



Bundesamt
für Wirtschaft und
Ausfuhrkontrolle



Schlüsselberufe und Schlüsselkompetenzen in der Energieeffizienz. Analyse für die Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr

Endbericht 2023 – BfEE 21/07

Nachweis:
Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (Hrsg.), „Schlüsselberufe und Schlüsselkompetenzen in der Energieeffizienz“
Endbericht 2023 - BfEE 02/2023, Eschborn, 2023.

Auftraggebende Behörde / konzeptionelle
Begleitung:

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE)
beim Bundesamt für Wirtschaft und
Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Frankfurter Straße 29 – 35
D- 65760 Eschborn

<https://www.bfee-online.de>

Ansprechpartner BfEE

Jan Kottmann
Dr. Anna Fontaine

Prognos AG

Claudia Münch (Projektleitung)
Markus Hoch
Hannah Staab
Lauritz Wandhoff

Prognos AG

Hauptsitz

St. Alban-Vorstadt 24
CH-4052 Basel

www.prognos.com

Weitere Standorte (Auswahl)

Goethestr. 85
D-10623 Berlin

Werdener Str. 4
D-40227 Düsseldorf

Handelsregisternummer:

Berlin HRB 87447 B

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Quellenverzeichnis.....	VIII
Zusammenfassung.....	1
1 Ziel und Vorgehen der Studie.....	9
1.1 Hintergrund und Ziele der Studie.....	9
1.2 Methodisches Vorgehen.....	10
1.3 Grenzen und Herausforderungen der Studie.....	13
2 Sektor Gebäude	16
2.1 Bundespolitische Ziele.....	16
2.2 Maßnahmen für effiziente Gebäude und damit verbundene Schlüsselberufe.....	17
2.2.1 Gebäudehülle.....	17
2.2.2 Wärme- und Kälteversorgung, Raumlüftung.....	20
2.2.3 Digitale Schnittstellen	23
2.3 Schlüsselberufe der Energieeffizienz im Sektor Gebäude im Überblick.....	25
2.4 Schlüsselkompetenzen der Energieeffizienz im Sektor Gebäude (Kompetenzsteckbriefe).....	28
2.4.1 Berufe in der Bauelektrik (2621)	30
2.4.2 Berufe in der Bauplanung und -überwachung (3110).....	35
2.4.3 Berufe in der Architektur (3111)	38
2.4.4 Berufe in der Stadt- und Raumplanung (3112)	42
2.4.5 Berufe in der Gebäudetechnik (3410).....	46
2.4.6 Berufe in der Dachdeckerei (3214).....	50
2.4.7 Berufe für Maler- und Lackiererarbeiten (3321).....	54
2.4.8 Berufe in der Zimmerei (3332).....	58
2.4.9 Berufe im Holz-, Möbel- und Innenausbau (2234).....	61
2.4.10 Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (3421).....	64
2.4.11 Berufe in der Kältetechnik (3423).....	72
2.4.12 Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung (4231).....	78
3 Sektor Industrie.....	84
3.1 Bundespolitische Ziele.....	84
3.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz in den energieintensiven Industrien.....	85
3.2.1 Übergreifende Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung der Energieeffizienz.....	86

3.2.2	Spezifische Maßnahmen in der Stahlindustrie.....	89
3.2.3	Spezifische Maßnahmen in der Chemieindustrie.....	92
3.2.4	Spezifische Maßnahmen in der Zementindustrie.....	95
3.3	<i>Schlüsselberufe der Energieeffizienz im Sektor Industrie im Überblick</i>	97
3.4	<i>Schlüsselkompetenzen der Energieeffizienz im Sektor Industrie (Kompetenzsteckbriefe)</i>	100
3.4.1	Berufe in der Hüttentechnik (2411).....	101
3.4.2	Berufe in der Maschinenbau- und Betriebstechnik (2510).....	107
3.4.3	Berufe in der Mechatronik (2611).....	112
3.4.4	Berufe in der Automatisierung (2612).....	118
3.4.5	Berufe in der Chemie- und Pharmatechnik (4131).....	123
3.4.6	Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung (4231) / Berufe in der Unternehmensorganisation und -strategie (7138).....	129
4	Sektor Verkehr	134
4.1	<i>Bundespolitische Ziele</i>	134
4.2	<i>Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Verkehrssektor</i>	136
4.2.1	Elektromotoren als energieeffiziente Alternative zu Verbrennungsmotoren.....	137
4.2.2	Vernetzung und Digitalisierung ermöglichen eine intelligente Verkehrssteuerung und neue Mobilitätskonzepte.....	140
4.3	<i>Schlüsselberufe der Energieeffizienz im Sektor Verkehr im Überblick</i>	144
4.4	<i>Schlüsselkompetenzen der Energieeffizienz im Sektor Verkehr (Kompetenzsteckbriefe)</i>	146
4.4.1	Berufe in der Kraftfahrzeugtechnik (2521).....	147
4.4.2	Berufe in der Elektromaschinentechnik (2622).....	152
4.4.3	Berufe in der Luftverkehrs-, Schiffs- und Fahrzeugelektronik (2633).....	156
4.4.4	Berufe in der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs (5150).....	160
4.4.5	Berufe in der Überwachung und Steuerung des Eisenbahnverkehrsbetriebs (5152).....	164
5	Potentialberufe für einen Wechsel in die Energieeffizienz	169
5.1	<i>Ausgewählte Potenzialberufe</i>	171
5.1.1	Wechsel in Schlüsselberufe des Sektors Gebäude.....	172
5.1.2	Wechsel in Schlüsselberufe des Sektors Industrie.....	180
5.1.3	Wechsel in Schlüsselberufe des Sektors Verkehr.....	184
6	Ausblick: Handlungsfelder zur Weiterentwicklung von Qualifizierungsangeboten	186

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick: Auswahl der 40 Berufsuntergruppen gemäß der Systematik der Klassifikation der Berufe (KldB)	2
Tabelle 2: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen im Bereich Gebäudehülle	19
Tabelle 3: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen im Bereich Wärme- und Kälteversorgung, Raumlüftung	23
Tabelle 4: Schlüsselberufe Energieeffizienz im Gebäudesektor	26
Tabelle 5: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen in der Stahlindustrie	92
Tabelle 6: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen in der Chemieindustrie	94
Tabelle 7: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen in der Zementindustrie	97
Tabelle 8: Schlüsselberufe Energieeffizienz im Industriesektor (energieintensive Industriebranchen)	98
Tabelle 9: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen im Bereich Elektrifizierung von Fahrzeugen	140
Tabelle 10: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen im Bereich Vernetzung und Digitalisierung	144
Tabelle 11: Schlüsselberufe Energieeffizienz im Verkehrssektor	145
Tabelle 12: Übersicht Berufe im Berg- und Tagebau (2111): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	172
Tabelle 13: Übersicht Berufe in der Metallbearbeitung (ohne Spezialisierung) (2420): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	173
Tabelle 14: Übersicht Maschinen- und Gerätezusammensetzer/-innen (2511): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	174
Tabelle 15: Übersicht Berufe in der Konstruktion und im Gerätebau (2722): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	175
Tabelle 16: Übersicht Schornsteinfeger/-innen (4221): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	176
Tabelle 17: Übersicht Berufe in der Raumausstattung (9323): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	177
Tabelle 18: Übersicht Berufe im Grafik-, Kommunikations- und Fotodesign (2322): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	178
Tabelle 19: Übersicht Berufe in der Immobilienvermarktung und -verwaltung (6131): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	179
Tabelle 20: Übersicht Berufe im Facility Management (6132): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	180
Tabelle 21: Übersicht Berufe in der Kunststoff- und Kautschukherstellung (ohne Spezialisierung) (2210): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	181
Tabelle 22: Übersicht Berufe in der Produktion von Fertigprodukten aus Holz und Holzwerkstoffen (2233): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	182
Tabelle 23: Übersicht Berufe in der Papierverarbeitung- und Verpackungstechnik (2312): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	182
Tabelle 24: Übersicht Berufe in der Lebensmittelherstellung (ohne Spezialisierung) (2920): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	183
Tabelle 25: Übersicht Berufe im Controlling (7223): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	184
Tabelle 26: Übersicht Aufsichts- und Führungskräfte - Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag (5139): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen	185

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick: Auswahl der Potenzialberufe sowie zugehöriger Schlüsselberufe	6
Abbildung 2: Vorgehen zur Auswahl der Potenzialberufe	170
Abbildung 3: Überblick: Auswahl der Potenzialberufe sowie zugehöriger Schlüsselberufe	171

