandssektor inklusive Modernisierung und Instandhaltung von Gebäuden an Bedeutung gewinnen werden (Dorffmeister, 2019b). Laut aktueller Konjunkturumfrage des ifo-Instituts sind die Geschäftsaussichten für die Braubranche jedoch für die kommenden Jahre eingetrübt (Dorffmeister, 2019a). Ursache ist die prognostizierte Abschwächung von Bautätigkeiten in allen Teilsegmenten der Branche. Demgegenüber erwartet die PricewaterhouseCoopers GmbH [PwC] (2018) für die kommenden drei Jahre eine weiterhin positive Entwicklung aller Teilsparten der Baubranche. Die Einschätzung wird zunächst durch den Rückblick auf das Vorjahr bestätigt: Die Umsätze im Bauhauptgewerbe stiegen zwischen April 2018 und April 2019 um 12,5 % an. Diese Entwicklung schlug sich auch in den Beschäftigtenzahlen nieder – im Vergleich zum Vorjahresmonat stiegen diese um insgesamt 2,4 % an. „Nahezu alle Wirtschaftszweige des Bauhauptgewerbes verbuchten zweistellige Umsatzzuwächse im Vorjahresvergleich. Diese Steigerungen können auf die weiterhin sehr stabile Lage der Auftragseingänge im Bauhauptgewerbe zurückgeführt werden, die sich in den Monaten Dezember 2018 bis April 2019 auf Rekordniveau bewegten. Im Tiefbau erhöhten sich die Umsätze im April 2019 um 12,9 % und im Hochbau um 11,6 % gegenüber April 2018. Unter den umsatzstärksten

---

[22] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/subunternehmerttigkeit-im-bauhauptgewerbe_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

[23] Vgl. https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/schwarzarbeit-in-deutschland-nimmt-weiter-ab-doch-wie-lange-noch/150/3094/383651, aufgerufen am 27.09.2019.

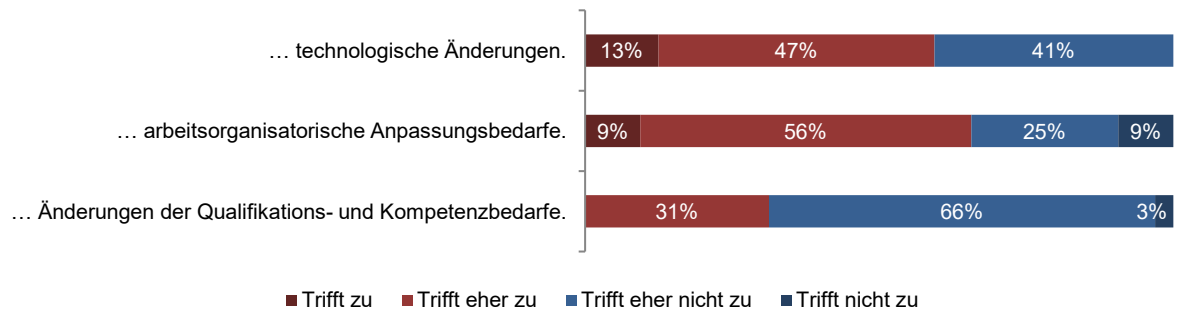
Wirtschaftszweigen innerhalb des gesamten Bauhauptgewerbes stiegen die Umsätze im Leitungstiefbau und Kläranlagenbau mit + 22,0 % sowie beim Bau von Straßen mit + 16,6 % am stärksten. Den geringsten Umsatzzuwachs gab es im Wirtschaftszweig ‚Sonstiger Tiefbau' (z. B. Wasserbau) mit + 3,8 % gegenüber April 2018."[24]

Für einen zukünftig anhaltenden „Bauboom" spricht insbesondere der Wohnungsmangel in Deutschland: Laut Koch und Neumann (2019) liegt die Bedarfsdeckung (Relation von Neubaubedarf zu Fertigstellung) bei geförderten Sozialmietwohnungen im Jahr 2017 bei nur 33 %. Im Durchschnitt liegt die Bedarfsdeckung bei allen Mietwohnungen in Deutschland bei rund 55 %. Zu beachten gilt, dass regionale Unterschiede bei dieser Betrachtung sehr hoch sein können: „Gerade in den A- und B-Städten kommt es aufgrund der geringen Bedarfsdeckung zu erkennbaren Ausweichbewegungen in umliegende Wohnungsmärkte (u. a. Speckgürtel in C-Standorten und ausgeglichenen Märkten), was wiederum eine steigende Mobilität, zusätzliche Pendlerverkehre und steigende Kapazitätsbedarfe im Bereich der wohnortnahen sowie sozialen Infrastruktur (u. a. Kinderbetreuung) nach sich zieht. Infrastrukturangebote müssen dementsprechend adäquat angepasst und ausgeweitet werden." (Koch & Neumann, 2019). Somit ist der Umgang der Unternehmen des Baugewerbes mit strukturellen und gesellschaftlichen Wandlungstreibern wie der Digitalisierung oder auch dem soziodemografischen Wandel als Frage mit enormer gesellschaftlicher Relevanz zu betrachten.

Das größte Handlungsfeld für Unternehmen der Baubranche ist laut den Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung – bereits heute und mit Blick in die nähere Zukunft bis 2030 – der Wandel von Qualifikations- und Kompetenzbedarfen (Abbildung 13). Die Befragten schätzen, dass rund 69 % der Unternehmen des Baugewerbes (eher) nicht auf die zukünftigen Änderungen der Qualifikations- und Kompetenzbedarfe vorbereitet sind. Die größten Herausforderungen werden in der Gewinnung geeigneter Fachkräfte und deren kontinuierlicher (Weiter-)Qualifizierung im Erwerbsverlauf verortet. Damit verbunden sei laut der Befragten „insbesondere [die] gewerbliche Ausbildung und [das] Management des Generationswechsels auf Digital Natives". Die Digitalisierung werfe demnach nicht nur Fragen hinsichtlich des Umgangs mit neuen digitalen Arbeitsmitteln auf, sondern auch mit qualifikatorischem Bezug auf innovative Baustoffe, Arbeitssicherheit, umweltgerechte Entsorgung sowie der gemeinsamen Definition von (System-)Standards.

Mit Blick auf technologische sowie arbeitsorganisatorische Anpassungsbedarfe fällt das Urteil der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung überwiegend positiv aus. So schätzen 60 % bzw. 65 %, dass Unternehmen des Baugewerbes auf technologische Änderungen bzw. arbeitsorganisatorische Anpassungsbedarfe tendenziell (eher) vorbereitet sind (Abbildung 13).

Abbildung 13: Vorbereitung auf zukünftige Herausforderungen



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

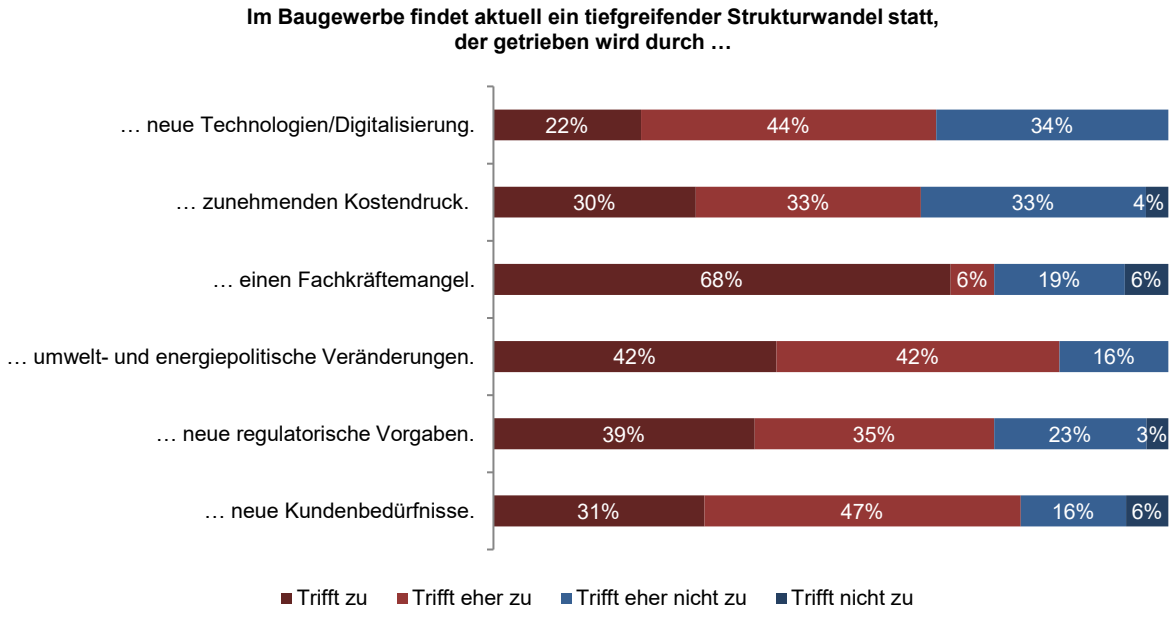
[24] Vgl. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/07/PD19_263_441.html, aufgerufen am 27.09.2019.

Wichtige Treiber der steigenden Anforderungen an die Beschäftigten sind die zunehmende Anwendung und Komplexität digitaler Technologien, verstärkte Integration von Wertschöpfungsketten, die enge Zusammenarbeit von bisher unabhängigen Gewerken und Wertschöpfungspartnern sowie Nachwuchs- und Fachkräfteprobleme aufgrund des demografischen Wandels wie auch der veränderten Relation zwischen Studierendenzahlen und beruflich qualifizierten Personen (Patscha, Glockner, Störmer & Klaffke, 2017).

Die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung bestätigen diese Einschätzung (Abbildung 14): Auf die Frage, welche Treiber den strukturellen Wandel des Baugewerbes bestimmen, gibt der überwiegende Teil (68 %) den Fachkräftemangel an. Diese Einschätzung stimmt mit einer aktuellen Umfrage des Bauindustrieverbandes Ost unter seinen Mitgliedsunternehmen überein: Insbesondere in den letzten fünf Jahren hat sich das Fachkräfteangebot im Baugewerbe demnach negativ entwickelt, insbesondere bei gewerblichen Arbeitnehmern wie Maurern und Beton- und Gerüstbauern sowie bei Bauingenieuren. Die Folge ist, dass offene Stellen in den Bauunternehmen längerfristig nicht besetzt werden bzw. gänzlich vakant bleiben. Laut Umfrage des Bauindustrieverbandes Ost gelang es demnach im Jahr 2018 nur jedem dritten Bauunternehmen in Ostdeutschland, den Personalersatzbedarf zu decken; im Jahresdurchschnitt blieben im deutschen Baugewerbe rund 109.000 Stellen aller Qualifikationsstufen unbesetzt (Bauindustrieverband Ost e. V., 2019).

Regional spezifische Engpässe werden in der aktuellen Fachkräfteengpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit aufgedeckt (Bundesagentur für Arbeit [BA], 2018): Während es beispielsweise an Beschäftigten im Aus- und Trockenbau vor allem in Bayern, Baden-Württemberg und Thüringen mangelt, zeigen sich im Bereich Tiefbau Engpässe in nahezu allen Bundesländern – ausgenommen Bayern, Berlin, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt. Überregionale Beschäftigtenengpässe im Baugewerbe sind laut der aktuellen Fachkräfteengpassanalyse für Berufe aller Anforderungsniveaus zu beobachten: Beruflich qualifizierte Beschäftigte fehlen demnach allen voran in den Bereichen des Handwerks und des Tiefbaus. Engpässe äußern sich ebenso bei Beschäftigten mit einer Meister- oder Technikerausbildung im Tief- oder Hochbau sowie der Bauplanung und -überwachung. Fehlende Bauingenieurinnen und Bauingenieure markieren einen Engpass bei akademisch qualifizierten Beschäftigten (BA, 2018).

Abbildung 14: Gründe für den Strukturwandel



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Weitere bestimmende Faktoren für den Strukturwandel sind u. a. neue regulatorische Vorgaben, etwa die Mietbremse[25], sowie umwelt- und energiepolitische Veränderungen (z. B. höhere Energieeffizienz[26] oder nachhaltiges Bauen[27]). Im Zuge der Anwendung neuer Technologien wird zudem die Materialwissenschaft perspektivisch eine (noch) größere Rolle im Baugewerbe spielen. Die Prüfung des Einsatzes neuer (nachhaltiger) Baustoffe wie Textilien oder Holz steht hierbei im Mittelpunkt (Forschungsinitiative Zukunft Bau, 2018).

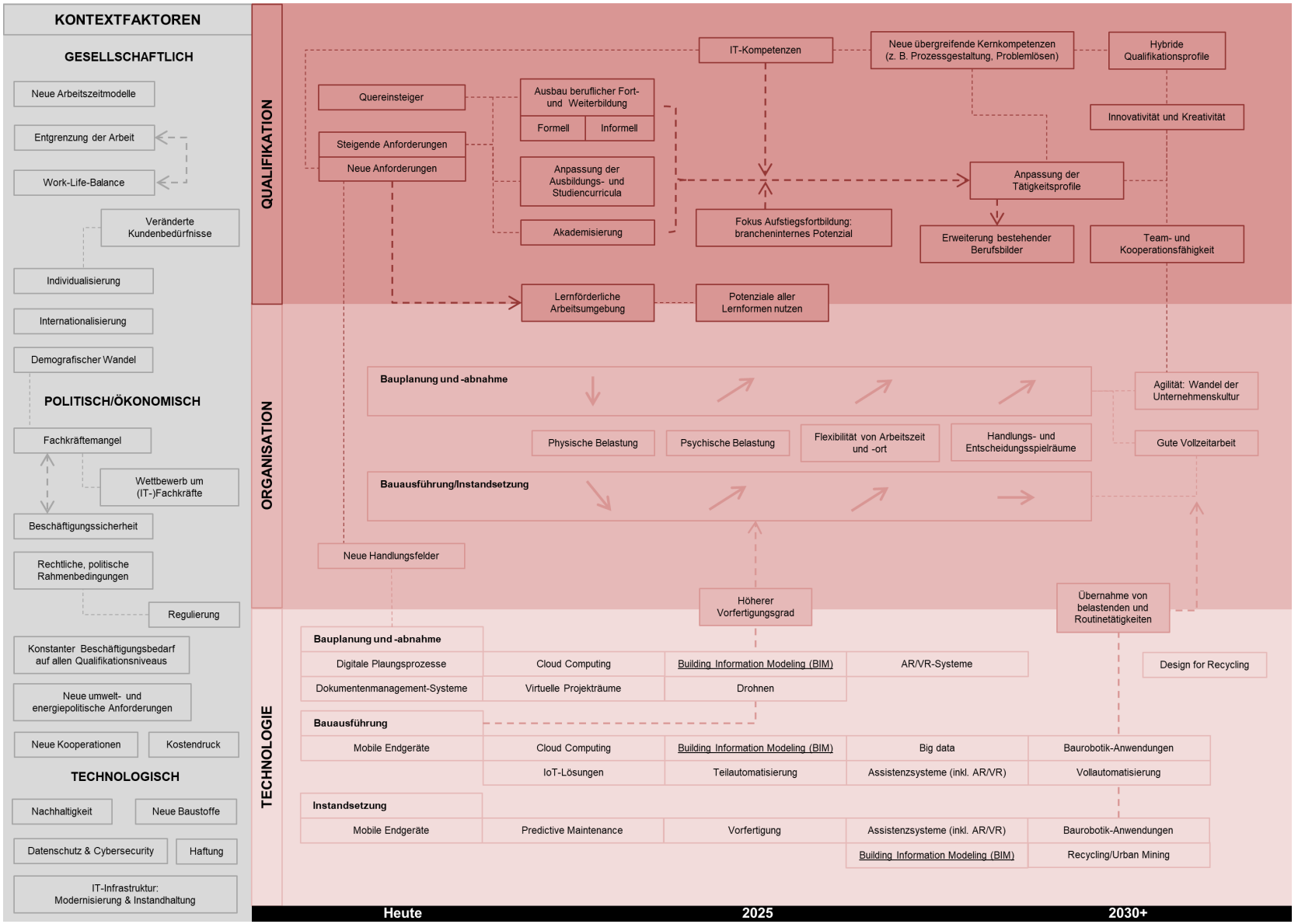
Wenngleich die Beurteilung des Baugewerbes im Rahmen der Delphi-Befragung nur eine persönliche Situationseinschätzung der Expertinnen und Experten zur aktuellen und perspektivischen Lage der Branche ist und keine empirisch gesicherten Befunde zulässt, so wird dennoch deutlich, dass die zentralen Aufgaben nicht nur rein technologischer Natur sind, sondern vielmehr in der Verschränkung mit arbeitsorganisatorischen und qualifikatorischen Herausforderungen liegen. Das Zusammenspiel der drei Dimensionen Technologie, Organisation und Qualifikation und ihre Auswirkungen auf Beschäftigte und Unternehmen werden im Folgenden näher beleuchtet. Die wesentlichen Aspekte und Wechselwirkungen von „Bauen 4.0“ werden im Zusammenhang erfasst und in einer zukunftsgerichteten Perspektive betrachtet. Dazu werden mögliche Szenarien für zukünftige Gestaltungspfade und wechselseitige Abhängigkeiten in einer synthetisierten Roadmap visualisiert (Abbildung 15).

[25] Vgl. https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/immobilien/kommt-der-wohnungsbau-zum-erliegen-mietenbremse-des-bundes-wird-auch-fuer-neubauten-gelten/24478638.html, aufgerufen am 27.09.2019.

[26] Vgl. https://www.energynet.de/2016/05/09/energieeffizienz-trend-der-baubranche/, aufgerufen am 27.09.2019.

[27] Vgl. https://merton-magazin.de/nachhaltiges-bauen-ist-nicht-nur-eine-frage-der-technik, aufgerufen am 27.09.2019.

Abbildung 15: Synthetisierte Roadmap



Quelle: Eigene Darstellung.

TECHNOLOGIE: BIM als Wandlungstreiber

Aufgrund des bisher eher geringen Digitalisierungsgrads im Baugewerbe besteht auf technologischer Ebene derzeit eine hohe Dynamik mit dem BIM als prägendsten Wandlungstreiber. Entsprechend BIM sollen alle Phasen eines Bauwerks in einem digitalen Datenmodell abgebildet werden, das entlang der Prozesskette – Planung, Bauausführung, Nutzung und Instandsetzung – als gemeinsame Basis aller Projektbeteiligten dient. Damit bietet BIM große Effizienzpotenziale und Transparenzeffekte. Gleichzeitig entstehen jedoch neue Hürden im Bereich der Standardisierung und Qualifikation, da BIM datenbasiert ist und es nutzbar für alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette sein soll.

Die Durchdringung neuer, digitaler Technologien verläuft in der Branche generell sehr unterschiedlich und ist abhängig von dem Tätigkeitsbereich und der Unternehmensgröße. In der Bauplanung und -abnahme stehen derzeit die Umsetzung digitaler Planungsprozesse im Vordergrund und die Umsetzung von weiteren Projektmanagement-Tools wie Dokumentenmanagement-Systemen und perspektivisch auch von virtuellen Projekträumen. Wichtige Umsetzungsbedingung ist neben der Anwendung von BIM die verstärkte Nutzung von Cloud Computing. In einem ähnlichen Zeithorizont – bis etwa 2025 – wird der zunehmende Einsatz von Drohnen (z. B. zur Überwachung des Baufortschritts an schwer zugänglich bzw. weit entfernten Bauobjekten) erwartet. Nach 2025 wird der verstärkte Einsatz von Mixed-Reality- und Smart-Glas-Systeme (Virtual Reality und Augmented Reality) erwartet. Dies gilt für alle Tätigkeitsbereiche der Baubranche; in der Bauausführung und Instandsetzung ergänzen derartige kognitiv unterstützende Anwendungen physische Assistenzsysteme, deren flächendeckender Einsatz bis 2030 vorhergesehen wird. Durch den ganzheitlichen Planungsansatz des BIM wird im Bereich der Bauplanung und -abnahme perspektivisch auch das Recycling von Baustoffen eine größere Rolle im Baudesign spielen.

In der Bauausführung sind mobile Endgeräte bereits weitestgehend verbreitet und dienen vor allem der Dokumentationsunterstützung und Prozesssteuerung. Für deren weitere Verbreitung sind der flächendeckende Einsatz von Cloud-Diensten und IOT-Lösungen bis 2025 wichtig und absehbar. Wichtige Zwischenschritte zur längerfristigen Vollautomatisierung von Baustellen sind die prognostizierte Teilautomatisierung und die Nutzung der Potenziale von Big Data zur Erfassung von Umgebungsdaten und Maschinenzuständen auf der Baustelle. Vergleichsweise große Unsicherheit besteht hinsichtlich des Einsatzes von Baurobotik. Der Anwendungshorizont ist voraussichtlich ab 2030 und darüber hinaus erwartbar. Im Bereich der Instandsetzung treten die beschriebenen technologischen Veränderungen mit leichter Verzögerung ein. Ein wichtiger spezifischer und langfristiger Trend besteht in der Rückgewinnung von Baumaterialien.

Insbesondere für Beschäftigte in den Bereichen der Bauausführung/Instandsetzung bringt die flächendeckende Anwendung und Nutzung digitaler Technologien perspektivisch weitreichende, arbeitsorganisatorische Folgen mit sich: Neben neuen Handlungsfeldern, welche auch Anpassungsbedarfe auf qualifikatorischer Ebene auslösen, wird der künftige Grad der Vorfertigung von Bauteilen und der Umfang der Übernahme von belastenden und Routinetätigkeiten über die Qualität der Arbeit im Baugewerbe (mit-)entscheiden.

ORGANISATION: Flexibilität macht den Unterschied

Die Tätigkeitsprofile von Beschäftigten der Bauplanung und -abnahme sowie der Bauausführung/Instandsetzung sind grundlegend zu unterscheiden. Erstere profitieren mit Blick auf die Qualität der Arbeit bereits von geringerer physischer Belastung und höherer Flexibilität. Perspektivisch werden die psychisch belastenden Aspekte der Arbeit in der Bauplanung und Bauabnahme jedoch zunehmen. In der Bauausführung und Instandsetzung eröffnen spezifische Technologieanwendungen, wie Exoskelette oder Baurobotik, neue physische Entlastungspotenziale. Die bedarfsgerechte Kombination aus Technologieeinsatz, körperlicher Entlastung und der Nutzung von Instrumenten zur Arbeitszeitflexibili-

sierung könnte perspektivisch auch zu eine höheren Arbeitsqualität für Beschäftigte der Bauausführung/Instandsetzung führen.

Unterschiede hinsichtlich der Organisationsstrukturen zwischen Beschäftigten in der Bauplanung und -abnahme sowie in der Bauausführung und Instandsetzung sind – neben diversen physisch und psychisch belastenden Faktoren – insbesondere in der örtlichen und zeitlichen Flexibilität der Arbeit zu verorten. Die Entwicklung der psychischen Belastung in der Bauplanung und -abnahme wie auch in der Bauausführung/Instandsetzung lässt sich empirisch nicht abschließend prognostizieren. Während beispielsweise dem BIM kognitive Entlastungspotenziale im Zuge der Angebotskalkulation für Bauprojekte und die Übernahme von Routinearbeit zugeschrieben werden, erwarten andere Branchenbeobachter (u. a. in der Delphi-Befragung) einen Anstieg der psychischen Belastung, die sich aus dem komplexer werdenden Schnittstellenmanagement, dezentralen Entscheidungsstrukturen und mehr Verantwortung für den einzelnen Mitarbeiter sowie einer Arbeitsverdichtung ergibt, z. B. die Überwachung einer höheren Anzahl von Baustellen. In der Bauausführung und Instandsetzung bieten sich durch die automatisierte Vorfertigung von Bauteilen und Komponenten zumindest teilweise psychische Entlastungspotenziale, da den Beschäftigten die Normalarbeitszeit und neue örtliche wie zeitliche Flexibilisierungspotenziale ermöglicht werden.

In diesem Zusammenhang ist auch absehbar, dass die Handlungs- und Entscheidungsspielräume im Sinne selbständigen Arbeitens bei Beschäftigten in der Bauplanung und Bauabnahme perspektivisch steigen werden. Für Beschäftigte in der Bauausführung/Instandsetzung sind diese Handlungs- und Entscheidungsspielräume stark von der jeweils eingesetzten Technologie, vom Tätigkeitsfeld und der Arbeitsumgebung abhängig. Im Zusammenspiel mit agilen Organisationstrukturen und einer weiterhin positiven Baukonjunktur ist absehbar, dass die Zahl der Beschäftigten mit guter Arbeit in Normalarbeitsverhältnissen weiter zunehmen wird, insbesondere in der Bauplanung und -abnahme.

QUALIFIKATION: Potenziale des brancheninternen Arbeitsmarktes ausschöpfen

Eine besondere Herausforderung für die Gestaltung von Aus- und Weiterbildung sind Quereinsteiger im Baugewerbe, die derzeit und zukünftig ein wichtiges Phänomen im Baugewerbe darstellen. Hinsichtlich steigender und neuer Anforderungen (vor allem im Umgang mit digitaler Technik) wird perspektivisch der Bedarf an Beschäftigten mit Hochschulabschluss und beruflicher Ausbildung weiter steigen. Der Anteil an Beschäftigten ohne formale Ausbildung dagegen wird sinken, wodurch sich der Fachkräfteengpass langfristig weiter verschärfen dürfte. Die daraus resultierenden stärkeren Anforderungen an die Leistungsfähigkeit betrieblicher und überbetrieblicher Strukturen der Aus- und Weiterbildung führen zu einer steigenden Bedeutung sowohl formeller wie informeller Qualifizierung.

Die Entwicklung neuer Instrumente für eine substanzielle Verstärkung der Aufstiegsqualifizierung resultiert auch aus dem potenziell größer werdenden Anteil an Quereinsteigern aus anderen Sektoren. Dieser Trend wird durch den anhaltenden Bedarf der Bauwirtschaft nach qualifiziertem Nachwuchs befördert und durch technologische Veränderungen befeuert. Neue Verfahren und Baustoffe werden an Bedeutung gewinnen und machen den Aufbau von Know-how z. B. im Bereich des Textilbetons notwendig. Dieser Aufbau wird perspektivisch auch durch die Anwerbung von Fachkräften aus Zulieferbranchen gedeckt werden müssen. Diese Entwicklung macht die vorausschauende Fortentwicklung bestehender Curricula und die Entwicklung neuer Strategien und didaktischen Konzepte nötig.

Mit Blick auf die Qualifizierungsinhalte ist neben der zunehmenden Relevanz von IT-Kompetenzen mit einer zunehmenden Bedeutung übergreifender Kompetenzen in der Prozessgestaltung zu rechnen, allgemeiner analytischer Fähigkeiten sowie komplexer, sozio-technische Zusammenhänge einbeziehender Problemlösungsfähigkeit. Über das technische Wissen und anwendungsorientierte Kompetenzen zum Umgang mit bestehenden und neuen Technologien hinaus werden sich daraus hybride Qualifikationsprofile entwickeln, die sowohl Team- und Kooperationsfähige als auch innovative und kreative Beschäftigte erfordern, die gleichwohl über ein solides Verständnis der technischen Zusammenhänge verfügen.

4.2 Technologie

4.2.1 Technologiebezogene Branchenbeschreibung

Der durch die Digitalisierung angestoßene, tiefgreifende gesellschaftliche und technologische Wandel wird zukünftig auch alle Segmente der Baubranche bestimmen, wie den Wohnungsbau, den gewerblichen und den öffentlichen Bau. Dieser Modernisierungsprozess steht dem Bauwesen – anders als in anderen Branchen – heute noch bevor, denn immer noch bilden konventionelle, 2D-gestützte Planungsunterlagen die Grundlage für den Gewerke übergreifenden Informationsaustausch, insbesondere in der Bauplanung und -abnahme (Borrmann, Lang & Petzold, 2018).

Gerade bauausführende Unternehmen – im Speziellen kleine und mittelständische Unternehmen – stehen unter hohem Kostendruck und sind gezwungen, ihre Effizienz in allen Geschäftsprozessen zu verbessern, um auch wettbewerbsfähig zu bleiben. Ausschlaggebend hierfür sind unter anderem die oftmals geringen Margen bei starkem Preiswettbewerb und hohen Risiken, mit denen die Umsetzung von Bauprojekten behaftet ist.[28] Hierbei maßgebend ist nach Branchensicht bei allen Bauprojekten das magische Dreieck der Projektziele aus Kosten, Zeit und Qualität. Die Digitalisierung und der Einsatz neuer Technologien bietet die Möglichkeit, Zeitverluste und Zusatzkosten durch aktuelle, digitale Planungsdaten zu vermeiden.

Im Sinne einer Branchendefinition fasst das Baugewerbe vor allem Leistungen der Planung und Ausführung sowie jegliche Veränderungen an Bauwerken zusammen. Die Einteilung der entsprechenden Wirtschaftszweige wurde 1996 im Zuge der Vereinheitlichung und Harmonisierung in der Europäischen Kommission neu gegliedert („EU-Systematik“)[29][30]:

- **Baunahe Dienstleistungen**, wie beispielsweise Architekten, Planer, Ingenieure
- **Vorbereitende Baustellenarbeiten**, wie Abbruch, Spreng- und Enttrümmerungsgewerbe, Erdarbeiten, Test- und Suchbohrungen

Maßgeblicher Träger der Bauwirtschaft sind jedoch die Bauunternehmen der unterschiedlichen Gewerke, die in nachstehenden Bereichen baurelevante Leistungen erbringen[31]:

- **Hoch- und Tiefbau** einschließlich Neubau, Renovierung und Sanierung: Hochbau, Brücken- und Tunnelbau u. Ä., Dachdeckerei, Abdichtung, Zimmerei, Straßenbau, Eisenbahnbau, Sportanlagen-, Wasser-, Spezialbau und sonstiger Tiefbau
- **Bauinstallation**: Gebäudetechnik wie Elektroinstallation, Dämmung gegen Kälte, Klima, Wärme, Feuer, Schall und Erschütterungen, Klempnerei, Gas-, Wasser-, Heizungs- und Lüftungsinstallation
- **Sonstiges Baugewerbe**: Gebäudeausstattungen wie Stuckateurgewerbe, Gipserei, Verputzerei, Bautischlerei, Fußboden-, Fliesen- und Plattenlegerei, Tapetenkleberei und Raumausstattung, Maler- und Glasergewerbe, Fassadenreinigung, Ofen- und Herdsetzerei
- Vermietung von **Baumaschinen und -geräten** mit Bedienpersonal: Baumaschinen, Werkzeuge, Messgeräte etc.

Nicht Teil des Baugewerbes sind die Baustoffindustrie (Holz, Kunststoffe, Keramik, Textil etc.), Bauchemie (Farben, Lacke, Beton etc.), Baubehörden und Bauforschungsinstitute sowie Bauträgergesell-

---

[28] Vgl. https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/bauwirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, abgerufen am 27.09.2019.

[29] Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Bauwirtschaft, abgerufen am 27.09.2019.

[30] Ergänzt wurden weitere Detailbeschreibungen aus PricewaterhouseCoopers GmbH [PwC] (2018).

[31] Die technologiebezogene Branchendefinition ist von der den quantitativen Analysen zugrundeliegenden Branchendefinition (Kapitel 2.3.1) zu unterscheiden.

schaften. Zudem lässt sich die Bauwirtschaft in handwerkliche Betriebe des Baugewerbes und mittelständische wie große Unternehmen der Bauindustrie unterteilen.[32]

Zur differenzierten Betrachtung des Technologieeinsatzes bietet der Lebenszyklus eines Bauobjektes (Abbildung 16) nach Goger, Piskernik und Urban (2017) eine hilfreiche Orientierung:

Abbildung 16: Lebenszyklus eines Bauobjektes

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

Der Lebenszyklus eines Bauobjektes startet mit einer **Vision** und einer **Projektstrategie** und verläuft weiter über die Phase der **Initiierung**, welche die Bedarfsplanung, projektspezifische Machbarkeitsstudien, die Analyse der Umsetzungsoptionen sowie die Erarbeitung von Finanzierungs- und Beschaffungsmodellen und der Standortsicherung zusammenfasst.[33]

Der nächste Umsetzungsschritt umfasst die **Planung** von Bauprojekten, beispielsweise die Klärung der Voraussetzungen für die Planungsgrundlagen, die integrale Vorentwurfsplanung zur Erarbeitung der übergreifenden Gebäude- und Systemstruktur, die integrale Entwurfsplanung zur Erarbeitung von Raum- und Systemstrukturen, die integrale Einreichungsplanung oder auch Genehmigungsplanung zur Erarbeitung notwendiger Dokumente und Einholung notwendiger Genehmigungen sowie die integrale Ausschreibungsplanung (Bundesinnung Bau, 2014).

---

[32] Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Bauwirtschaft, abgerufen am 27.09.2019.

[33] D.h. die Betrachtung der wesentlichen Standortfaktoren und sich hieraus abzeichnenden Konfliktsituationen.

Mit Abschluss der Planungsphase schließt sich die **Bauausführung** an. Diese umfasst die Werkplanung, also die ausführungsreife Planung des Bauwerks vor Ort, die bauliche Umsetzung, die Qualitätsfeststellung und Implementierung der Gebäudebewirtschaftung in der Inbetriebnahme sowie die Übergabe vom Projekt- zum Gebäudemanagement.

Mit der Übergabe der Betriebsverantwortung beginnt die eigentliche Nutzungsphase des Bauobjektes. Die **Nutzung** erstreckt sich über die Betriebseinführung, also die Einregulierung und Nachjustierung der Infrastruktur und entsprechenden Anlagen, die laufende Bewirtschaftung im Regelbetrieb, die Instandsetzung sowie die Planung, Vorbereitung und Realisierung von Bedarfsänderungen am Objekt im Falle einer veränderten Nutzung.