Abkürzungsverzeichnis

3-D-CAD-Daten – dreidimensionales Computer-Aided Design
ADBW – Arbeitsgemeinschaft der Bildungswerke der Deutschen Wirtschaft
AR – Augmented Reality
AVA–Anwendung – Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung Software
BA – Bundesagentur für Arbeit
BAFA – Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAK – Bundesarchitektenkammer
BAVC– Bundesarbeitgeberverbands Chemie
BBiG – Berufsbildungsgesetz
BBSR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BDA – Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände
BEG – Bundesförderungen für effiziente Gebäude
BEW – Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BfEE – Bundesstelle für Energieeffizienz
BIBB – Bundesinstitut für Berufliche Bildung
BIM – Building Information Modelling
BIV – Bundesinnungsverband des Deutschen Kälteanlagenbauerhandwerks
BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB – Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BTGA – Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung
BuVEG – Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle
BWP – Bundesverband Wärmepumpe
CAD – Computer–Aided Design
CCS – Carbon Capture Storage–
CCU – Carbon Capture and Utilization
CNC – Computerized Numerical Control
dena – Deutsche Energie–Agentur
Deneff – Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz
DGB – Deutscher Gewerkschaftsbund Bundesvorstand
DIHK – Deutschen Industrie– und Handelskammer
DIN – Deutsches Institut für Normung
DRT – Demand–Responsive Transport
DSTW – Digitale Stellwerke
EBW – Energieberatung für Wohngebäude
EDL-G – Energiedienstleistungsgesetz
EED – EU–Energieeffizienzrichtlinie
EEP – Institut für Energieeffizienz in der Produktion
EffStra – Energieeffizienzstrategie 2050
EH 70 – KfW–Effizienzhausstandard 70
EMAS – Eco–Management and Audit Scheme

EnEfG – Energieeffizienzgesetz
EnEV – Erneuerbaren–Energien–Verordnung
EPBD – Energy Performance of Buildings Directive
ET – Erwerbstätige
ETCS European Train Control Systems
Ex – Experte/-in
FDP – Freie Demokratische Partei
FH – Fachhochschule
GEG – Gebäudeenergiegesetzes
GIH – Gebäudeenergieberater Ingenieure Handwerksmeister
HFKW – Fluorkohlenwasserstoff
HOAI – Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HPI – Heinz-Piast-Institut
HV – Hochvolt
HVC – High value chemicals
HwO – Handwerksordnung
IAB – Institut für Arbeitsmarkt
IHK – Industrie– und Handelskammern
IoT – Internet of Things
ISEK –Integrierter Stadtentwicklungskonzepte
ISO – International Organization for Standardization
IT– Informationstechnologie
KfW – Kreditanstalt für Wiederaufbau
KI – Künstliche Intelligenz
KldB – Klassifikation der Berufe
KMK – Kultusministerkonferenz
KOFA – Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung
kZQ– kodifizierten Zusatzqualifikationen
LBB – lebensbegleitende Berufsberatung
MaaS – Mobility-as-a-Service
MIV – motorisierten Individualverkehrs
NAPE – Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz
OHKW – Ohne Hände keine Wende
ÖPNV – Öffentlicher Personennahverkehr
PKW – Personenkraftwagen
PV – Photovoltaik
SHK – Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
SOP – Standard Operating Procedure
SPD – Sozialdemokratischen Partei Deutschlands
SPS– speicherprogrammierbare Steuerung
TGA – Technische Gebäudeausrüstung
TH – Technische Hochschule
TJ – Terajoule

TQ – Teilqualifikation
TU – Technische Universität
TWh – Terawattstunde
ÜLU – überbetrieblichen Lehrlingsunterweisung
V2I – Vehicle-to-Infrastructure
V2P – Vehicle-to-Pedestrian
V2V – Vehicle-to-Vehicle
VCI – Verband der Chemischen Industrie
VDI – Verein Deutscher Ingenieure
VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
VOB – Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VR – Virtual Reality
ZDH – Zentralverband des Deutschen Handwerks
ZVDH – Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks
ZVEH – Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke

Quellenverzeichnis

ADAC (2019): Pilotprojekt Platooning: Lkw fahren in Kolonne. Link: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/technik-vernetzung/platooning-lkw-automatisiert/> (online, abgerufen am 12.04.2023)

ADAC (2022): Wie effizient sind E-Fuels? Link: <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/synthetische-kraftstoffe/#wie-effizient-sind-e-fuels> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Agora Energiewende (2019): Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement. Link: <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrale-industrie-hauptstudie/> (online, abgerufen am 02.05.2023)

Agora Verkehrswende (2017): Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. Link: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen_WEB.pdf (online, abgerufen am 12.04.2023)

Agora Verkehrswende (2020): Auto tankt Internet. Link: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2020/Automatisiertes_Fahren/Agora-Verkehrswende_Auto-tankt-Internet.pdf (online, abgerufen am 12.04.2023)

Agora Verkehrswende (2020a): Autonomes Fahren bringt Verkehrswende nicht automatisch voran. Link: <https://www.agora-verkehrswende.de/presse/newsuebersicht/autonomes-fahren-bringt-verkehrswende-nicht-automatisch-voran-1/> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Agora Verkehrswende und Boston Consulting Group (2021): Automobile Arbeitswelt im Wandel: Jobeffekte in Deutschland bis 2030. Link: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/BCG-Jobstudie/2021-07-01_Automobile-Arbeitswelt-im-Wandel_Ergebnisfolien.pdf (online, abgerufen am 12.04.2023)

Apt et al. (2019): QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation – Branchenbericht: Baugewerbe. BMAS Forschungsbericht 522/6. Link: https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb522-6-quatoq.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (online, abgerufen am 24.04.2023)

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2022): Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 bis 2021. Link: <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/auswertungstabellen/> (online, abgerufen am 12.04.2023)

BA - Bundesagentur für Arbeit (2021): Klassifikation der Berufe 2010 – überarbeitete Fassung 2020. Band 1: Systematischer und alphabetischer Teil mit Erläuterungen.

BA - Bundesagentur für Arbeit (2021a): Klassifikation der Berufe 2010 – überarbeitete Fassung 2020. Band 2: Definitiver und beschreibender Teil.

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2020): Energieberatung für Wohngebäude – Merkblatt für die Erstellung eines Beratungsberichts/individuellen Sanierungsfahrplans. Link: https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ebw_merkblatt_erstellung_beratungsbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=15 (online, abgerufen am 19.10.2022)

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2020a): Merkblatt für Energieaudit durchführende Personen. Hinweise zur Qualifizierung, Registrierung und Fortbildung. Link:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieaudit/energieaudit_node.html (online, abgerufen am 07.03.2023)

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2021): Anforderungen an die Qualifikation von Energieberatern: Energieberatung für Wohngebäude. Link:

https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ebw_anforderungen_energieberatungsbericht.pdf (online, abgerufen am 25.10.2022)

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2022): Rekordnachfrage BEG: In diesem Jahr bereits mehr als 600.000 Anträge. Pressemitteilung. Link:

https://www.bafa.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/Energie/2022_10_beg_rekordnachfrage.html (online, abgerufen am 24.04.2023)

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2022a): Umweltbonus: geplante Anpassung der Förderung ab 2023. Link:

https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Energie/Elektromobilitaet/20220728_anpassung_foederung_umweltbonus.html?nn=1465158 (online, abgerufen am 12.04.2023)

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2023): Bundesförderung für effiziente Gebäude - Infoblatt zu den förderfähigen Maßnahmen und Leistungen. Link:

https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_infoblatt_foerderfaehige_kosten.pdf?blob=publicationFile&v=22 (online, abgerufen am 24.04.2023)

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2023a): Know-How für die Wärmewende: Förderrichtlinie für das Aufbauprogramm Wärmepumpe veröffentlicht. Pressemitteilung. Link:

https://www.bafa.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/Wirtschaft/2023_04_baw.html (online, abgerufen am 24.04.2023)

Bayrische Ingenieurskammer – Bau (2021): Serielles Sanieren: Erstes Pilotprojekt Deutschlands fertiggestellt. Link:

https://www.bayika.de/de/aktuelles/meldungen/2021-03-26_Serielles-Sanieren-Erstes-Pilotprojekt-Deutschlands-fertiggestellt.php (online, abgerufen am 24.04.2023)

BERUFENET (2022): Steckbrief. Fachplaner/in für Energie- und Gebäudetechnik. Link:

<https://rest.arbeitsagentur.de/infosysbub/berufepool-rest/ct/v1/steckbriefe/90101.pdf> (online, abgerufen am 02.05.2023)

BERUFENET (2023): Steckbrief. Techniker/in - Heizungs-, Lüftungs-, Klimatechnik. Link:

<https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/5458> (online, abgerufen am 02.05.2023)

BERUFENET (2023a): Steckbrief. Tischler/-in. Link:

<https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/4460> (online, abgerufen am 02.05.2023)

BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung (2016): Vom Schutzdach zum Nutzdach - Ausbildung für Dachdecker/-innen modernisiert. Pressemitteilung. Link:

https://www.bibb.de/de/pressemitteilung_50529.php (online, abgerufen am 02.05.2023)

BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung (2016a): Viel Neues bei Sanitär Heizung Klima - Ausbildung für Anlagenmechaniker SHK modernisiert. Pressemitteilung. Link:

https://www.bibb.de/de/pressemitteilung_50243.php (online, abgerufen am 02.05.2023)

BIBB (2016b): Kraftfahrzeugmechatroniker/Kraftfahrzeugmechatronikerin – Online-Berufsinformation zur Ausbildungsordnung. Link:

https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/regulation/original-bibb_kfz-mechatroniker_onlineversion_BARRIEREFREI.PDF (online, abgerufen am 12.04.2023)

BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung (2017): Ausbildungsordnungen und wie sie entstehen. Link:

<https://www.bibb.de/dienst/publikationen/de/download/8269> (online, abgerufen am 24.04.2023)

BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung (2018): Verfahrenstechnologie Metall und Verfahrenstechnologin Metall. Ausbildungshilfen zur Ausbildungsordnung. Link:

<https://www.bibb.de/dienst/publikationen/de/9418> (online, abgerufen am 02.05.2023)

BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung (2018a): Heißer Job: Verfahrenstechnologie Metall. Modernisierte Ausbildungsordnung tritt am 1. August in Kraft. Pressemitteilung. Link:

https://www.bibb.de/de/pressemitteilung_82105.php (online, abgerufen am 02.05.2023)

BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung (2020): Moderne Laborberufe im digitalen Zeitalter – Drei neue Ausbildungsordnungen für Chemie-, Biologie- und Lacklaboranten und -laborantinnen. Pressemitteilung. Link:

<https://www.bibb.de/dokumente/pdf/pmlaborberufe.pdf> (online, abgerufen am 02.05.2023)

BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung (2021): Erläuterungen zu den modernisierten Standardberufsbildpositionen. BIBB-Hauptausschuss. Link:

https://www.bibb.de/dokumente/pdf/HA_Erlaeuterungen-der-integrativ-zu-vermittelnden-Fertigkeiten-Kenntnisse-und-Faehigkeiten.pdf (online, abgerufen am 24.04.2023)

BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung (2021a). Smarte Berufe für das Elektroh Handwerk. Link:

<https://www.bibb.de/dokumente/pdf/pmelektrohandwerksberufe.pdf> (online, abgerufen am 24.04.2023)

BIBB (2021b): Elektroniker/-in für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung, Elektroniker/-in für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz. Link:

<https://www.bibb.de/dienst/publikationen/de/download/17464> (online, abgerufen am 12.04.2023)

BIBB/IAB - Bundesinstitut für Berufsbildung/ Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2022): BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsprojektionen. 7. Welle, Basisprojektion. Berufliche Flexibilitätsmatrix nach Berufshauptgruppen im Jahr 2019.

Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V (2018): White Paper MaaS – Mobility-as-a-Service. Link: <https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/181016-White-Paper-MaaS.pdf> (online, abgerufen am 12.04.2023)

BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2011): Ausbildungsberufe für die Elektromobilität. Link: http://www.nachhaltige-berufsbildung.com/images/PDFs/Veroeffentlichungen/Ausbildungsberufe_im_Bereich_Elektromobilitaet-data.pdf

(online, abgerufen am 12.04.2023)

BMDV - Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2021): Mit der Elektrobahn klimaschonend in die Zukunft – Das Bahn-Elektrifizierungsprogramm des Bundes. Link:

<https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/schiene-aktuell/elektrobahn-klimaschonend-zukunftsbahn-elektrifizierungsprogramm.html> (online, abgerufen am 12.04.2023)

BMDV - Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022): Volker Wissing: Sofortprogramm zur Einhaltung der Klimaziele. Pressemitteilung. Link: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2022/051-wissing-sofortprogramm-zur-einhaltung-der-klimaziele-im-verkehrssektor.html> (zuletzt abgerufen am 12.04.2023)

BMDV - Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022a): Volker Wissing: Bis 2030 jeder zweite Stadtbus elektrisch. Pressemitteilung. Link: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2022/024-wissing-bis-2030-jeder-zweite-stadtbus-elektrisch.html> (zuletzt abgerufen am 12.04.2023)

BMDV - Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022b): Verkehr in Zahlen 2022/2023. Link: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2022-2023-pdf.pdf?__blob=publicationFile (zuletzt abgerufen am 12.04.2023)

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit; BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur; BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; BMZ - Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung; BDL - Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e. V. (2021): PtL-Roadmap. Nachhaltige strombasierte Kraftstoffe für den Luftverkehr in Deutschland. Link: <https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2021/05/PtL-Roadmap.pdf> (online, 24.04.2023)

BMUV - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2021): Mit wenig Energie viele Kilometer zurücklegen. Link: <https://www.bmuv.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/elektromobilitaet/effizienz-und-kosten> (online, abgerufen am 12.04.2023)

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019): Innovationsprogramm Logistik 2030. Link: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/innovationsprogramm-logistik-2030.pdf?__blob=publicationFile (online, abgerufen am 12.04.2023)

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2020): Masterplan Schienenverkehr. Link: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/E/masterplan-schienengueterverkehr.pdf?__blob=publicationFile (online, abgerufen am 12.04.2023)

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019): Energieeffizienzstrategie 2050. Link: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.pdf?__blob=publicationFile&v=12 (online, abgerufen am 24.04.2023)

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019a): Industriestrategie 2030 Leitlinien für eine deutsche und europäische Industriepolitik. Link: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industriestrategie-2030.pdf?__blob=publicationFile&v=20 (online, abgerufen am 02.05.2023)

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Link: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=20 (online, abgerufen am 02.05.2023)

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): Zwischenbericht. Energieeffizienz für eine klimaneutrale Zukunft 2045. Roadmap Energieeffizienz 2045. Link:

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/XYZ/zwischenbericht-roadmap-energieeffizienz.pdf? blob=publicationFile&v=1> (online, abgerufen am 24.04.2023)

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021a): Beschleunigte energetische Sanierung: Energiewende im Gebäudebereich – „Bundesförderung Serielle Sanierung“ gestartet. Schlaglichter der Wirtschaftspolitik. Monatsbericht 06/2021. Link:

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Infografiken/Schlaglichter/2021/06/download-serielle-sanierung.pdf? blob=publicationFile&v=1> (online, abgerufen am 24.04.2023)

BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2022): Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent. Bundesklimaschutzministerium kündigt umfangreiches Sofortprogramm an. Pressemitteilung.

Link: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/03/20220315-treibhausgasemissionen-stiegen-2021-um-45-prozent.html> (online, abgerufen am 24.04.2023)

BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2022a): 65 Prozent erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024 Konzeption zur Umsetzung.– Konzeption zur Umsetzung vom 14. Juli 2022. Link: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf? blob=publicationFile&v=6> (online, abgerufen am 24.04.2023)

BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2022b): 65 Prozent erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024 Konzeption zur Umsetzung.– Konzeption zur Umsetzung vom 14. Juli 2022. Link:

https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0406_ueberblickspapier_osterpaket.pdf? blob=publicationFile&v=14 (online, abgerufen am 24.04.2023)

BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2022c): Deutsche Klimaschutzpolitik. Link:

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-deutsche-klimaschutzpolitik.html> (online, abgerufen am 02.05.2023)

BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2022d): Europäische Kommission genehmigt zwei wichtige Wasserstoffprojekte: BMWK darf grünen Wasserstoff bei BASF und Dekarbonisierung der Stahlproduktion bei Salzgitter fördern. Pressemitteilung. Link:

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/10/20221005-europaeische-kommission-genehmigt-zwei-wichtige-wasserstoffprojekte.html> (online, abgerufen am 02.05.2023)

BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022e): Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz fördert Mikro-Depots. Pressemitteilung. Link:

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/03/20220301-bundesministerium-fur-wirtschaft-und-klimaschutz-fordert-mikro-depots.html> (online, abgerufen am 12.04.2023)

BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2023): Smart Meter-Gesetz final beschlossen: Flächendeckender Einsatz intelligenter Stromzähler kommt. Link:

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/05/20230512-smart-meter-gesetz-final-beschlossen.html> (online, abgerufen am 26.06.2023)

BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2023a): Bundesförderung Aufbauprogramm

Wärmepumpe. Link: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesfoerderung-aufbauprogramm-waermepumpe.pdf? blob=publicationFile&v=6> (online, abgerufen am 12.04.2023)

BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2023b): Elektroniker/in - Maschinen und Antriebstechnik. Link: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Berufsbilder/elektroniker-fuer-maschinen-und-antriebstechnik.html> (online, abgerufen am 12.04.2023)

BMWSB - Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2023): Entwurf eines Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze. Link: <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/Webs/BMWSB/DE/Waermeplanung.html> (online, abgerufen am 26.06.2023)

Bosch (2023): Automatisiertes Fahren. Link: <https://www.bosch.com/de/stories/themenwelten/automatisiertes-fahren/> (online, abgerufen am 12.04.2023)

BSVI - Bundesvereinigung der Straßenbau (2013): Ein Beruf mit Zukunft. Ingenieure im Verkehrswesen. Link: http://www.vsvinrw.de/tl_files/VSVI-NRW/Downloads/Ingenieure_im_Verkehrswesen.pdf (online, abgerufen am 12.04.2023)

BSVI - Bundesvereinigung der Straßenbau (2021): Straßenbau- und Verkehrsingenieur*in. Ein Beruf mit Zukunft. Wir schaffen Mobilität. Link: https://www.bsvi.de/downloads.html?file=files/user/downloads/Aktuelles/2021/BSVI_Nachwuchsbroschue_2021.pdf&cid=30 (online, abgerufen am 12.04.2023)

Bundesanzeiger (2022): Bekanntmachung der Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in eisenbahntechnischen Verkehrsberufen nebst Rahmenlehrplan. Link: <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/Gvzs7qWeuwCJRYVcUC1/content/Gvzs7qWeuwCJRYVcUC1/BAanz%20AT%2008.09.2022%20B1.pdf?inline> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Bundesarchitektenkammer (2023): BIM-Standard deutscher Architekten- und Ingenieurkammern. Link: <https://bak.de/politik-und-praxis/digitalisierung/fuer-planende-digital-durchstarten/bim-standard-deutscher-architekten-und-ingenieurkammern/> (online, abgerufen am 02.05.2023)

Bundesinnungsverband des Deutschen Kälteanlagenbauerhandwerks (2018): Klarstellung: Der Mechatroniker für Kältetechnik bzw. der Kälteanlagenbauer besitzt aufgrund seiner Ausbildung die Qualifikationsvoraussetzungen für eine Elektrofachkraft. Informationsblatt. Link: https://www.biv-kaelte.de/fileadmin/user_upload/News/2018_quartal_1/BIV_INFO_Elektrofachkraft.pdf (online, abgerufen am 25.10.2022)

Bundesnetzagentur (2023): Elektromobilität: Öffentliche Ladeinfrastruktur. Link: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/start.html> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Bundesregierung (2023): Entwurf eines Gesetzes zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Änderung des Energiedienstleistungsgesetzes. Gesetzentwurf. Link: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/entwurf-enefg.pdf>

Chemieorganisationen (2021): Bildungs-, forschungs- und innovationspolitisches Positionspapier der Chemieorganisationen. Link: https://www.bavc.de/downloads/bildung/Positionspapier_ChemOrg_Bildung_Forschung_Innovation_2021.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

dena (2022): Energetische Modernisierung. Seriell sanieren: schnell, günstig, hochwertig. Link: <https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/gebäude/bauen-und-sanieren/> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Deutsche Bahn (2021): Integrierter Bericht 2021 – Energieeffizienz. Link: <https://ibir.deutschebahn.com/2021/de/konzern-lagebericht/gruene-transformation/klimaschutz/energieeffizienz/> (online, abgerufen am 12.04.2023)

DGUV - Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (2021): Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen. Link: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3982> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Die Bundesregierung (2020): Klimafreundliche, bezahlbare Mobilität. Link: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/kfz-steuer-1759368> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Die Bundesregierung (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Weiterentwicklung 2021. Link: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/9d73d857a3f7f0f8df5ac1b4c349fa07/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-barrierefrei-data.pdf?download=1> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Die Bundesregierung (2023): Klimafreundlich Heizen: Neues Gebäudeenergiegesetz kommt. Link: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/neues-gebäudeenergiegesetz-2184942> (online, abgerufen am 26.06.2023)

Digitale Schiene Deutschland (2023): Advanced Protection System - Sicherungstechnik von morgen; Link: <https://digitale-schiene-deutschland.de/Advanced-Protection-System> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Ehrenberg-Silies, S.; Bovenschulte, M.; Goluchowicz, K.; Burmeister, K. (2021): Zukünftige Kompetenzprofile für die Automobilwirtschaft. Link: https://www.denkfabrik-bmas.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Deep_Dive_Zukuenftige_Kompetenzprofile_fuer_die_Automobilwirtschaft.pdf (online, abgerufen am 12.04.2023)

EnBW (2023): Energierückgewinnung durch Rekuperation: So funktioniert's. Link: <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/laden/energierueckgewinnung-durch-rekuperation-so-funktioniert> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Europäische Kommission (2020): Eine Renovierungswelle für Europa – umweltfreundlichere Gebäude, mehr Arbeitsplätze und bessere Lebensbedingungen. Link: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0662> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Europäische Kommission (2023): Europäischer Grüner Deal: Einigung auf strengere Regeln zur Steigerung der Energieeffizienz. Pressemitteilung. Link: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_23_1581 (online, abgerufen am 30.05.2023)

EVA M+E-Studie (2022) - Becker, M.; Flake, R.; Heuer, C.; Koneberg, F.; Meinhard, D.; Metzler, C.; Richter, T.; Schöpp, M.; Seyda, S.; Spöttl, G.; Werner, D.; Windelband, L.: Evaluation der modernisierten M+E-Berufe – Herausforderungen der digitalisierten Arbeitswelt und Umsetzung in der Berufsbildung. Bremen, Hannover, Köln, Schwäbisch-Gmünd. Link: https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2022/Evaluation_der_modernisierten_M_E-Berufe.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

Fachportal Ausbildung Plus (ohne Angabe): Definition von Zusatzqualifikationen. Link: <https://www.bibb.de/ausbildungplus/de/34710.php> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Felkl, T. (2023): Zusammenfassung der Sektorenanalyse: Chemie- und Raffinerieindustrie. BIBB-Forschungsprojekt H2PRO. Link: https://www.bibb.de/dokumente/pdf/2023-01-26_Zusammenfassung_der_Sektoranalyse-Chemie-Raffinerie%20web.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

Forschungs-Informationssystem (2019): Zukunftstechnologien der Verkehrssteuerung. Link: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/507378/?clsId0=276673&clsId1=276674&clsId2=0&clsId3=0> online, abgerufen am 12.04.2023)

Fraunhofer IFAM (2023): Nachhaltige Batterien. Link: <https://www.ifam.fraunhofer.de/de/magazin/nachhaltige-batterien.html> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Fraunhofer IFAM (2023a): Festkörperbatterien für die Elektromobilität. Link: <https://www.ifam.fraunhofer.de/de/magazin/festkoerperbatterien-fuer-die-elektromobilitaet.html> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Fraunhofer IAO (2022): BexElektro: Drei neue Qualifizierungsangebote für eine erfolgreiche Energiewende. Link: <https://www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/bexelektro-drei-neue-qualifizierungsangeboten-fuer-eine-erfolgreiche-energiewende.html> (online, abgerufen am 15.05.2023)

Fraunhofer ISI (2013): Industrielle Abwärmenutzung. Kurzstudie. Link: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2013/Kurzstudie_Abwaermenutzung.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

Fraunhofer ISI (2020): Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf. Link: <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2020/Faktencheck-Batterien-fuer-E-Autos.pdf> (online, abgerufen am 20.05.2023)

Fraunhofer ISE (2021): Wie schaffen wir mehr Wärmepumpen im Bestand? Link: <https://blog.innovation4e.de/2021/05/20/wie-schaffen-wir-mehr-waermepumpen-im-bestand/> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Fraunhofer ISE (2023): Thermomanagement für eine nachhaltige Mobilität. Link: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/nachhaltige-mobilitaet/thermomanagement.html> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Gehrke, B. und Weilage, I. (2018): Branchenanalyse Chemieindustrie. Der Chemiestandort Deutschland im Spannungsfeld globaler Verschiebungen von Nachfragestrukturen und Wertschöpfungsketten. Studie 395 der Hans-Böckler-Stiftung. Link: https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-06956 (online, abgerufen am 02.05.2023)

Gesamtmetall; IG Metall; VDMA; ZVEI (2017): Handlungsempfehlungen der Sozialpartner für ein agiles Verfahren. Ausbildung und Qualifizierung für Industrie 4.0 – den Wandel erfolgreich gestalten. Link: https://www.gesamtmetall.de/sites/default/files/downloads/basispapier_agiles_verfahren_versand_17-03-28.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

Handwerk + Bau (2021): Bau-Drohnen. Das fliegende Auge. Marktübersicht. Link: <https://www.handwerkundbau.at/markt/bau-drohnen-das-fliegende-auge-15881> (online, abgerufen am 29.09.2022)

Handwerksblatt (2022). Augmented Reality und Virtual Reality im Handwerk. Link: <https://www.handwerksblatt.de/themen-specials/augmented-reality-und-virtual-reality-im-handwerk/augmented-reality-duerfte-dem-handwerk-zunaechst-die-groessten-chancen-bieten> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Handelsblatt (2023): Thyssen-Krupp vergibt Milliardenauftrag für grünen Stahl. Link: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/industriekonzern-thyssen-krupp-vergibt-milliardenauftrag-fuer-gruenen-stahl/29002518.html> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Handwerk-Magazin (2021): Building Information Modelling: Planung mit BIM wird Standard. Link: <https://www.handwerk-magazin.de/planung-mit-bim-wird-standard-181138/> (online, abgerufen am 20.07.2022).