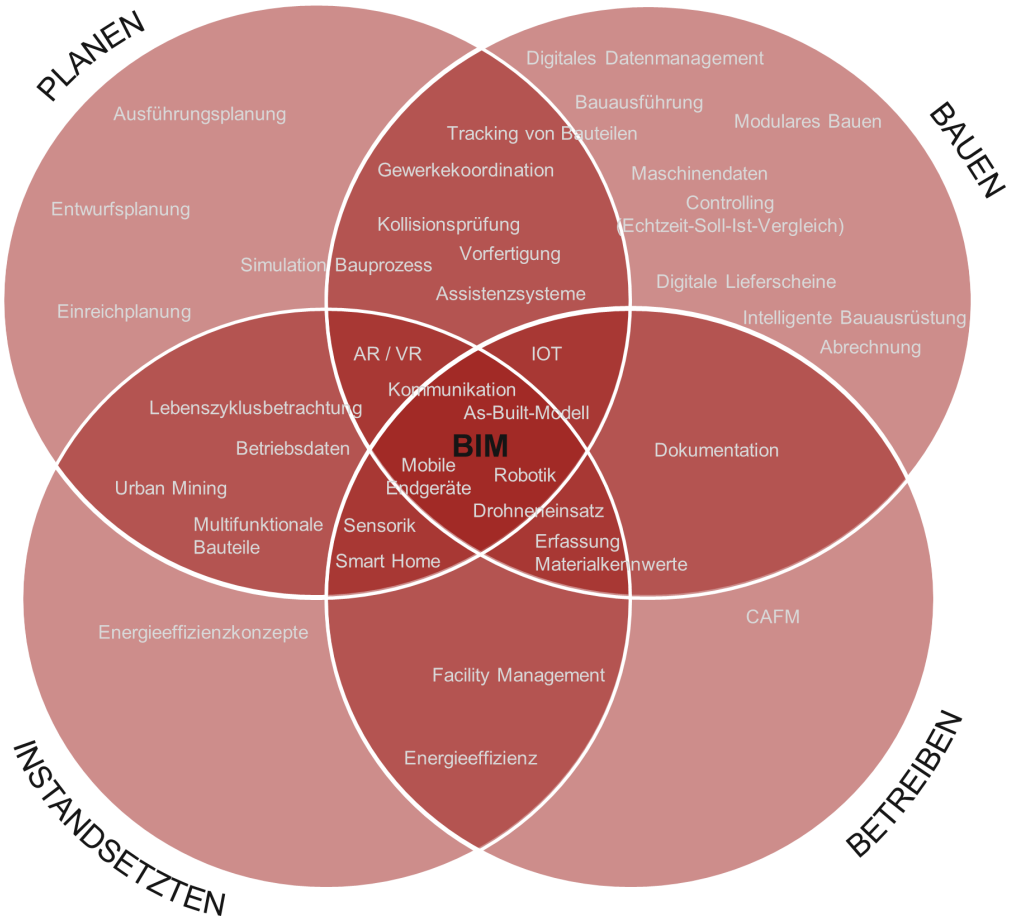
Mit dem Ende der Nutzungsphase wird das Lebenszyklus-Ende eines Bauobjektes eingeläutet. Im **Rückbau** werden der anteilige oder vollständige Rückbau des Objektes und die Neuentwicklung am Standort zusammengefasst. Hierzu zählen auch die Entsorgung bzw. das Recycling der verwendeten Baustoffe.

Nachfolgend liegt der technologiebezogene Betrachtungsfokus auf den Bereichen baunahe Dienstleistungen, Hoch- und Tiefbau, Bauinstallation, sonstiges Baugewerbe sowie Baumaschinen und Baugeräte. Dabei werden die Lebenszyklusphasen der Bauplanung, Bauausführung, Objektnutzung (inklusive Instandsetzung) prioritär betrachtet.

4.2.2 Digitalisierungstrends und Geschäftsfelder

In verschiedensten Branchenberichten wurde bereits eine Vielzahl an Technologietrends zusammengetragen. Roland Berger GmbH und UniCredit Bank AG (2016) haben beispielsweise aktuelle Branchentreiber identifiziert, z. B. Digitalisierung, Nachhaltigkeit, Urbanisierung, demografischer Wandel und weitere. Unterdessen geben Goger et al. (2017) eine Übersicht zum Einsatz von Technologien in den verschiedenen Phasen des Baulebenszyklus. Die hieraus stammende Abbildung wurde aktualisiert und um weitere Technologien und Phasen ergänzt (Abbildung 17).

Abbildung 17: Technologieeinsatz in unterschiedlichen Phasen des Bauobjektes



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

BIM als Treiber der Digitalisierung

Als Kernaspekt und wichtigster Treiber der Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette Bauwirtschaft gilt das Building Information Modeling (BIM) (Goger et al., 2017; Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016; Syben, 2018b), also die Bauwerksdatenmodellierung.[34][35] Ziel von BIM ist, alle Lebenszyklusphasen eines Bauwerks in einem digitalen Modell abzubilden, um eine kooperative, digitale Arbeitsgrundlage zu schaffen (Goger et al., 2017; Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016; Syben, 2018b). Dies Modell umfasst alle relevanten Informationen aus dem Lebenszyklus eines Bauwerks in Abbildung 1. Das entstehende Datenmodell dient der Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligter Instanzen (Syben, 2018b). In Anlehnung an die Definitionsmerkmale der „Industrie 4.0“

[34] Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Digitalisierung.html, aufgerufen am 27.09.2019.

[35] Vgl. https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/bauwirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, abgerufen am 27.09.2019.

von Ittermann, Niehaus und Hirsch-Kreinsen (2015) wird die technisch induzierte Umstrukturierung der Branche als „Bauen 4.0“ bezeichnet (Syben, 2018b).

Das BIM liefert neben der 3D-Darstellung aller Gewerke im Idealfall auch alle Informationen zu Materialqualitäten, zum zeitlichen Verlauf sowie den Kosten für die Bauausführung und die Objektnutzung. Bisher stellt dieser umfassende Ansatz des sogenannten „Big BIM“ viele Unternehmen noch vor große Herausforderungen: Unklare Prozessabläufe und fehlende bzw. interoperable Schnittstellen zwischen den Projektbeteiligten sowie rechtliche Fragen, beispielsweise zu Verantwortlichkeiten, stellen hierbei die größten Hürden dar. Doch auch der Einsatz von BIM in bestimmten Teilbereichen eines Bauprojektes („Little BIM“) bietet schon erhebliche Vorteile (Goger et al., 2017).

Wichtige Voraussetzung für einen flächendeckenden Einsatz des BIM ist die Festlegung eines einheitlichen Vokabulars, technischer Regelungen, die Sicherstellung der Interoperabilität verschiedener technischer Komponenten und Lösungen sowie einheitlicher Prüfkriterien.

Verbindliche Angaben über den derzeitigen Verbreitungsgrad von BIM in Deutschland liegen noch nicht vor. Jedoch gibt es aus weiteren europäischen Ländern (z. B. Schweden, Norwegen, Niederlande, Frankreich) bereits diverse Einführungsziele und Verfahrensregeln zur Antragsvergabe für den öffentlichen Gebäudebau.

In Deutschland wird die Verbreitung des BIM durch eine Offensive zur Digitalisierung der Bundesregierung in Deutschland seit 2015 gefördert.[36] Das VDI-Wissensforum fasst die enthaltenen Punkte folgendermaßen zusammen[37]: „Im Stufenplan des deutschen BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) wird der Weg zur Anwendung des digitalen Planens, Bauens und Betreibens dargestellt. Hierbei werden im Konzept der zeitliche Ablauf und die Mindestkriterien für ein erstes Leistungsniveau der Methode ‚Building Information Modeling‘ beschrieben.“[38] Ziel des Stufenplans, nach Abschluss der Vorbereitungs- und Pilotphase, ist die schrittweise Einführung des BIM im Zuständigkeitsbereich des BMVI bis 2020.[39] Anschließend soll es für alle neu zu planenden Projekte des deutschen BMVI verbindlich werden.[40] Weitere Informationen zum Umsetzungsstand des Stufenplans sind auf der zugehörigen Website BIM4INFRA 2020 nachzulesen.[41]

Aktuelle Ergebnisse der BIM-Standardisierung

Die Regelungen für einen flächendeckenden BIM-Einsatz werden derzeit auf internationaler Ebene erarbeitet, auf nationaler Ebene übersetzt und sollen anschließend in das Regelwerk überführt werden. Wichtige Arbeitsergebnisse und Zuständigkeiten in den nationalen, europäischen und internationalen Normungsausschüssen sind z. B. (Abbildung 18):

- Die CEN/TC 442 Building Information Modeling (BIM) befindet sich in der Entstehung; sie beinhaltet die europaweite Standardisierung im Bereich BIM bez. Definitionen, Beschreibungen, Austausch, Überwachung und Aufzeichnung von Daten und deren Prozessen.[42]

---

[36] Vgl. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2015/152-dobrindt-stufenplan-bim.html, aufgerufen am 27.09.2019.

[37] Vgl. https://www.vdi-wissensforum.de/news/wie-sie-mit-bim-standards-innovative-planungsmethoden-ermoeglichen/, aufgerufen am 27.09.2019.

[38] Vgl. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile, aufgerufen am 27.09.2019.

[39] https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/bauwirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, abgerufen am 27.09.2019.

[40] Vgl. https://www.vdi-wissensforum.de/news/wie-sie-mit-bim-standards-innovative-planungsmethoden-ermoeglichen/, aufgerufen am 27.09.2019.

[41] Vgl. https://bim4infra.de/, aufgerufen am 07.10.2019.

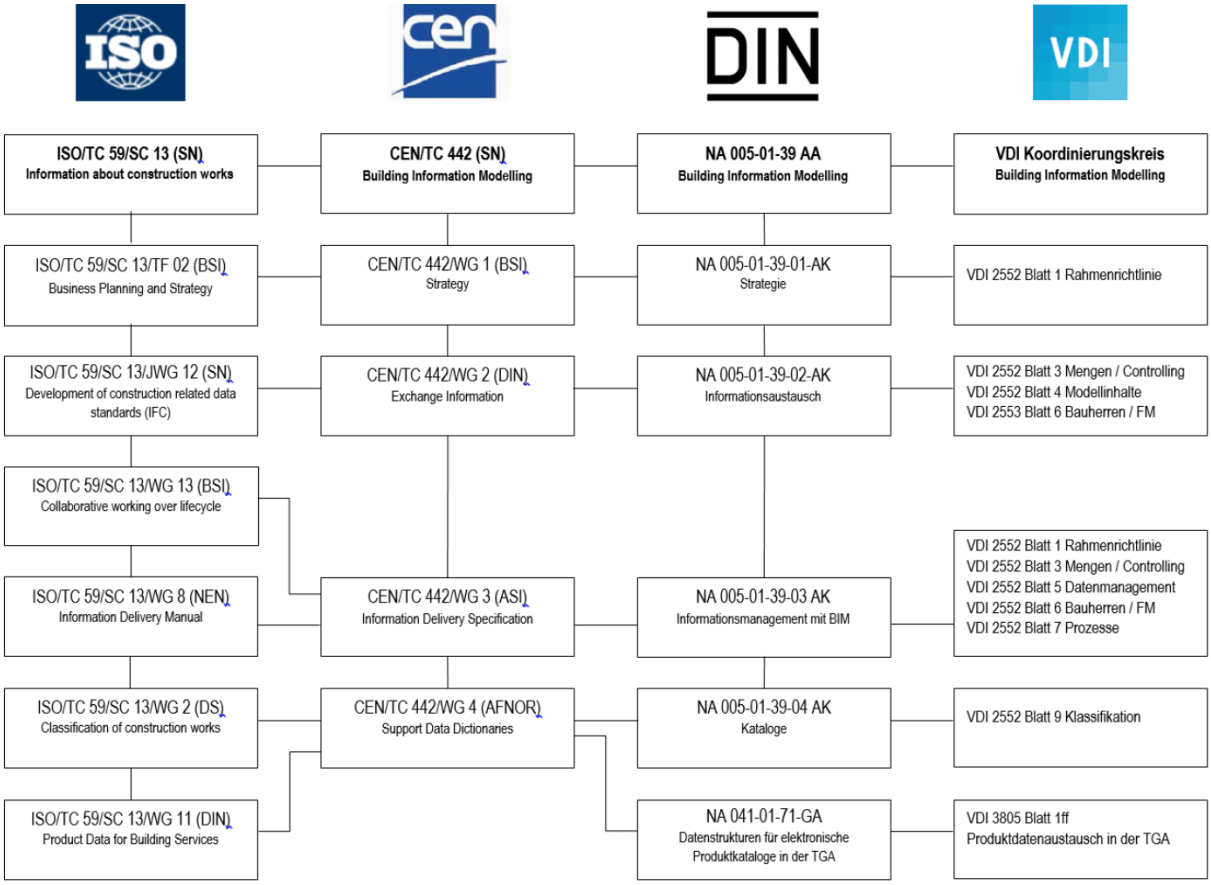
[42] Vgl. https://www.vdi-wissensforum.de/news/wie-sie-mit-bim-standards-innovative-planungsmethoden-ermoeglichen/, aufgerufen am 27.09.2019.

- Die nationale Normung im Bereich Bauwerke wird im Wesentlichen in den Normenausschüssen Bauwesen (NA Bau), Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS) und im Fachnormenausschuss Lichttechnik (FNL) durchgeführt.[43]

Im Jahresbericht des DIN werden die nationalen Aktivitäten hierzu genauer beschrieben:

- Das Arbeitsgebiet des NA 005-01-39 AA „BIM - Building Information Modeling“ umfasst die Erarbeitung und Pflege normativer Dokumente zum Themengebiet „Building Information Modeling“ sowie die Spiegelung der Arbeiten zum gleichen Themengebiet auf europäischer (CEN/TC 442) und internationaler Ebene (ISO/TC 59/SC 13).
- Das Arbeitsgebiet des NA 005-01-39-01 AK „Arbeitskreis Strategie (BIM - Building Information Modeling“ umfasst die europäische Spiegelung der Arbeiten von CEN/TC 442/WG 1 „Terminologie“ und CEN/TC 442/WG 5/TG 2 „Strategie und Planung“ sowie auf internationaler Ebene die Spiegelung der Arbeiten von ISO/TC 59/SC 13/TF 01 „Terminology“ und ISO/TC 59/SC 13/TF 02 „Business Planning and Strategy“. Der Arbeitskreis befasst sich, neben der Terminologie, zumeist mit strategischen Themen.
- Das Arbeitsgebiet des Arbeitskreises NA 005-01-39-04 AK „Datenstrukturen für BIM-Kataloge“ umfasst die europäische Spiegelung von Arbeiten der CEN/TC 442/WG 4 „Unterstützende Datenwörterbücher Merkmalsdefinitionen und Server“ und auf internationaler Ebene der von ISO/TC 59/SC 13/WG 6 „Framework for object-oriented information exchange“.

Abbildung 18: Übersicht und Zuordnung der zuständigen Gremien für die BIM-Standardisierung



Quelle: AEC3 Deutschland GmbH. [44]

[43] https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nabau, aufgerufen am 07.10.2019.

[44] Vgl. https://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=File.download&id=6395&name=03_Dr.Thomas+Liebich_BIM-Standardisierung_CEN-DIN_Austausch+mit+Verb%C3%A4nden.pdf, aufgerufen am 27.09.2019.

Weitere Digitalisierungstrends

Eine Ursache für die vergleichsweise schleppende Einführung von BIM in Deutschland wird in der kleinteiligen Betriebsstruktur der Branche gesehen. Unklar ist jedoch bisher, wie sich BIM in der Bausanierung im Bestandsbau einsetzen lässt, die rund 40 % des Bauvolumens ausmacht (Syben, 2018b).

Eine Einschätzung der Potenziale durch den Einsatz von BIM werden in Syben (2018b) zusammengefasst: Sie reichen von Qualitätsverbesserungen über die Transparenz von Angeboten, der Planungsoptimierung und Kollisionsvermeidung im Bauablauf. Eine weitergehende Analyse der möglichen Auswirkungen von BIM auf Arbeitstätigkeiten, -prozesse, -organisation, neue Arbeitsrollen sowie neue bzw. veränderte Kompetenzanforderungen werden in Syben (2018b) für das Baugewerbe skizziert.

In der Bauplanung steht – neben der grundlegenden Entwicklung des BIM – vor allem die technologische Umsetzung digitaler Planungsprozesse im Vordergrund, deren Grundvoraussetzung zunächst die zunehmende Verbreitung von BIM über Unternehmensgrenzen hinweg ist (Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016; Syben, 2018b)[45],[46]: Im Fokus stehen dabei vor allem virtuelle Projekträume, in denen alle Beteiligten eines Bauprojekts via Internet verbunden werden. Nach Experteneinschätzung werden derartige Projekt-Kommunikations-Management-Systeme in Zukunft verstärkt zum Einsatz kommen.[47] Hauptziele sind dabei Prozessaktualität, Geschwindigkeit, Dokumentation, Transparenz sowie Rechtssicherheit und damit eine höhere Qualität und Kostenersparnis im Bauprozess. Bisher werden diese Planungstools jedoch mehrheitlich von bauplanenden Unternehmen und weniger von bauausführenden eingesetzt, d.h., hier kommt es bei der Umsetzung der Planung meist zu einem Medienbruch. Dazu zählen auch der Einsatz von Bauprozess-Simulationen, die durchgängige und interoperable Umsetzung der Gewerkekoordination, Kollisionsprüfung, Baustellensteuerung sowie der flächendeckende Einsatz von Dokumenten-Management-Systemen (DMS).[48] Aber auch der Einsatz neuer Kommunikationswege, um Baupläne, Formulare und Checklisten in digitaler Form mit entsprechenden Rechte- und Rollensystem bereitzustellen, ist hierbei bedeutsam.

Hingegen spielt in der Bauausführung vor allem der anwendungsnahe Technologieeinsatz eine stärkere Rolle (Syben, 2018b). Ein großer Schwerpunkt ist der Einsatz mobiler Endgeräte (Syben, 2018b)[49],[50]: Mobile Endgeräte sind in der Branche schon weiterverbreitet und werden als Dokumentationsunterstützung für das Aufmaßnehmen und für die Abnahme eingesetzt. Spezielle Technologien, wie das Geographic Information Systems (GIS) und das 3D-Laserscanning (Syben, 2018b), bieten hier weitere Funktionserweiterungen. Auch die Nutzung zur Unterstützung kaufmännischer Abläufe ist möglich, findet aber noch nicht gleiche Verbreitung. Hier sollen Business-Intelligence-Lösungen (Syben, 2018b) mit aktuellen Informationen unterstützen, indem sie alle relevanten Projekt- und Unternehmensdaten aus den verschiedensten Datenquellen verknüpfen, zu aussagekräftigen Entscheidungsgrundlagen verdichten und mobil bereitstellen.[51] Grundvoraussetzung dafür ist wiederum BIM. Papiergebundene Vorgehensweisen verursachen hingegen oft unnötige Zeitverluste und Zusatzkos-

---

[45] Vgl. https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/bauwirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, abgerufen am 27.09.2019.

[46] Vgl. https://www.vodafone.de/business/featured/digitales-business/digitale-geschaeftsprozesse/digitalisierung-in-der-baubranche-herausforderungen-trends/, aufgerufen am 27.09.2019.

[47] Vgl. https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, aufgerufen am 27.09.2019.

[48] Vgl. https://www.vodafone.de/business/featured/digitales-business/digitale-geschaeftsprozesse/digitalisierung-in-der-baubranche-herausforderungen-trends/, aufgerufen am 27.09.2019.

[49] Vgl. https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, aufgerufen am 27.09.2019.

[50] Vgl. https://www.vodafone.de/business/featured/digitales-business/digitale-geschaeftsprozesse/digitalisierung-in-der-baubranche-herausforderungen-trends/, aufgerufen am 27.09.2019.

[51] Vgl. https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, aufgerufen am 27.09.2019.

ten. Baupläne, Formulare und Checklisten liegen mittels BIM in digitaler Form vor. Digitale Lieferscheine und Abrechnungen unterstützen den Soll-Ist-Vergleich und lassen sich nach genau zugeordneten Rechten über ein zentrales System im BIM verwalten.

Andere wichtige Voraussetzungen für die weitere Verbreitung mobiler Endgeräte und Applikationen zur Prozesssteuerung in der Bauausführung sind private und öffentliche Cloud-Dienste sowie der flächendeckende Einsatz von IOT-Lösungen (IOT – Internet of Things) (Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016).[52],[53] Damit gemeint ist die Vernetzung von Maschinen, Fahrzeugen, Verbrauchsmaterialien und Produkten, wie beispielsweise Bauteile und Unternehmen. Ziel ist die Vereinfachung des Schnittstellenmanagements in komplexen, fragmentierten Bauprozessen. Zum Einsatz kommen hierfür neben einfachen Funksensoren, GPS oder Radio Frequency Identification (RFID) zur Personaldatenerfassung und Baustellensicherung auch weitere Telemetrie-Sensoren, um Daten zur Zustandskontrolle und der aktuellen Position in Echtzeit zu liefern. Wichtige Grundlage ist die proaktive Wartung von Maschinen („Predictive Maintenance“), um die Wahrscheinlichkeit überraschender Stillstände zu minimieren und Bauverzögerungen auszuschließen.[54] Big-Data-Analysen können dazu eingesetzt werden, Abläufe und Arbeitsprozesse auf einer Baustelle zu optimieren, z. B. die Auslastung von Maschinen. Dabei stellt IT-Sicherheit eine der größten Herausforderungen dar.[55]

Ansätze für die Zukunft befassen sich mit der Automatisierung von Baustellen (Hardin & McCool, 2015; Kurmann, 2019a): Hierfür wird geplant, Maschinen mit weiterer Sensorik, wie Radar- und Laserscanner, Kameras, GPS-Chips, Neigungs-, Durchfluss-, Druck- und Ultraschallsensoren, sowie Rechenleistung auszustatten, um damit Umgebungsdaten sammeln und auswerten zu können. Neben dem flächendeckenden BIM-Einsatz sind zuverlässige Datenübertragungsmöglichkeiten und entsprechende, auf Baustellen angepasste neue Fertigungstechnologien die Voraussetzung. Nach Experteneinschätzungen könnte der Tiefbau hier eine Vorreiterrolle spielen. Bisher wird lediglich die automatisierte Vorfertigung (Hardin & McCool, 2015; Kurmann, 2019a; Syben, 2018b) von Bauteilen und Komponenten, z. B. in Verbindung mit 3D-Drucksysteme, in einigen Unternehmen umgesetzt. (Kurmann, 2019a; Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016).[56],[57] Wichtige Zukunftsfelder sind die Vorfertigung im Neubaubereich (besonders der Bereich Instandhaltung und Modernisierung), das modulare Bauen, der Fertigbau (Syben, 2018b) sowie das sogenannte Smart Construction (Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016). In der Teilautomatisierung sollen Baurobotik-Anwendungen (Syben, 2018b) und sensitive Leichtbauroboter nicht nur zur Fertigung von Bauteilen eingesetzt werden, sondern ebenfalls Baustellendaten sammeln, zur Verfügung stellen und bewerten.[58],[59],[60]

Weitere Schritte in Richtung Vollautomatisierung der Baustelle sind technische Assistenzsysteme für die Maschinenführung und die Teleoperation bzw. Fernsteuerung, beispielsweise von Kränen oder Baumaschinen in eingeschränkten Bereichen der Baustelle (Kurmann, 2019a). Hierzu sind entsprechende Sensorik-Systeme, Rechenleistung und Module für die Maschinensteuerung notwendig.

---

[52] Vgl. https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, aufgerufen am 27.09.2019.

[53] Vgl. https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, aufgerufen am 27.09.2019.

[54] Vgl. https://iot.telefonica.de/smart-construction-diese-iot-loesungen-revolutionieren-die-baubranche/, aufgerufen am 27.09.2019.

[55] Vgl. https://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/chancen-der-digitalisierung-fuer-die-baubranche/, aufgerufen am 27.09.2019.

[56] Vgl. https://www.karrierefuehrer.de/bauingenieure/digitalisierung-baubranche.html, aufgerufen am 29.07.2019.

[57] Vgl. https://www.vodafone.de/business/featured/digitales-business/digitale-geschaeftsprozesse/digitalisierung-in-der-baubranche-herausforderungen-trends/, aufgerufen am 27.09.2019.

[58] Vgl. https://www.karrierefuehrer.de/bauingenieure/digitalisierung-baubranche.html, aufgerufen am 29.07.2019.

[59] Vgl. https://www.vodafone.de/business/featured/digitales-business/digitale-geschaeftsprozesse/digitalisierung-in-der-baubranche-herausforderungen-trends/, aufgerufen am 27.09.2019.

[60] Vgl. https://www.karrierefuehrer.de/bauingenieure/digitalisierung-baubranche.html, aufgerufen am 29.07.2019.

Darüber hinaus haben Unterstützungstechnologien wie Mixed Reality und Smart-Glas-Anwendungen (also Virtual Reality – VR und Augmented Reality – AR) das Potenzial, Arbeitsweisen wie auch Arbeits- und Abstimmungsprozesse in der Bauindustrie grundlegend zu verändern (Syben, 2018b).[61] Virtuelle Begehungen und Sicherheitstrainings sowie neuartige Displays mit umfassenden Informationen zu den Abmaßen von Bauobjekten oder -materialien führen beispielweise zu einer Verringerung der notwendigen Vor-Ort-Präsenz und sind nur einige Anwendungsfelder. Dies gilt auch für den Einsatz von Flugdrohnen (Syben, 2018b), die beispielsweise mit 3D-Kammeratechnik Vermessungen vornehmen können, um so den Objektfortschritt zu dokumentieren oder Bauinspektionen von schwer zugänglichen Bauwerken durchzuführen.[62] Intelligente Schutzausrüstungen oder Exoskelette sollen zudem Beschäftigte in der Bauausführung schützen und Gefahrenquellen bzw. Unfälle deutlich reduzieren.[63]

Verschiedenste Potenziale in der Phase der Objektnutzung lassen sich nur dann voll ausschöpfen, wenn bereits in der Planungsphase ein geeignetes Betriebskonzept vorliegt. Dies gilt für die Sanierung und Instandsetzung von Baubeständen und die Errichtung von Neubauten gleichermaßen.[64] Im Bereich der modernen Gebäudeautomation verdrängen Mikroprozessoren immer mehr klassische analoge Regel- und Steuerungstechnik.[65] Neue Anwendungsfelder wie das Bauwerksmonitoring[64], die Gebäudeüberwachung (Syben, 2018b) sowie Smart Homes (Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016) oder Smart Buildings gehen weit über das reine Erfassen von Materialkennwerten (Syben, 2018b) hinaus und erfordern ebenfalls neue vorgelagerte Planungsansätze.[66],[67]

Branchentrends, teils durch die Technologen selbst getrieben, teils resultierend aus einem nachfragebezogenen Bedarf, bedingen ebenfalls die technologische Weiterentwicklung der Branche. Hierzu zählen insbesondere Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsaspekte, die Urbanisierung, auch der demografische Wandel und neue Materialien: Der digitale Wandel verändert stetig die Arbeitsprozesse in allen Bereichen von Unternehmen der Bauwirtschaft. Wichtige Themen treiben diese Entwicklung. Die Veränderungen vollziehen sich dabei weitgehend im Rahmen vorhandener Prozesse und etablierter Produktportfolios. Sie stellen daher einen inkrementellen Veränderungsprozess dar.

Schwerpunkt aktueller Anstrengungen im Nachhaltigkeitsbereich ist die Energie- und Ressourceneffizienz: Zu nennen sind vor allem das energetische Bauen, die Einsparung von Baumaterialen und der Leichtbau, intelligente Energieeffizienzkonzepte, Green Buildings, das sogenannte White Roofing, Wasseraufbereitung, Recycling und Urban Mining (also die Rückgewinnung von Baumaterialien) sowie sorptive Systeme, gebäudeintegrierte Solar- und Klimatechnik und der Einsatz von Biomasse (Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016; Syben, 2018b).[68],[68] Aber auch die Charakterisierung von Werkstoffen für das Recycling sowie Konzepte zur ganzheitlichen Bilanzierung (Ökobilanz, LCA, EEA, LCC, Stoffstrom- und Materialflussanalysen) sind Gegenstand aktueller Überlegungen.[69]

Im Bereich der Urbanisierung und des demografischer Wandels lassen sich vor allem folgende technologierelevante Trends nennen: Wohnraumverdichtung, die Umsetzung temporärer, veränderbarer Gebäude, Verbreitung sogenannter Micro Apartments, der unterirdische Wohnungsbau, modulares Bauen und sogenannte Systembaukästen, multifunktionale Bauteile zum Witterungsschutz, als Verschattungs- und Belüftungselemente oder als Träger für z. B. Photovoltaik-Module, barrierefreies

---

61 Vgl. https://www.capmo.de/bim/digitalisierung/digitale-trends-in-der-bauindustrie/, aufgerufen am 27.09.2019.
62 Vgl. https://www.capmo.de/bim/digitalisierung/digitale-trends-in-der-bauindustrie/, aufgerufen am 27.09.2019.
63 Vgl. https://www.capmo.de/bim/digitalisierung/digitale-trends-in-der-bauindustrie/, aufgerufen am 27.09.2019.
64 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Gebaeudeautomation.html, aufgerufen am 27.09.2019.
65 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Gebaeudeautomation.html, aufgerufen am 27.09.2019.
66 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Gebaeudeautomation.html, aufgerufen am 27.09.2019.
67 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Gebaeudeautomation.html, aufgerufen am 27.09.2019.
68 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Ressourceneffizienz.html, aufgerufen am 27.09.2019.
69 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Modularbau.html, aufgerufen am 27.09.2019.

Bauen und digitale Assistenzsysteme (Stichwort „Smart Home“) – die genannten Trends werden für die Branche immer wichtiger (Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG, 2016; Roland Berger GmbH, 2016; Syben, 2018b).[70][71] Auch innovative, neue Materialien und Baustoffe (sogenannte Advanced Materials) sind zunehmend Grundlage moderner Gebäude, denn der Trend zu mehr Flexibilität und Adaptivität von Gebäuden stellt zusätzliche Anforderungen an leichte und nachhaltige Materialien, funktionalisierte Verbundstoffe sowie Subsysteme und hybride Konstruktionssysteme aus z. B. nachwachsenden Rohstoffen (Syben, 2018b).[72][73]

Tabelle 7 fasst die Expertenmeinungen der Delphi-Befragten zusammen und gibt einen Überblick der wichtigsten Gestaltungsfelder und möglichen Anwendungen digitaler Technologien in den unterschiedlichen Bereichen der Bauwirtschaft.

Tabelle 7: Zukünftige Gestaltungsfelder der Baubranche

Schwerpunkte	▪ Wohnungsbau ▪ Infrastrukturbau
Digitalisierung	▪ Digitalisierung als Mittel zum Zweck für schnelles/termin- und qualitätsgerechtes Bauen – BIM als „Unternehmensphilosophie“ ▪ intelligente Gebäudesteuerung, Gebäudetechnik
Nachhaltigkeit	▪ Energetisches Bauen, Recycling und Entsorgung, energieeffizientes Bauen ▪ Energetische Sanierung ▪ Energieeffiziente Modernisierung im Bestand und energieeffizienter Neubau von Wohn- und Geschäftsgebäuden
Systembau, Vorfertigung	▪ Vorfertigung, bzw. alle Bereiche, in denen der Arbeitskräfteeinsatz deutlich zurückgefahren werden kann; betrifft sowohl den Neubau als auch Instandhaltung/Modernisierung. ▪ Ersatzneubau ▪ Systembau ▪ Elementiertes Bauen
Kooperation und Koordination	▪ Fähigkeit zur optimalen Baustellensteuerung mit rationellem Einsatz der Arbeitszeit ▪ Bauteamverfahren ▪ Serielles Bauen ▪ Planungsleistungen ▪ Transportoptimierung, damit verbunden eine effizientere Ablaufgestaltung ▪ Planen und Bauen aus einer Hand mit digitalen Tools
Demografie und Urbanisierung	▪ Anpassung des Wohnraumbedarfs an den demografischen Wandel, insbesondere in den Ballungsräumen ▪ Anpassung beim Wirtschafts- und öffentlichen wie Wohnungsbau an geänderte technologische Anforderungen ▪ Wohnformen für ältere Menschen, Altersgerechtes Wohnen ▪ Wohnraum für Normal- und Geringverdiener
Instandhaltung, Sanierung und Modernisierung	▪ Bauen im Bestand für die Bereiche Hoch- und Ausbau, also Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden ▪ Energetische Sanierungen von Bestandsgebäuden ▪ Leitungstiefbau ▪ Kanalsanierung ▪ Betoninstandsetzung an Brücken ▪ Smart Homes ▪ Sanierung für die Bereiche Tief- und Straßenbau
Branchenherausforderungen	▪ Fachkräfte ▪ Unbedingte Kostenreduzierung ▪ Industrialisierung der Produkte

Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

70 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Modularbau.html, aufgerufen am 27.09.2019.

71 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Gebaeudeautomation.html, aufgerufen am 27.09.2019.

72 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Baustoffe.html, aufgerufen am 27.09.2019.

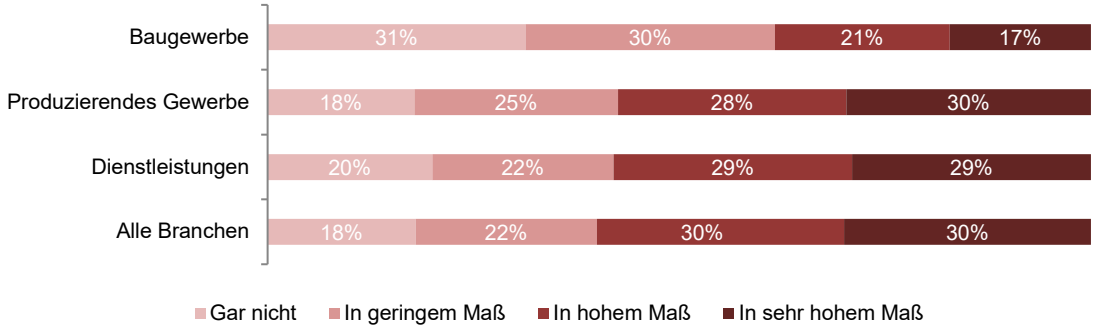
73 Vgl. https://www.bau.fraunhofer.de/de/forschungsbereiche/Modularbau.html, aufgerufen am 27.09.2019.

4.2.3 Anwendung digitaler Technologien

Die Veränderung der Arbeitswelt von Beschäftigten und speziell die Auswirkung der Digitalisierung wurde in der Sonderauswertung des DGB-Index Gute Arbeit 2016 mit dem Themenschwerpunkt „Digitalisierung der Arbeitswelt“ vertieft. Der Vergleich des Baugewerbes mit den Ergebnissen für das produzierende Gewerbe, den Dienstleistungssektor und alle Branchen zeigt jedoch, dass die Auswirkungen der Digitalisierung innerhalb der Baubranche nicht so stark wahrgenommen werden. Dies spiegelt sich in den Antworten zur Frage nach dem Maß der Betroffenheit der Beschäftigten durch die Digitalisierung wider (Abbildung 19). Hier gehen 61 % der befragten Delphi-Beschäftigten gar nicht oder nur im geringen Maße davon aus, dass die Digitalisierung Einfluss auf ihre Arbeit haben wird. Dies liegt deutlich über dem Durchschnitt aller Branchen mit nur 40 % und widerspricht der literaturbasierten Branchenmeinung in Teilen.

Abbildung 19: Verbreitung der Arbeit mit digitalen Mitteln, 2016

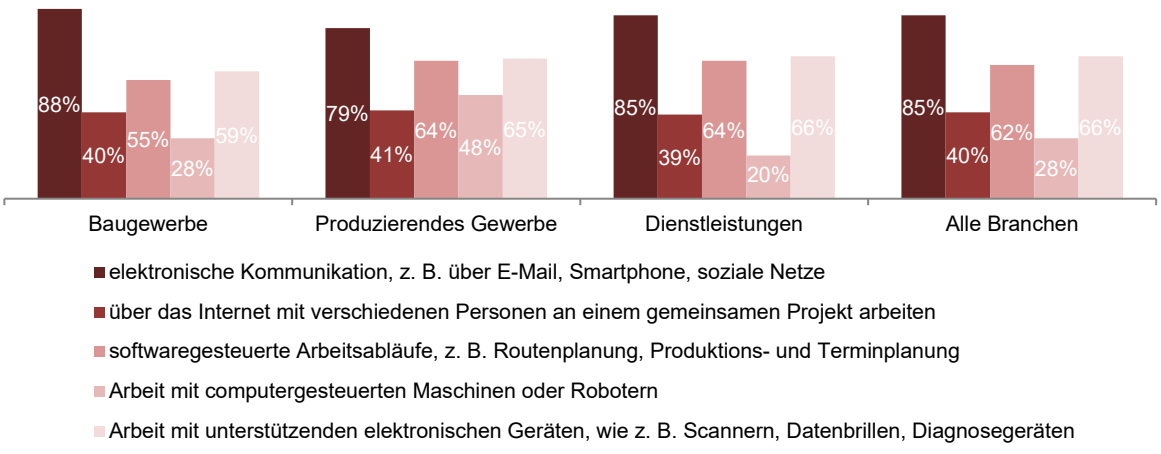
In welchem Maß betrifft die Digitalisierung auch Ihre Arbeit?