Handwerkskammer Oldenburg (2015): Rechtsvorschriften für die Fortbildungsprüfung von Fachplaner/in zur Energie- und Gebäudetechnik (HWK). Link: https://www.hwk-oldenburg.de/Resources/Persistent/c/f/9/6/cf968c6307ccd538e2e9bb9bd828482baa292c79/Rechtsvorschriften_Fachplaner_Energie_und_Gebaeudetechnik.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

Hansestadt Hamburg (2020): Klimaschutzgesetz Senat beschließt Umsetzungsverordnung. Link: <https://www.hamburg.de/klimaschutzgesetz/> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Haustec – Fachportal für die Gebäudetechnik (2021): Hottengroth – Software für das neue GEG. Link: <https://www.haustec.de/management/it/hottengroth-software-fuer-das-neue-geg> (online, abgerufen am 19.10.2022)

HEA-Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V. (2021): Dossier Building Information Modeling – BIM. FN 41

Heinz-Piast-Institut für Handwerkstechnik (2018): Steckbrief Building Information Modeling (BIM). Technologiebeobachtung und Qualifikationsmonitoring. Link: https://hpi-hannover.de/veroeffentlichungen/Steckbriefe/HPI_Steckbrief_BIM.pdf?m=1526454376&

Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (2021). HOAI 2021 Volltext. Link: <https://www.hoai.de/hoai/volltext/hoai-2021/> (online, abgerufen am 02.05.2023)

HRForecast (2020): Zukünftige Berufsprofile. Studie im Auftrag des IG BCE/BAVC. Link: <https://future-skills-chemie.de> (online, abgerufen am 02.05.2023)

ifo-Institut (2023): Mangel an Fachkräften entspannt sich leicht. Pressemitteilung. Link: <https://www.ifo.de/pressemitteilung/2023-02-15/mangel-fachkraeften-entspannt-sich-leicht> (online, abgerufen am 02.05.2023)

Industrie-Anzeiger (2022): Digitale Transformation. Das lernende Stahlwerk ist erst der Anfang. Link: <https://industrieanzeiger.industrie.de/news/das-lernende-stahlwerk-ist-erst-der-anfang/> (online, abgerufen am 02.05.2023)

Industrie- und Handelskammer Frankfurt am Main (ohne Angabe): Chemikalien-Klimaschutzverordnung. Link: <https://www.frankfurt-main.ihk.de/industrie-innovation-und->

[umwelt/umwelt/chemikalienverbotsverordnung/chemikalien-klimaschutzverordnung-5281544](#) (online, abgerufen am 20.07.2022)

Kaufmann, A.; Zinke, G. und Winkler, F. (2021): Evaluation der Zusatzqualifikationen und der neuen integrativen Berufsbildposition der industriellen Metall- und Elektroberufe sowie des Berufs Mechatroniker/-in. Zwischenbericht. BIBB. Link: https://www.bibb.de/dienst/dapro/daprodocs/pdf/zw_22322.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

KBA - Kraftfahrt-Bundesamt (2023). Zahlen, Daten, Fakten. Link: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Jahresbilanz_Neuzulassungen/jahresbilanz_node.html (online, abgerufen am 12.04.2023)

KEI – Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (2022): Auf dem Weg zur klimaneutralen Industrie: Factsheet Stahl. Link: <https://www.klimaschutz-industrie.de/themen/branchen/stahlindustrie/> (online, abgerufen am 30.05.2023)

Kienbaum und VDMA (2022): Future Skills im Maschinen- und anlagenbau. Eine Analyse entlang des Produktlebenszyklus. Link: https://www.vdma.org/documents/34570/51415166/VDMA+Kienbaum+Studie_aktuell.pdf/facc4051-1794-b4f7-ec3d-90a667e1b1ac?t=1662707669393https://www.vdma.org/documents/34570/51415166/VDMA+Kienbaum+Studie_aktuell.pdf/facc4051-1794-b4f7-ec3d-90a667e1b1ac?t=1662707669393 (online, abgerufen am 02.05.2023)

KMK – Kultusministerkonferenz (2013): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Kraftfahrzeugmechatroniker und Kraftfahrzeugmechatronikerin. Link: <https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/KFZ-Mechatroniker13-04-25-E.pdf> (online, abgerufen am 12.04.2023)

KMK – Kultusministerkonferenz (2016): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Dachdecker und Dachdeckerin. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 29.01.2016. Link: https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Dachdecker_16-01-29-E.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

KMK – Kultusministerkonferenz (2020): Rahmenlehrplan für die Ausbildungsberufe Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz und Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz sowie Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung und Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung. Link: https://www.kmk.org/themen/berufliche-schulen/duale-berufsausbildung/downloadbereich-rahmenlehrplaene.html?type=150&tx_fedownloads_pi1%5Bdownload%5D=46660&tx_fedownloads_pi1%5Baction%5D=forceDownload&tx_fedownloads_pi1%5Bcontroller%5D=Downloads&cHash=13ae6044573f4f3bc5f627fe21f863ba (online, abgerufen am 12.04.2023)

KMK – Kultusministerkonferenz (2021): Rahmenlehrplan für die Ausbildungsberufe Eisenbahner im Betriebsdienst Lokführer und Transport und Eisenbahnerin im Betriebsdienst Lokführerin und Transport Eisenbahner in der Zugverkehrssteuerung und Eisenbahnerin in der Zugverkehrssteuerung. Link: https://www.kmk.org/themen/berufliche-schulen/duale-berufsausbildung/downloadbereich-rahmenlehrplaene.html?type=150&tx_fedownloads_pi1%5Bdownload%5D=48165&tx_fedownloads_pi1%5Baction%5D=forc

[eDownload&tx_fedownloads_pi1%5Bcontroller%5D=Downloads&cHash=90b3396347932e01954883839b95770f](#) (online, abgerufen am 12.04.2023)

KOFA – Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (2023): Quereinsteiger zu Wärmepumpen-Spezialisten qualifizieren. Link: <https://www.kofa.de/mitarbeiter-finden/zielgruppen/praxisbeispiele-und-interviews/quereinsteiger-zu-waermepumpen-spezialisten-qualifizieren/> (online, abgerufen am 30.05.2023)

Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg (2023): Beschäftigungseffekte im Kfz-Gewerbe 2030/2040. Link: https://www.emobil-sw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobil_BW_Beschaeftigungseffekte_im_Kfz-Gewerbe_2030_2040.pdf (zuletzt abgerufen am 12.04.2023)

Maas, A.; Krüger, N.; Steinbrecher, J.; Junge, M., Holzäpfel, C.; Hox, A.; Wagner, M.; Schiller, H.; Kastner, C. (2018): Qualifikationsanforderungen in der Energieberatung. Endbericht zu Arbeitspaket 1 und 2. Im Auftrag des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Link: https://www.gih.de/wp-content/uploads/2018/10/AP1u2_Quali_Energieberatung.pdf (online, abgerufen am 18.10.2022)

Malanowski, N.; Niehaus, J. und Awenius, M.:(2017): Digitalisierung in der Chemischen Industrie. In: Michael Vassiliadis (Hrsg.): Digitalisierung und Industrie 4.0. Technik allein reicht nicht, S. 139-162.

McKinsey (2018): Machbarkeitsstudie zum Rollout von ETCS/DSTW. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur Link: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/machbarkeitsstudie-digitalisierung-schiene.pdf?blob=publicationFile> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2020): Kommunale Wärmeplanung. Handlungsleitfaden. Link: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-barrierefrei.pdf (online, abgerufen am 24.04.2023)

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2023). Kommunale Wärmeplanung. Link: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/energieeffizienz/in-kommunen/kommunale-waermeplanung/> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Müller, R. (2021): Ausrüstung & Betrieb | Funktionsinnovation. Digitale Stellwerke tragen die. Digitalisierung der Bahn. In: Eisenbahn Ingenieur Kompendium. EIK 2021. Seite 180 – 201.

Nationale Plattform Elektromobilität (2015): Kompetenz-Roadmap Aktualisierung 2015. Link: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2021/12/2015_Kompetenz-Roadmap_Aktualisierung.pdf (online, abgerufen am 12.04.2023)

Öko-Institut e.V. (2020): Wasserstoff sowie wasserstoffbasierte Energieträger und Rohstoffe. Eine Überblicksuntersuchung. Link: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Wasserstoff-und-wasserstoffbasierte-Brennstoffe.pdf> (online, abgerufen am 02.05.2023)

Oliva et al. (2019): Planungsmethoden und Ablaufpläne: Umsetzung und Planung von solaren Energieversorgungsanlagen für Wohngebäude.

Priesack, K.; Wenke, A.; Glock, Goluchowicz, K.; Bovenschulte, M. (2019): QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und

Qualifikation – Branchenbericht: Chemie- und Pharmaindustrie. BMAS Forschungsbericht 522/4. Link: https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb522-4-quatoq.pdf?__blob=publicationFile&v=2
<https://www.bmas.de/DE/Service/Publikationen/Forschungsberichte/fb522-9-qualitaet-der-arbeit-beschaeftigung-und-beschaefigungsfaehigkeit.html>(online, abgerufen am 02.05.2023)

Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Langfassung. Link: <https://www.agora-energiewende.de/presse/neuigkeiten-archiv/klimaneutralitaet-in-deutschland-bereits-2045-moeglich/> (online, abgerufen am 24.04.2023)

PWC (2022): Planungssicherheit für die Wärmewende. Link: <https://www.pwc.de/de/energiewirtschaft/pwc-planungssicherheit-fuer-die-waermewende.pdf> (online, abgerufen am 24.04.2023)

RKW Kompetenzzentrum (2018): BIM – Building Information Modeling. Mit neuen Kompetenzen BIM-fähig werden und bleiben. Link: <https://www.rkw-kompetenzzentrum.de/fileadmin/media/Produkte/2018/Faktenblatt/20181130-BIM-kompetenzen.pdf> (online, abgerufen am 24.04.2023)

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung (2022): Erstellung der Anwendungsbilanzen 2021 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland. Link: https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2021/02/AGEB-AnwBil-2021-priv.-HH-und-Verkehr_vorl_EB-09-2022.pdf (online, abgerufen 24.04.2023)