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

Wie Abbildung 20 zeigt, fallen hingegen die Angaben zur Verbreitung und Form digitaler Mittel im Baugewerbe im Vergleich zum produzierenden Gewerbe, dem Dienstleistungssektor sowie allen Branchen durchaus vergleichbar zum Branchenmittel aus. Dabei ist auffällig, dass bei der elektronischen Kommunikation, der Einbindung verschiedener Personen in ein Projekt über das Internet, softwaregestützten Arbeitsabläufen und der Arbeit mit unterstützenden elektronischen Geräten das Baugewerbe über den Durchschnittswerten aller weiteren Branchen liegt.

Abbildung 20: Verbreitung und Formen der Arbeit mit digitalen Mitteln, 2016



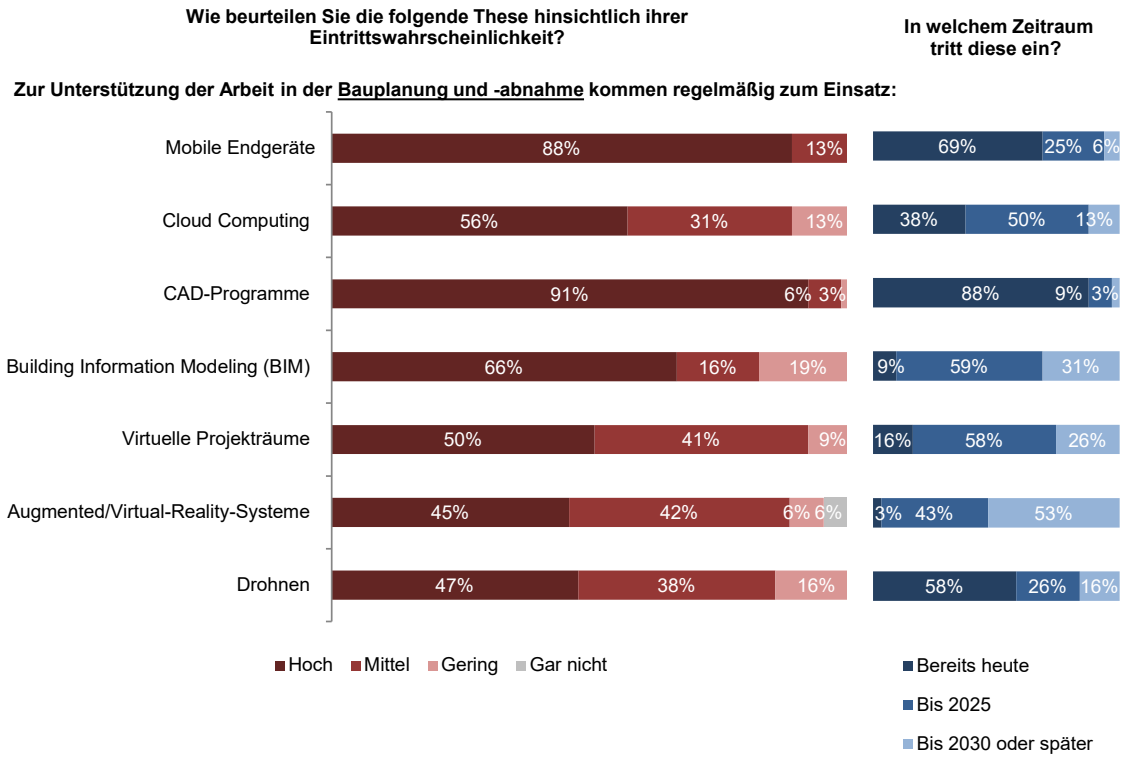
Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2016.

Wie kürzlich von Kurmann (2019a) skizziert, hat die Baubranche größeren Aufholbedarf im Bereich der Automatisierung, denn auf Baustellen sind Roboter noch immer eine Ausnahme. Mit der Automatisierung erhoffen sich Branchenexperten eine erhebliche Steigerung der Produktivität des Baugewerbes, die seit 30 Jahren unverändert unter dem Branchenmittelwert liegt (Kurmann, 2019a).

Hinzu kommt, dass sich die Einschätzung des zukünftigen Einsatzes technischer Assistenzsysteme in den unterschiedlichen Bauphasen deutlich unterscheidet. In der Bauplanung und -abnahme schätzen die Teilnehmer der Delphi-Befragung insgesamt die Einsatzwahrscheinlichkeit der angegebenen Assistenzsysteme mehrheitlich als mittel bis hoch ein. In der Bauausführung und Instandsetzung sind die Experteneinschätzungen hierzu deutlich zurückhaltender (Abbildung 21, Abbildung 22, Abbildung 23). Hohe Eintrittswahrscheinlichkeiten zeichnen sich insbesondere für Technologien ab, die bereits heute weit verbreitet zum Einsatz kommen, so beispielsweise mobile Endgeräte (Bauplanung und -abnahme 88 %, Bauausführung 91 % und Instandsetzung 83 %) sowie CAD-Programme (Bauplanung und -abnahme 91 %). Diese Ergebnisse stimmen mit anderen Branchenumfragen überein, wonach rund 68 % der Unternehmen bereits mobile Endgeräte als Arbeitsmittel einsetzen, um etwa Aufmaße zu erfassen oder Abnahmen vorzunehmen. Spezielle Technologien, wie das Geographic Information Systems (GIS) und das 3D-Laserscanning (BearingPoint GmbH, 2017), unterstützen hier bereits.

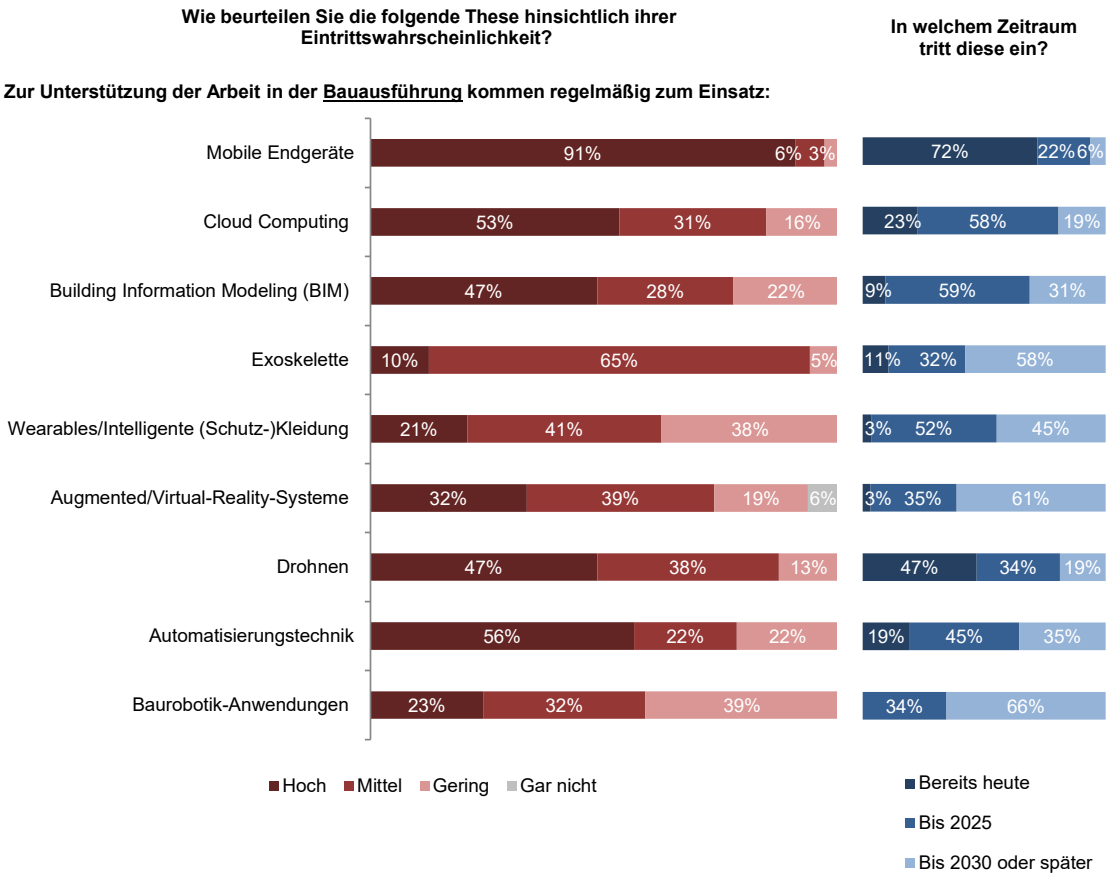
Technologietrends, deren flächendeckende Umsetzung eher bis 2025, 2030 oder später erwartet wird, werden von den Delphi-Befragten seltener mit einer hohen Wahrscheinlichkeit flächendeckender Umsetzung bewertet. Für BIM (Bauplanung und -abnahme 66 %), Cloud Computing (Bauplanung und -abnahme 56 %, Bauausführung 53 %), Virtuelle Projekträume (Bauplanung und -abnahme 50 %) und Automationstechnik (Bauausführung 56 %) wird der regelmäßige Einsatz erst bis 2025 erwartet. Drohnen kommen zwar laut Delphi-Befragung bereits heute zum Einsatz, die Befragten gehen aber dennoch nicht von einer absehbaren flächendeckenden Nutzung aus. Augmented/Virtual-Reality-Systeme sind nach der Einschätzung vor allem in der Bauplanung und -abnahme relevant, deren Einsatz wird aber erst nach 2030 terminiert.

Abbildung 21: Zukünftiger Einsatz von Assistenzsystemen in der Bauplanung und -abnahme



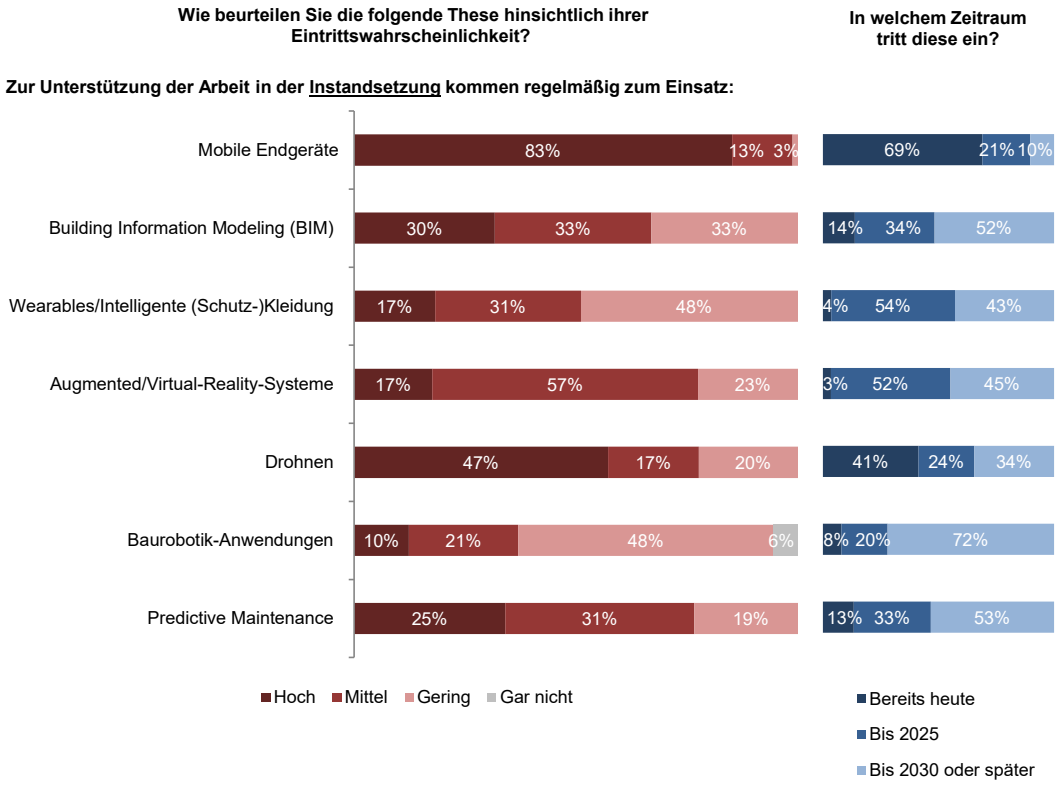
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Abbildung 22: Zukünftiger Einsatz von Assistenzsystemen in der Bauausführung



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Abbildung 23: Zukünftiger Einsatz von Assistenzsystemen in der Instandsetzung



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Großunternehmen übernehmen hinsichtlich der Umsetzung technologischer Neuerungen zumeist eine Vorreiterrolle – zum einen, um sich frühzeitig auf neue Herausforderungen einstellen zu können und zum anderen wegen der leichteren Umsetz- und Finanzbarkeit. KMU und Kleinstunternehmen, die jedoch prägend für die Baubranche sind, fehlt es häufig an Zeit, nötigem Wissen und finanziellen Mitteln, um den neuen Anforderungen im Zuge der Digitalisierung zu begegnen. Als größte Hemmnisse beim Einsatz der beschriebenen Assistenzsysteme wurden im Zuge des 1. und des 2. Zyklus der Delphi-Befragung folgende Punkte genannt:

- Die funktionale Trennung sowie die mangelnde Zusammenarbeit zwischen Planung und Bauausführung sowie die Vielzahl der beteiligten Akteure eines Bauvorhabens (Fragmentierung von Bauvorhaben)
- Datenschutz und Kompatibilität, da viele Anwendungen nicht systemübergreifend anwendbar und interoperabel sind.
- Keine flächendeckende Digitalisierung und viele (oft herstellerbezogene) Insel- bzw. Teillösungen
- Fehlende Standards (z. B. fehlende einheitliche BIM-Standards) bzw. die relativ große Produkt- und Anbietervielfalt.
- Mangelnde Fachkräfte bzw. Fachkenntnisse: Die Bedienung komplexer (Assistenz-)Systeme erfordert hohen Schulungsbedarf, der oft aus operativen und Ressourcengründen nicht ausreichend abgedeckt werden kann.
- Hoher Kostenaufwand für die Umsetzung, speziell für kleinere Unternehmen
- Altersstruktur kleiner Unternehmen mit geringer Technikaffinität bzw. Berührungsängsten der älteren Mitarbeitenden

Nach Einschätzung der befragten Expertinnen und Experten der 2. Delphi-Runde kann jedoch gerade durch verstärkten Einsatz technologischer Assistenzsysteme die Beschäftigungsfähigkeit von älteren Beschäftigten erhöht werden. Nach der Frage, welche technischen Assistenzsysteme die größten Potenziale für die Steigerung der Beschäftigungsfähigkeit älterer Beschäftigter in der Bauausführung und Instandsetzung bieten, wurden vor allem Hebezeuge, Systeme zur Anleitung von ergonomischen Arbeitsweisen, Beleuchtungssysteme, physische Arbeitshilfen wie Exoskelette oder die Fernsteuerung von Baumaschinen genannt.

4.2.4 Gestaltungsoptionen

- **Digitalisierungslücken überbrücken:** Derzeit gibt es eine „Digitalisierungslücke“ zwischen der Bauplanung mit sehr hohem Digitalisierungsgrad und der Bauausführung mit einem geringen Digitalisierungsgrad. Diese Lücke sollte über Ausbildungsinhalte und weitere Qualifizierungen sowie durch die Förderung digitaler Arbeitsmittel und Assistenzsysteme geschlossen werden. Experimentierräume können hier etwaige Anwendungshürden weiter minimieren.
- **Bedarfsgerechte Technologieauswahl und -umsetzung unterstützen:** Unternehmen haben aufgrund von Unterschieden in Mitarbeiterzahl und Vorqualifikation der Beschäftigten verschiedene Umsetzungsvoraussetzungen für den Einsatz aktueller und zukünftiger Technologietrends. Vor allem bei kleinen Unternehmen lässt sich eine große Umsetzungslücke feststellen. Um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit auch dieser Unternehmen zu erhalten und Beschäftigungssicherheit zu schaffen, ist es notwendig, zielgerichtete Umsetzungsmöglichkeiten für verschiedenste Unternehmensprofile und Geschäftsmodelle zu etablieren. Ein geeignetes Format wäre eine entsprechende Maßnahmentoolbox für Unternehmen, die zwischen Vertretern aus der Bauplanung, Bauumsetzung, Instandsetzung, Rückbau, Verbänden, Hochschulen und Politik abgestimmt und über die Handwerkskammern unter Nutzung unterschiedlicher Medien zu den Unternehmen kommuniziert wird.
- **FuE für nachhaltige Baustoffe weiter fördern:** Die klimaschädliche Wirkung des Zementeinsatzes rückt stärker in den Mittelpunkt der Betrachtung, insbesondere vor dem Hintergrund des stetig drängenden Themas der Ressourcenschonung und speziell im Kontext der sich verschärfenden Klimadebatte. Moderne Verbundwerkstoffe wie Carbonbeton und die Verwendung nachwachsender Baustoffe können hier einen wesentlichen Beitrag zur Einsparung von CO_2 liefern. Sie bilden damit – besonders nach einem Ende jahrelangen Booms in der Bauwirtschaft – ein erhebliches Marktpotenzial für Unternehmen, um zukunftsfähige, innovative Lösungen zu entwickeln. Um der Branche eine möglichst zügige Adaption der bereits bestehenden Technologien in diesem Bereich zu ermöglichen, erscheint die Förderung entsprechender Genehmigungs- und Normungsverfahren dringend geboten. Andernfalls könnte die deutsche Bauwirtschaft gegenüber der internationalen Konkurrenz den Anschluss verlieren, sollte sich in diesen Marktsegmenten aufgrund weniger strenger Regulierung die internationale Nachfrage stark ausweiten. Auch in Bezug auf den Umgang von Beschäftigten mit diesen neuen Werkstoffen ergibt sich politischer Handlungsbedarf. So verändert sich die Arbeitssituation für Beschäftigte in der Bauausführung potenziell erheblich, wenn sie im großen Umfang Textil- statt Stahlbeton verarbeiten würden. Gegenwärtig sieht die Praxis auf Baustellen noch so aus, dass Beschäftigte in schwerer Arbeitskluft und entsprechend robustem Schuhwerk über die Stahlgitter steigen und diese so erheblich belasten. Dies ist bei Carbonbeton nicht mehr in dieser Weise möglich. Für solche und andere, aus der Verwendung neuer Werkstoffe resultierende Veränderungen des Arbeitsalltages, müssen Beschäftigte entsprechend sensibilisiert und umgewöhnt werden. Daher ist es notwendig, frühzeitig in den Unternehmen Experimentierräume zum Umgang mit neuen Werkstoffen zu schaffen, um Erfahrungswerte dahingehend zu sammeln, worauf es bei der Gestaltung dieser Art des technologischen Wandels ankommt.
- **Vision der digitalen Transformation für das Handwerk erfahrbar machen:** Unterstützung des Handwerks bei Digitalisierung, beispielsweise durch das Fördern datenschutzgeprüfter Apps (statt WhatsApp). Der Fokus sollte auf niedrigschwelligen Unterstützungsansätzen über das eigene Handy liegen und im konkreten Projektkontext weiterentwickelt werden. Zudem sollten weitere Anreizsysteme für Digitalisierung geschaffen werden.

- **„Design-for-Recycling“-Ansatz stärken:** Bisher gibt es kaum Ansätze zur lebenszyklusübergreifenden Planung von Bauobjekten. In Pilotprojekten können Best Practices erarbeitet werden, um Bauobjekte ganzheitlich zu denken – von der Planung bis zum Rückbau („Design for recycling“).
- **Einsatz kollaborativer Robotersysteme fördern:** Betrifft neben der technologischen Ebene auch die Organisations- und Qualifikationsebene mit dem Ziel, die Attraktivität des Branchenimages zu steigern und Beschäftigung im Alter zu unterstützen, um dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Konkrete Handlungsebenen hierbei sind: Potenziale aufzeigen, Einsatz von Robotersystemen finanziell unterstützen und Praxisbeispiele schaffen, z. B. über INQA.

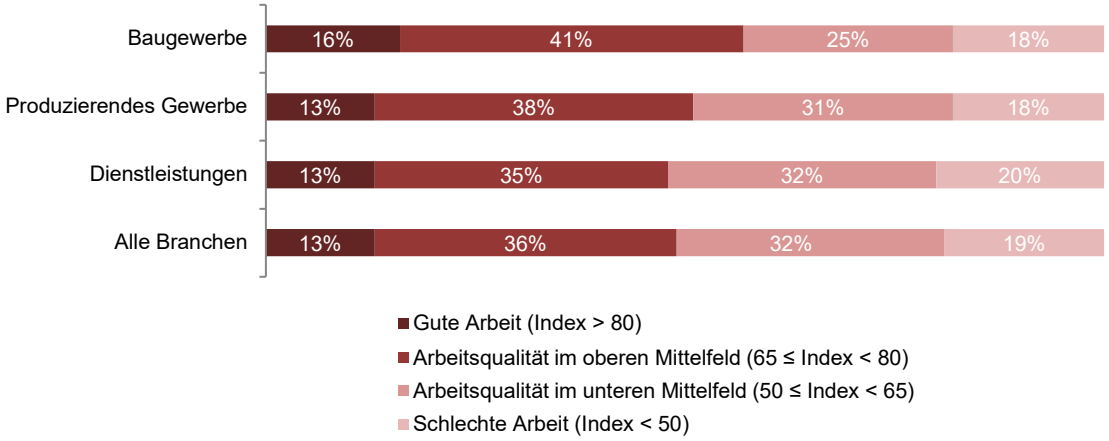
4.3 Organisation

4.3.1 Digitalisierung und Qualität der Arbeit

Ungeachtet der Digitalisierungsbestrebungen in der Bauplanung und -ausführung ist der Digitalisierungsgrad im Baugewerbe im Branchenvergleich noch recht gering. Vergleichsweise wenige Bauunternehmen haben die Digitalisierung bisher in ihrer Geschäftsstrategie verankert, obgleich die positiven Auswirkungen auf Geschäftsprozesse und Umsatzentwicklung von den Verantwortlichen durchaus gesehen werden (Deutsche Telekom AG, 2018). Die langsame digitale Transformation im Baugewerbe hat unmittelbaren Einfluss auf die Arbeitsorganisation in den Unternehmen und die Arbeitsqualität der Beschäftigten. Eine umfassende Betrachtung von Qualität der Arbeit in der digitalen Transformation liefert die entsprechende Sonderauswertung des DGB-Index Gute Arbeit 2016 mit dem Themenschwerpunkt „Die Digitalisierung der Arbeitswelt“ (Institut DGB-Index Gute Arbeit, 2016), deren Darstellung im Folgenden um die Ergebnisse des DGB-Index Gute Arbeit 2018 und die empirischen Befunde aus der branchenspezifischen Delphi-Befragung ergänzt werden.

Unter den branchenspezifischen Rahmenbedingungen beurteilen 16 % der Beschäftigten im Baugewerbe ihre Arbeitsqualität als „Gute Arbeit“. Nach Definition des DGB liegt „Gute Arbeit“ vor, wenn die Arbeitsbedingungen belastungsarm und entwicklungsförderlich sind. Die Arbeitsqualität berücksichtigt dabei Kriterien wie die Ressourcenausstattung, Einkommenssituation und Arbeitsplatzsicherheit (Fuchs, 2006). 41 % der Beschäftigten bewegen sich demnach im oberen Mittelfeld, weitere 25 % im unteren Mittelfeld (Abbildung 24). Der Kategorie „Schlechte Arbeit“ ordnen sich 18 % der Beschäftigten zu. Damit liegt die Arbeitsqualität im Baugewerbe – auf Basis der hier zugrunde liegenden Definition (Kapitel 2.3.1) – über dem Durchschnitt des produzierenden Gewerbes, des Dienstleistungsbereichs und aller Branchen.

Abbildung 24: Stufen der Arbeitsqualität des DGB-Index Gute Arbeit, 2018



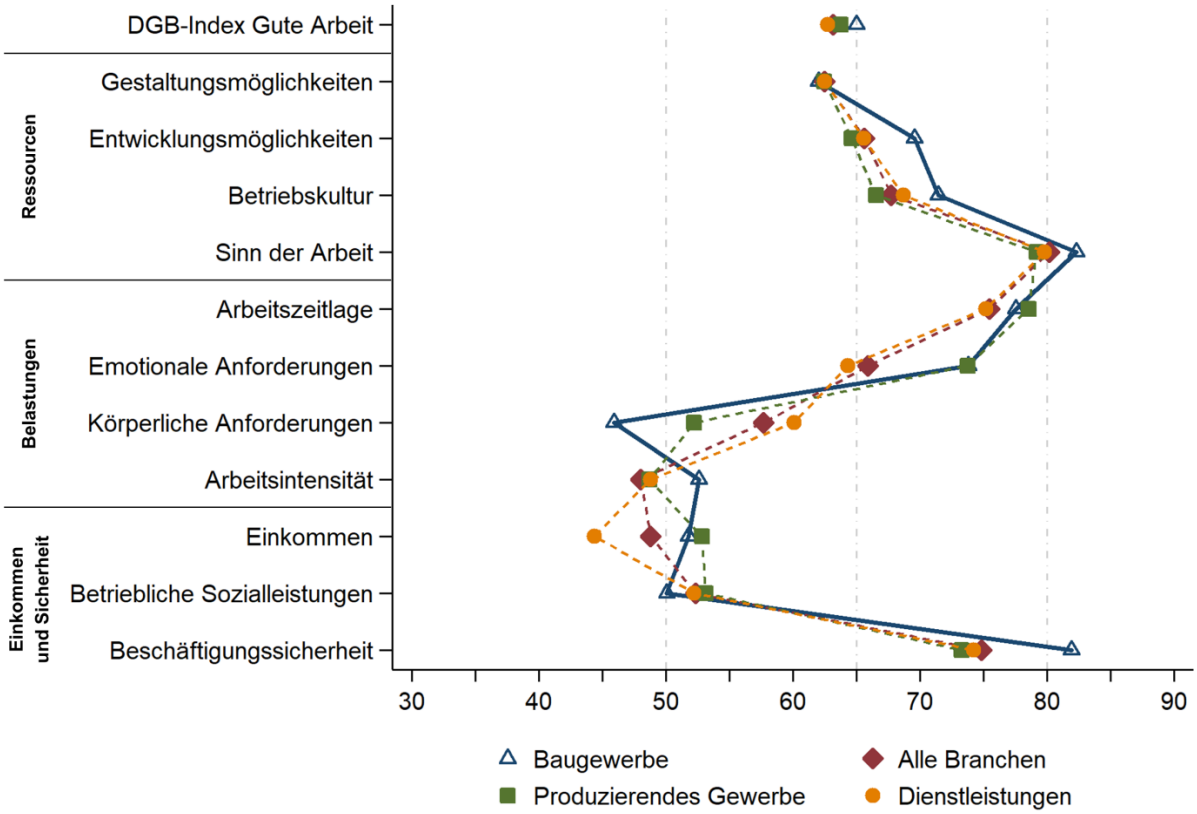
Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2018.

Die Gesamtbewertung des DGB-Index Gute Arbeit 2018 lässt sich nach elf Kriterien der Arbeitsqualität differenzieren (Abbildung 25). Dabei wird deutlich, dass die überdurchschnittliche Gesamtbewertung des Baugewerbes aus einer Mehrzahl positiv bewerteter Einzelkriterien resultiert. So schneidet die Branche in sechs von elf Kriterien besser ab als die Vergleichsgruppen. Besonders deutlich ist der Vorsprung im Bereich der Arbeitsressourcen, insbesondere in den Unterkategorien Entwicklungsmöglichkeiten, Betriebskultur und Sinn der Arbeit. In verschiedenen Studien zur Attraktivität der Baubranche bewerteten junge Berufseinsteiger die Vielseitigkeit ihres Berufs, den hohen Spezialisierungsgrad, die Kunden- und Teamorientierung, die große Eigenverantwortung sowie die positiven Beschäftigungsaussichten als wichtige Attraktivitätsmerkmale (Birkner, 2017; SOKA-BAU, 2014). Darüber hinaus ist es für sie wichtig, das Erlernte auch im privaten Kontext anwenden zu können. Mehr als die Hälfte der befragten Auszubildenden und drei Vierteil der jungen Facharbeiterinnen und Facharbeiter

strebten in den kommenden zehn Jahren eine Qualifikation zum Meister an. Unterdessen planten 28 % der Auszubildenden und 18 % der Facharbeitskräfte ein Studium an der Universität oder Fachhochschule (Birkner, 2017). Dementsprechend sind zusätzliche Qualifizierungsmöglichkeiten im Anschluss an die betriebliche und überbetriebliche Ausbildung am Bau wichtig für die Fachkräftegewinnung und -bindung.

Signifikant schlechter schneidet das Baugewerbe bei dem Kriterium der körperlichen Belastungen ab, während die Beschäftigten die Arbeitszeitlage vergleichbar bewerteten, die emotionalen Anforderungen und die Arbeitsintensität aber tendenziell besser zum Durchschnitt des Dienstleistungsbereichs sowie der Gesamtwirtschaft (Abbildung 25). Zu beachten ist an dieser Stelle jedoch, dass die DGB-Stichprobe keine Selbstständigen und weitgehend keine geringfügig Beschäftigten berücksichtigt (Umfragezentrum Bonn GmbH [uzbonn], 2018) sowie keine Unterscheidung zwischen Bauplanung und Bauausführung vornimmt. Die spezifischen Belastungen für Beschäftigte in diesen beiden sehr unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen werden daher im Folgenden anhand detaillierter Delphi-Ergebnisse dargestellt.

Abbildung 25: DGB-Index Gute Arbeit und Kriterien der Guten Arbeit, 2018

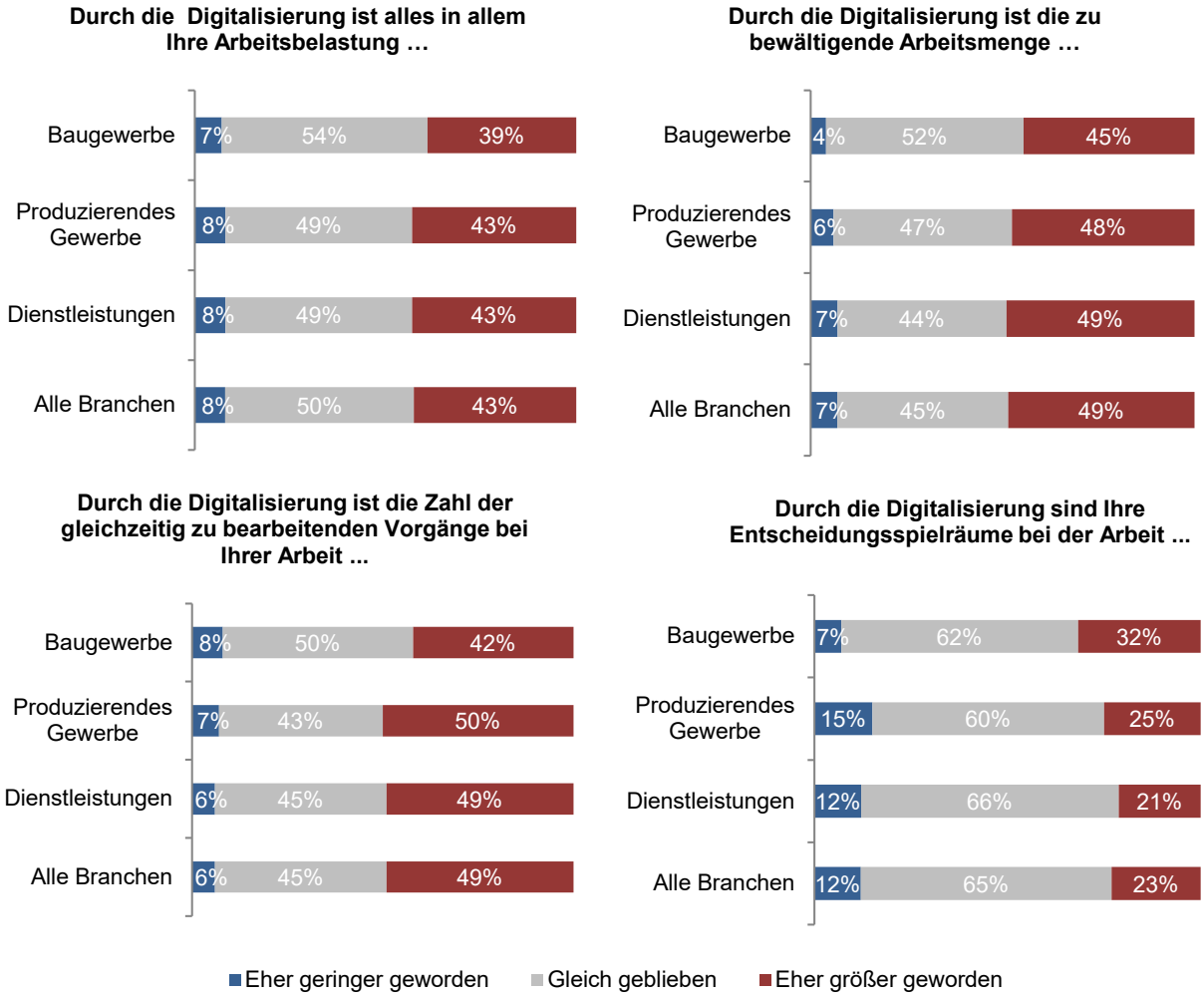


Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2018.

Der eher rückständige Digitalisierungsgrad im Baugewerbe (Deutsche Telekom AG, 2018) spiegelt sich in einem Branchenvergleich hinsichtlich der Auswirkungen von Digitalisierung auf die Arbeitsqualität wider. Im Rahmen der Sonderauswertung des DGB-Index Gute Arbeit 2016 gaben 54 % der Befragten im Baugewerbe an, dass die Arbeitsbelastung durch die Digitalisierung alles in allem gleich geblieben sei (Abbildung 26). Unterdessen schätzten 39 % der Befragten – und damit 4 Prozentpunkte weniger als im Durchschnitt des produzierenden Gewerbes, des Dienstleistungssektors und aller Branchen –, dass die Arbeitsbelastung mit der Digitalisierung alles in allem eher angestiegen sei. Darüber hinaus haben sich im Zuge der Digitalisierung bei 52 % der Beschäftigten im Baugewerbe die zu bewältigende Arbeitsmenge und bei 50 % die gleichzeitig zu bearbeitenden Vorgänge bei der Arbeit nicht verändert. Die Auswirkungen auf die Entscheidungsspielräume sind höher als in anderen Bran-

chen bzw. im Branchendurchschnitt: 32 % der Befragten in der Baubranche schätzten, dass die Digitalisierung ihre Entscheidungsspielräume bei der Arbeit eher vergrößert hat.

Abbildung 26: Folgen der Arbeit mit digitalen Mitteln aus Sicht der Beschäftigten, 2016

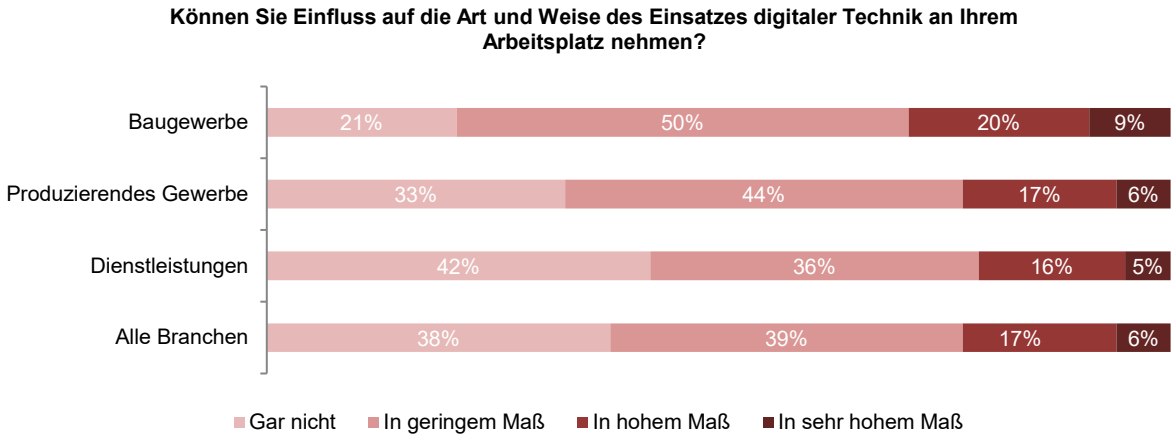


Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2016.

Diese Erkenntnisse zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitsqualität der Beschäftigten im Baugewerbe könnten auf mangelnde Einflussmöglichkeiten im Einsatz digitaler Technologien zurückzuführen sein. Demnach zeigen die Befragungsdaten des DGB-Index, dass insgesamt 71 % keinen oder nur geringen Einfluss auf die Art und Weise des Technologieeinsatzes an ihrem Arbeitsplatz haben (Abbildung 27). Dennoch zeigt sich im übergreifenden Branchenvergleich, dass tendenziell mehr Beschäftigte in der Baubranche in hohem Maß (20 %) bzw. sehr hohem Maß (9 %) Mitspracherecht bei der Art und Weise des Einsatzes digitaler Technik haben als in anderen Branchen bzw. im Durchschnitt über alle Branchen.

In der Gesamtschau kann die integrierte Betrachtung von Bauplanung und Bauausführung im DGB-Index Gute Arbeit 2016 und 2018 über tätigkeitsspezifische Auswirkungen der digitalen Transformation auf die Arbeitsqualität und -organisation in der Baubrauche hinwegtäuschen. Mit einer entsprechend differenzierten Delphi-Befragung können die besonderen Herausforderungen der Arbeitsorganisation beider Tätigkeitsbereiche nachgezeichnet werden.

Abbildung 27: Gestaltung der Arbeit mit digitalen Mitteln aus Sicht der Beschäftigten, 2016



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

Um einen besseren Einblick in die künftige Belastungssituation in der Baubranche zu erlangen, wurden die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung nach zu erwartenden Veränderungen der physischen und psychischen Arbeitsbelastung befragt. Dabei beziehen sich physische Belastungen unmittelbar auf das Kriterium der körperlichen Anforderungen im DGB-Index, während die psychischen Belastungen ein Querschnittsthema adressieren, das die Einzelkriterien des DGB-Index hinsichtlich Arbeitszeitlage, Arbeitsintensität und emotionaler Belastungen zusammenfassend abbildet. Mit Blick auf die Bauplanung und -abnahme geht ein Großteil der Befragten davon aus, dass die physische Arbeitsbelastung abnimmt (39 %) oder zumindest gleich bleibt (45 %, Abbildung 28).

Mit Bezug auf die Bauausführung und Instandsetzung geht die Mehrheit der Befragten davon aus, dass die physischen Belastungen abnehmen (50 %) bzw. stark abnehmen (3 %). Nach aktuellen Zahlen des DGB-Index 2018 zählt das Baugewerbe demnach zu den Branchen, in denen die Beschäftigten sehr häufig bzw. oft körperlich schwer sowie sehr häufig bzw. oft in ungünstigen Körperhaltungen arbeiten (neben Land-, Forst- und Gartenbauberufen und Pflegeberufen). Demnach umfassen die ungünstigen Körperhaltungen im Baugewerbe vor allem folgende Formen: gebückt/vorgeneigt arbeiten, im Hocken/auf Knien arbeiten, über Kopf/auf Schulterhöhe arbeiten sowie Arbeiten in anderen unbequemen Haltungen. Hinzu kommt, dass nur die Hälfte der Beschäftigten (52 %) in der DGB-Umfrage 2018 im Arbeitsalltag eine Entlastungsmöglichkeit von der ungünstigen Körperhaltung hat (z. B. durch eine weniger ungünstige Haltung oder eine zusätzliche Pause) (Institut DGB-Index Gute Arbeit, 2019). Auch erfordert die weiterhin bestehende Witterungsabhängigkeit der Bauarbeit Investitionen in ein belastungsreduzierendes Arbeitsumfeld – z. B. individuelle Schutzausrüstung, Zelte –, die nicht im erforderlichen Maße erfolgen (Gross et al., 2009).

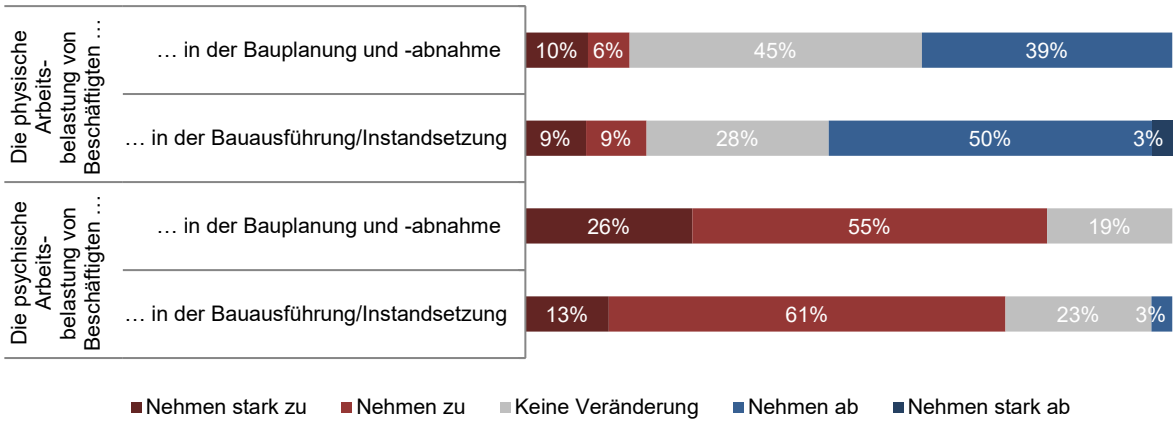
Vor diesem Hintergrund sehen die Delphi-Befragten perspektivisch besondere physische Entlastungspotenziale in der Vorfertigung von Bauelementen und Baustoffen („Elementiertes Bauen“), etwa durch die Vorfertigung mit automatisierter, hochpräziser CNC-Werkzeugtechnik. So kann auch die verbrachte Zeit in einer z. B. durch Lärm, Witterung und Staub belastungsreichen Umgebung wie einer Baustelle perspektivisch auf ein Minimum beschränkt werden. Gleiches gilt für Ansätze der Fernwartung und des dezentralen, ortsflexiblen Arbeitens, die ebenfalls zu einem effizienteren Zeiteinsatz für die Beschäftigten (z. B. durch Vermeidung langer Anreisezeiten zur Baustelle) und dadurch zu einer höheren Attraktivität des Bauberufs führen. Weiterhin sehen die Befragten physische Entlastungspotenziale in der Bauausführung und Instandsetzung durch leichtere Baustoffe und insbesondere den stärkeren Einsatz technischer Assistenz- und Unterstützungssysteme wie Exoskelette, Transporthilfen, Haltesysteme, ergonomische Werkzeuge, Hubbühnen und auch Drohnen. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine weitreichende Nutzerakzeptanz unter den Beschäftigten, die über eine hohe Gebrauchstauglichkeit (Usability) und ein stark positives Nutzungsempfinden (User Experience) erzeugt

werden kann. Durch den relativ niedrigen Digitalisierungsgrad der Baubranche, speziell der Tätigkeitsbereiche in der Bauausführung und Instandsetzung, ist das Vorgehen bei der betrieblichen Einführung derartiger Assistenz- und Unterstützungssysteme besonders bedeutsam, um eventuelle Vorbehalte abzubauen und das Nutzenversprechen für den operativen Arbeitsalltag zu verdeutlichen.

Auch stellen einige der Expertinnen und Experten in der Delphi-Befragung die Realisierung der beschriebenen physischen Entlastungspotenziale in absehbarer Zeit infrage. Als Gründe führen sie unter anderem auf, dass es an entsprechenden technischen Weiterentwicklungen im Bereich der Robotik fehle: „Zu viel muss noch händisch erledigt werden." Weiterhin werden die hohen Kosten für technische Assistenzsysteme thematisiert und angezweifelt, ob sich gerade kleinere Unternehmen die Anschaffung leisten können.

Abbildung 28 gibt ebenfalls einen Einblick in die erwarteten psychischen Arbeitsbelastungen in der Baubranche. Demnach geht die überwiegende Mehrheit der Befragten in der Delphi-Befragung davon aus, dass die psychischen Belastungen in der Bauplanung und -abnahme wie auch in der Bauausführung und Instandsetzung zunehmen bzw. stark zunehmen werden. Als Ursache geben sie vor allem Arbeitsverdichtung, höhere Effizienzanforderungen der Bauherren und geringe Automatisierungspotenziale der Facharbeit gegenüber den Helfertätigkeiten an („Viel Facharbeit ist Handarbeit!").

Abbildung 28: Zukünftige physische und psychische Belastung



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Diese Befunde konnten im Rahmen der zweiten Runde der Delphi-Befragung in Ansätzen konkretisiert werden: Hohe Belastungen sind demnach insbesondere auf Ebene der Arbeitsaufgabe zu verorten, z. B. Überforderung, Arbeitsintensität/Stress und belastende interaktive Arbeit. Spezifisch auf dieser Ebene erscheinen die psychischen Belastungen, die sich aus Tätigkeitsspielraum/Aufgabenvielfalt in der Bauplanung und -abnahme bzw. aus Störungen/Unterbrechungen in der Bauausführung und Instandsetzung ergeben. In diesem Zusammenhang bedingt die aufgabenbezogene Fragmentierung von Bauvorhaben eine hohe Zahl an Schnittstellen und damit ein hohes Maß an psychischer Belastung für die Verantwortlichen. Gross et al. (2009) fassen diesbezüglich zusammen: „Schnittstellen sind Fehlerquellen und beeinträchtigen alle relevanten Ziele des Bauprozesses: Produktivität, Qualität, Termintreue und Kundennutzen."

Auf Ebene der Arbeitszeit stechen eine fehlende Normalarbeitszeit, die in beiden Tätigkeitsbereichen – Bauplanung und -abnahme sowie Bauausführung/Instandsetzung – zu psychischen Belastungen führt, und die Erreichbarkeit außerhalb der regulären Arbeitszeit hervor, die insbesondere in der Bauplanung und -abnahme im Zusammenhang mit psychischen Beschwerden steht. Auf Ebene der Führung und Organisation ist die Mitarbeiterführung ausschlaggebend für die psychische Belastungssituation der Beschäftigten. Durch die hohen und veränderten Anforderungen auf Ebene der Arbeitsaufgabe zeichnet sich auch ein Wandel der Führungsbeziehungen ab. Spezifische Befunde für die Baubranche stehen noch aus, jedoch deuten branchenunabhängige Befunde darauf hin, dass insbeson-

dere der „Dialog auf Augenhöhe“ ein wichtiges Führungsinstrument ist, um die Flexibilität, Kreativität, Eigenverantwortlichkeit und damit auch die Zufriedenheit der Beschäftigten zu fördern. Dabei wird davon ausgegangen, dass die direkte Mitarbeiterführung weiterhin von Bedeutung sein wird, um den Beschäftigten – insbesondere unter den Rahmenbedingungen digitalisierter, sich stetig wandelnder komplexer Wertschöpfungsprozesse – Orientierung und Unterstützung zu geben (Weber, Thomson & Pundt, 2018).

Darüber hinaus nennen die Teilnehmenden der Delphi-Befragung auf Ebene der technischen Faktoren vor allem die technische Ausstattung in der Bauplanung und -abnahme sowie das Arbeitsumfeld (Lärm, Beleuchtung, Klima) in der Bauausführung und Instandsetzung als psychische Belastungsfaktoren für die Beschäftigten, wie auch das unmittelbare Wohnumfeld einer Baustelle. Ebenfalls perspektivisch geht jedoch beispielsweise Kurmann (2019b) davon aus, dass es die emissionsfreie Baustelle auch in Zukunft nicht geben wird: „Selbst wenn wir Gebäude stärker vorfertigen und vor Ort nur montieren, wird ein gewisser Lärm verursacht werden.“

In Bezug auf die Einführung von BIM als „neue Methode der Optimierung von Arbeitsprozessen und der interdisziplinären Abwicklung von Bauvorhaben“ (Syben, 2018b) steht zu vermuten, dass sie zu neuen, komplexen und IT-bezogenen Anforderungen und veränderten Tätigkeitsprofilen für die Beschäftigten führt, welche gegebenenfalls weitere psychische Belastungen bedingen. Dabei wird damit gerechnet, dass BIM im Zuge der Angebotsbearbeitung für die Ausführung eines Bauwerks von Routinearbeit entlastet und der Bauplaner sich besser auf ingenieurbezogene Tätigkeiten konzentrieren kann (Syben, 2018b). Obgleich sich durch BIM signifikante Entlastungspotenziale für die Bauleitung ergeben und größere Zeitfenster für die Betreuung der verantworteten Baustellen entstehen, erwartet Syben (2018b), dass die durch BIM erzielten Produktivitätsgewinne gleichermaßen zur Übertragung der Leitung und Überwachung einer höheren Anzahl von Bauvorhaben führt. In diesem Sinne kann BIM eine Aufgabenerweiterung bzw. Aufgabenverschiebung in der Bauplanung und -abnahme im Rahmen der bestehenden Tätigkeitsprofile bedingen. Dementsprechend bleiben die hohen psychischen Arbeitsbelastungen aus dem Arbeitsumfeld der Bauausführung und Instandsetzung auch perspektivisch – und trotz BIM – eine signifikante Gesundheitsgefahr auf der Baustelle.

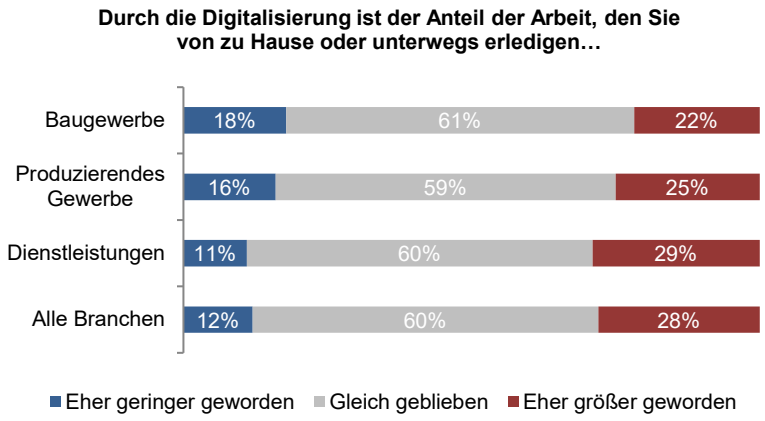
4.3.2 Flexibilisierungspotenziale in der Arbeitsorganisation

Flexibilisierungstendenzen in der Arbeitsorganisation lassen sich zumeist dem externen oder dem internen Umfeld von Unternehmen zuordnen. In beiden Bereichen steht die Anpassung an geänderte Anforderungen und Rahmenbedingungen der Arbeitswelt im Vordergrund: Die externe Flexibilisierung beschreibt im Wesentlichen die Schaffung und den Erhalt von Arbeitsverhältnissen außerhalb der unbefristeten Vollzeit. Die interne Flexibilisierung adressiert hingegen die unternehmensinterne Etablierung flexibler Arbeitszeitmodelle, die Einführung mobiler Arbeit und die daraus resultierende, zunehmende Verknüpfung der privaten und beruflichen Lebenswelt von Beschäftigten (Eichhorst & Tobsch, 2014). Brandt (2013) erweitert den Flexibilitätsbegriff um die Ebene der Nachhaltigkeit, die neben der aktuell erforderlichen Flexibilität auch die Fähigkeiten und Ressourcen in den Blick nimmt, die für die Sicherung der zukünftigen Leistungs- und Innovationsfähigkeit von Unternehmen wichtig sind, und die Grundlage für Gute Arbeit in einer mehrdimensional flexibilisierten Arbeitswelt schafft.

Im Bereich der externen Flexibilität zeigen sich im Baugewerbe eher rückläufige Flexibilisierungstendenzen und damit eine Zunahme an Beschäftigungsstabilität für die Mitarbeitenden: Waren die Beschäftigungsverhältnisse in der Vergangenheit eher befristet und stark von saisonalen Schwankungen bzw. nachfragebedingten Personalanpassungen gekennzeichnet (Brussig & Schwarzkopf, 2014), weist das Baugewerbe im aktuellen Branchenvergleich den geringsten Anteil an befristeten Neueinstellungen auf (Bossler, Gürtzgen, Kubis & Rebien, 2019). Damit folgt die Baubranche dem allgemeinen Trend zum Normalarbeitsverhältnis mit rückläufigem Anteil der atypischen Beschäftigung.[74]

Auf Ebene der unternehmensinternen Arbeitsorganisation war für die Bauproduktion bislang eine „Einzelfertigung im Kundenauftrag“ (Gross et al., 2009) charakteristisch, die zumeist an wechselnden Produktionsorten stattfindet. Die örtliche Flexibilität der Arbeit – mit Bezug auf die Tätigkeiten, die von zu Hause oder unterwegs erledigt werden können – schätzt der überwiegende Teil (61 %) der branchenzugehörigen Befragten im DGB-Index so ein, dass der ortsflexible Anteil an Arbeit im Zuge der Digitalisierung tendenziell gleich geblieben ist (Abbildung 29). Im Vergleich zum produzierenden Gewerbe, dem Dienstleistungssektor und dem branchenübergreifenden Schnitt glauben überdurchschnittlich viele Beschäftigte des Baugewerbes (18 %), dieser Anteil sei sogar geringer geworden– entsprechend weniger Beschäftigte gehen davon aus, dass der Anteil der Arbeit, der durch die Digitalisierung von zu Hause oder unterwegs erledigt wird, eher größer geworden ist (22 %). Hierbei ist zu vermuten, dass örtliche Flexibilität im Baugewerbe lediglich für Beschäftigte im Bereich der Bauplanung und -abnahme im Arbeitsalltag tatsächlich umsetzbar ist. Ein vergleichsweise geringerer Einfluss digitaler Arbeit auf die örtliche Flexibilität im Baugewerbe ist daher auch zu erwarten.

Abbildung 29: Einfluss der Digitalisierung auf die örtliche Flexibilität aus Beschäftigtensicht, 2016

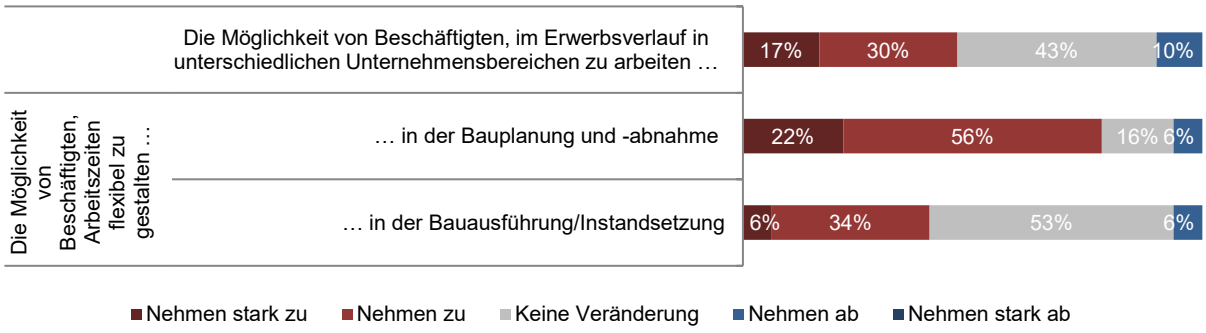


Quelle: Eigene Berechnung. DGB-Index Gute Arbeit 2016.

[74] Vgl. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/10/PD19_N04_132.html, aufgerufen am 27.09.2019.

Deutlich wird der Unterschied zwischen Beschäftigten der Bauplanung und -abnahme sowie der Bauausführung und Instandsetzung mit Blick auf die arbeitszeitliche Flexibilität (Abbildung 30): Die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung schätzen, dass in den kommenden zehn Jahren die Möglichkeit, Arbeitszeiten flexibel zu gestalten, vor allem Beschäftigten in der Bauplanung und -abnahme zugutekommen wird. Dieser These stimmen 78 % der Befragten zu (56 %) bzw. stark zu (22 %). Nur 40 % der Expertinnen und Experten erwarten diesen Trend auch für Beschäftigte in der Bauausführung und Instandsetzung. Eine zentrale Attraktivitätsfrage für die Zukunft der Baubranche wird daher sein, wie auch für Beschäftigte in der Bauausführung und Instandsetzung flexible(re) Arbeitszeitgestaltung ermöglicht werden kann. Bereits jetzt bestehen eine Reihe von Initiativen, die Arbeitszeit zu flexibilisieren. So fordert beispielsweise der Bauverband Bayern eine Abkehr von der täglichen Maximalarbeitszeit hin zur wochenbezogenen Höchstarbeitszeit.[75] Auch führen immer mehr Betriebe des Baugewerbes Arbeitszeitkonten für ihre Beschäftigten ein, die einen mehrmonatigen Ausgleichszeitraum für angesammelte Zeitguthaben vorsehen.[76] Ob die Möglichkeit von Beschäftigten des Baugewerbes, im Erwerbsverlauf in unterschiedlichen Unternehmensbereichen zu arbeiten, perspektivisch eine Veränderung erfahren wird, kann im Rahmen der Delphi-Befragung nicht eindeutig beantwortet werden. Mit 47 % der Teilnehmenden scheint jedoch eine Tendenz zu stärkerer inhaltlicher Flexibilität gegeben zu sein.

Abbildung 30: Inhaltliche und zeitliche Flexibilität



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Arbeitsorganisatorische Flexibilität kann sich über neue Formen der Mitarbeiterführung und des Managements äußern, beispielsweise über agiles Arbeiten. Mit einer bereits stark projektbasierten Arbeitsorganisation sind im Baugewerbe die Grundlagen für eine agile Arbeitsorganisation schon gelegt. Nach Gross et al. (2009) müssen arbeitsorganisatorische Veränderungen demnach ständig unter veränderten räumlichen und auftragsbezogenen Gegebenheiten neu konzeptioniert, umgesetzt oder zumindest angepasst werden. Dieser Trend zu flexibleren betriebsorganisatorischen Strukturen wird sich laut den Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung im Baugewerbe fortsetzen: So schätzen 69 % der Befragten, dass die Bedeutung dezentraler, agiler Entscheidungs- und Arbeitsstrukturen in der Bauplanung und -abnahme mit Blick auf die kommenden zehn Jahre zunehmen (48 %) bzw. stark zunehmen (21 %) wird. Eine ähnliche Entwicklung erwarten die Befragten für die Bauausführung und Instandsetzung. Insgesamt schätzen 63 %, dass die Bedeutung von flexibleren arbeitsorganisatorischen Strukturen in diesem Bereich zunehmen (50 %) bzw. stark zunehmen (13 %) wird. Analog konstatiert Fiedler[77]: „In der Zukunft werden Bauprojekte, deren Teams in agilen Umgebungen arbeiten vom Markt verlangt, statische Bauprojekte werden dagegen noch im Büro- und Wohnungsbau anzu-

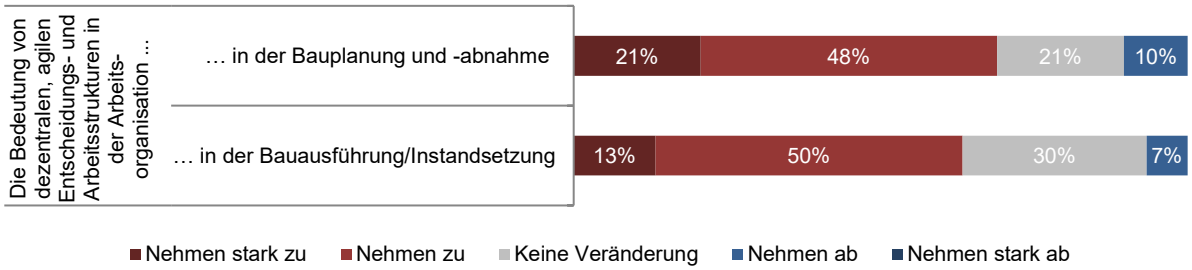
[75] Vgl. https://www.bauindustrie-bayern.de/themen/baumarkt-und-gesellschaft/bauen-benoetigt-flexible-arbeitszeiten.html, aufgerufen am 27.09.2019.

[76] Vgl. https://www.bauprofessor.de/News/a8b2a226-6e62-46cd-8a16-cb0ab6075938 sowie https://www.baulinks.de/webplugin/2015/1942.php4, aufgerufen am 27.09.2019.

[77] Vgl. https://www.springerprofessional.de/bau-projektmanagement/baubetrieb/tripple-a-lean-construction-/15841646, aufgerufen am 27.09.2019.

treffen sein. […] Agiles Bauen zählt damit zu einer Kernkompetenz, die weltweit in Bauprojekten nachgefragt ist.“ Der Bedarf an Arbeitskräften mit einem hohen Maß an Innovations-, Adaptions-, Improvisations- und Kooperationsfähigkeit sowie einer ausgeprägten Fähigkeit im Schnittstellenmanagement wird in den nächsten Jahren kontinuierlich wachsen.

Abbildung 31: Zukünftige Flexibilisierung der Arbeitsorganisation



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Die Teilnehmenden der Delphi-Befragung erklären diese arbeitsorganisatorische Neuordnung in der Bauausführung und Instandsetzung insbesondere mit der Integration etablierter Elemente der modernen Unternehmensführung sowie der Nutzung digitaler Strukturen für die direkte und unmittelbare Mitarbeiterkommunikation. Die stärkere Vernetzung aller Mitarbeitenden soll demnach Informationsflüsse stärken, Vertrauen bilden und tradierte Kontrollmechanismen stetig abbauen. Im Rahmen der zweiten Runde der Delphi-Befragung wird diese Herangehensweise treffend zusammengefasst: „Hier braucht es eine grundsätzliche Entwicklung in Fragen der Unternehmenskultur – mehr Beteiligung, weniger Top-Down, transparente Prozesse, mehr Mitbestimmung.“ Dezentrale, agile Strukturen in der Bauausführung und Instandsetzung basieren demnach sowohl auf der Nutzung digitaler Arbeitsmittel als auch flacheren bzw. dezentralen Entscheidungsstrukturen im Sinne der Kompetenzverteilung. Damit beschreiben die Delphi-Befragten den Gestaltungsansatz einer flexiblen Arbeitsorganisation, der „agil in der Planung und lean in der Ausführung“ ist. Entsprechende Ansätze werden beispielsweise bereits im „Agile Design Management“ in der Bauplanung oder „Lean Site Management“ (bzw. „Lean Construction Management“) in der Bauausführung umgesetzt.[78] Hindernisse bei der praktischen Umsetzung einer flexiblen Arbeitsorganisation werden vonseiten der Teilnehmenden der Delphi-Befragung jedoch in überlieferten Handlungs-, Entscheidungs- und Kompetenzstrukturen im Baugewerbe gesehen („Hierarchische Männerstruktur blockiert Veränderung“).

[78] Vgl. https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb_Agil_in_der_Planung_und_Lean_in_der_Ausfuehrung_3148030.html, aufgerufen am 27.09.2019.

4.3.3 Lernförderliche Arbeitsorganisation

Die Schaffung einer lernförderlichen Arbeitsumgebung kann einen wichtigen Beitrag zur kontinuierlichen Kompetenzentwicklung und innovativem Handeln von Beschäftigten leisten, indem potenziell die Voraussetzungen für das Lernen im Prozess der Arbeit für Beschäftigte geschaffen werden. Lernen im Prozess der Arbeit kann als „fluide[r], temporär[er], selbstgesteuert[er] und als nicht formell organisiert[er]“ Vorgang beschrieben werden (Dehnbostel, 2008). Grundsätzlich kann Lernen im Prozess der Arbeit in der Form informellen Lernens oder erfahrungsbasierten Lernens erfolgen (Abbildung 32). Informelles Lernen kann auf dem Erfahrungsaustausch mit Kolleginnen und Kollegen, Gruppenbesprechungen oder Qualitätszirkeln basieren. Hingegen wird erfahrungsbasiertes Lernen beispielsweise durch Arbeitsanreicherung, Arbeitsplatzwechsel oder die Ausübung von Planungsaufgaben charakterisiert. Beide Formen des Lernens im Prozess der Arbeit haben gemein, dass sie durch die Schaffung einer lernförderlichen Arbeitsumgebung begünstigt werden (Schäfer, 2009).

Abbildung 32: Formen des Lernens im Prozess der Arbeit

Quelle: Eigene Darstellung. Schäfer (2009).

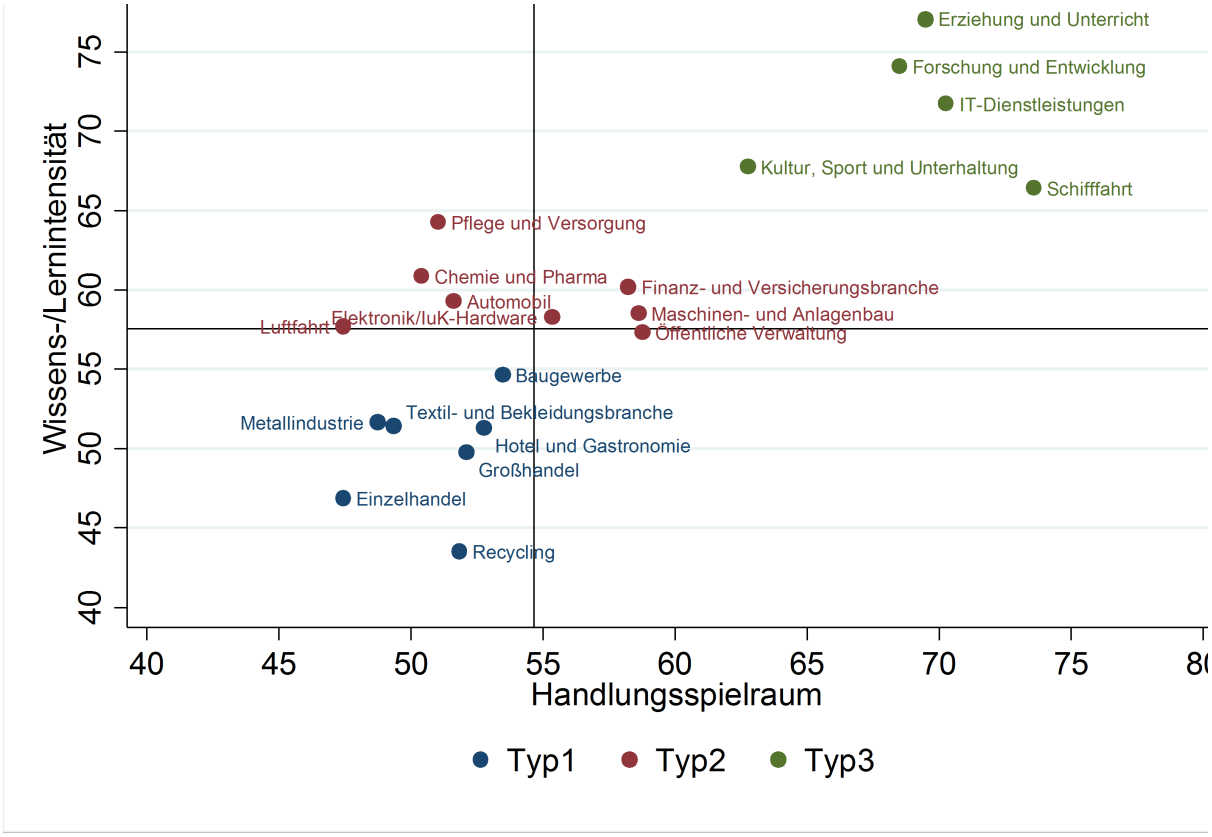
Eine Annäherung an den Grad der Lernförderlichkeit einer Branche kann anhand der Ausprägung der Handlungsspielräume sowie Wissens- und Lernintensität von Beschäftigten erfolgen. Zur vertiefenden Untersuchung der branchenspezifischen Lernförderlichkeitspotenziale wird im Folgenden auf Basis der BiBB/BAuA-ETB 2012 eine indexbasierte Bewertung der beiden Determinanten Wissens- und Lernintensität sowie Handlungsspielräume im Baugewerbe im Vergleich zu anderen Branchen vorgenommen (Abbildung 33).[79] Der Index Wissens-/Lernintensität spiegelt die Komplexität der Aufgaben und Lernanforderungen für Beschäftigte wider und wird der Dimension Qualifikation zugeordnet (Tiemann, 2009). Demgegenüber erfasst der Index Handlungsspielraum die Freiheitsgrade und Vielfalt der Arbeitsprozesse und bildet einen Aspekt der Dimension Arbeitsorganisation ab (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [BAuA], 2014; Hartmann, Engelhardt, Hering, Wangler & Birner, 2014). Dieser indexbasierte Ansatz dient der rückblickenden, näherungsweisen Einordung der branchenspezifischen Lernförderlichkeitspotenziale.[80] Das Baugewerbe wurde im Rahmen der empirischen Analyse dem Branchentyp 1 zugeordnet. Typ-1-Branchen (blau) weisen bezüglich beider Dimensio-

[79] Eine Branchenübersicht nach WZ 2008 bietet Tabelle 9 im Anhang.

[80] 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 der elf Indikatorvariablen aus der BIBB/BAuA-ETB 2012. Um den Informationsgehalt der Daten optimal zu nutzen, wurde die Gewichtung der Indikatoren durch eine Faktoranalyse in Anlehnung an Cleff (2015) ermittelt. Tabelle 10 im Anhang bietet eine Übersicht der Indikatorenauswahl und -gewichtung.

nen überwiegend unterdurchschnittliche Werte im branchenübergreifenden Vergleich auf und umfassen unter anderem auch die Textil- und Bekleidungsbranche oder den Einzelhandel. Innerhalb der zugeordneten Typisierung weist das Baugewerbe jedoch überdurchschnittliche Indexwerte hinsichtlich des Handlungsspielraums und der Wissens- und Lernintensität auf. Speziell mit Blick auf den Index des Handlungsspielraums liegt das Baugewerbe nahe dem branchenübergreifenden Schnitt. Dieses Ergebnis bildet im Wesentlichen die bestehenden arbeitsspezifischen Freiheitsgrade für die Beschäftigten der Branche ab.