Sachse, H. und Eisermann, M. (2020): ÜLU im Handwerk – Wie entstehen Unterweisungspläne? Eine Verfahrensbeschreibung zur Erstellung von Unterweisungsplänen für die überbetriebliche Lehrlingsunterweisung im Handwerk. Heinz-Piast-Instituts für Handwerkstechnik. Link: <https://hpi-hannover.de/veroeffentlichungen/dokumente/UnterweisungsplneVerfahrensbeschreibung.pdf?m=1618520267&> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Saleh, F.; Goluchowicz, K. und Bovenschulte, M. (2022): Die Auswirkungen von Digitalisierung und Dekarbonisierung auf Arbeitsinhalte und Arbeitsqualität. Link: https://www.denkfabrik-bmas.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Deep-Dive_Dekarbonisierung-und-Digitalisierung.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

Scheier, B., Frieske, B. & Viergutz, K. (2021): Chancen und Potenziale von Mobility-as-a-Service nach der Corona-Pandemie. *Wirtschaftsdienst* 101, 394–399). <https://doi.org/10.1007/s10273-021-2924-3>

Simic & Schönfeldt (2022): H2-Transformation der Stahlindustrie und des Energieanlagenbaus. Working Paper Forschungsförderung. Hans-Böckler-Stiftung. https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-008461/p_fofoe_WP_260_2022.pdf (online, abgerufen am 24.04.2023)

Stan, C. (2021). Automobile mit Antrieb durch Verbrennungsmotor und Elektromotor(en). In: *Automobile der Zukunft*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64116-3_16

Statistisches Bundesamt (2023): Beförderungsmenge und Beförderungsleistung nach Verkehrsträgern. Link: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Gueterverkehr/Tabellen/gueterbefoerderung-lr.html> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. (Hrsg.) (2021): Future Skills 2021. 21 Kompetenzen für eine Welt im Wandel. Diskussionspapier Nr. 3. Link: <https://www.stifterverband.org/medien/future-skills-2021> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Thüringer Kultusministerium (2005): Thüringer Lehrplan für berufsbildende Schulen. Fachrichtung: Verkehrstechnik, Schwerpunkt: Eisenbahnbetrieb. Link: https://www.fs-gotha.de/wp-content/uploads/2017/10/fs_lp_verkehrstech_eisenbahn.pdf (online, abgerufen am 12.04.2023)

Umweltbundesamt (2016): Wärmedämmung Fragen und Antworten. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/waermedaemmung> (online, abgerufen am 24.04.2023)

Umweltbundesamt (2016a): Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/treibhausgas-emissionen-in-deutschland-1990-bis> (online, abgerufen am 22.02.2023)

Umweltbundesamt (2021): Serielle Sanierung in Europa und Deutschland. Abschlussbericht im Rahmen des Projekts „Abbau von Hemmnissen bei der energetischen Gebäudesanierung durch industrielle Vorfertigung“. Texte 114/2021. Link: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-07-20_texte_114-2021_serielle_sanierung.pdf (online, abgerufen am 24.04.2023)

Umweltbundesamt (2022): UBA-Prognose: Treibhausgasemissionen sanken 2022 um 1,9 Prozent. Mehr Kohle und Kraftstoff verbraucht – mehr Erneuerbare und insgesamt reduzierter Energieverbrauch dämpfen Effekte. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/uba-prognose-treibhausgasemissionen-sanken-2022-um> (online, abgerufen am 24.05.2023)

Umweltbundesamt (2022a). Kurzgutachten Kommunale Wärmeplanung. Link: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_12-2022_kurgutachten_kommunale_waermeplanung.pdf (online, abgerufen am 24.04.2023)

Umweltbundesamt (2022b): Wasserstoff im Verkehr: Häufig gestellte Fragen (FAQs). Link: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/kraftstoffe/wasserstoff-im-verkehr-haeufig-gestellte-fragen#effizienz> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Umweltbundesamt (2023): Endenergieverbrauch und Energieeffizienz des Verkehrs. Link: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/endenergieverbrauch-energieeffizienz-des-verkehrs#endenergieverbrauch-steigt-seit-2010-wieder-an> (online, abgerufen am 24.05.2023)

vbw (2021): Constructing Our Future. Planen. Bauen. Leben. Arbeiten. Link: https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2021/Downloads/vbw-ZKR2021_ConstructingOurFuture_Studie.pdf (online, abgerufen am 24.04.2023)

Verband Deutscher Ingenieure (2019): VDI/BS-MT 2552. Link: <https://www.vdi.de/richtlinien> (online, abgerufen am 02.05.2023)

VDI Nachrichten (2022): Direktreduktion: SMS soll erstes klimaneutrales Stahlwerk der Welt bauen. <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/werkstoffe/direktreduktion-sms-soll-erstes-klimaneutrales-stahlwerk-der-welt-bauen/> (online, abgerufen am 02.05.2023)

VDI Nachrichten (2022a): Neue Berufe in der saarländischen Stahlindustrie. Link: <https://www.vdi-nachrichten.com/karriere/bildung/neue-berufe-in-der-saarlaendischen-stahlindustrie/> (online, abgerufen am 02.05.2023)

VDI/VDE (2022): Wasserstoff für den Schienenverkehr. Link: <https://www.vde.com/resource/blob/2208166/856e76b3bf2c31104030c12127e0f0bd/2022-09-19-wasserstoff-schiennenverkehr-impulspapier-data.pdf> (online, abgerufen am 12.04.2023)

Volkswagen (2023): Batteriezellen: Energieschonend in die Zukunft. Link: <https://www.volkswagen.de/de/elektrofahrzeuge/nachhaltigkeit/batteriezellen-energieschonend-in-die-zukunft.html> (online, abgerufen am 24.04.2023)

weka (2021): Architekten & Ingenieure. HOAI-Leistungsphasen der einzelnen Leistungsbilder für Architekten und Ingenieure. Link: <https://www.weka.de/architekten-ingenieure/leistungsphasen-nach-hoai/> (online, abgerufen am 02.05.2023)

Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestags (2019): Zum Begriff der Gefahrgeneigtheit im Handwerksrecht. Ausarbeitung. Link: <https://www.bundestag.de/resource/blob/650744/9e9f2ef9088824b57bb9e9f0d471f32f/WD-5-048-19-pdf-data.pdf> (online, abgerufen am 20.07.2022)

Wuppertal Institut (2021): CO₂-neutrale Gebäude bis spätestens 2045. Ein Diskussionsbeitrag für eine ambitionierte und sozial-verträgliche Politikstrategie. Link: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7888/file/ZI21_Gebaeude.pdf (online, abgerufen am 24.04.2023)

ZVDH - Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (2022): Klimaschutz und Klimawende umsetzen. Anregungen aus dem Dachdeckerhandwerk. Positionspapier. Link: https://dachdecker.org/download/aterto9ms1o0cl1ufci3shnmc5/Klimaschutz_Positionspapier-Dachdecker-2022.pdf (online, abgerufen am 24.04.2023)

ZVDH - Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (2022a): Faktenblatt Dachdecker. Link: https://dachdecker.org/download/a4p2i4q292g05oim26sokvh4pfo/Faktenblatt_Dachdecker_Update_10_2_Final.pdf (online, abgerufen am 02.05.2023)

ZVDH - Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (2022b): Gemeinsam die Energiewende voranbringen: Dachdecker- und E-Handwerk kooperieren bei Installation von Photovoltaik-Anlagen. Pressemitteilung. Link: <https://dachdecker.org/presse/presSESERVICE/pressemitteilungen/gemeinsam-die-energie-wende-voranbringen-dachdecker-und-e-handwerk-kooperieren-bei-installation-von-photovoltaik-anlagen-3177256/> (online, abgerufen am 02.05.2023)

ZVSHK - Zentralverband Sanitär Heizung Klima (2018): Building Information Modeling: Neue Studie zeigt Chancen und Herausforderungen für die SHK-Branche. Pressemitteilung. Link: <https://www.zvshk.de/presse/medien-center/pressemitteilungen/details/artikel/7107-building-information-modeling-neue-studie-zeigt-chancen-und-herausforderungen-fuer-die-shk-bran/> (online, abgerufen am 02.05.2023)

ZVSHK - Zentralverband Sanitär Heizung Klima (2021): Weiterbildung. § 7aIH - Sanitär- und Heizungstechnik für Elektrotechnikmeister. Nach Verbändevereinbarung ZVEH und ZVSHK. Link: <https://www.zvshk.de/weiterbildung/detail/artikel/7023-7aih-sanitaer-und-heizungstechnik-fuer-elektrotechnikmeister/> (online, abgerufen am 19.10.2022)

Zusammenfassung

Um in Deutschland langfristig Klimaneutralität zu erreichen und dabei gleichzeitig den Energiebedarf einer wachsenden Wirtschaft decken zu können, ist eine **kontinuierliche Steigerung der Energieeffizienz** in allen Sektoren der deutschen Wirtschaft notwendig. Zur Umsetzung der dafür notwendigen Maßnahmen bedarf es einer steigenden Anzahl qualifizierter Fachkräfte für verschiedene Schlüsselberufe der Energieeffizienz. Zugleich müssen die ausgebildeten Fachkräfte über notwendige Kompetenzen und Fertigkeiten verfügen, die sich aus den technologischen Anforderungen energieeffizienten Wirtschaftens ergeben.