Abbildung 33: Branchentypen nach indexbasiertem Ansatz, 2012



Anmerkungen: Im Sinne der Übersichtlichkeit werden nur ausgewählte Branchen in der Abbildung dargestellt. Die dargestellten Branchen decken 87 % der Stichprobe der BIBB/BAuA-ETB 2012 ab.
Quelle: Eigene Berechnung. BIBB/BAuA-ETB 2012.

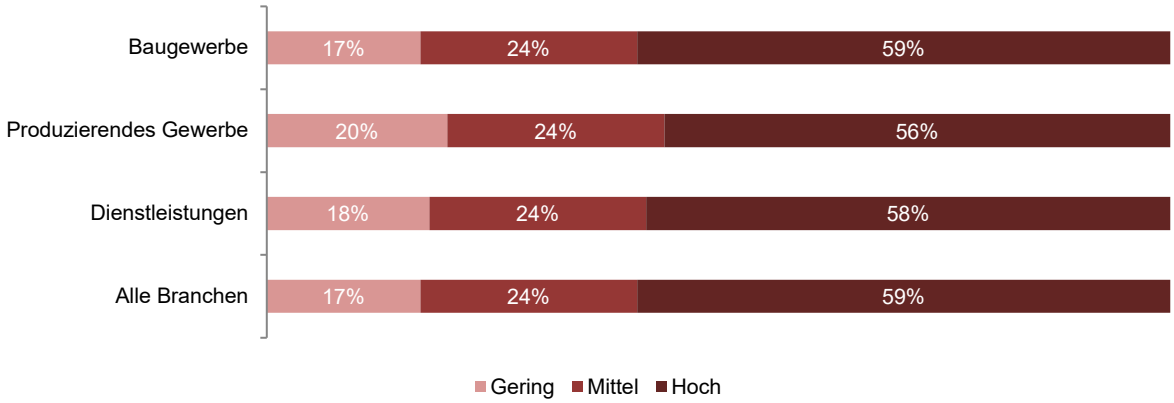
Um nachfolgend die branchenspezifischen Potenziale für eine lernförderliche Arbeitsgestaltung zu spezifizieren, wurden mittels eines Clusterverfahrens branchenbezogene Anteile der Beschäftigten an drei Typen der Lernförderlichkeit ermittelt:[81]

- **Geringe Lernförderlichkeit:** ständige Wiederholung von Arbeitsgängen; vorgeschriebene Strukturen; soziale Unterstützung
- **Mittlere Lernförderlichkeit:** eigenständiges Handeln; teils monotone, repetitive Arbeitsvorgänge
- **Hohe Lernförderlichkeit:** hohes Maß an eigenständigen Entscheidungs- und Lernmöglichkeiten; selbstständiges Problemlösen; stetige Wissensaneignung; Einarbeiten in neue Tätigkeitsfelder; autonome Arbeitsumgebung; selbstverantwortliches Handeln; soziale Unterstützung

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

Dieser Typisierung folgend, liegt für die Beschäftigten des Baugewerbes im branchenübergreifenden Vergleich ein insgesamt überdurchschnittliches Maß an Lernförderlichkeit vor (Abbildung 34): 59 % der Beschäftigten der Branche sind demnach – rückblickend auf das Jahr 2012 – innerhalb eines Arbeitsumfelds tätig, das von hoher Lernförderlichkeit geprägt ist. Eingeschränkte Lernförderlichkeit, beispielsweise durch monotone, repetitive Arbeitsvorgänge, liegt bei rund 41 % der Beschäftigten in geringer (17 %) oder mittlerer (24 %) Ausprägung vor. Damit entspricht das (durchschnittliche) Maß an Lernförderlichkeit für Beschäftigte der Baubranche exakt dem branchenübergreifenden Schnitt. Grundsätzlich steigt branchenübergreifend das Ausmaß der Lernförderlichkeit von Arbeitsumgebungen mit zunehmender Qualifikation von Beschäftigten (Glock et al., 2019). In Anbetracht der insgesamt unterdurchschnittlichen Qualifikationsstruktur des Baugewerbes – beispielsweise liegt der Anteil an Beschäftigten mit (Fach-)Hochschulabschluss weit unter dem branchenübergreifenden Schnitt (Kapitel 4.4.1) – ist diese Erkenntnis als durchaus überraschend zu bezeichnen. Ein Grund für das ausgeprägte Maß an Lernförderlichkeit im Baugewerbe kann möglicherweise in der hohen Bedeutung des Lernens im Prozess der Arbeit verortet werden.

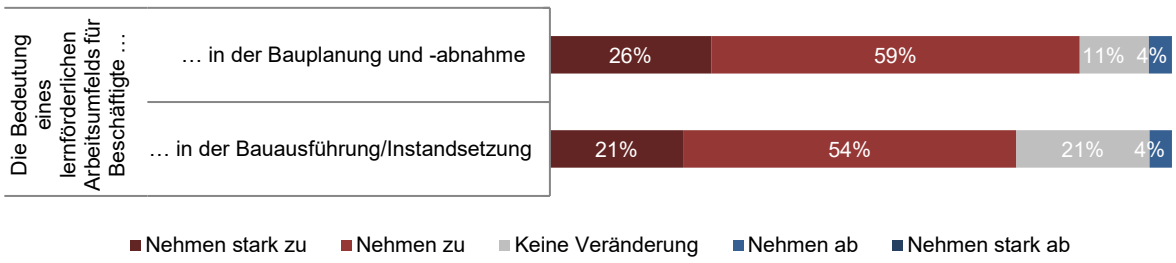
Abbildung 34: Lernförderlichkeit des Arbeitsumfelds, 2012



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

Im Rahmen der Delphi-Befragung bestätigen die Expertinnen und Experten eine auch in der Zukunft hohe Bedeutung der Schaffung eines lernförderlichen Arbeitsumfelds für Beschäftigte des Baugewerbes (Abbildung 35): Insgesamt 85 % der Befragten gehen davon aus, dass diese Bedeutung auch mit Blick auf die kommenden zehn Jahre für Beschäftigte in der Bauplanung und -abnahme stark zunehmen (26 %) bzw. zunehmen (59 %) wird. Der Bereich der Bauausführung/Instandsetzung steht dieser Einschätzung kaum nach. 75 % der Expertinnen und Experten rechnen mit einer stark zunehmenden (21 %) bzw. zunehmenden (54 %) Bedeutung der Schaffung einer lernförderlichen Arbeitsumgebung für Beschäftige.

Abbildung 35: Zukünftige Bedeutung von Lernförderlichkeit des Arbeitsumfelds



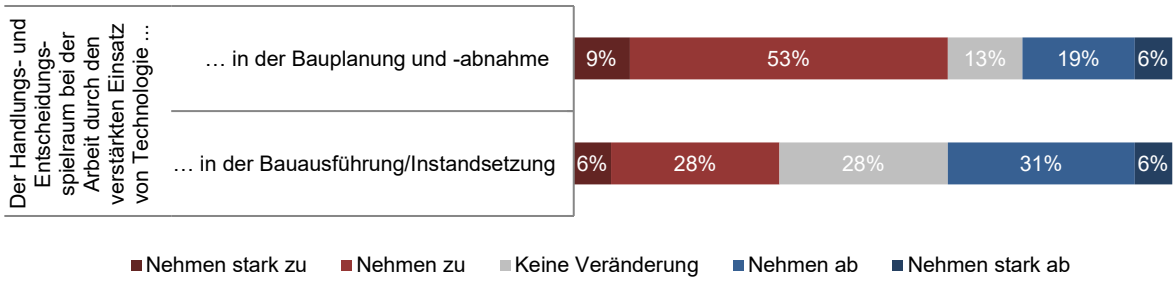
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Auf Basis der qualitativen Auswertung der zweiten Runde der Delphi-Befragung können Kriterien zur Schaffung einer lernförderlichen Arbeitsumgebung für Beschäftigte des Baugewerbes nach den Bereichen der Bauplanung und -abnahme sowie der Bauausführung/Instandsetzung unterschieden werden: Als besonders relevant für Beschäftigte der Bauplanung und -abnahme werden eine offene, lernbezogene Unternehmenskultur (z. B. klare Aufstiegs- und Karrierechancen, Qualitätsorientierung, nachhaltiges Handeln), Team- und Gruppenarbeiten (z. B. auch interkulturelle Zusammensetzung von Teams) sowie eine ansprechende Aufgabenvielfalt und -komplexität und der Einsatz neuer Technologien genannt. Ebenso werden Handlungsspielräume im Sinne von selbständigem Arbeiten als bedeutsam erachtet.

Für Beschäftigte in der Bauausführung/Instandsetzung sind die genannten Kriterien zur Gestaltung einer lernförderlichen Arbeitsorganisation durchaus vergleichbar: Als besonders wichtige Faktoren werden hier ebenfalls der Einsatz neuer Technologien, eine förderliche Unternehmenskultur sowie Team- und Gruppenarbeiten angeführt. Allerdings spielen Handlungsspielräume sowie Aufgabenvielfalt und -komplexität eine tendenziell nachgelagerte Rolle. Zudem sprechen die befragten Expertinnen und Experten dem Kriterium der Sicherheit bei der Arbeit eine sehr hohe Bedeutung in Bezug auf die Schaffung von Lernförderlichkeit für Beschäftigte in der Bauausführung/Instandsetzung zu.

Handlungs- und Entscheidungsspielräume – welche nicht nur als Kriterium zur Schaffung einer lernförderlichen Arbeitsumgebung herangezogen werden, sondern auch eine Voraussetzung für innovatives und kreatives Handeln von Beschäftigten darstellen können – nehmen laut Experteneinschätzung perspektivisch durch den verstärkten Einsatz von Technologie insbesondere für Beschäftigte in der Bauplanung und -abnahme zu (Abbildung 36): Insgesamt 62 % der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung nehmen an, dass Handlungs- und Entscheidungsspielräume für diese Beschäftigten stark zunehmen (9 %) bzw. zunehmen werden (53 %). Demgegenüber fällt das Ergebnis für in der Bauausführung/Instandsetzung tätige Personen nicht eindeutig aus. Es ist zu vermuten, dass die individuellen Entscheidungs- und Handlungsspielräume für Beschäftigte der Bauausführung/Instandsetzung stark von der jeweils eingesetzten Technologie, vom Tätigkeitsfeld und der Arbeitsumgebung abhängig sind.

Abbildung 36: Zukünftiger Wandel der Handlungs- und Entscheidungsspielräume



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

4.3.4 Gestaltungsoptionen

- **Frühzeitige Positivdarstellung der Berufsperspektiven unter Einbeziehung des sozialen Umfelds von Jugendlichen zur Fachkräftegewinnung:** Die Affinität von Schülerinnen und Schülern zu Handwerksberufen wird stark von der sozialen Herkunft und den Bildungserwartungen der Eltern geprägt. Ebenfalls ausschlaggebend ist die subjektive Einschätzung des gesellschaftlichen Ansehens und der späteren Verdienstmöglichkeiten. Jugendliche unterschätzen tendenziell die Arbeitsmöglichkeiten mit moderner Technik, Aufgabenvielfalt und -komplexität, Handlungsspielräume und Aufstiegschancen sowie die Möglichkeiten einer eigenen beruflichen und sozialen Identität im Baugewerbe. Vor diesem Hintergrund sollten die Möglichkeiten der beruflichen Orientierung in allen Schulen gestärkt werden, beispielsweise im Rahmen von (ggf. mehreren) Betriebspraktika und Praxis- oder Werkstattklassen. Dies würde dem empirisch gesicherten Befund Rechnung tragen, dass die wahrgenommene Attraktivität von Berufen mit zunehmender Kenntnis steigt und bietet die Möglichkeit, das soziale Umfeld der Jugendlichen frühzeitig einzubeziehen (Mischler & Ulrich, 2018). Die zunehmende Nutzung von digitalen (Assistenz-)Technologien kann dabei zu einer Aufwertung von Bauberufen führen und das Baugewerbe zu einem stärker technologie- und innovationsbezogenen Image verhelfen („Innovationstreiber“).
- **Attraktivität von Baufacharbeit und Handwerk in der Bauausführung zur Fachkräftesicherung erhöhen:** Für die zukünftige Fachkräftesicherung ist die Steigerung der Attraktivität von handwerklichen Berufen in der Bauausführung sehr wichtig, da sich Bauunternehmen mittlerweile in einem branchenübergreifenden Wettbewerb um Fachkräfte befinden (z. B. mit der Automobilindustrie). Dafür notwendig sind die bessere Vereinbarkeit von Familie und Beruf, flexiblere Arbeitszeitmodelle, die Nutzung von Digitalisierungspotenzialen für Kommunikation und kollaboratives Arbeiten in der Bauausführung (auch über Unternehmensgrenzen hinweg) sowie die Erhöhung von Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit auf der Baustelle. Dazu zählt auch die Schaffung von Entlastungsmöglichkeiten von ungünstigen Körperhaltungen (z. B. durch eine weniger ungünstige Haltung oder eine zusätzliche Pause), da laut DGB-Index 2018 nur etwa die Hälfte der Beschäftigten in der Baubranche derartige Entlastungsmöglichkeiten im Arbeitsalltag hat.
- **Höhere Arbeitsqualität in der Bauausführung und Planbarkeit der Arbeitszeit befördern:** Mit der automatisierten Vorfertigung von Bauteilen und Komponenten werden die Abstimmung und das Einhalten der Planungsdaten wie auch die digital basierte Kommunikation im Rahmen von BIM im Vorfeld der Bauausführung wichtiger. Dies erhöht den Stellenwert der kontinuierlichen Qualitätskontrolle in den Zwischenphasen und führt zu einem neuen Prinzip der Bauorganisation, weil die Phasen der Vororganisation und Vormontage komplexer werden. Auf der Baustelle bestehen dann keine Korrektur- bzw. Anpassungsmöglichkeiten mehr. Diese Veränderungen in der Arbeitsorganisation erhöhen die Anforderungen an das Projekt- und Kommunikationsmanagement wie auch an die Qualitätssicherung in einem Bauvorhaben. Bisher werden derartige Ansätze vor allem in der Bauplanung und weniger in der Bauausführung eingesetzt, daher kommt es bei der Umsetzung der Planung oft zu operativen Problemen. Im Rahmen von praxisorientierten Umsetzungsprojekten (z. B. im Rahmen der INQA-Offensive Gutes Bauen) sollte daher die interoperable Umsetzung der Gewerkekoordination entlang der Wertschöpfungskette und der flächendeckende Einsatz von gewerkeübergreifenden Managementsystemen gefördert werden. Ein Augenmerk sollte dabei auf der Verbesserung der Arbeitszeitflexibilität und Reduktion von Arbeit außerhalb der Normalarbeitszeit in der Bauplanung und Bauausführung liegen.
- **Zielkonflikte und Umsetzungshindernisse von „Bauen 4.0“ antizipieren:** Durch die zunehmende Vorfertigung von Bauteilen kann die Arbeitszeitflexibilität steigen sowie der Arbeitsumfang und die Arbeitsintensität auf der Baustelle sinken. Im Sinne der psychischen und physischen Belastungsreduzierung für die Beschäftigten in der Bauplanung und insbesondere in der Bauausführung und Instandsetzung sind diese Perspektiven sehr begrüßenswert: Vor allem physische Arbei-

ten können vermehrt unter regulierten Fabrikbedingungen und unabhängig von Witterungsverhältnissen erfolgen. Je mehr Vorfertigung stattfindet, desto geringer wird auch der Anteil geringqualifizierter Arbeit auf der Baustelle sein und desto stärker wird Anteil illegaler Beschäftigung zurückgehen. Allerdings entstehen durch diese Verbesserungen in der Arbeitsqualität neue Zielkonflikte für die Unternehmen: Demnach könnten diese zunehmend in einen Zwiespalt zwischen der Verbesserung von Arbeitsbedingungen mittels automatisierter Vorfertigung und grundsätzlichen Nachhaltigkeitsbedenken geraten, da der Gütertransport von der Fabrik zur Baustelle höhere Kosten und CO2-Emissionen verursacht. Der entsprechende Einfluss auf das Branchenimage ist dabei nicht zu unterschätzen, da die öffentliche Meinung naturgemäß Einfluss auf die Nachwuchsgewinnung hat. Darüber hinaus ist die tatsächliche Marktdurchdringung von Fertigbauteilen noch ungewiss, da diese bisher eher in Bereichen eingesetzt wurden, wo keine hohen ästhetischen Ansprüche vorherrschten (z. B. bei Parkhäusern, Brückenrestaurationen oder Bürogebäuden). Die unterschiedlichen Chancen und Hindernisse bei der Umsetzung von Verbesserungspotenzialen in der Arbeitsqualität durch die automatisierte Vorfertigung sollten daher in grundlegenden Machbarkeitsstudien für das Baugewerbe antizipiert werden.

- **Breiten Technologieeinsatz in der Bauausführung und Instandsetzung unterstützen:** Durch eine hohe Gebrauchstauglichkeit und ein stark positives Nutzungsempfinden können eventuelle Vorbehalte der Belegschaften gegenüber technischen Assistenz- und Unterstützungssystemen adressiert und das Nutzenversprechen für den operativen Arbeitsalltag verdeutlicht werden. Dazu notwendig ist eine nutzerorientierte Systementwicklung, die den spezifischen Arbeitskontext in der Bauausführung und Instandsetzung berücksichtigt. Im Rahmen von praxisorientierten Technologie- bzw. Umsetzungsprojekten (z. B. im Rahmen der INQA-Offensive Gutes Bauen) sollte die Übertragbarkeit bereits existierender Assistenz- und Unterstützungssysteme geprüft und hergestellt werden. Im Fokus sollten dabei einfache, kognitionsunterstützende Baustellenmanagementsysteme und interaktive Robotikanwendungen in der Bauausführung sowie Automatisierungsmöglichkeiten von Facharbeit in der Instandsetzung stehen, um die Arbeitsbelastungen in beiden Bereichen nachhaltig zu senken.

4.4 Qualifikation

4.4.1 Qualifikations- und Berufsstruktur sowie Beschäftigungsperspektiven

Als Ausgangspunkt für die Untersuchung der Qualifikations- und Berufsstruktur dient die jüngste Entwicklung der Beschäftigtenstruktur im Baugewerbe. In Bezug auf ungelernte Arbeitskräfte und Fachkräfte sind zunächst keine branchenspezifischen Auffälligkeiten festzustellen. Mit 12,7 % liegt der Anteil an Beschäftigten ohne Berufsabschluss etwa auf dem gleichen Niveau, welches branchenübergreifend zu beobachten ist (Tabelle 8). Beim Anteil der Beschäftigten mit abgeschlossener beruflicher Ausbildung entspricht der Anteil im Baugewerbe dem des produzierenden Gewerbes und ist – analog dazu – rund 9 Prozentpunkte höher als im Dienstleistungssektor. Mit gut 68 % verfügen die meisten sozialversicherungspflichtig Beschäftigten des Baugewerbes über eine Berufsausbildung. Auffallend niedrig ist hingegen der Beschäftigtenanteil im Baugewerbe mit einem akademischen Hintergrund: Nur 4,5 % verfügen über ein abgeschlossenes (Fach-)Hochschulstudium oder eine höhere akademische Qualifikation. Damit liegt der Anteil deutlich hinter dem im branchenübergreifenden Vergleich. Auch das produzierende Gewerbe weist fast den dreifachen Anteil auf.

Tabelle 8: Sozialversicherungspflichtige Beschäftigung nach Qualifikation, 2013 – 2018

	Baugewerbe		Produzierendes Gewerbe		Dienstleistungen		Alle Branchen	
	2018	Δ2013 – 2018	2018	Δ2013 – 2018	2018	Δ2013 – 2018	2018	Δ2013 – 2018
Ohne Berufsabschluss	233.745	+ 11.116	1.108.340	- 46.498	2.552.358	+ 468.841	3.977.050	+ 396.776
Anteil	12,7%		11,9%		12,8%		12,1%	
Mit Berufsausbildung	1.267.132	+ 76.453	6.328.583	+ 311.873	11.824.525	+ 1.247.637	20.329.725	+ 1.692.521
Anteil	68,6%		67,9%		59,5%		61,8%	
(Fach-)Hochschulabschluss	83.899	+ 19.675	1.147.029	+ 234.253	3.204.048	+ 921.533	5.320.552	+ 1.345.333
Anteil	4,5%		12,3%		16,1%		16,2%	
Keine Angabe	262.456	+ 16.117	741.430	- 80.189	2.285.152	- 599.054	3.242.901	- 729.287
Anteil	14,2%		8,0%		11,5%		9,9%	
Insgesamt	1.847.232	+ 123.361	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. Sozialversicherungspflichtige Beschäftigung ohne geringfügige Beschäftigung. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Sonderauswertung.

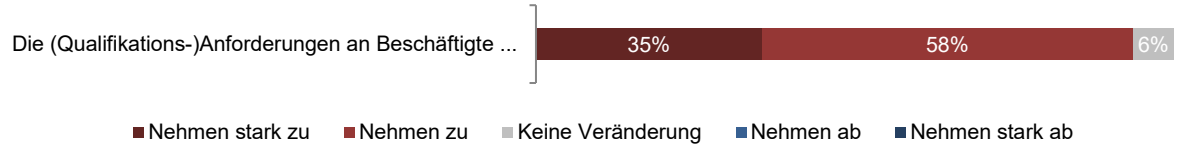
Ein Vergleich der prozentualen Anteile der Hochschulabsolventen an der Gesamtbeschäftigung erweckt den Eindruck, dass sich das Baugewerbe in diesem Punkt von anderen Sektoren unterscheidet. Sowohl im produzierenden Gewerbe, etwa der Automobil- sowie der Chemie- und Pharmaindustrie (Priesack, Glock, Strach, Krabel & Bovenschulte, 2018; Priesack, Apt, Glock, Goluchowicz & Bovenschulte, 2019), als auch im Dienstleistungssektor, etwa im Bereich Einzelhandel und der Pflege (Glock et al., 2018; Glock et al., 2019), ist in den vergangenen Jahren ein spürbarer Akademisierungstrend zu verzeichnen. Tatsächlich ist von diesem Trend auch der Bausektor betroffen. Zwar liegt der Anteil von Beschäftigten mit Hochschulabschluss hier mit 4,5 % weit hinter dem branchenübergreifenden Vergleich; dennoch zeigen die Daten, dass sich im Baugewerbe die in anderen Branchen bereits identifizierte Akademisierung ebenfalls vollzieht. Allein zwischen 2013 und 2018 stieg die Zahl der Beschäftigten mit Hochschulabschluss von 64.224 auf 83.899, also um rund 30,6 %. Damit liegt die Branche beim Wachstum von Beschäftigten mit Hochschulabschluss prozentual nur knapp hinter dem Durchschnitt aller Branchen (33,8 %). Im Vergleich zum produzierenden Gewerbe (25,7 %) ist sogar eine stärkere relative Dynamik zu verzeichnen (Priesack et al., 2018). Dieser Befund wird durch die Entwicklung bei Hochschulabsolventen der Fachrichtung Bauingenieurwesen gestützt. So verdoppelte sich die Zahl von Hochschulabschlüssen[82] zwischen 2008 und 2016.[83] Während also eine akademische Ausbildung auch im Baugewerbe zunehmend an Bedeutung gewinnt, wuchs im Zeitraum von 2013 bis 2018 auch die Zahl der Fachkräfte (6,4 %) im Baugewerbe. Anders als im produzierenden

[82] Berücksichtigt sind Bachelor- und Masterabsolventen sowie abgeschlossene Promotionen. Nicht berücksichtigt sind Lehramtsabschlüsse.

[83] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/subunternehmerttigkeit-im-bauhauptgewerbe_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

Gewerbe, in welchem parallel die Zahl der Beschäftigten ohne Berufsabschluss zurückging, stieg im Baugewerbe auch in dieser Gruppe die Beschäftigungszahl (5,0 %). Dieser Befund ist zunächst überraschend, gehen die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung doch mit großer Mehrheit davon aus, dass die Qualifikationsanforderungen im Baugewerbe künftig steigen (58 %) oder stark steigen (35 %) werden (Abbildung 37).

Abbildung 37: Zukünftige Entwicklung der (Qualifikations-)Anforderungen

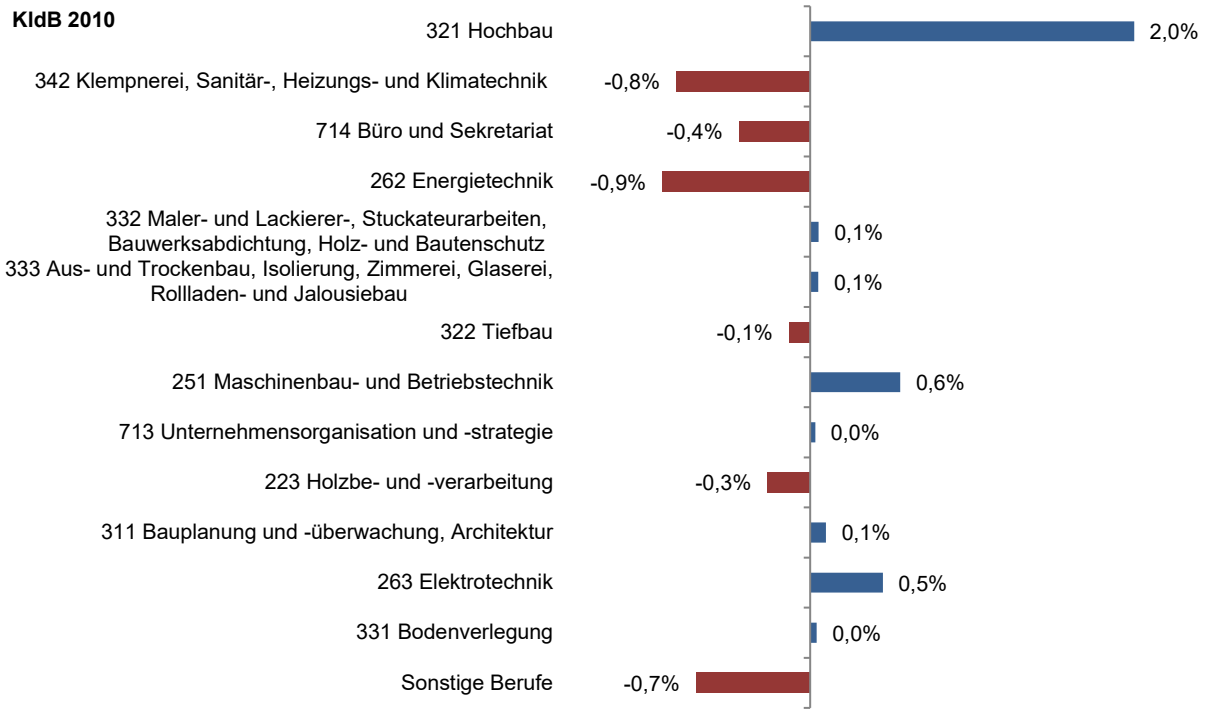


Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Wie lässt sich vor diesem Hintergrund erklären, dass die Zahlen der Beschäftigten mit und ohne Berufsabschluss in ähnlichem Umfang gestiegen sind? Eine Erklärung könnte in der zunehmenden Bedeutung des Hochbaus innerhalb des Baugewerbes liegen. So stieg der Anteil der Beschäftigten der Berufsgruppe „Hochbau“ an den Gesamtbeschäftigten der Branche von 2013 bis 2018 um 2 %, gefolgt von den Berufsgruppen „Maschinenbau- und Betriebstechnik“ mit 0,6 % und „Elektrotechnik“ mit 0,5 %. Andere Bereiche, vor allem „Energietechnik“ (- 0,9 %) und „Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik“ (- 0,8 %) verzeichneten 2018 einen geringeren Anteil an den Gesamtbeschäftigten der Branche als noch 2013 (Abbildung 38).

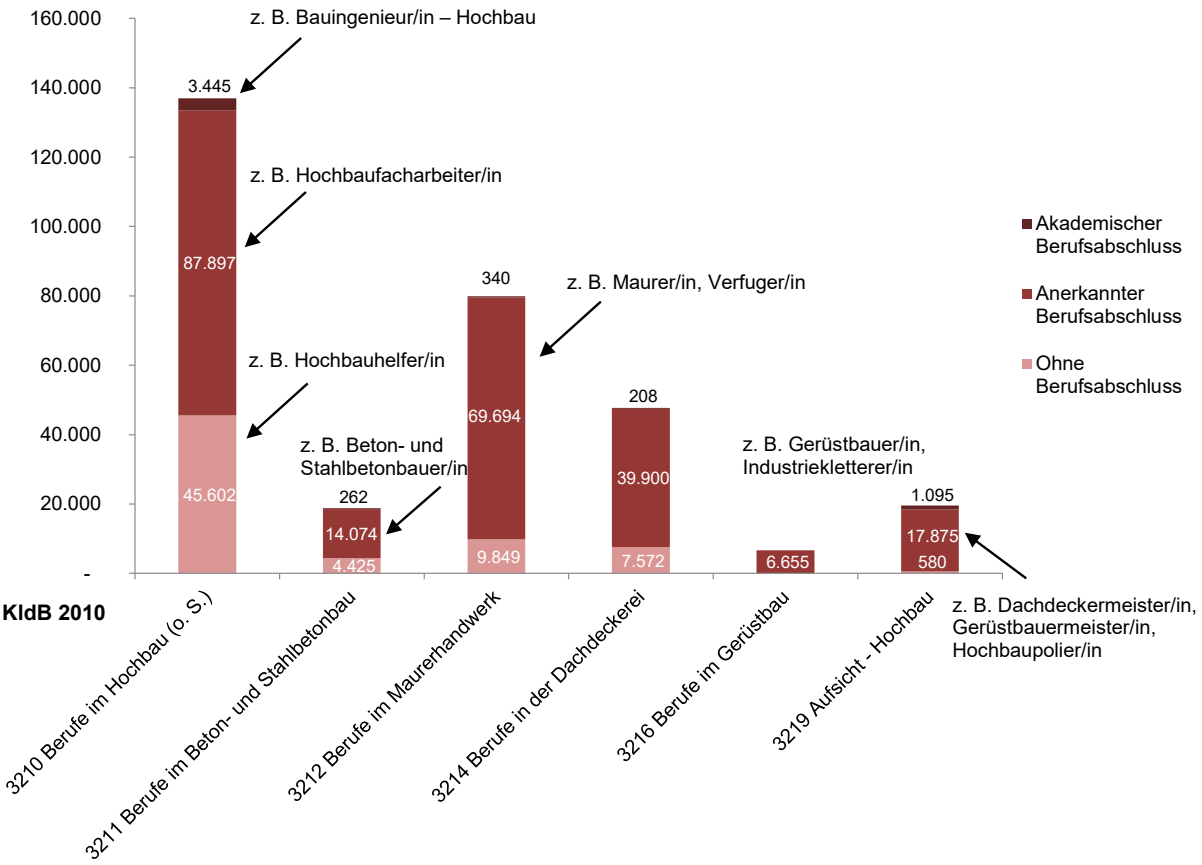
Damit stieg in diesem Zeitraum die Zahl der Beschäftigten im Bereich Hochbau gerade in jenem Branchensegment, in dem besonders viele Menschen ohne formalen Berufsabschluss arbeiten. Sowohl beim relativen Anteil von Helferinnen und Helfern innerhalb der Berufsgruppe als auch in absoluten Zahlen ist der Hochbau mit mehr als 45.000 Helfenden der Bereich mit dem höchsten Anteil Beschäftigter ohne formale Berufsausbildung (Abbildung 39).

Abbildung 38: Brancheninterne Veränderung der Berufsstruktur, 2013 – 2018



Quelle: Eigene Darstellung. Stichtage 31.12.2013 und 30.09.2018. Sozialversicherungspflichtige Beschäftigung ohne geringfügige Beschäftigung. Veränderung des Anteils der Berufsgruppe an der Gesamtbeschäftigung in der Branche in Prozentpunkten. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Sonderauswertung.

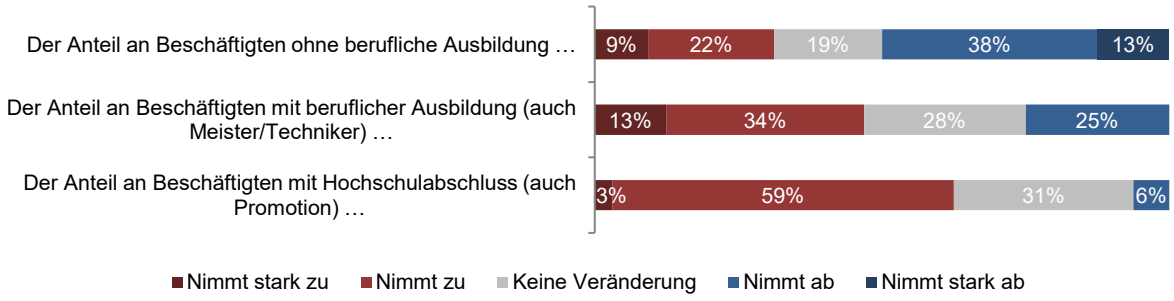
Abbildung 39: Berufsuntergruppenstruktur für Hochbau, 2018



Anmerkungen: Ohne Spezialisierung (o. S.).
Quelle: Eigene Darstellung. Stichtag 30.09.2018. Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Sonderauswertung.

In Bezug auf eine künftige Qualifikationsstruktur wird sich der bisherige Trend vermutlich weiter fortsetzen. So wird sich nach Expertenmeinung im Rahmen der Delphi-Befragung der Akademisierungstrend fortschreiben (Abbildung 40). Mehr als 60 % der Befragten nehmen an, der Anteil von Beschäftigten mit Hochschulabschluss werde zunehmen. Ob der Anteil Beschäftigter mit beruflicher Ausbildung ansteigen wird, darüber besteht hingegen Uneinigkeit. Lediglich 47 % gehen von einem steigenden Fachkräfteanteil aus. Nur 51 % nehmen wiederum an, dass der Anteil an Beschäftigten ohne Berufsabschluss künftig sinken wird.

Abbildung 40: Zukünftige Entwicklung der Qualifikationsstruktur



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Dies könnte darauf hindeuten, dass die steigenden Qualifikationsanforderungen vor allem in einer verstärkten Nachfrage nach Spezialisten im Baugewerbe zu Buche schlagen. Für eine langsame Abnahme der Relevanz von Helfertätigkeiten – wie sie insbesondere von Menschen ohne Berufsabschluss wahrgenommen werden – spricht die Art und Weise, wie sich Innovationen in der Bauwirt-

schaft vollziehen. Selbst bei grundlegenden Innovationen wie dem BIM verläuft die Diffusion neuer Lösungen eher inkrementell denn disruptiv (Gross et al., 2009; Syben, 2018a). Für das konkrete Gebiet der Bauausführung wird dies deutlich am Einsatz robotischer Assistenzsysteme. Die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung gehen mehrheitlich (66 %) davon aus, dass diese vermutlich erst ab 2030 oder später regelmäßig zum Einsatz kommen werden. Gegenwärtig spielen solche Systeme kaum eine Rolle (Kapitel 4.2.1). Ein Hemmnis bei der Einführung solcher Systeme wird von einer Expertin/einem Experten konkretisiert: „Ein großes Problem ist, dass die Situation von Baustelle zu Baustelle unterschiedlich ist. Dies wird die Robotik eher behindern." Demnach könnten robotische Systeme bis 2030 zunächst eher primär als Assistenztechnologien zur punktuellen Entlastung von Beschäftigten der Bauausführung zum Einsatz kommen. Auf absehbare Zeit dürften sie keine unmittelbare Konkurrenz für den Faktor Arbeit im Sinne (teil-)automatisierter Prozesse darstellen. Sie bergen vielmehr das Potenzial, über eine physische Entlastung solche Tätigkeiten wie die von Helfenden attraktiver zu machen.

Neben einer steigenden Bedeutung akademischer Qualifikation und der verhältnismäßig stabilen Nachfrage nach Beschäftigten ohne formalen Berufsabschluss dürfte – so zeigt die Delphi-Befragung – der Bedarf nach Fachkräften zumindest nicht abnehmen (Abbildung 37). Dies stellt insofern eine erhebliche Herausforderung für das Baugewerbe dar, als dieses strukturell noch stärker vom Fachkräftemangel betroffen ist denn das übrige produzierende Gewerbe. Seit 2013 hat sich der Engpass weiter zugespitzt.[84] Laut einer kürzlich veröffentlichten Studie des Kompetenzzentrums Fachkräftesicherung zeigt sich jüngst, neben dem sich dramatisch entwickelnden Fachkräftemangel, auch eine verschärfte Unterdeckung des Bedarfs bei Fachleuten im Baugewerbe (Malin, Jansen, Seyda & Flake, 2019). Ein wesentlicher Grund dafür ist die gute Konjunkturlage des Baugewerbes in den vergangenen Jahren (Malin et al., 2019). Zudem liegt die Zahl der Auszubildenden, die eine Ausbildung in gewerblich-technischen Berufen der Bauwirtschaft ergreifen, strukturell unter der Zahl an gewerblich Beschäftigten, die altersbedingt aus der Erwerbstätigkeit ausscheiden.[85] Auch nach Abschluss der Ausbildung besteht die Gefahr, ein Teil der ausgebildeten Fachkräfte könnte für die Branche verloren gehen. Bereits 2012 war zu beobachten, dass Absolventen gewerblicher Ausbildungen aus der Bauwirtschaft insbesondere in den Dienstleistungssektor wechselten (Bromberg, Gerlmaier, Kümmerling & Latniak, 2012). Erschwerend kommt hinzu, dass speziell in den gewerblich-technischen Berufen der Bauwirtschaft, die immer noch hauptsächlich von Männern ergriffen werden, das Rekrutierungspotenzial bei jungen Frauen bislang kaum ausgeschöpft wird, wie die jüngste Studie des Kompetenzzentrums Fachkräftesicherung ergab (Malin et al., 2019).

[84] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/fachkraeftemangel_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

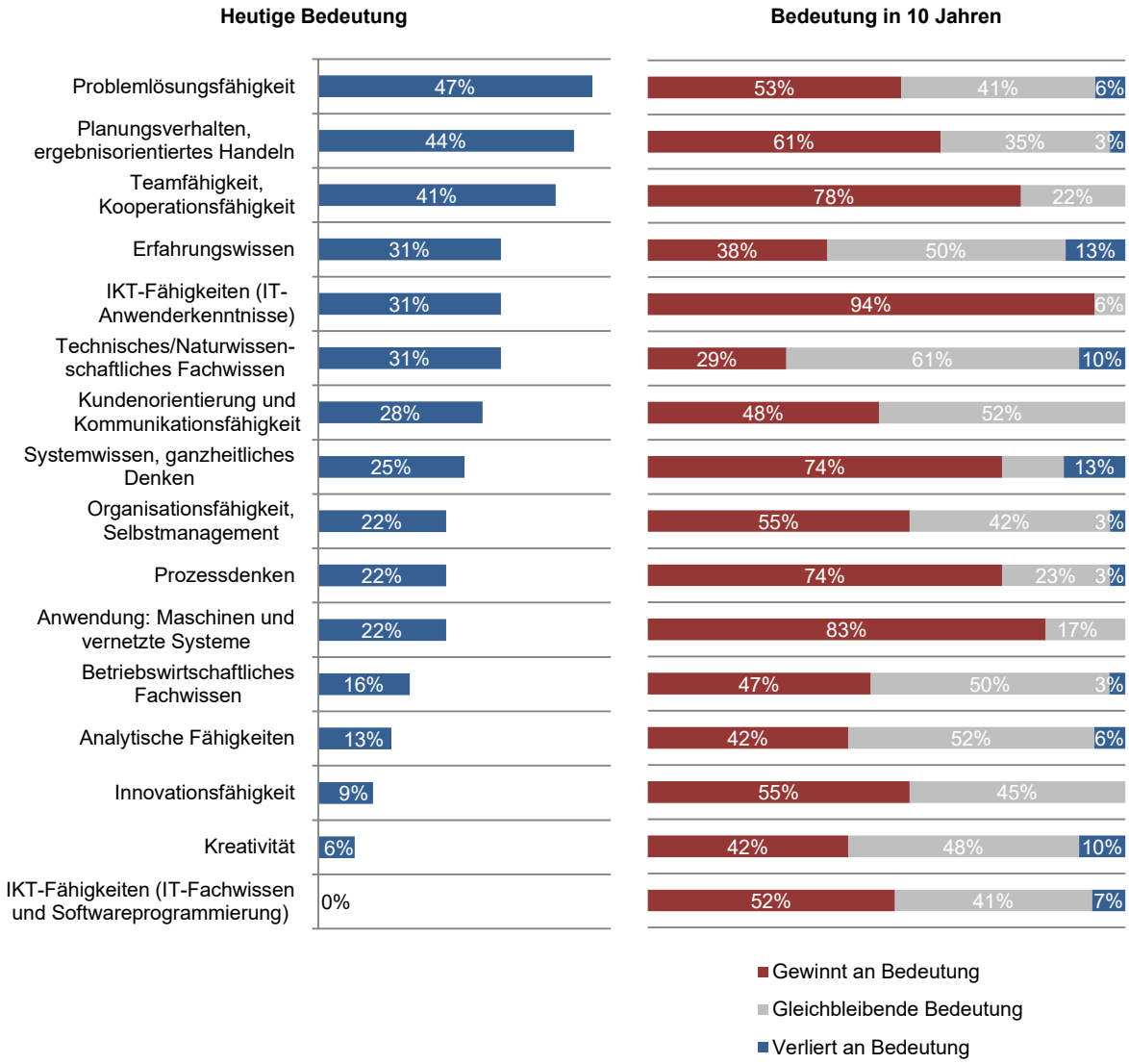
[85] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/ausbildung-der-bauwirtschaft_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

4.4.2 Kernkompetenzen und Berufsbilder der Zukunft

Die Analyse von Qualifikationsstruktur und Beschäftigungsentwicklung im Baugewerbe hat gezeigt, dass gut ausgebildete Fachkräfte auch künftig gefragt sein dürften. Doch welche Kompetenzen müssen Beschäftigte in Zukunft vorweisen?

In Bezug auf die für das Baugewerbe relevanten Kompetenzen fällt auf, dass bereits heute Eigenschaften wie Problemlösungsfähigkeit, Planungsverhalten und Teamfähigkeit von den Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung als die drei wichtigsten Kompetenzen herausgehoben wurden (Abbildung 41). Technisches und naturwissenschaftliches Fachwissen ist hingegen nach Einschätzung der Befragten von deutlich geringerer Bedeutung. Nur 31 % der Befragten nennen dies als eines von bis zu fünf relevanten Kompetenzfeldern. Ebenso viele Fachleute halten bereits heute IT-Anwenderkenntnisse im Baugewerbe für eine wichtige Kompetenz.

Abbildung 41: Heutige und zukünftige Bedeutung ausgewählter Kompetenzen



Anmerkungen: Die Liste der Kernkompetenzen wurde in Anlehnung an Apt, Schubert und Wischmann (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).

In Bezug auf die Entwicklung in den kommenden zehn Jahren ist zunächst eine bemerkenswerte Stabilität der bereits heute relevanten Kompetenzen zu beobachten. Keine der gegenwärtig als zentral erachteten Kompetenzen verliert nach Einschätzung der Delphi-Befragung im kommenden Dezennium an Relevanz für die Bauwirtschaft. Im Gegenteil: So besteht große Einigkeit darüber, dass etwa Team- und Kooperationsfähigkeit, die bereits heute zu den drei wichtigsten Kompetenzbereichen zählt, noch an Bedeutung gewinnen wird. Bereits 2018 hatte eine Studie der Hans-Böckler-Stiftung die Einstellung technischer Fachkräfte im Baugewerbe zu Industrie 4.0 untersucht, insbesondere im Zusammenhang mit der Einführung von BIM. Syben (2018a) kommt darin zu dem Ergebnis, dass es derzeit keine Anzeichen dafür gebe, dass die Umstellung auf BIM im Baugewerbe – als zentraler technologischer Treiber für die Digitalisierung der Branche – Arbeitsplätze oder Status von Fachkräften bedrohen würde: „Für die technischen Fachkräfte der Bauunternehmen drückt sich dieser Sachverhalt unter anderem darin aus, das sie und ihre beruflichen Kompetenzen in den Unternehmen auf absehbare Zeit so dringend gebraucht werden wie eh und je.“ Hardin und McCool verdeutlichen, weshalb das BIM menschliche Arbeit nicht substituiert. Es müsse immer noch der Mensch zur Erstellung digitaler Gebäudemodelle Daten auswählen und beurteilen (2015). So verdichten sie ihre These: „BIM is only as good as the hands that are using it.“ (Hardin & McCool, 2015).

Während gegenwärtig relevante Kompetenzen auch künftig von Bedeutung sein dürften, gewinnen andere Fähigkeiten an Relevanz, die bislang eher eine untergeordnete Bedeutung hatten: Neben IT-Anwenderkenntnissen und der Nutzung von Maschinen und vernetzten Systemen sind es zuvorderst Systemwissen und ganzheitliches Denken sowie Prozessdenken, die in den kommenden zehn Jahren wichtiger werden. Jeweils 74 % der Befragten kamen zu dieser Einschätzung. Entsprechend der in Anlehnung an Apt et al. (2018) in der Delphi-Befragung definierten Kompetenzbereiche werden damit vor allem Kenntnisse des Gesamtprozesses und seiner Steuerung, die Beherrschung komplexer Arbeitsinhalte und die Fähigkeit, ganzheitlich zu denken und zu handeln, künftig eine größere Rolle in Berufen des Baugewerbes spielen. Auch Denken und Handeln in vernetzten und domänenübergreifenden Prozessen sowie ein Verständnis für das Zusammenspiel relevanter Akteure und die Entwicklung eines Folgebewusstseins werden wichtiger.

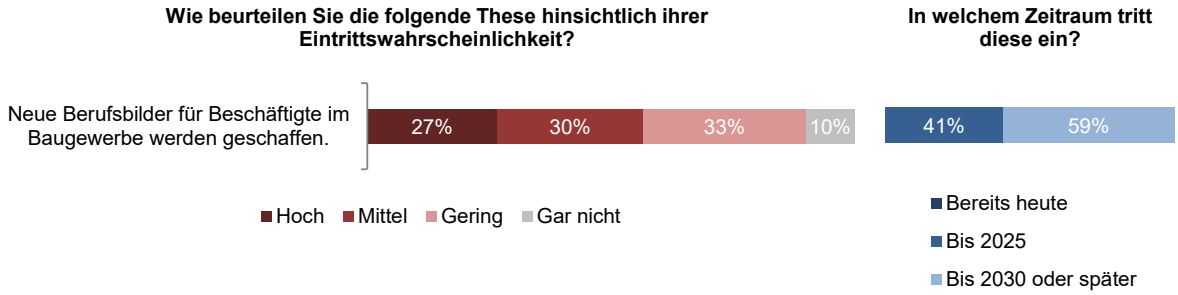
Nachdem in der ersten Befragungsrunde 94 % der Expertinnen und Experten für die nächsten zehn Jahre eine steigende Bedeutung von IT-Anwenderkenntnissen vermuteten, wurde im Rahmen der zweiten Runde dieser Kompetenzbereich vertieft abgefragt. Dabei wurde die Einschätzung differenziert für die Bereiche „Bauplanung und -abnahme“ sowie „Bauausführung/Instandsetzung“ erbeten.

Die qualitative Auswertung der zweiten Runde der Delphi-Befragung gibt daher Hinweise darauf, welche IT-Kenntnisse künftig im Baugewerbe potenziell relevant werden könnten. Ergebnisse deuten darauf hin, dass tiefergehende, technologiebezogene Kompetenzen, wie die Durchführung von Datenanalysen und die Entwicklung von Software, künftig zwar an Bedeutung gewinnen werden. Doch die Befragten messen sowohl in der Bauplanung und -aufsicht als auch in der Bauausführung und Instandsetzung neben der Online-Kommunikation vor allem der Informationsrecherche und Anwenderkenntnissen in fachspezifischer Software eine starke Bedeutung bei. Neben unmittelbar technikbezogenen Kompetenzen könnten demnach vor allem Informationsrecherche und grundlegende analytische wie prozessuale Kompetenzen zentrale Bedeutung erlangen. Damit weisen die Ergebnisse der Delphi-Befragung darauf hin, dass neben der Beherrschung von Softwareprogrammen vor allem die Interpretation und Einordnung der mittels IT-Unterstützung gewonnen Ergebnisse eine Domäne von Beschäftigten bleiben dürften. Insofern bestätigt sich die von Syben untersuchte Haltung technischer Fachkräfte mit Blick auf die Einführung des BIM.

Der Untersuchung der Hans-Böckler-Stiftung zufolge legten die in ihrem Rahmen interviewten Fachkräfte „Wert auf die Feststellung, dass, wenn das digitale Gebäudemodell [BIM] künftig bestimmte Operationen, vor allem einfache Berechnungen, übernehmen wird, Plausibilitätsprüfungen erst recht unerlässlich bleiben. Die Beurteilung von Ergebnissen kann nach ihrer Auffassung nur auf der Basis fundierter berufsfachlicher Kompetenz vorgenommen werden.“ (Syben, 2018a).

In der Gesamtschau der Analyse von Kompetenzentwicklung im Baugewerbe deuten die Ergebnisse keine fundamentale Umwälzung bestehender Berufsbilder an. Keine der gegenwärtig wesentlichen Kompetenzen wird nach Auffassung der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung künftig an Bedeutung verlieren. Stattdessen gewinnen bislang weniger bedeutende Kompetenzen an Relevanz. In Bezug auf die Arbeit mit IT-Technik sind komplexe analytische und systembezogene Fähigkeiten wichtiger, ohne dass Kompetenzen wie Planungsverhalten und Teamfähigkeit – die heute als zentral erachtet werden – an Relevanz verlieren. Diese Ergebnisse werden bestätigt durch das nicht eindeutige Bild in der Einschätzung der Entwicklung neuer Berufsbilder (Abbildung 42). Nur 47 % der Delphi-Befragten gehen davon aus, dass neue Berufsbilder in der Baubranche geschaffen werden könnten. Für denkbar halten dies 59 % – sofern zutreffend – auf lange Frist, bis zum Jahr 2030 oder später. Statt der Entwicklung neuer Berufsbilder ist demnach eher von eine evolutionären Weiterentwicklung bestehender Berufe auszugehen.

Abbildung 42: Zukünftige Entwicklung neuer Berufsbilder



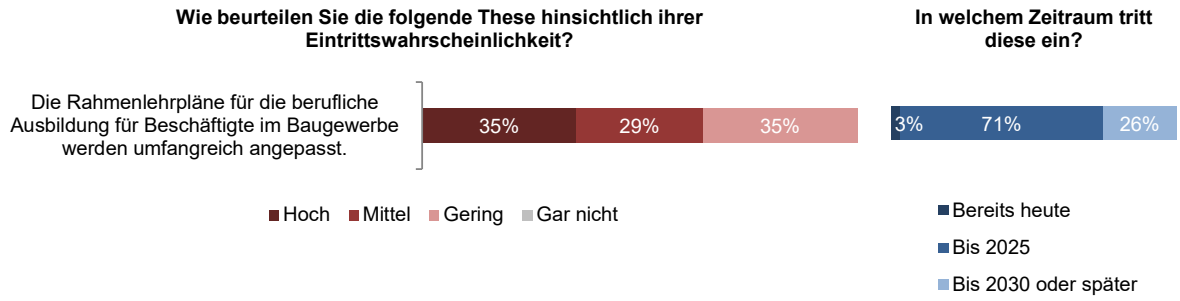
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

4.4.3 Ausrichtung der beruflichen und akademischen Erstausbildung

Die Analyse der Kompetenzentwicklung im Baugewerbe hat gezeigt, dass sich die Anforderungen an Beschäftigte in den kommenden zehn Jahren wandeln werden. Aufgrund der steigenden Bedeutung digitaler Technologien nimmt nicht nur der Bedarf an Fähigkeiten in der unmittelbaren Bedienung von IT-Anwendungen zu. Vielmehr dürfte es künftig für die Beschäftigten darauf ankommen, ihre bestehenden Kompetenzen zu nutzen, um die Ergebnisse softwaregestützter Auswertung von Daten zu interpretieren und zu prüfen. Wenngleich es keine deutlichen Anzeichen für die Ausprägung neuer Berufsbilder in Branche gibt, stellen diese sich wandelnden Anforderungen an die Beschäftigten auch die berufliche und akademische Erstausbildung vor neue Herausforderungen. Wie sich die Anforderungsentwicklung auf betriebliche und akademische Ausbildung auswirken wird, gilt es in Folge zu beleuchten.

Während die Zahl der Studienanfängerinnen und Studienanfänger im Bauingenieurwesen in den vergangen Jahren stark angestiegen ist, bleibt die Zahl von Ausbildungsanfängern in gewerblichen Berufen der Baubranche seit mehr als zehn Jahren auf einem konstanten Niveau.[86] Dabei beginnen jedes Jahr weniger junge Menschen eine Ausbildung in gewerblichen Berufen der Bauwirtschaft, als Beschäftigte in Rente eintreten.[87] Diese Lage ist keineswegs eine mittelfristige Entwicklung, die sich erst innerhalb der letzten zehn Jahre ergeben hat. Kamen 1997 auf 100 Baufacharbeitende im Durchschnitt noch 14 Auszubildende, waren es 2010 nur noch 10,4. Bis 2017 sank die Zahl der Auszubildenden je 100 Facharbeiter auf 8,4.[88] Ein wesentlicher Grund für den bereits diskutierten Mangel an Fachkräften dürfte somit ein strukturelles Problem der Attraktivität gewerblicher Ausbildungsberufe in der Bauwirtschaft sein. Im Jahr 2019 reagierte die Branche auf diese Entwicklung und leitete eine Neuordnung der Ausbildungsberufe im Bauhauptgewerbe ein. Ausdrückliches Ziel der Neuordnung ist es, die „Qualität und Attraktivität“ von Ausbildungen im Baugewerbe zu steigern. Darauf verständigte man sich mit dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (HDB) und dem Zentralverband des deutschen Baugewerbes (ZDB), wie die Industriegewerkschaft Bau-Agrar-Umwelt (IG BAU) im Februar bekannt gab.[89] Damit ist eine Entwicklung eingeleitet, die nach Einschätzung der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung absehbar ist (Abbildung 43). So sehen 35 % der Befragten einen hohen Anpassungsbedarf bei den Inhalten der formalen beruflichen Ausbildung im Baugewerbe. Einen mittleren Anpassungsbedarf sehen 29 %. Die maßgeblichen Veränderungen werden – so die Experteneinschätzung – vermutlich bis 2025 erfolgen.

Abbildung 43: Zukünftige Anpassung der Inhalte in der beruflichen (Erst-)Ausbildung



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

[86] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/studenten-im-bauingenieurwesen_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

[87] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/ausbildung-der-bauwirtschaft_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

[88] Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/ausbildung-der-bauwirtschaft_bwz/, aufgerufen am 27.09.2019.

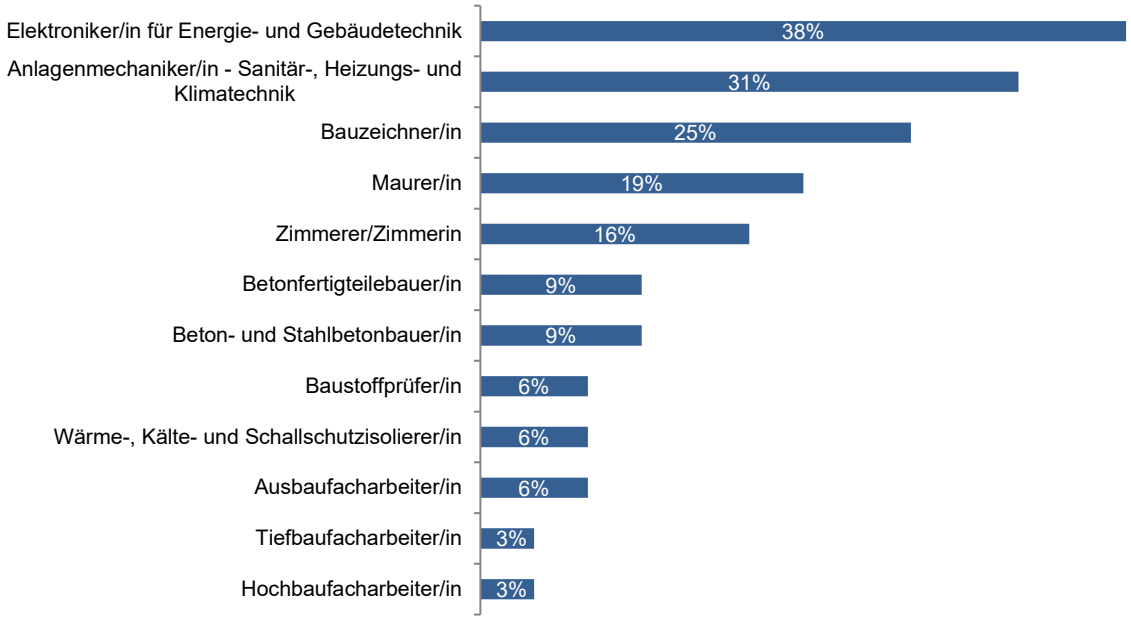
[89] Vgl. https://www.igbau.de/einigung-fuer-die-neuordnung-der-ausbildungsberufe.html, aufgerufen am 27.09.2019.

Doch in welchen Berufen wird sich das Tätigkeitsprofil am stärksten wandeln? Wo liegt der größte Anpassungsbedarf bis 2030? Auch das wurde im Rahmen der Delphi-Befragung untersucht.

Der Beruf mit den nach Expertenschätzung größten Veränderungspotenzialen hinsichtlich des Tätigkeitsprofils im Zeitraum bis 2030 ist demnach die Elektronikerin/der Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik (Abbildung 44). Hier gehen 38 % der Befragten von einer starken Anpassung aus. 31 % sehen besonders große Veränderungen im Aufgabenprofil des Anlagenmechanikers/der Anlagenmechanikern – Sanitär, Heizungs- und Klimatechnik. 25 % der Experten erwarten eine starke Veränderung beim Beruf des Bauzeichners/der Bauzeichnerin, 19 % gehen von einer starken Anpassung des Tätigkeitsprofils beim Beruf der Maurerin/des Maurers aus.

Abbildung 44: Berufliche Ausbildungen im Wandel

Für welche dieser Ausbildungen wird sich bis 2030 das berufliche Tätigkeitsprofil am stärksten verändern?



Anmerkungen: Die Befragten konnten bis zu zwei Berufe auswählen.
Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Im Rahmen der Delphi-Befragung wurden die Fachleute gebeten, ihre Einschätzung zu begründen, weshalb sie bei bestimmten Berufsbildern eine besonders starke Veränderung erwarten: Als dominanten Treiber bei den vier meistgenannten Berufen mit Veränderung im Tätigkeitsprofil werden die Digitalisierung bzw. der regulatorische Rahmen betrachtet.

Die Expertinnen und Experten gehen davon aus, dass der **Elektroniker**/die **Elektronikerin für Energie- und Gebäudetechnik** dasjenige Gewerk ist, welches am stärksten von technologischen Entwicklungen im Bereich der Gebäudetechnik betroffen sein wird. Beschäftigte dieses Berufes planen und installieren elektronische Anlagen, z. B. Energieversorgungssysteme und Breitbandkommunikationsanlagen. Mehr als die Hälfte aller Ausbildungsanfängerinnen und -anfänger verfügt über einen mittleren Schulabschluss (BERUFENET, 2019c). Vor allem durch den Trend zu Smart-Home-Anwendungen und das BIM besteht nach Einschätzung der Delphi-Befragten künftig ein besonders hoher Bedarf an Erneuerung entsprechender Leitungen und Regeltechnik in Bestandsgebäuden sowie in der Installation komplexer Systeme bei neu entstehenden Bauwerken.

Ähnliche Treiber sehen die Fachleute der Delphi-Befragung auch für ein verändertes Tätigkeitsprofil beim **Anlagenmechaniker bzw. der Anlagenmechanikerin – Sanitär, Heizungs- und Klimatechnik**. Beschäftigte dieses Berufes bauen Armaturen und Anschlüsse zur Wasserversorgung und -abführung, Lüftungs- und Klimaanlagen und Systeme zur Energieversorgung und -erzeugung. Bei der

Neuinstallation und Instandhaltung komplexer werdender Gebäudeleittechnik erfüllt dieser Beruf eine wesentliche Funktion (BERUFENET, 2019a). Im Rahmen der Initiative „Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikation und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) wurde für den Bereich der Gebäude- und Versorgungstechnischen Berufe am Beispiel des Anlagenmechanikers/der Anlagenmechanikerin – Sanitär, Heizungs- und Klimatechnik ein Berufsscreening durchgeführt. Nach dieser Untersuchung wird die Digitalisierung in vielfältiger Weise, sowohl auf Ebene der zu installierenden und instand zu haltenden Gebäudetechnik als auch in Bezug auf den Umgang mit neuen Arbeitsmitteln, Auswirkungen auf das Tätigkeitsprofil der Beschäftigten haben. So zeigt sich etwa bei der Steuerungs- und Regeltechnik die zunehmende Bedeutung sensorischer und aktorischer Funktionen, etwa im Bereich des Energiemanagements. Hinsichtlich der Arbeitsmittel gewinnen – auch im Zuge der Einführung des BIM – mobile Endgeräte und Applikationen zum Auftrags- und Materialmanagement sowie Planungssoftware immer größere Bedeutung. Während Augmented-Reality- sowie Virtual-Reality-Visualisierungen derzeit noch nicht verbreitet sind, werden auch solche Anwendungen künftig eine größere Rolle im Arbeitsalltag der Berufsgruppe spielen. Diese Veränderungen spiegeln sich auch in der Integration zusätzlicher Lerninhalte aus den Bereichen Elektronik/Elektrotechnik, IT/Programmierung und Monitoring/Maschinensteuerung („smart operating“) in die berufliche Ausbildung wider (Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF] & Bundesinstitut für Berufsbildung [BIBB], 2018). Nach Einschätzung von BMBF und BIBB (2018) sind über die Hälfte der Unternehmen, die zur Anlagenmechanikerin bzw. zum Anlagenmechaniker (Sanitär, Heizungs- und Klimatechnik) ausbilden, gut auf die Anforderungen der Digitalisierung vorbereitet. Mehr als zwei Drittel der ausbildenden Unternehmen haben zudem die zeitlich-organisatorischen Abläufe, eingesetzten Lehr- und Lernmittel, Ausbildungsinhalte wie auch Lehr- und Lernmethoden an die veränderten Erfordernisse angepasst.

Infolge neuer Planungssoftware und beschleunigt durch die regulatorisch getriebene Umstellung auf BIM, ändert sich nach Einschätzung der Teilnehmenden der Delphi-Befragung auch das Berufsbild **der Bauzeichnerin/des Bauzeichners** (BERUFENET, 2019b). Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt auch die Studie von Syben (2018a) zur Einstellung technischer Fachkräfte in der Bauwirtschaft im Kontext von Industrie 4.0: „Eine besondere Situation entsteht durch BIM für die Bauzeichner und Bauzeichnerinnen. Ihr Beruf ist dabei, sich radikal zu wandeln. Sie werden zu Modellierern und Modelliererinnen dreidimensionaler digitaler Pläne, während das Zeichnen von 2D-Plänen auf Papier eher die Ausnahme sein wird. In diesem Zuge sind die Tätigkeiten des Zeichnens und des Konstruierens offensichtlich dabei, miteinander zu verschmelzen.“ Bereits heute arbeiten Beschäftigte dieses Berufes bei der Erstellung bautechnischer Zeichnungen und Unterlagen für Bauwerke aller Art vor allem mit CAD-Programmen.[90]

Das Tätigkeitsprofil des **Maurers bzw. der Maurerin** wird sich laut der Delphi-Befragung in erster Linie durch die Verarbeitung neuartiger Baustoffsysteme und hybrider Baustoffe wandeln. Maurerinnen und Maurer sind wesentlich mit Rohbauarbeiten beschäftigt, wie dem Betonieren von Fundamenten und dem Einbau von Außen- und Innenwänden (BERUFENET, 2019d). Sie sind daher in besonderer Weise von Entwicklungen hin zum verstärkten modularen Bauen und höheren Vorfertigungsgrad betroffen.[91] In diesem Beruf ist zudem mit dem Einsatz robotischer Systeme zu rechnen. Diese dürften – wie bereits zuvor beschrieben – auf absehbare Zeit primär zur Entlastung der in der Bauausführung Beschäftigten führen und nicht zum Personalabbau. Die Delphi-Befragung ergab den Hinweis, dass insbesondere die große Variabilität des konkreten Arbeitsumfelds Baustelle einen unbegleiteten Einsatz robotischer Systeme erschwert (Kapitel 4.4.1). Daher dürfte insbesondere in Berufen der Bauausführung – wie im Falle der Maurerin – künftig der Einsatz kollaborativer robotischer Systeme an Rele-

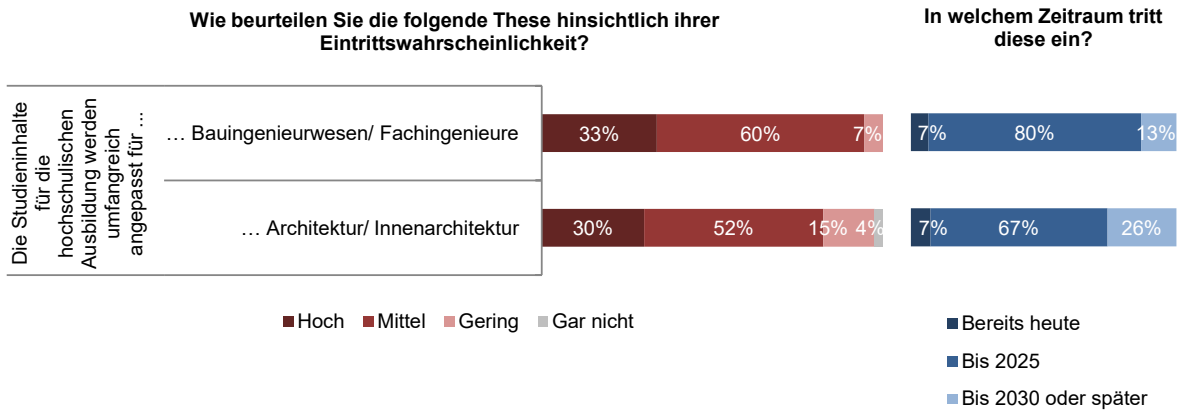
[90] Vgl. https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/faces/index?path=null/kurzbeschreibung/trends&dkz=13741&such=Bauzeichner%2Fin, aufgerufen am 27.09.2019.

[91] Vgl. https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/faces/index?path=null/kurzbeschreibung/trends&dkz=3938&such=Maurer%2Fin, aufgerufen am 27.09.2019.

vanz gewinnen, die über eine hybride, intuitive Programmierung – durch Einsatz mobiler Endgeräte oder direkte Interaktion – angeleitet werden (Brecher et al., 2010; Lambrecht, 2012).

Neben den Inhalten bei der beruflichen Ausbildung dürften sich künftig auch die Inhalte bei der akademischen Ausbildung der Bauwirtschaft verändern (Abbildung 45). So gehen 33 % der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung von einer hohen Anpassung der Studieninhalte bei Bau- und Fachingenieuren aus. Einen mittleren Anpassungsbedarf sehen 60 %. Für den Bereich Architektur und Innenarchitektur kommen die Befragten zu einer ähnlichen Einschätzung: 30 % gehen von einem hohen, 52 % von einem mittleren Anpassungsbedarf aus. Mit Blick auf die Zeitachse besteht für beide Fachrichtungen große Einigkeit, dass sich der absehbare Anpassungsbedarf bereits bis 2025 in konkrete Veränderungen der Curricula umsetzen wird.

Abbildung 45: Zukünftige Anpassung der Inhalte in der akademischen (Erst-)Ausbildung



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

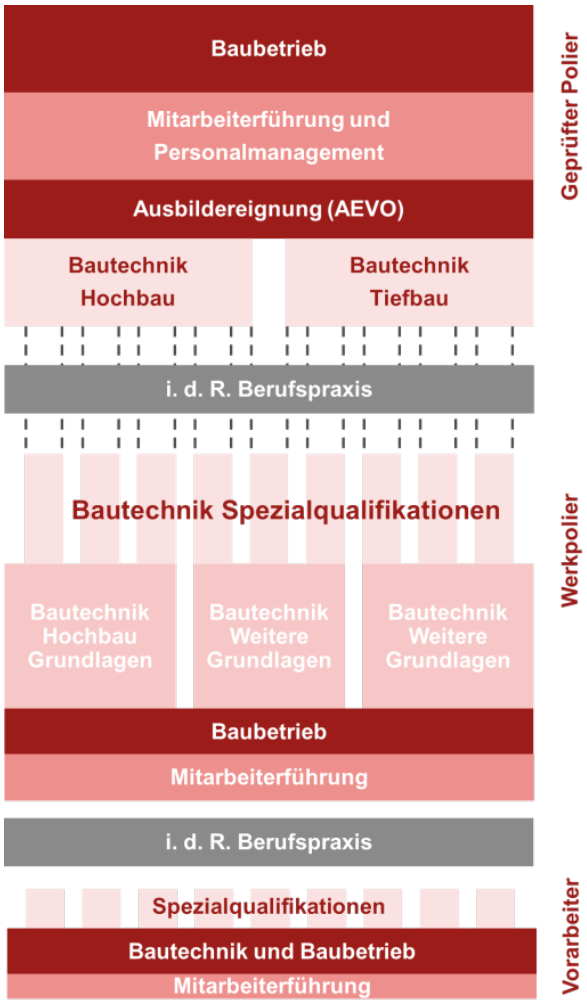
Auf eine vertiefte Befragung zur konkreten inhaltlichen Ausprägung des Anpassungsbedarfs in der akademischen Ausbildung wurde im Rahmen dieser Studie verzichtet zugunsten einer Vertiefung der Anpassungsbedarfe bei der beruflichen Ausbildung. Der Studienfokus liegt hier auf Beschäftigten mit Berufsausbildung, da diese Gruppe unter den Gesamtbeschäftigten des Baugewerbes mit 68,6 % den mit Abstand größten Anteil ausmacht (Kapitel 4.4.1). Des Weiteren liegt bei gewerblichen Ausbildungen schon aufgrund des sich verschärfenden Fachkräftemangels sowie des Fehlens an Auszubildenden in gewerblichen Ausbildungen der Bauwirtschaft ein besonderes Erkenntnisinteresse.