Vor diesem Hintergrund werden in der vorliegenden Studie zunächst **55 Berufsbilder** identifiziert, die in den Sektoren **Gebäude, Industrie und Verkehr**¹ eine besondere Relevanz für die Erreichung der Energieeffizienzziele aufweisen (nicht im Sinne einer abschließenden Liste). Anschließend werden die Berufsbilder in **41 Berufsuntergruppen** gemäß der Systematik der Klassifikation der Berufe (KldB) der Bundesagentur für Arbeit (BA) überführt. Für eine Auswahl von **23 Berufsuntergruppen** werden schließlich **Fach- und Methodenkompetenzen** herausgearbeitet, die sich aus den technologischen Entwicklungen ergeben und in Kompetenzsteckbriefen zusammengefasst. Die Auswahl der Kompetenzsteckbriefe orientiert sich dabei an folgenden Kriterien:

- **Qualitative Relevanz:** Ausmaß der qualitativen Veränderung von Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen
- **Quantitative Relevanz:** Ausmaß der quantitativen Bedeutung des Berufs (gemessen an der Zahl der Erwerbstätigen)

In einem weiteren Arbeitsschritt werden **15 sogenannte Potenzialberufe** identifiziert, deren Tätigkeitsbeschreibungen und erforderliche Kompetenzen eine gewisse Nähe zu den Schlüsselberufen aufweisen und deren Nachfrage aufgrund des Strukturwandels zukünftig tendenziell sinkt, weshalb das Potenzial gesehen wird, dass ein Wechsel in die identifizierten Schlüsselberufe erfolgt.

Neben einer umfassenden Literaturanalyse und Desk Research konnte im Rahmen von fünf Workshops sowie Fachgesprächen die Expertise von Stakeholdern aus dem Bereich Wissenschaft, von Unternehmen bzw. Unternehmensvertreter/-innen, Sozialpartnern, Verwaltung und Bildung eingeholt werden.

Maßnahmen für Energieeffizienz und damit verbundene Schlüsselberufe

Die Ermittlung der Schlüsselberufe erfolgt vor allem mit Blick auf die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der Effizienzziele und damit verbundener absehbarer technologischer Entwicklungen. Im **Sektor Gebäude** sind dies im Kontext Gebäudehülle vor allem der Einsatz neuer oder weiterentwickelter Dämmstoffe, moderner Fenster und Türen sowie die Möglichkeiten des seriellen Sanierens. Bei der Wärme- und Kälteversorgung sowie Raumlüftung liegt ein Fokus auf der Umstellung beim Heizen hin zu Wärmepumpen, energieeffizienten Lüftungssystemen sowie der Quartiersplanung mit entsprechenden Energiekonzepten wie erneuerbare Nah- oder Fernwärmeversorgung. Darüber hinaus werden auch smarte Technologien und digitale Planungsmethoden nahezu alle Berufsbilder im Sektor Gebäude beeinflussen.

In der **Industrie** ermöglichen branchenübergreifend Elektrifizierung, die Nutzung von Abwärme und die kontinuierliche Optimierung der Energieeffizienz von Anlagen und Prozessen auf Basis von Energieaudits und Energiemanagementsystemen einen effizienteren Energieeinsatz. Weiterhin geht es um den Einsatz von grünem

¹ Fokus auf Straßen- und Schienenverkehr.

Wasserstoff, den Aufbau einer Kreislaufwirtschaft durch Recycling sowie Digitalisierung und Vernetzung. Zudem wurden sektorspezifische Technologien für die energieintensiven Industrien Stahl (z.B. wasserstoffbasierte Direktreduktionsverfahren), Chemie (z.B. chemisches Recycling) und Zement (z.B. Einsatz alternativer Bindemittel) betrachtet.

Im **Sektor Verkehr** geht es vor allem um Verkehrsverlagerung auf die Schiene und ÖPNV, um Elektromotoren als energieeffiziente Alternative zu Verbrennungsmotoren und damit verbunden Batterietechnologien und Thermomanagementsystemen sowie Brennstoffzellenfahrzeuge und synthetische Kraftstoffe als Ergänzung. Weiterhin ermöglichen Vernetzung und Digitalisierung eine intelligente Verkehrssteuerung und neue Mobilitätskonzepte.

Bei der Auswahl der Berufe werden sowohl planerische Tätigkeiten betrachtet sowie Tätigkeiten bei der Umsetzung/Montage und Wartung. Für eine Abgrenzung der Berufe wird die statistisch eindeutige Klassifikation der Berufe (KldB) der Bundesagentur für Arbeit (BA) gewählt. Die nachfolgende Tabelle listet alle 41 zugeordneten Berufsuntergruppen auf:

Tabelle 1: Überblick: Auswahl der 41 Berufsuntergruppen gemäß der Systematik der Klassifikation der Berufe (KldB)²

Gebäude	Industrie	Verkehr
2234 Holz-, Möbel- & Innenausbau	2122 Baustoffherstellung	2521 Kraftfahrzeugtechnik
2621 Bauelektrik	2411 Hüttentechnik	2611 Mechatronik
2624 regenerative Energietechnik	2441 Metallbau	2622 Elektromaschinentechnik
3110 Bauplanung & Überwachung	2510 Maschinenbau- & Betriebstechnik (o. Spez.)	2630 Elektrotechnik
3111 Architektur	2512 Maschinen- und Anlagenführer/-innen	2631 Informations- und Telekommunikationstechnik
3112 Stadt- und Raumplanung	2611 Mechatronik	2633 Fahrzeugelektronik
3212 Maurerhandwerk	2612 Automatisierungstechnik	3112 Stadt- und Raumplanung
3214 Dachdeckerei	2623 Berufe in der Energie- und Kraftwerkstechnik	5150 Überwachung & Steuerung des Verkehrsbetriebs
3215 Fassadenbau	2625 Elektrische Betriebstechnik	5152 Überwachung und Steuerung des Eisenbahnverkehrsbetriebs
3321 Maler- & Lackierarbeiten	3434 Anlagen-, Behälter- und Apparatebau	
3322 Stuckateurarbeiten	4130 Chemie	
3332 Zimmerei	4131 Chemie- und Pharmatechnik	

² Jeweils vierstellige KldB-Kennziffer

3410 Gebäudetechnik	4132 Chemisch-technisches Laboratorium
3420 Klempnerei	4231 Umweltschutzverwaltung & -beratung
3421 Sanitär-, Heizungs-, Klimatechnik	7138 Berufe in der Unternehmensorganisation und - strategie
3423 Berufe in der Kältetechnik	
4231 Umweltschutzverwaltung & -beratung	

Schlüsselkompetenzen für die Energieeffizienz

Berufsübergreifende Kompetenzen:

Im Zuge der fortschreitenden Transformationsprozesse gewinnen in allen Sektoren **transformative Kompetenzen** wie Veränderungsbereitschaft, Innovations- und Problemlösungsfähigkeit an Bedeutung. Auch soziale Kompetenzen wie Kommunikations-, Team- und Führungsfähigkeiten rücken stärker in den Fokus.

Aufgrund einer erhöhten Komplexität und Vernetzung der Technologien und Arbeitsprozesse wird in vielen Berufen außerdem das **interdisziplinäre Arbeiten** immer wichtiger. Gerade im Bereich **Gebäude** wird das **gewerkeübergreifende Arbeiten** immer wichtiger. So sind im Rahmen von Bau- und Sanierungsvorhaben meist eine Vielzahl an Berufen involviert – neben Handwerksberufen wie Dachdecker/-innen oder Anlagenmechaniker/-innen in der SHK auch planerische Berufe wie Architekt/-innen, Bauingenieur/-innen oder Stadt- und Raumplaner/-innen sowie zu Energieberater/-innen weitergebildete Personen. Von Fachkräften wird daher ein systemisches Denken und damit verbunden ein vertieftes Verständnis über die Vernetzung einzelner Arbeitsprozesse und teilweise auch Grundlagen weiterer Gewerke gefordert.

Berufsfachliche Kompetenzen

Gebäude: Für eine verbesserte Energieeffizienz von Gebäuden besteht in den planerischen Berufen ein wachsender Kompetenzbedarf. Gerade in Bestandsgebäuden führt das Zusammenspiel von Anlagentechnik und Gebäudehülle zu einer **steigenden Komplexität im Planungsprozess**. In der Gebäudesanierung tätige Architekt/-innen benötigen daher ein höheres Maß an Kenntnissen in der technischen Gebäudeplanung, Fachplaner/-innen in der Gebäudetechnik ein baukonstruktives Grundverständnis der Gebäudehülle. In den Curricula insgesamt bedarf es einer stärkeren Verzahnung mit der Praxis.

In Gewerken und Berufen des Handwerks verändern sich die fachlichen Kompetenzanforderungen mit Blick auf neue **energieeffiziente Anlagentechnik (inklusive Heizung) und innovative Dämmmaterialien und Prozesse**. Das hat Auswirkungen auf die berufsfachlichen Kompetenzanforderungen nahezu aller Gewerke und Berufe, z.B. von Gebäudeenergieberater/-innen, Anlagenmechaniker/-innen SHK oder Dachdecker/-innen. Je nach Gewerk sind Ausbildungsordnungen, Rahmenlehrpläne und Unterweisungspläne unterschiedlich an die jeweiligen technologischen Herausforderungen angepasst, so dass sich teilweise Aktualisierungsbedarf ergibt. In manchen Gewerken wie z.B. dem Elektro-Handwerk wurde mit den technologisch-strukturellen Änderungen der Bedarf für die Anpassung des Berufsbildes gesehen und mit dem „Elektroniker für Gebäudesystemintegration“ ein neues Berufsbild geschaffen.