4.4.4 Berufliche Weiter- und Fortbildung

Nicht nur die berufliche Erstausbildung in der Bauwirtschaft unterliegt gegenwärtig einem spürbaren Wandel. Auch in der Weiterbildung stellen sich nicht zuletzt infolge des Fachkräftemangels, der fortschreitenden Digitalisierung und neuen Anforderungen mit Blick auf den Beitrag des Bausektors zum Klimaschutz und zur Ressourceneffizienz besondere Herausforderungen.

2012 gelang es Arbeitgebern und Arbeitnehmern, sich gemeinsam auf ein bundesweit einheitliches System zur Regelung von Aufstiegsfortbildungen für Facharbeitende in gewerblich-technischen Berufen des Bauhauptgewerbes zu einigen (Zimmer, 2013).[92] Ziel der seinerzeit neu etablierten einheitlichen Struktur war es, „mehr Fach- und Führungskräfte zu gewinnen und vor allem zu halten. Den gestiegenen Ansprüchen der Branche an die Qualifikationen des Baumanagements in den Bereichen Baubetrieb, Bautechnik, berufs- und arbeitspädagogische Qualifikation sowie Mitarbeiterführung und Personalmanagement wurde Rechnung getragen.“ (Zimmer, 2013). Das System erstreckt sich im Kern über drei Qualifikationsniveaus (Abbildung 46): Vorarbeiter/-in, Werkpolier/-in und Geprüfte/-r Polier/-in. Aufstiegsstufen sind inhaltlich abgestimmt und bauen mithin aufeinander auf. Die bundesweit einheitlichen Prüfungsordnungen aller drei Qualifikationsstufen umfassen je nach Stufe in unterschiedlich intensiven Modulen die Prüfungsteile „Baubetrieb, Bautechnik sowie Mitarbeiterführung und Personalmanagement“ (Zimmer, 2013).

Abbildung 46 Aufstiegsfortbildung in der Bauwirtschaft



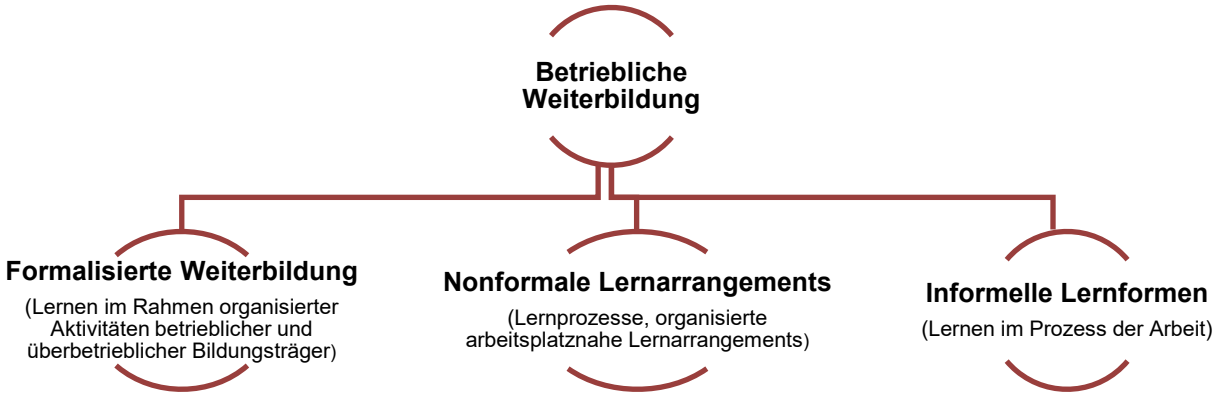
Quelle: Eigene Darstellung. Zimmer (2013).

[92] Vgl. https://www.bauindustrie.de/bildung/zukunft-sichern-durch-weiterbildung/, aufgerufen am 27.09.2019.

Mit dieser Vereinheitlichung ist zunächst eine wichtige Voraussetzung geschaffen, um Beschäftigten in der Branche eine transparente Aufstiegsperspektive aufzuzeigen. Dies ist für die Bauwirtschaft nicht zuletzt aufgrund der hohen körperlichen Beanspruchung von Berufen im gewerblich-technischen Bereich von herausgehobener Bedeutung (Kapitel 4.3.1): „In der Bauwirtschaft gibt es eine Reihe von Tätigkeiten, die wegen hoher physischer Belastungen nicht bis zum regulären Renteneintritt ausgeübt werden können. Angesichts des demografischen Wandels werden bei diesen alterskritischen Berufen Konzepte erforderlich, die Erwerbstätigen im Baugewerbe eine längerfristige Beschäftigungsperspektive eröffnen." (Bromberg et al., 2012). Der Umstieg von körperlich anstrengenden Tätigkeiten auf solche mit geringerer physischer Belastung ist jedoch für viele Beschäftigte nicht ohne Weiteres möglich. So benennen Bromberg et. al. eine zentrale Hürde bei der Gestaltung eines Umstiegs durch Aufstieg: „Aufstiegsfortbildungen in belastungsärmere Führungstätigkeiten (z. B. Polier) sind aufgrund fehlender Kompetenzen nur für einen kleinen Teil der Baubeschäftigten eine Berufsperspektive." (2012).

In Hinblick auf berufliches Lernen unterhalb der Schwelle des Erwerbs neuer Qualifikationsstufen beantworteten die Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung auch die Frage, welche Bedeutung unterschiedliche Formen der Weiterbildung künftig haben werden. Dabei folgt diese Studie Abel (2018). Er unterschiedet drei Formen betrieblicher Weiterbildung (Abbildung 47): Formalisierte Weiterbildung, nonformale Lernarrangements und informelle Lernformen.

Abbildung 47 Formen betrieblicher Weiterbildung

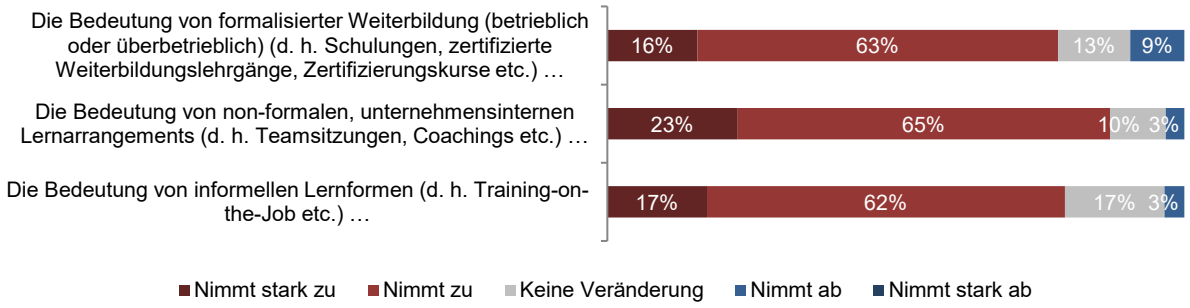


Quelle: Eigene Darstellung. Abel (2018).

Formalisierte Formen der Weiterbildung sind organisierte Aktivitäten betrieblicher und überbetrieblicher Bildungsträger (z. B. Seminare, Webinare). Nonformale Lernarrangements sind ebenfalls organisierte Lernangebote, die jedoch arbeitsplatznahes, prozesshaftes Lernen ermöglichen, z. B. Lernfabrik, Lernwerkstatt. Als informelle Lernformen versteht Abel (2018) das Lernen im Prozess der Arbeit: z. B. Lernen durch Beobachten und Ausprobierend (Diettrich & Vonken, 2011).

In Hinblick auf die Frage, welche Lernformen künftig von besonderer Bedeutung sein werden, ergab die Delphi-Befragung ein eindeutiges Bild: 63 % der Befragten rechnen mit einer Zunahme der Bedeutung formalisierter Weiterbildung, 16 % sogar mit einer starken Zunahme. Von zunehmender Bedeutung nonformaler Lernarrangements gehen 65 % aus, 23 % von einer starken Zunahme. Und auch bei informellen Lernformen schätzen die Teilnehmenden der Delphi-Befragung die Bedeutung als zunehmend (62 %) oder stark zunehmend ein (17 %) (Abbildung 48).

Abbildung 48: Zukünftige Bedeutung der Weiterbildung

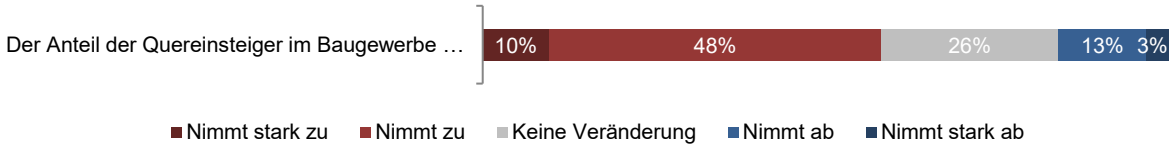


Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Damit ergibt sich aus der Delphi-Befragung zunächst kein eindeutiger Trend in Richtung einer für die künftige Weiterbildungslandschaft im Baugewerbe dominierenden Lernform. Offenbar gewinnt das Thema Weiterbildung im Lichte künftiger Herausforderungen für die Bauwirtschaft insgesamt massiv an Bedeutung. Dieser Befund erscheint plausibel, insbesondere vor dem Hintergrund der von Bromberg et al. (2012) vorgetragenen Problemlage, dass Aufstiegsfortbildung im Baugewerbe häufig an fehlenden Kompetenzen bei Beschäftigten scheitert. Vielfalt der Lernformen könnte in diesem Zusammenhang einen positiven Beitrag leisten, die individuellen Voraussetzungen der Beschäftigten zu berücksichtigen und ihnen einen individuellen Weg zur Aufstiegsqualifizierung zu weisen – sei es in Form formaler oder nonformaler Lernangebote oder über ein verstärktes, prozessbegleitendes Lernen im Beruf mit einer schrittweisen Zertifizierung informell erworbener Kompetenzen.

Eine besondere Herausforderung für die Gestaltung von Weiterbildung stellen Quereinsteiger im Baugewerbe dar. Von einer Zunahme der Quereinstiege in der Branche gehen 58 % der Expertinnen und Experten der Delphi-Befragung aus (Abbildung 49).

Abbildung 49: Zukünftiger Anteil an Quereinsteigern und Quereinsteigerinnen



Quelle: Delphi-Befragung (1. Zyklus).

Dies ist insofern bemerkenswert, als in der Vergangenheit vor allem Querausstiege aus der Bauwirtschaft als ernstzunehmende Herausforderung diskutiert wurden. Insbesondere aus den „vier besonders alterskritischen Bauberufen (Maurer, Betonbauer, Dachdecker und Zimmerer) wechseln heute 5,5 % der Beschäftigten jährlich in andere Tätigkeiten“, stellen Bromberg et al. (2012) fest.

4.4.5 Gestaltungsoptionen

- **Branchenübergreifende Perspektive einnehmen, um der sinkenden Beschäftigung Geringqualifizierter zu begegnen:** Die Studie konnte zeigen, dass ein erheblicher Teil der in der Bauausführung verrichteten Tätigkeiten potenziell automatisiert werden könnte, sowohl durch die Applikation von Automatisierungstechnologie auf der Baustelle als auch durch verstärkte Vorfertigung von Bauteilen nach industriellen Prinzipien. Damit gerät perspektivisch gerade die Baubranche in die – in vielen anderen Sektoren weiter vorgeschrittene – Aufwärtsspirale der Qualifizierungsanforderungen. Die Bauwirtschaft steht damit als eines der traditionellen Reservoirs für Menschen, die trotz geringer Qualifikation an der Erwerbsgesellschaft partizipieren möchten, möglicherweise vor einer Entwicklung, in deren Verlauf sie diese gesellschaftliche Funktion verlieren könnte. Politisch ist daher dringend zu untersuchen, mit welchen Instrumenten auf diese Entwicklung reagiert werden kann. Es erscheint schwer vorstellbar, dass die einzige Antwort eine Verstärkung der Aufstiegsqualifizierung in höherwertige Funktionen der Branche ist, etwa in Betrieben der Vorfertigung. Auf Grundlage eines branchenübergreifenden Kompetenz-Monitorings könnte ermittelt werden, für welche Branchen die bei Beschäftigten der Bauausführung vorliegenden Fertigkeiten weiterhin eine wichtige Rolle spielen können. So kann zumindest das Spektrum der potenziellen neuen Berufsfelder, für die Beschäftigte weiterqualifiziert werden können, verbreitert und damit die Zahl der Beschäftigten erhöht werden, die aufgrund ihrer Kompetenzen und Neigungen eine neue, gleich- oder höherwertige Tätigkeit finden.
- **Potenziale des internen Arbeitsmarktes nutzbar machen:** Angesichts der erheblichen Herausforderungen bei der Fachkräftesicherung im Baugewerbe gilt es, die bestehenden personellen Potenziale voll auszuschöpfen. Dabei kommt dem internen Arbeitsmarkt innerhalb der Unternehmen künftig eine stärkere Bedeutung zu. Er muss daher verstärkt als aktives Gestaltungsinstrument genutzt werden. Um den drohenden Know-how-Verlust durch das Ausscheiden älterer Beschäftigter abzufedern, sind Unternehmen gehalten, das interne Potenzial erfahrungsbasierter Prinzipien wie „Job-Rotation“ stärker zu nutzen. Junge Beschäftigte erhalten so frühzeitig die Chance, sich in qualifizierten Aufgaben zu bewähren und Erfahrungen zu sammeln, über die ältere Beschäftigte bereits verfügen. Dazu benötigen Unternehmen (1) Unterstützung bei der Entwicklung entsprechender Konzepte zur Etablierung einer Koordinierungsstelle zur Ermittlung und Vermittlung potenzieller Rotations-Partnerinnen und -Partner. Darüber hinaus (2) könnte die Etablierung entsprechender Förderinstrumente zur Erprobung neuer, digital unterstützter Formate der organisatorischen und methodischen Gestaltung solche moderner Formen der Job-Rotation ermöglichen. Ferner könnten neue Formen unternehmensübergreifender Job-Rotation erprobt werden. Um die dazu notwendige Vertrauensgrundlage und ein gemeinsames Verständnis jenseits des Wettbewerbs zu finden, bieten sich zielgerichtete Dialogformate an, um diesbezügliche Potenziale abzuschätzen. Dazu könnten auch unternehmensübergreifende Experimentierräume beitragen.
- **Image-Veränderung durch Kulturwandel anstoßen:** Auch ein interner Arbeitsmarkt und unternehmensübergreifende Ansätze der Job-Rotation werden gleichwohl nicht allein dazu geeignet sein, den Fachkräftemangel zu lösen. Der Arbeitgeber Bauwirtschaft muss bei jungen Menschen attraktiver werden: Dazu braucht es mehr als nur Werbekampagnen. Vielmehr stellen die Steigerung des Qualifikationsniveaus einerseits und die demografische Entwicklung andererseits Chancen dar, einen echten Kulturwandel einzuleiten. Mit der zunehmenden Digitalisierung und den sich daraus ergebenden Veränderungen von Tätigkeitsprofilen bedarf es zusätzlich zur kontinuierlichen Weiterentwicklung von Ausbildungsordnungen auch eines sensiblen Reframings von (bestehenden) Berufsbildern und Berufsbeschreibungen. Würden Zukunftstrends wie der Umgang mit Werkstoffen der Zukunft bereits integraler Bestandteil der heutigen Ausbildung, könnte die Branche ihre Zukunftsfähigkeit potenziellen Nachwuchskräften gegenüber glaubwürdiger vertreten.

- **Geschlechterklischees überwinden:** Wie tiefgreifend der notwendige Kulturwandel speziell in der Bauwirtschaft ist, wird beim Blick auf den geringen Anteil weiblicher Beschäftigter offensichtlich. Malin et al. (2019) zeigen deutlich, welches Potenzial in der Überwindung von Geschlechterklischees für die Herausforderung der Fachkräftesicherung in der Bauwirtschaft liegt. Die Branche ist gefragt, aktiv einen diesbezüglichen Gestaltungsanspruch zu entwickeln; überdies sollte sie einen grundlegenden Kulturwandel in Bezug auf Geschlechterrollen und darüber hinaus einleiten, etwa durch die Initialisierung eines breit angelegten Dialogprozesses unter Beteiligung der Sozialpartner und weiterer Akteure aus Wissenschaft und Zivilgesellschaft über mögliche Strategien für diesen grundlegenden Kulturwandel.
- **Demografische Digitalisierungslücke schließen:** Eine weitere Wirkung eines praktizierten internen Arbeitsmarktes liegt darin, die demografische Digitalisierungslücke zu schließen und älteren Beschäftigten, insbesondere in der Bauplanung, die Chance zu geben, von ihren digitalaffinen jüngeren Kolleginnen und Kollegen zu lernen. Der interne Arbeitsmarkt bleibt so keine Einbahnstraße und ermöglicht ein gemeinsames Lernen auf Augenhöhe.

5 Fallstudien

5.1 Digitalisierung und kooperatives Arbeiten in der Bauplanung und -ausführung

Die Fallstudie wurde mit der Geschäftsführung eines Beratungsunternehmens durchgeführt, das digitale Lösungen für die Bauplanung entwickelt und ein spezialisiertes Team aus Bau- und IT-Fachleuten beschäftigt. Dieses Unternehmen unterstützt Bauende, Architektinnen und Architekten, Planende sowie andere Bauunternehmen bzw. Bauunternehmerinnen und -unternehmer bei der Implementierung von BIM unter Berücksichtigung von Hardware- und Software-Fragen wie auch der Aufgaben, Kompetenzen und IT-Ausstattung der zu beratenden Unternehmen und ihrer Beschäftigten. Dabei führt das Beratungsunternehmen u. a. BIM-Schulungen durch, begleitet Bauprojekte in der Planung und Ausführung und bietet Beratungsleistungen für die Umsetzung von Bauprojekten an.

Digitalisierung in Bauausführung und Bauplanung – deutliche Differenzen

Durch die zunehmende Digitalisierung in der Bauwirtschaft gewinnen die digitalen Kompetenzen der Beschäftigten und der Einsatz neuer Technologien immer größere Bedeutung. In der Anwendung digitaler Technologien in der Durchführung von Bauprojekten wie auch im Erlernen digitaler Kompetenzen an Schulen und Hochschulen gibt es allerdings eine deutliche Differenz zwischen Bauplanung und Bauausführung. Während in der Bauplanung überwiegend Personen mit hohen IT-Kompetenzen arbeiten, viele neue Technologien genutzt werden und die Beschäftigten von modernen, digital ausgerichteten Studiengängen auf dem aktuellen Stand der Technik profitieren, wird die Arbeit in der Bauausführung noch recht traditionell und analog durchgeführt. Insbesondere die Vernetzung verschiedener Informationsquellen und Akteure, z. B. Handwerker, ist bislang (noch) eingeschränkt.

In der Bauplanung arbeiten demnach viele junge Menschen mit hochschulischer Ausbildung, die sich im Rahmen ihres Studiums eine Reihe von IT-Kompetenzen – z. B. Programmierung in JAVA oder anderen höheren Programmiersprachen, Einsatz von Virtual Reality Studios – angeeignet haben. Somit sind insbesondere junge Berufstätige in der Bauplanung in der Lage, neue Softwaretools anzuwenden und zu programmieren, sodass viele innovative Ideen für neue Bauprojekte entwickelt, umgesetzt und digital überwacht werden können. Diese positive Entwicklung ist u. a. darauf zurückzuführen, dass die hochschulische Ausbildung aktuell geforderte IT-Kompetenzen am Arbeitsmarkt in das Studium integriert hat. Insbesondere in den letzten drei Jahren habe es hier „dramatische Veränderungen“ an den Hochschulen gegeben. Ältere Beschäftigte hingegen haben Schwierigkeiten, sich die vielen neuen geforderten technischen Kompetenzen anzueignen. Daraus entsteht jedoch eine deutliche Generationenlücke in der Bauplanung, die sich bereits in einer unterschiedlichen (generationenspezifischen) Arbeitssprache zeigt und die Arbeitsorganisation beeinflusst, z. B. bei der Besetzung von Teams. Wenig empfehlenswert seien nach Einschätzung des Experten jedoch eventuelle Anstrengungen, um ältere Kollegen in der Bauplanung auf das IT-Kompetenzniveau der Jüngeren zu bringen. Der Wandel in der Programmierung und Anwendung von Bauplanungssoftware sei derart schnelllebig, dass er ältere Bauplanerinnen und Bauplaner eher in koordinierenden Funktionen mit hohen Anforderungen an Erfahrungen und Soft Skills sieht, wie Controlling, Personal, strategische Prozesse und Planung. Allgemein betrachtet sei die Arbeitsweise in der Bauplanung sehr kooperativ und kollaborativ. Durch die digitalen Methoden der Abstimmung und Planung herrsche zudem eine hohe Transparenz im Kollegium wie auch unter den verschiedenen Dienstleistern in der Planung eines Bauprojekts.

Unterdessen sind die Mitarbeitenden in der Bauausführung deutlich weniger IT-affin und nutzen seltener technische Mittel zur Vernetzung und ggf. physischen Arbeitserleichterung. Dies hat hauptsächlich zwei Ursachen: Erstens arbeiten Beschäftigte in der Bauausführung, wie Handwerker oder Poliere, vorwiegend in kleinen Unternehmen, für die die Einführung kosten- und einarbeitungsintensiver technischer Hilfsmittel aus betriebswirtschaftlichen Gründen oft nicht lohnenswert erscheint. Zweitens befindet sich die überwiegend berufliche Ausbildung für in der Bauausführung Tätige nicht auf demsel-

ben digitalen Stand wie die Ausbildung der Bauplanerinnen und Bauplaner. Gerade in Berufsschulen ist die Vermittlung digitaler Kompetenzen in den Ausbildungsinhalten noch relativ wenig ausgeprägt; oft fehlen den Berufsschullehrerinnen und -lehrern auch Kompetenzen von aktuellen Technologien in der Bauwirtschaft. Laut Expertenmeinung ist der technische Stand in der Bauausführung mit dem in der Bauplanung „vor etwa sieben Jahren“ vergleichbar.

Zukunftsvision: „Digitaler Handwerker/Digitale Handwerkerin“

In der Bauausführung – insbesondere beim Handwerk – findet eine stärkere Vernetzung mit Bauenden, Bauplanenden und Zuliefernden statt, und neue Software-Tools werden auf Baustellen genutzt. Die Ausbildung in der Bauausführung beinhaltet in ähnlichem Maße die digitale Kompetenzvermittlung wie in der Bauplanung.

Bedeutende Rahmenbedingungen

Um die Bauwirtschaft und die prägenden Faktoren ihrer zukünftigen Arbeitswelt zu skizzieren, lassen sich laut der Expertenmeinung vier wichtige Rahmenbedingungen nennen:

Digitalisierung: Ein generelles Querschnittsthema in der Bauwirtschaft ist das BIM, das keine Software, sondern eher eine (übergeordnete) Methode darstellt. Bei der Durchführung von Bauprojekten ist die effiziente Kooperation, Koordinierung und Vernetzung zwischen verschiedenen Stakeholdern, z. B. Ingenieurinnen und Ingenieure, Architektinnen und Architekten, Bauunternehmerinnen und -unternehmer, von entscheidender Bedeutung, um effizient zu arbeiten. Wichtig dabei ist der Einsatz kompatibler (oder gleicher) IT-Systeme, die von unterschiedlichen Akteuren genutzt und gepflegt werden, um Arbeitsabläufe effizient zu gestalten. Dazu können etwa Plattformen oder Kommunikationssoftware genutzt werden, die alle Arbeitsschritte erfassen, was auch die Bereitschaft und Fähigkeit zur Nutzung dieser Tools von allen Beteiligten erfordert.

Kooperatives Arbeiten: Zum aktuellen Zeitpunkt ist in der Bauausführung eher ein „konfrontatives Arbeiten“ zwischen den unterschiedlichen Interessensgruppen (Auftraggebenden, Zuliefernden, Bauende) zu beobachten. Nicht selten gibt es in einem größeren Bauprojekt Gerichtsverfahren zwischen den Beteiligten. In Zukunft wird es von Bedeutung sein, Probleme bei der Zusammenarbeit – z. B. nicht passende Bauteile verschiedener Zulieferer – frühzeitig zu erkennen und die Planung anzupassen, bevor es zum Verzug von Bauprojekten bzw. zu Gerichtsverfahren kommt. Hierzu kann die Digitalisierung einen entscheidenden Beitrag leisten.

Attraktivität des Arbeitsplatzes: Um auch in Zukunft genügend Beschäftigte für die Bauwirtschaft zu gewinnen, ist die Attraktivität des Arbeitsplatzes von entscheidender Bedeutung. Dabei sei es wichtig, die Baustelle „in jeder Hinsicht“ attraktiver zu machen. Lohn sei dabei nicht so wichtig wie flexible Arbeitszeiten, die Vereinbarkeit von Familie und Beruf oder die Unterstützung bei belastungsreichen, physischen Tätigkeiten durch entsprechende Hilfssysteme, etwa Exoskelette, die insbesondere in der Bauausführung dem körperlichen Verschleiß entgegenwirken. Letztere trägt mit dazu bei, dass Beschäftigte in der Bauausführung auch in höherem Alter ihre erlernte Tätigkeit ausführen können, was wiederum zur Steigerung der Attraktivität des Arbeitsplatzes beiträgt.

Nachhaltigkeit: Immer wichtiger wird das Thema Nachhaltigkeit, insbesondere ressourcen- wie umweltschonende Prozesse bei Bauprojekten. So ist z. B. der Einsatz von Zement oft kosten- und ressourcenintensiv und letztlich umweltschädlich. Insbesondere junge Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer haben jedoch eine starke Präferenz für gesteigerte Nachhaltigkeit bei der Durchführung von Bauprojekten. Im Sinne der Attraktivitätssteigerung der Branche seien auch hier neue Lösungen gefragt.

Zukunftsvision: „Stärkere Industrialisierung“

Durch die Digitalisierung von Arbeitsprozessen wie der Vorfertigung lassen sich 70 % der Arbeiten in der Bauwirtschaft automatisieren. In der Vergangenheit wurde von Unternehmen – aber auch von der Politik – die Ausschöpfung von Automatisierungspotenzialen im Baugewerbe (z. B. in der Straßenasphaltierung) nicht forciert. Stattdessen boten diese Tätigkeiten Möglichkeiten der Teilhabe an Beschäftigung und Wertschöpfung für geringqualifizierte Arbeitskräfte. Durch den absehbaren Mangel an Beschäftigten für derartige Einfacharbeiten bieten sich neue Perspektiven für eine Professionalisierung und Automatisierung von Tätigkeiten, die gleichsam die Attraktivität der Baubranche erhöhen, z. B. technisch unterstützter Gesundheits- und Arbeitsschutz, effiziente Abstimmung/Kommunikation. Allerdings ist gerade die Vorfertigung ressourcenintensiv und derzeit wenig nachhaltig (auch durch hohen Transportaufwand), was in einen Zielkonflikt zwischen Erhöhung der Attraktivität und Verbesserung der Nachhaltigkeit mündet und innovativer Lösungsansätze bedarf.

Arbeitsorganisation

Für die Zukunft ist eine Fragmentierung in der Bauwirtschaft absehbar. Start-ups werden in den Markt eintreten und sich regional bzw. fachlich spezialisieren. Ihre Arbeit ist hoch digitalisiert und in flachen Hierarchien organisiert. Diese Start-ups stehen im Wettbewerb zu großen etablierten Baufirmen, sodass große Firmen ggf. Marktanteile abgeben werden und sich die Auftragslage auf viele Firmen verteilt. Zusammenfassend wird die Arbeit in der Baubranche künftig geprägt sein von einer größeren Anzahl an Firmen, flacheren Hierarchien sowie stärkerer Digitalisierung und Vernetzung. Aufgrund der hohen Anforderungen an IT-Kompetenzen erscheinen regelmäßige IT-Schulungen und die stärkenorientierte Personalplanung, insbesondere für ältere Beschäftigte, sinnvoll.

5.2 Textil am Bau

Um verlässlich einzuschätzen, wie sich die Bauwirtschaft strukturell und mit Blick auf die Gestaltung von Arbeit entwickeln wird, bedarf es nicht nur einer Analyse aktueller Technologien, die bereits heute und auf mittlere Sicht arbeitsorganisatorisch und qualifikationsbezogen wirksam werden. Es ist ebenfalls notwendig, mittel- bis langfristige Technologietrends zu identifizieren und deren mögliche arbeitsbezogene Implikationen zu untersuchen. Eine wesentliche und potenziell für die Bauwirtschaft folgenreiche Entwicklung liegt im Bereich des textilen Bauens. Die Fallstudie basiert auf Experteninterviews mit zwei Forschenden (Arbeitsschwerpunkte: Textile Anwendungen für den Bausektor und Digitalisierung der Textilindustrie) sowie der Geschäftsleitung eines Herstellers von technischen Textilien zur Anwendung in der Bauwirtschaft.

Entwicklung des Themas

Textil am Bau ist ein breites und nur schwer einzugrenzendes Themenfeld. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig: Sensorische Bauteile, nichtbrennbare Faserverbundwerkstoffe, textile Elemente zur Steuerung von Gebäude- und Raumakustik, temperaturregulierende Funktionstextilien, textilbasierte Komposit-Werkstoffe für den Leichtbau oder leichte Flächentragwerke und Membranhüllen – hinter all diesen Anwendungsgebieten verbirgt sich primär textiles Know-how (Allianz Faserbasierte Werkstoffe Baden-Württemberg e. V. [AFBW] & Südwesttextil e. V., 2018) und es gibt bereits heute darauf basierende Produkte und Anwendungen im Markt (Forschungskuratorium Textil e. V., 2014). Von besonderer Tragweite könnten textilbasierte Armierungen von Beton sein. Dabei wird die konventionell zur Erhöhung der Tragfähigkeit in den Beton eingebrachte Stahlverstärkung, z. B. in Form von Stahlgitternetzen, durch textile Lösungen ersetzt, z. B. aus Karbon. Daher spricht man in diesem Zusammenhang häufig von „Carbonbeton“. Der heutige Stand der Technik geht wesentlich auf die Arbeit des Sonderforschungsbereiches (SFB) 528 – „Verstärken mit Textilbeton“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zurück. Besondere Aufmerksamkeit erlangte das Thema 2016 mit der Verleihung des Deutschen Zukunftspreises an das Projekt „C³ – Carbon Concrete Composite“, das sich ganz wesentlich mit der kontinuierlichen Fortentwicklung von Carbonbeton beschäftigt.[93]

Während diese Technologie politisch zunehmend an Aufmerksamkeit gewinnt, steht der Textilbeton hinsichtlich seiner Marktdurchdringung noch am Anfang. So verfügt derzeit nur ein textilbetonbasiertes Verfahren über eine Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt). In einem kostspieligen mehrjährigen Prozess gelang es dem Konsortium des in Dresden ansässigen TUDALIT e. V., für seine Verfahren zur Verstärkung von Beton durch Textilbewehrung eine bauaufsichtliche Zulassung zu erlangen.[94] Der von TUDALIT entwickelte Textilbeton kommt dabei vor allem bei der Restauration von Betonkonstruktionen wie Brücken zum Einsatz. Andere Systeme, die Textilbeton verwenden, müssen derzeit noch individuell den Weg über sogenannte „Zustimmungen im Einzelfall“ gehen.[95] Damit wird eine schnelle Marktdurchdringung derzeit noch erschwert.

Textilbeton als Antwort auf Klimadebatte?

Textilbeton birgt dabei vor allem mit Blick auf Nachhaltigkeit erhebliche Vorteile. So gerät die Zementindustrie zunehmend öffentlich unter Druck, immerhin ist die Zementherstellung für bis zu 8 % der weltweiten CO_2-Emissionen verantwortlich.[96] Das Beispiel der Automobilindustrie zeigt deutlich, wie schnell Branchen angesichts der verschärften Klimadebatte unter Druck geraten können. Da Karbon im Gegensatz zu Stahl korrosionsbeständig ist, muss die Textilbewehrung anders als bei Stahlarmierung nicht mittels zusätzlicher Zementschichten vor Feuchtigkeit abgeschirmt werden (Carbon Concre-

---

93 Vgl. https://tu-dresden.de/kooperation/wirtschaft/news/carbonbeton-forscher-der-tud-gewinnen-den-zukunftspreis-fuer-technik-und-innovation, aufgerufen am 27.09.2019.

94 Vgl. http://www.textilbetonzentrum.de/app/download/5806918971/AbZ_Z-31.10-182.pdf, aufgerufen am 27.09.2019.

95 Vgl. https://www.dibt.de/de/wir-bieten/zulassungen-etas-und-mehr/, aufgerufen am 27.09.2019.

96 Vgl. https://www.tagesspiegel.de/wissen/die-klimaschaedliche-gier-nach-zement-klimakiller-beton/25033772.html, aufgerufen am 27.09.2019.

te Composite e.V. [C³] & TUDALIT e. V., 2018). Mit Textilbewehrung kann so rund 50 % des Zements eingespart werden, im Vergleich zur herkömmlichen Stahlbeton-Bauweise.

Aktuelle und perspektivische Anwendungsgebiete in der Bauwirtschaft

Im Zuge der Debatten um Nachhaltigkeit und eine marode Verkehrsinfrastruktur ist davon auszugehen, dass Textilbeton künftig eine wichtigere Rolle im Bausektor spielen wird. Neben dem geringeren Materialverbrauch lässt sich insbesondere bei der Betonsanierung erheblich Zeit einsparen. So wird etwa bei der Brückensanierung ein zweidimensionales Textil an eine bestehende Betonkonstruktion drapiert. Im Anschluss wird eine lediglich rund 2 Zentimeter dünne Schicht Spritzbeton aufgetragen. Eine aufwendige Schalung und lange Trocknungszeiten entfallen. Während diese Verfahren bisher nur bei Brücken angewendet werden, deren Grundstatik noch in Takt ist, befinden sich erste Projekte zur statischen Sanierung von Brücken mittels Textilbeton in der Genehmigungsphase. Gegenwärtig sind Genehmigungsverfahren noch deutlich aufwendiger als bei konventionellen Sanierungsprojekten. Doch Fachleute rechnen damit, dass mittels Textilbeton in der Bauphase bis zu dreiviertel der Zeit eingespart werden können. Damit könnte das Thema mittelfristig zunehmend zum Politikum werden, wenn es darum geht, Bauzeiten an kritischen Verkehrsknotenpunkten zu reduzieren. So müssen Schätzungen zufolge alleine bis 2030 mehr als 10.000 kommunale Brücken ersetzt werden.[97] Viele Autobahnbrücken sind dringend sanierungsbedürftig.[98]

Offene Fragen und weitere Entwicklung

Dabei wird Textilbeton auf absehbare Zeit Stahlbeton nicht gänzlich als Baustoff ablösen, selbst wenn die Preisstruktur sich verändern und etwa durch eine CO_2-Bepreisung Zement im Preis massiv ansteigen würde. Während z. B. im Brückenbau dünnwandige Strukturen zur Rissüberdeckung und bei der Konstruktion von Brückenauflagen ihre Vorzüge haben, hat auch dieser Werkstoff technische Grenzen. So sind dünne Wände immer dann anfällig, wenn es darum geht, Kräfte vertikal nach unten zu führen. Mit anderen Worten: Stützpfeiler und tragende Wände aus Textilbeton sind auf absehbare Zeit kaum zu realisieren. Eine andere Frage ist die des Karbon-Recyclings. Zwar lassen sich Karbon-Zementkonstruktionen ähnlich leicht einfügen wie Stahlbeton, doch sind die Auflösung des Karbongefüges und die Wiederverwertung der Fasern noch nicht geklärt. Hier arbeiten Fachleute derzeit an Lösungen. So gibt es erste Ansätze, speziell angefütterte Pilze zu nutzen, um Karbon in einem Fermenter zu zerlegen.

Wahrscheinlich dürfte sich Textilbeton maßgeblich in den Anwendungsbereichen der Bauwirtschaft verbreiten, in denen er aufgrund seiner technischen Eigenschaften überlegen ist. Großes Potenzial besteht etwa im Bereich vorgehängter Fassadenverkleidungen und Deckenkonstruktionen. Durch das geringere Gewicht von Carbonbeton reduziert sich die statische Belastung für die tragende Konstruktion. Auch Glasfassaden, wie sie immer noch vielfach verbaut werden, verfügen über ein verhältnismäßig großes Eigengewicht. Durch die Verbindung von gläsernen und textilen Fassadenelementen ließe sich Gewicht einsparen (Baumann et al., 2018).

Auch die Funktionalisierung von Bauelementen ist mittels textilbasierter Verbundbauteile leichter möglich. So lassen sich bereits heute faserbasierte Feuchtigkeitssensoren einbauen, die den Trocknungsprozess des Betons in der Bauphase oder das Eindringen von Feuchtigkeit im Verlauf des Lebenszyklus einer Konstruktion überwachen. Möglich ist auch die Einarbeitung von Glasfasersensoren zur Dehnungsüberwachung, etwa im Brückenbau (AFBW & Südwesttextil e. V., 2018). Über karbonbasierte Bewehrungen lassen sich Böden, Decken und Wände außerdem heizen.

Kritisch für die weitere Marktdurchdringung von textilbewehrtem Beton und smarten Textilelementen dürfte neben dem sich in den Anfängen befindlichen Standardisierungsprozess auch der Kostendruck

---

[97] Vgl. https://www.bauindustrie.de/themen/wirtschaft-und-recht/brucken-sind-marode/, aufgerufen am 27.09.2019.

[98] Vgl. https://www.deutschlandfunkkultur.de/marode-bruecken-in-nrw-zahllose-risse-aber-immer-noch-in.1001.de.html?dram:article_id=435312, aufgerufen am 27.09.2019.

in der Bauwirtschaft sein. Daher gehen Experten davon aus, dass etwa im Bereich der Fassadenelemente ein stärkerer Vorfertigungsgrad einsetzen wird, Module aus Carbonbeton daher industriell hergestellt und dann auf der Baustelle nur noch ein- respektive vorgebaut werden. Insbesondere in Bereichen von primär funktionalen Gebäuden wie Parkhäusern sehen Fachleute mittelfristig ein erhebliches Marktpotenzial. Würden textilbasierte Bauelemente vorgefertigt, würde dies eine weitere Hürde für die Marktdurchdringung reduzieren, die nach Experteneinschätzung derzeit eine erhebliche Barriere für den Einsatz von Textilbeton bedeutet. Beschäftigte in der Bauausführung sind den Umgang mit äußerst robusten Werkstoffen gewohnt. Arbeitsabläufe sind deshalb darauf ausgerichtet, dass Beschäftigte über die Stahlarmierung laufen, bevor der Beton gegossen wird. Dies ist bei Karbonbewehrung nicht möglich, da der teure Werkstoff sonst schnell beschädigt und damit unbrauchbar würde. Karbon ist im Handling deutlich filigraner als Stahl.

Implikationen für Arbeitsorganisation in der Bauwirtschaft

Die perspektivische Verbreitung von Carbonbeton dürfte mittel- und langfristig auch Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation in der Bauwirtschaft haben. So ist von einem erhöhten Vorfertigungsgrad auszugehen, wo textile Fassadenelemente zum Einsatz kommen. Damit würde sich der Ort der Arbeitsverrichtung weg von der Baustelle hin zu industriellen Fertigungsstätten entwickeln. Logistische Anforderungen würden sich wandeln und etablierte Lieferketten aufgebrochen werden. Für Unternehmen wie Beschäftigte wäre dies eine erhebliche Umstellung. Die industrielle Fertigung ließe einen höheren Automatisierungsgrad zu, als dies auf der Baustelle derzeit technologisch realisierbar ist. Die Aufgaben der Beschäftigten in den Betrieben würden den Umgang mit neuen, bislang für sie unbekannten Fertigungstechnologien bedeuten. Ganz grundlegend könnten sich Prozessabläufe in der Bauphase verändern, wenn zunehmend auch Elemente mit sensorischen oder anderen smarten Funktionen Anwendung finden. Um die gewünschte Funktionalität nach Bauabschluss sicherzustellen, müssen Arbeitsprozesse so reorganisiert werden, dass nach Einbau funktionaler Bauteile eine Beschädigung der Kontakte und Funktionselemente verhindert wird.

Implikationen für Qualifizierung in der Bauwirtschaft

Im Zug einer solchen Umstellung wandeln sich auch Qualifikationsanforderungen für den Umgang mit neuen, textilen Werkstoffen. So bedarf es einer größeren Sensibilität und eines filigraneren Handlings im Umgang mit funktionalen Bauteilen. Dies stellt nicht nur neue motorische Anforderungen an die Beschäftigten auf der Baustelle. Sie müssen auch über die technischen Eigenschaften der Werkstoffe informiert und sich der daraus für ihre Arbeit ergebenden Konsequenzen bewusst werden. Daher dürfte die Entwicklung entsprechender Zertifikate erforderlich sein, um sicherzustellen, dass nur geschulte Beschäftigte die entsprechenden Elemente handhaben. Erste Hersteller verlangen von ihren Anwendern bereits, die Beschäftigten entsprechend zu schulen.

Langfristig dürften sich auch Ausbildungs- und Studieninhalte dahingehend verändern, dass insbesondere die theoretischen Grundlagen für den Umgang mit Textilbeton bereits im Rahmen der gewerblichen und akademischen Erstqualifizierung in die Curricula eingehen.

6 Szenario: Baugewerbe 2030

„Der Bau von Gebäuden hat sich seit dem Bau der Pyramiden kaum weiterentwickelt“ – dieser (polemische) Ausspruch, mit dem lange auf die mangelnde Innovationsfähigkeit des Baugewerbes hingewiesen wurde, gilt im Jahr 2030 nicht mehr. Wenn auch deutlich später als in anderen Branchen, hatte die Branche den Sprung ins digitale Zeitalter auf breiter Front zu Beginn der 2020er Jahre vollzogen. Das zentrale Thema war und ist dabei das BIM, mit dem es möglich ist, alle Gewerke und Teilschritte sowie Materialien digital abzubilden und zusammenzuführen. Auf diese Weise wurden die Prozesse insgesamt deutlich effektiver und die Qualität der Bauten und die Termintreue stiegen merklich an. So wurde ein großer Museumskomplex in der Hauptstadt im Jahr 2027 entgegen des anfänglichen Spottes im geplanten Budget- und Zeitrahmen fertiggestellt und zeigt zumindest bislang keine nennenswerten planerischen oder baulichen Mängel.

Allerdings hatte die Einführung des BIM auf schmerzliche Weise deutlich gemacht, dass die Implementierung einer Systemtechnologie eine Reihe an internen und externen organisatorischen Änderungen erforderte, die nahezu die gesamte Wertschöpfungskette neu geordnet hatte. Wie in anderen Branchen erhöhte sich im Baugewerbe die Komplexität durch das viel stärkere Ineinandergreifen der Gewerke. Auch aus diesem Grund wurden neuartige Lösungen entwickelt, um so viele Elemente eines Gebäudes wie möglich vorzufertigen. Diese auch als „Platte 4.0“ bezeichnete Fertigung nach dem neuartigen „Adaptive-Fill-Frame-Verfahren“ (AFF) wurde erst in den frühen 2020er Jahren entwickelt und eingeführt und ermöglicht eine Kombination aus Fertigbau sowie dem weiterhin beliebten „Stein auf Stein“. Zudem erleichtert diese Fertigungsweise eine gewisse Flexibilität von Gebäuden, die mit überschaubarem Aufwand an wechselnde Wohnformen angepasst werden können. Damit wurde beispielsweise das aus den 1990er Jahren stammende Versprechen eines „mitalternden Hauses“ (Paar – Familie – Paar) endlich technisch und auch ökonomisch eingelöst; ästhetisch muss nach Ansicht vieler Skeptiker jedoch noch nachgearbeitet werden.

Für die Arbeit im Baugewerbe hatte das AFF-Verfahren dafür gesorgt, dass ein erheblicher Teil der Tätigkeiten in Fabriken unabhängig von Witterungseinflüssen erfolgen kann. Auf diese Weise wurde es möglich, die physischen Belastungen deutlich zu reduzieren und so auch gute Arbeit umzusetzen. Dabei hatte hallengebundene, stationäre Fertigung den Effekt, dass mit Einführung etliche Arbeitsschritte automatisiert wurden und die Beschäftigungsintensität abgenommen hatte. Allerdings wird das AFF-Verfahren aus Akzeptanzgründen noch immer in erster Linie für Zweckbauten eingesetzt, sodass die Vielfalt der Gewerke und Unternehmen aus diesem Grund (noch) keine nennenswerte Veränderung erfahren hat.

Zu den Herausforderungen der Digitalisierung kam der Umstand, dass sich das Baugewerbe mit vielen neuen Erfordernissen und Entwicklungen – wie dem genannten AFF – auseinandersetzen musste und sich seitdem in einem anhaltenden und beschleunigten Innovations- und Wandlungsprozess befindet. Ein enormer Treiber ist dabei der Ressourcenverbrauch und der immense CO_2-Fußabdruck, welcher insbesondere aus der Zement- bzw. Betonherstellung resultiert. Die Ende der 2010er Jahre weltumspannend erstarkten gesellschaftlichen Umweltbewegungen und die sich immer deutlicher abzeichnenden Auswirkungen des Klimawandels haben ihre Wirkung auf Politik und Wirtschaft nicht verfehlt. Die im Winterhalbjahr 2023/24 unter dem Eindruck schwerer Sturmfluten und Unwetter an der Ostküste der USA, wochenlanger Notstände in den Niederlanden und Belgien sowie von Verwüstungen in Shanghai und Shenzhen/Hongkong verschärften Klimaziele hatten dazu geführt, dass das Baugewerbe seitdem mit Nachdruck an seiner Ökobilanz arbeiten musste. Neue Hochleistungsmaterialien wie technische Textilien und Kompositmaterialien, integrierte Vorproduktion, Einsatz neuer Verfahren wie großvolumiger 3D-Druck, der verstärkte Einsatz von Holz als Baumaterial, das Erschließen neuer und legaler Sandvorkommen, vollelektrischer Baustellenverkehr, Lifecycle-Management und Rückbaufähigkeit – all diese Entwicklungen mussten mit einer enormen Kraftanstrengung der Branchenakteure und oftmals fast zeitgleich in die Praxis gebracht werden.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung – Expertinnen und Experten sprechen von der „kambrischen Explosion“ im Baugewerbe – kam es ebenso unerwartet wie beeindruckend zu einer Gründungswelle von BuildingTech-Start-ups, die angetreten sind, die Branche in einigen Bereichen zu revolutionieren, indem die inzwischen gereiften Erfahrungen aus anderen Hard- und Software-Kontexten auf das Bauen übertragen wurden. Die „Sandwich-Position“ zwischen neuen Herausforderungen und neuen Wettbewerbenden hat dazu geführt, dass insbesondere viele der kleineren, traditionellen Bauunternehmen in eine wirtschaftliche Schieflage gerieten, was bis Mitte der 2020er Jahre zu einer Delle des Arbeitsmarkts geführt hat. Aufgrund des reformierten und ausgeweiteten „Arbeit von morgen II“-Gesetzes war es jedoch möglich, große Teile der Beschäftigten schon ganz zu Beginn des sich vollziehenden Wandels anforderungsgerecht weiterzuqualifizieren. Wenngleich das Bauhauptgewerbe auch zum Ende der 2020er Jahre noch keine Hightech-Branche war, ist der Anteil an technischen und analytischen Tätigkeiten und Berufen jedoch deutlich angestiegen.

Anhang

Tabelle 9: Branchenübersicht nach WZ 2008 und Beobachtungen nach Datenbasis

Branche	WZ 2008	Beobachtungen BIBB/BAuA-ETB 2012	Beobachtungen DGB Index Gute Arbeit 2016	Beobachtungen DGB Index Gute Arbeit 2018
Landwirtschaft	1-3	179	75	72
Bergbau	5-9	30	25	118
Ernährungsgewerbe	10-11	474	204	10
Sonstiges verarbeitendes Gewerbe	12; 16-19; 22-23; 31-33; 58	830	487	404
Textil- und Bekleidungsbranche	13-15	145	36	36
Chemie- und Pharmabranche	20-21	444	197	158
Metallindustrie	24-25	691	491	399
Maschinen- und Anlagenbau	28	495	299	252
Elektronik und IuK-Hardware	26-27	643	215	200
Automobil	29	614	360	264
Sonstiger Fahrzeugbau	30	107	55	48
Recycling	38	88	30	22
Energie- und Wasserversorgung	35-36	270	119	114
Baugewerbe	**41-43**	**841**	**467**	**367**
Kraftfahrzeughandel und sonstige Serviceleistungen	45	157	124	89
Großhandel	46	197	267	239
Einzelhandel	47	1.258	488	386
Hotel und Gastronomie	55-56	314	138	140
Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen	49	314	137	131
Schifffahrt	50	11	8	1
Luftfahrt	51	41	26	31
Sonstige Tätigkeiten für Verkehr und Verkehrsvermittlung	52; 79	270	168	141
Nachrichtenübermittlung	53; 61	344	164	126
Finanz- und Versicherungsbranche	64-66	806	398	271
Immobilienbranche	68	114	50	43
IT-Dienstleistungen	62-63	341	175	161
Forschung und Entwicklung	72	100	67	69
Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	69-71; 73-74; 77-78; 80-82	1.060	493	479
Öffentliche Verwaltung	84	1.400	893	748
Erziehung und Unterricht	85	1.415	961	881
Pflege und Versorgung*	86-88	923	1.113**	915
Gesundheits- und Sozialwesen (ohne Pflege und Versorgung)	75; 86-88	1.719	362**	349
Sonstige öffentliche und persönliche Dienstleistungen	37; 39; 95-96	157	89	52
Kultur, Sport und Unterhaltung	59-60; 90-93	317	88	96

*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 10: 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 zu planen und einzuteilen	+	0,29
Wissens-/ Lernintensität	Häufigkeit, Wissenslücken zu schließen	+	0,13
	Häufigkeit, sich in neue Aufgaben hineinzudenken und einzuarbeiten	+	0,19
	Häufigkeit, bisherige Verfahren zu verbessern und etwas Neues zu 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 11: Typen der Lernförderlichkeit

Indikatorenausprägung nach Typ der Lernförderlichkeit:

Indikator	Hoch	Mittel	Niedrig	Gesamt
Planung von Weiterbildungsmaßnahmen				0,58
Zufriedenheit mit Weiterbildungsmaßnahmen				0,61
Problemlösen				0,84
Entscheidungsfreiheit				0,65
Wissensaneignung				0,62
Lernpotenzial				0,73
Verbesserungspotenzial				0,66
Methodenautonomie				0,53
Repetitionsrate				0,69
Soziale Unterstützung (Kollegen)				0,90
Soziale Unterstützung (Vorgesetze)				0,78
Beobachtungen	9.050	3.683	2.637	15.370
Anteil	59%	24%	17%	100%

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; autonome 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.

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

Allianz Faserbasierte Werkstoffe Baden-Württemberg e. V. & Südwesttextil e. V. (Hrsg.). (2018). *Index-Buch Textiles Bauen. Umdenken. Neu denken. Textil denken.* Stuttgart.

Apt, W., Schubert, M. & Wischmann, S. (2018). *Digitale Assistenzsysteme. Perspektiven und Herausforderungen für den Einsatz in Industrie und Dienstleistungen* (Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (iit), Hrsg.). Berlin. Verfügbar unter https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/digitale-assistenzsysteme

Bauindustrieverband Ost e. V. (Hrsg.). (2019). *Schwarzbuch Bauwirtschaft. Nachwuchs- und Fachkräftesuche in der Bauwirtschaft*. Potsdam. Verfügbar unter https://www.bauindustrie-ost.de/artikel-56/nachwuchs-und-fachkr%C3%A4ftesuche-in-der-bauwirtschaft.html

Baumann, M., Haase, W., Eisenbarth, C., Freitag, C., Graf, R., Horn, R. et al. (2018). *Leichtbau im Bauwesen. Ein Praxis-Leitfaden zur Entwicklung und Anwendung ressourcen- und emissionsreduzierter Bauprodukte* (1 Aufl.) (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau des Landes Baden-Württemberg (WMBW), Hrsg.). Stuttgart.

BearingPoint GmbH (Hrsg.). (2017). *Digitale Transformation in der Bauindustrie. Umfrage zum Status Quo bei Architekten und Bauzulieferern*.

BERUFENET. (2019a). *BERUFENET Steckbrief: Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik* (Bundesagentur für Arbeit (BA), Hrsg.). Verfügbar unter https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/15164.pdf

BERUFENET. (2019b). *BERUFENET Steckbrief: Bauzeichner/in* (Bundesagentur für Arbeit (BA), Hrsg.). Verfügbar unter https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/13741.pdf

BERUFENET. (2019c). *BERUFENET Steckbrief: Elektroniker/in der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik* (Bundesagentur für Arbeit (BA), Hrsg.). Verfügbar unter https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/15636.pdf

BERUFENET. (2019d). *BERUFENET Steckbrief: Maurer/in* (Bundesagentur für Arbeit (BA), Hrsg.). Verfügbar unter https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/3938.pdf

Birkner, G. (2017). *Auskunft als Zukunft der Bauwirtschaft. Eine Studie zu Wünschen, Erfahrungen und Zielen von Berufseinsteigern in der Bauwirtschaft* (SOKA-BAU, Hrsg.). Frankfurt.

Borrmann, A., Lang, W. & Petzold, F. (2018). *Digitales Planen und Bauen Schwerpunkt BIM. Schwerpunkt BIM* (Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (vbw), Hrsg.). München. Verfügbar unter https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Planung-und-Koordination/2018/Downloads/Studie-Digitales-Planen-und-Bauen.pdf

Bossler, M., Gürtzgen, N., Kubis, A. & Rebien, M. (2019). *Befristungen bei Neueinstellungen. Aktuelle Daten und Indikatoren.* Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB). Verfügbar unter http://doku.iab.de/arbeitsmarktdaten/Befristungen_bei_Neueinstellungen.pdf

Bovenschulte, M., Ehrenberg-Silies, S. & Compagna, D. (2014). Horizon-Scanning: Ein strukturierter Blick ins Ungewisse. *TAB-Brief*, (43), 14–18. Verfügbar unter https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/tab/at_download/download

Brandt, P. (2013). *Flexibilisierung der Arbeit und ökonomisch-soziale Stabilität. Vorschläge zur Entwicklung nachhaltiger Flexibilisierungsstrategien*. BMBF-Förderprojekt efis, Externe Flexibilität und interne Stabilität im Wertschöpfungssystem „Automobil“, (ffw GmbH Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung, Hrsg.). Nürnberg.

Brecher, C., Rossmann, J., Schlette, C., Herfs, W., Ruf, H. & Göbel, M. (2010). Intuitive Roboterprogrammierung in der automatisierten Montage: Ein hybrides Verfahren zur Programmierung durch direkte Interaktion. *wt Werkstattstechnik online*, *100,* 681–686.

Bromberg, T., Gerlmaier, A., Kümmerling, A. & Latniak, E. (2012). *Bis zur Rente arbeiten in der Bauwirtschaft. Tätigkeitswechsel als Chance für eine dauerhafte Beschäftigung* (IAQ-Report 05/2012). Verfügbar unter http://www.iaq.uni-due.de/iaq-report/2012/report2012-05.pdf

Brussig, M. & Schwarzkopf, M. (2014). *Altersübergänge in der Bauwirtschaft gestalten: Prekarisierung vermeiden – Erwerbsbeteiligung stärken* (Hans-Böckler-Stiftung (HBS), Hrsg.) (Arbeitspapier Nr. 291). Düsseldorf.

Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.). (2018). *Fachkräfteengpassanalyse. Dezember 2018* (Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt). Nürnberg.

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

Bundesinnung Bau (Hrsg.). (2014). *Integrale Planung. Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen*. Wien. Verfügbar unter https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/Leitfaden-Band-7-Integrale-Planung.pdf

Bundesministerium für Bildung und Forschung; Bundesinstitut für Berufsbildung. (2018). *Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen in der digitalisierten Arbeit von morgen im Kontext von Berufsbildung 4.0*. Bonn. Verfügbar unter https://www.bibb.de/tools/dapro/data/documents/verweise/so_78154%20Arbeitsheft-zi-tp.pdf

Carbon Concrete Composite e.V. & TUDALIT e. V. (Hrsg.). (2018). *10. Carbon- und Textilbetontage. 25. und 26. September 2018*. Tagungsband. Dresden.

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

Dehnbostel, P. (2008). Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung. In Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (Hrsg.), *Lernen im Prozess der Arbeit* (Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP), Bd. 37, 2/2008, S. 5–8). Bonn.

Deutsche Telekom AG (Hrsg.). (2018). *Digitalisierungsindex Mittelstand 2018. Der digitale Status Quo im deutschen Baugewerbe*. Bonn.

Diettrich, A. & Vonken, M. (2011). Lernen im Betrieb im Spannungsfeld ökonomischer und pädagogischer Interessen. Herausforderungen in Wissenschaft und Praxis. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP)*, *40*(1), 6–9.

Dorffmeister, L. (2019a). Bauhauptgewerbe: Geschäftslage trübt sich weiter ein. *ifo Konjunkturperspektiven*, *46*(2), 9–14. Verfügbar unter https://www.ifo.de/DocDL/KT_ifoKP_2019_02.pdf

Dorffmeister, L. (2019b). *Baukonjunktur in Deutschland und Europa bis 2020. Statement zu den BAU Infogesprächen am 25. Oktober 2018* (Ifo Institut, Hrsg.). München. Verfügbar unter https://bau-muenchen.com/media/website/dateien/pdf/bau-informationsgespraeche/2019/statement-dorffmeister.pdf

Ehlert-Hoshmand, J., Huchzermeier, D., Jung, S., Kleibrink, J. & Schrinner, A. (2018). *Gewinner und Verlierer des Immobilienbooms in Deutschland* (HANDELSBLATT RESEARCH INSTITUTE, Hrsg.). Düsseldorf. Verfügbar unter https://www.handelsblatt.com/downloads/24022226/13/hri-studie-gewinner-und-verlierer-des-immobilienbooms-in-deutschland.pdf?ticket=ST-10770673-FrfHMH3zpUdeaXB4BWgK-ap4

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

Forschungsinitiative Zukunft Bau. (2018). *Zukunft Bauen. Digitale Bauwelt*. Das Magazin der Forschungsinitiative Zukunft Bau (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Hrsg.). Bonn. Verfügbar unter https://www.zukunftbau.de/fileadmin/user_upload/publikationen/Downloads/Band_14_Dititale_Bauwelt/ZB_Magazin_digitale_Bauwelt.pdf

Forschungskuratorium Textil e. V. (Hrsg.). (2014). *Bauen mit Fasern. Textilbeton und -membranen für die Architektur des 21. Jahrhunderts*. Berlin.

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 19). Dortmund. Verfügbar unter http://www.inqa.de/SharedDocs/PDFs/DE/Publikationen/inqa-19-was-ist-gute-arbeit.pdf?__blob=publicationFile

Gensicke, M., Tschersich, N. & Hartmann, J. (2012). *BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2011/2012. Strukturkontrolle, Steuerung und Gewichtung der Stichprobe* (TNS Infratest, Hrsg.). München. Verfügbar unter

https://www.bibb.de/dokumente/pdf/a22_etb12_methodenberichte_04Gewichtungsbericht_Los__1.pdf

Glock, G., Goluchowicz, K., Priesack, K., Apt, W., Strach, H. & Bovenschulte, M. (2019). *Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation (QuaTOQ). Branchenbericht: Einzelhandel und Handelslogistik* (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Hrsg.) (Forschungsbericht 522/3). Berlin. Verfügbar unter https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb522-3-quatoq.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Glock, G., Priesack, K., Apt, W., Strach, H., Krabel, S. & Bovenschulte, M. (2018). *Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation. Branchenbericht: Pflege und Versorgung* (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Hrsg.) (Forschungsbericht 522/2). Berlin. Verfügbar unter https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb522-2-qualitaet-der-arbeit-branchenbericht-pflege.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Goger, G., Piskernik, M. & Urban, H. (2017). *Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Analyse der Potenziale und Herausforderungen durch die zunehmende Digitalisierung der österreichischen Baubranche, Ableitung von Handlungsfeldern für zukünftige Forschung aus Sicht von Wissenschaft und Praxis*. Verfügbar unter https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/schriftenreihe/201802_Studie-Potenziale-der-Digitalisierung.pdf

Gross, E., Syben, G. & Gross, O. (2009). *Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit in der Bauwirtschaft im demographischen Wandel. Machbarkeitsstudie: „Demographischer Wandel – Konzepte und Modelle für den Erhalt und die Förderung der Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit in der Bauwirtschaft“ im Rahmen des Modellprogramms zur Bekämpfung arbeitsbedingter Erkrankungen* (Forschungsinstitut für Beschäftigung Arbeit Qualifikation (BAQ), Hrsg.). Bremen. Verfügbar unter https://www.offensive-gutes-bauen.de/fileadmin/user_upload/pdf/Gutachten-BAQ.pdf

Hardin, B. & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows*. Indianapolis, Indiana: Wiley. Verfügbar unter https://books.google.de/books?id=1FB_BwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=de#v=onepage&q&f=false

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 16). Verfügbar unter https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/der-iit-innovationsfaehigkeitsindikator

Holler, M. (2013). *Methodenbericht zur Weiterentwicklung des DGB-Index Gute Arbeit in der Erhebungsperiode 2011/2012* (Internationales Institut für Empirische Sozialökonomie gGmbH (inifes), Hrsg.). Stadtbergen. 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.). Berlin. Verfügbar unter http://index-gute-arbeit.dgb.de/++co++1c40dfc8-b953-11e7-8dd1-52540088cada

Institut DGB-Index Gute Arbeit (Hrsg.). (2016). *DGB-Index Gute Arbeit - Der Report 2016. Wie die Beschäftigten die Arbeitsbedingungen in Deutschland beurteilen*. Themenschwerpunkt: Die Digitalisierung der Arbeitswelt. Eine Zwischenbilanz aus der Sicht der Beschäftigten. Berlin. Verfügbar unter http://index-gute-arbeit.dgb.de/veroeffentlichungen/jahresreports/++co++76276168-a0fb-11e6-8bb8-525400e5a74a

Institut DGB-Index Gute Arbeit (Hrsg.). (2018). *DGB-Index Gute Arbeit Der Report 2018. Wie die Beschäftigten die Arbeitsbedingungen in Deutschland beurteilen*. Mit dem Themenschwerpunkt: Arbeit mit Kundschaft, PatientInnen, Lernenden etc. - Interaktionsarbeit. Berlin. Verfügbar unter https://index-gute-arbeit.dgb.de/veroeffentlichungen/jahresreports/++co++2710716a-e72f-11e8-891f-52540088cada

Institut DGB-Index Gute Arbeit (Hrsg.). (2019). *Körperlich harte Arbeit. So beurteilen die Beschäftigten ihre Belastungen*. Ergebnisse einer Sonderauswertung der Repräsentativumfrage zum DGB-Index

Gute Arbeit 2018. Berlin. Verfügbar unter https://index-gute-arbeit.dgb.de/++co++98b02c7c-763e-11e9-9f8e-52540088cada

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

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 4). Verfügbar unter https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/iit-perspektive-4

Koch, T. & Neumann, M. (2019). *Wer baut Deutschland? Inventur zum Bauen und Wohnen 2019*. Studie zum Wohnungsbautag 2019 (Prognos AG, Hrsg.). Berlin. Verfügbar unter https://www.impulse-fuer-den-wohnungsbau.de/fileadmin/images/Wohnungsbautag/2019/PROGNOS-Wohnungsbau-Studie_-_Wer_baut_Deutschland_-_Inventur_zum_Bauen_und_Wohnen_2019.pdf

Kurmann, F. (2019a). Schritt für Schritt zur Roboterbaustelle. Fokus: Automatisierte Baustelle. *VDI Nachrichten,* 21/22, S. 20–21.

Kurmann, F. (2019b). Viele Wege führen zur Reduktion. Fokus: Emissionsfreie Baustelle. *VDI Nachrichten,* 35, S. 20–23.

Lambrecht, J. (2012). *Intuitive Roboterprogrammierung auf Mobilgeräten* (Uhlmann, E., Hrsg.) (Futur - Vision Innovation Realisierung 2). Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK.

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.

Malin, L., Jansen, A., Seyda, S. & Flake, R. (2019). *Fachkräfteengpässe in Unternehmen. Fachkräftesicherung in Deutschland – diese Potenziale gibt es noch*. KOFA-STUDIE 2/2019 (Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V. (IW Köln), Hrsg.). Köln. Verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/fachkraefteengpaesse-in-unternehmen-kofa-2019.pdf

Mischler, T. & Ulrich, J. G. (2018). *Was eine Berufsausbildung im Handwerk attraktiv machen. Ergebnisse einer Befragung von Jugendlichen* (Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Hrsg.) (BIBB REPORT 5). Bonn.

Patscha, C., Glockner, H., Störmer, E. & Klaffke, T. (2017). *Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe bis 2030: Ein gemeinsames Lagebild der Partnerschaft für Fachkräfte* (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Hrsg.). Berlin. Verfügbar unter http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Thema-Arbeitsmarkt/lagebild-partnerschaft-fachkraefte-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=1

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

PricewaterhouseCoopers GmbH (Hrsg.). (2018). *Baubranche aktuell. Wachstum 2020*. Digitalisierung und BIM. Verfügbar unter https://www.pwc.de/de/industrielle-produktion/baubranche-aktuell-wachstum-2020-maerz-2018.pdf

Priesack, K., Apt, W., Glock, G., Goluchowicz, K. & Bovenschulte, M. (2019). *Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation. Branchenbericht: Chemie- und Pharmaindustrie* (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Hrsg.) (Forschungsbericht 522/4). Berlin. Verfügbar unter https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb522-4-quatoq.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Priesack, K., Glock, G., Strach, H., Krabel, S. & Bovenschulte, M. (2018). *Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation. Branchenbericht: Automobil* (Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Hrsg.) (Forschungsbericht 522/1). Berlin. Verfügbar unter https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb522-1-qualitaet-der-arbeit-branchenbericht-automobile.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Rohrbach-Schmidt, D. (2009). *The BIBB/IAB- and BIBB/BAuA-Surveys of the Working Population on Qualification and Working Conditions in Germany* (Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Hrsg.) (BIBB-FDZ Daten- und Methodenberichte 1/2009). Bonn. Verfügbar unter https://www.bibb.de/dokumente/pdf/BIBB_BAuA_2006_Data_Manual_neu.pdf

Rohrbach-Schmidt, D. & Hall, A. (2013). *BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012* (Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Hrsg.) (BIBB-FDZ Daten- und Methodenberichte 1/2013). Bonn. Verfügbar unter https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/7093

Roland Berger GmbH (Hrsg.). (2016). *Digitalisierung in der Bauwirtschaft. Der europäische Weg zu "Construction 4.0"*. München. Verfügbar unter https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_digitalisierung_bauwirtschaft_final.pdf

Roland Berger GmbH & UniCredit Bank AG (Hrsg.). (2016). *Bauwirtschaft im Wandel. Trends und Potenziale bis 2020*. München.

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

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

SOKA-BAU (Hrsg.). (2014). *Studie zur Attraktivität der Baubranche*. Wiesbaden. Verfügbar unter https://www.soka-bau.de/fileadmin/user_upload/Bilder/Soka-Bau/Publikationen/studie_personalwerk_2014.pdf

Statista GmbH (Hrsg.). (2018). *Baugewerbe in Deutschland. Dossier*. Verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/studie/id/7432/dokument/baugewerbe-in-deutschland-statista-dossier/

Statista GmbH (Hrsg.). (2019a). *Durchschnittlicher Bruttomonatsverdienst (mit Sonderzahlungen) vollzeitbeschäftigter Arbeitnehmer nach Wirtschaftsbereichen im 1. Quartal 2019*. Verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/74024/umfrage/bruttoverdienst-vollzeitbeschaeftigter-arbeitnehmer-nach-wirtschaftsbereichen/

Statista GmbH (Hrsg.). (2019b). *Entwicklung des Bauvolumens in Deutschland in den Jahren 2008 bis 2018 (in Milliarden Euro)*. Verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167953/umfrage/bauvolumen-in-deutschland-seit-2008/

Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2008). *Klassifikation der Wirtschaftszweige*. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftklassifikationen/klassifikationwz2008_erl.pdf?__blob=publicationFile

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

Syben, G. (2018a). *Arbeit 4.0 in Bauunternehmen. Einstellungen technischer Fachkräfte in der Bauwirtschaft zu Industrie 4.0.* Hans-Böckler-Stiftung (HBS). Verfügbar unter https://www.baq-bremen.de/images/stories/pdf/BAQ_Einstellungen_der_Beschaeftigten_zu_BIM_2018.pdf

Syben, G. (2018b). Bauen 4.0 und die Folgen für die Arbeit in Bauunternehmen. *WSI Mitteilungen*, *71*(3), 196–203.

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

Umfragezentrum Bonn GmbH (Hrsg.). (2018). *Bericht zur Durchführung der Befragung DGB-Index Gute Arbeit 2018 inkl. Oversamplings Baden-Württemberg, Berlin, Sachsen und Thüringen*. Bonn.

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

Weber, C., Thomson, B. & Pundt, F. (2018). *Die Notwendigkeit von Führung in einer digitalisierten Arbeitswelt – eine Netnografie* (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Hrsg.) (baua: Fokus). Dortmund. Verfügbar unter

https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Fokus/Fuehrung-Netnografie.pdf?__blob=publicationFile&v=7
Zimmer, K. (2013). Das neue Aufstiegsfortbildungssystem in der Bauwirtschaft – eine Branche geht neue Wege. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP)*, (1), 49–50.