Im Kontext von Dämmmaßnahmen könnten sich in Zukunft die Tätigkeiten von Fachkräften stärker auf die **Montage industriell vorgefertigter Bauelemente** auf der Baustelle verlagern. Jedoch wird es auch künftig aufgrund

der Unterschiedlichkeit von Gebäuden einen weiterhin hohen Bedarf an individuellen Lösungen, besonders im Dach- und Fassadenbereich, geben.

Industrie: Die Entwicklung und Planung von **energieeffizienteren Produktionsanlagen und** -prozessen erfordert neben einem vertieften Bewusstsein für Fragen der Energieversorgung und -effizienz vor allem umfassende Kenntnisse in verschiedenen Bereichen der **Verfahrenstechnik**, etwa in der **Energie- und Umweltechnik**, der **Material- und Werkstofftechnik** oder der **Chemietechnik**. Dies betrifft in erster Linie hochqualifizierte Fachkräfte, wie etwa Ingenieur/-innen. Um integrales Denken zu fördern und innovative Lösungen voranzutreiben, ist in den ingenieurstechnischen Studiengängen die Vermittlung der gesamten thematischen Breite erforderlich. Gleichzeitig sollte aber auch ein Fokus auf die neuen technologischen Herausforderungen der Dekarbonisierung/Energieeffizienz, insbesondere auch von Wasserstoff gelegt werden.

Aber auch auf der Ebene der Berufe in der Produktion sowie der Wartung und Instandhaltung können im Zuge der Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz veränderte Arbeits- und Produktionsprozesse und damit auch Kompetenzanforderungen entstehen, so z.B. in der **Steuerung, Überwachung und Wartung von neuen Maschinen und Produktionsanlagen**. Im Zuge der Elektrifizierung werden dabei zunehmend Fähigkeiten in der **Elektrik, Elektrotechnik und Elektrochemie** gefordert. Übergreifend ist davon auszugehen, dass die steigende Komplexität von Energie- und Produktionssystemen die Kompetenzanforderungen auf nahezu allen Qualifikationsstufen erhöhen wird. Die Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrpläne haben in den letzten Jahren insbesondere das Thema Digitalisierung verstärkt in den Blick genommen. Die technologischen Herausforderungen der Dekarbonisierung, insbesondere auch die Möglichkeiten für den Einsatz, Transport und Speicherung von grünem Wasserstoff sind noch nicht in gleichem Maß berücksichtigt. Qualifizierungsangebote werden derzeit eher von Unternehmen und IHKs erstellt, sollten über die Ausbildung in Form von Zusatzqualifikationen aber auch in die Breite getragen werden.

Verkehr: Die Entwicklung von **energieeffizienteren Fahrzeugen** erfordert neben einem vertieften Bewusstsein für Fragen der Energieeffizienz vor allem umfassende Kenntnisse in verschiedenen **Bereichen der Antriebstechnik**, etwa in Batteriesystemen oder Brennstoffzellentechnologien, sowie in der **Vernetzung von Fahrzeugen**. Die Entwicklung und Konstruktion neuer Systeme betrifft in erster Linie hochqualifizierte Fachkräfte, wie etwa Ingenieur/-innen. Aber auch auf der Ebene der Berufe in der Montage sowie der Wartung und Instandhaltung können im Zuge der Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz veränderte Arbeitsprozesse und damit auch Kompetenzanforderungen entstehen, etwa in der Wartung von **Hochvoltssystemen** oder in der Weiterentwicklung der Ladeinfrastruktur. Im Zuge der Elektrifizierung werden dabei zunehmend Fähigkeiten in der **Elektronik und Elektrotechnik** gefordert. Zwar ist ein Elektromotor weniger komplex aufgebaut als ein klassischer Verbrennungsmotor, dennoch werden die mit der Elektrifizierung einhergehenden neuen Fahrzeugkomponenten die Kompetenzanforderungen auf nahezu allen Qualifikationsstufen verändern.

Auch im Kontext einer **intelligenten Verkehrssteuerung** sowie **neuer Mobilitätskonzepte** verschieben sich die notwendigen Kompetenzen, insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Vernetzung von Fahrzeugen. Durch den steigenden Anteil von elektrischen, elektronischen und **Software-Komponenten** in Fahrzeugen und der gleichzeitigen Reduktion des Anteils an mechanischen Bauteilen, werden Fähigkeiten im Bereich der Mechanik weniger wichtig, während Kompetenzen im Bereich der **Elektronik und Software** aufgebaut werden müssen. Davon betroffen sind in erster Linie Beschäftigte in der **Entwicklung und Integration von Fahrzeugelektronik**. Aber auch **Verkehringenieur/-innen** und **-techniker/-innen** sind von den technischen (Weiter-)Entwicklungen in der Fahrzeugvernetzung betroffen. Zur Optimierung des Verkehrsmanagements werden sie bspw. vermehrt durch vernetzte Fahrzeuge erhobene Daten aus. Auch im Bahnbetrieb bringen neue Technologien neue Kompetenzanforderungen, wie bspw. die Bedienung **moderner Zugbeeinflussungssysteme** oder **digitaler Stellwerke** mit sich. Die Anpassungen der Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrpläne in den letzten Jahren haben insbesondere das Thema Digitalisierung und Elektrifizierung in den Blick genommen.

Digitale Kompetenzen

Für die Erhöhung der Energieeffizienz stellt die Digitalisierung und Vernetzung einen entscheidenden Hebel dar. Damit verbunden verstärkt sich auch die Nachfrage nach digitalen Skills.

Im **Gebäudesektor** werden aufgrund der wachsenden Komplexität digitalisierter und automatisierter Anlagentechnik in nahezu allen Berufen **digitale Grundkompetenzen** sowie **spezifische IT-Anwenderkenntnisse** in unterschiedlichen Maßen zu den beruflichen Kernkompetenzen zählen. So benötigen planerische Berufe Kenntnisse im Umgang mit digitalen Planungs- und Simulationsmodellen – in Zukunft könnte dies durch die **Nutzung von Building Information Modeling (BIM)** weiter verstärkt werden. Berufe in der technischen Gebäudeausrüstung müssen insbesondere vertiefte Kenntnisse **digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik** mitbringen. Digitale Schnittstellen und die Gebäudesystemintegration werden eine immer größere Rolle für die Energieeffizienz im Gebäudesektor spielen, etwa mit Blick auf die **energieeffiziente Vernetzung verschiedener anlagentechnischer Komponenten und Systeme**, welche zunehmend auch durch Internet of Things (IoT) oder künstliche Intelligenz (KI) erfolgt.

Auch in der **Industrie** wächst die Bedeutung vernetzter Maschinen und Systeme sowie der Automatisierung in allen Branchen. Damit einher geht eine steigende Nachfrage nach **digitalen Fachkenntnissen** in allen betrachteten Berufen. So wird bspw. in der Maschinenbau- und Betriebstechnik oder auch in der Mechatronik u. a. die Nutzung und **Auswertung von Messdaten intelligenter Sensorik, Big Data** oder **Künstlicher Intelligenz** in Zukunft stark zunehmen. In Berufen in der Hüttentechnik sowie in der Chemie- und Pharmatechnik spielen zudem Kenntnisse zu **autonom gesteuerten Produktionsprozessen** sowie **Kenntnisse im Umgang mit Virtual Reality und Augmented Reality** – teilweise bereits heute – eine zunehmend bedeutende Rolle.

Durch digitalisierte und vernetzte Fahrzeugsysteme im Sektor **Verkehr** werden neben technischen Fachkenntnissen in stärkerem Maße **Systemwissen** und **ganzheitliches Denken in Kombination mit IT-Anwenderkenntnissen** nachgefragt. In vielen Berufen werden dabei auch verstärkt **spezifische IT-Fachkenntnisse** nachgefragt, z.B. in Berufen der Fahrzeugtechnik für die Datenerfassung und -auswertung mittels **digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik** (z.B. Sensorik, Predictive Maintenance) oder in Berufen der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs, Eisenbahnverkehrsbetrieb für die Nutzung von **Big Data**. Der Umgang mit bzw. der Einsatz von **Augmented Reality (AR), Exoskeletten** und **Cobots** spielt in Berufen der Fahrzeugtechnik und Fahrzeugelektronik eine zunehmend bedeutende Rolle.

Für 23 ausgewählte Berufe (s.o.) werden in der Studie detaillierte Kompetenzsteckbriefe erstellt. Diese gliedern detailliert auf, welche Kompetenzanforderungen sich aus den technologischen Entwicklungen ergeben, sowohl mit Blick auf die berufsspezifischen Tätigkeiten als auch hinsichtlich digitaler und gewerkeübergreifender Anforderungen. Soweit möglich, werden Soll Anforderungen mit den aktuellen Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten abgeglichen.

Potenzialberufe für die Energieeffizienz

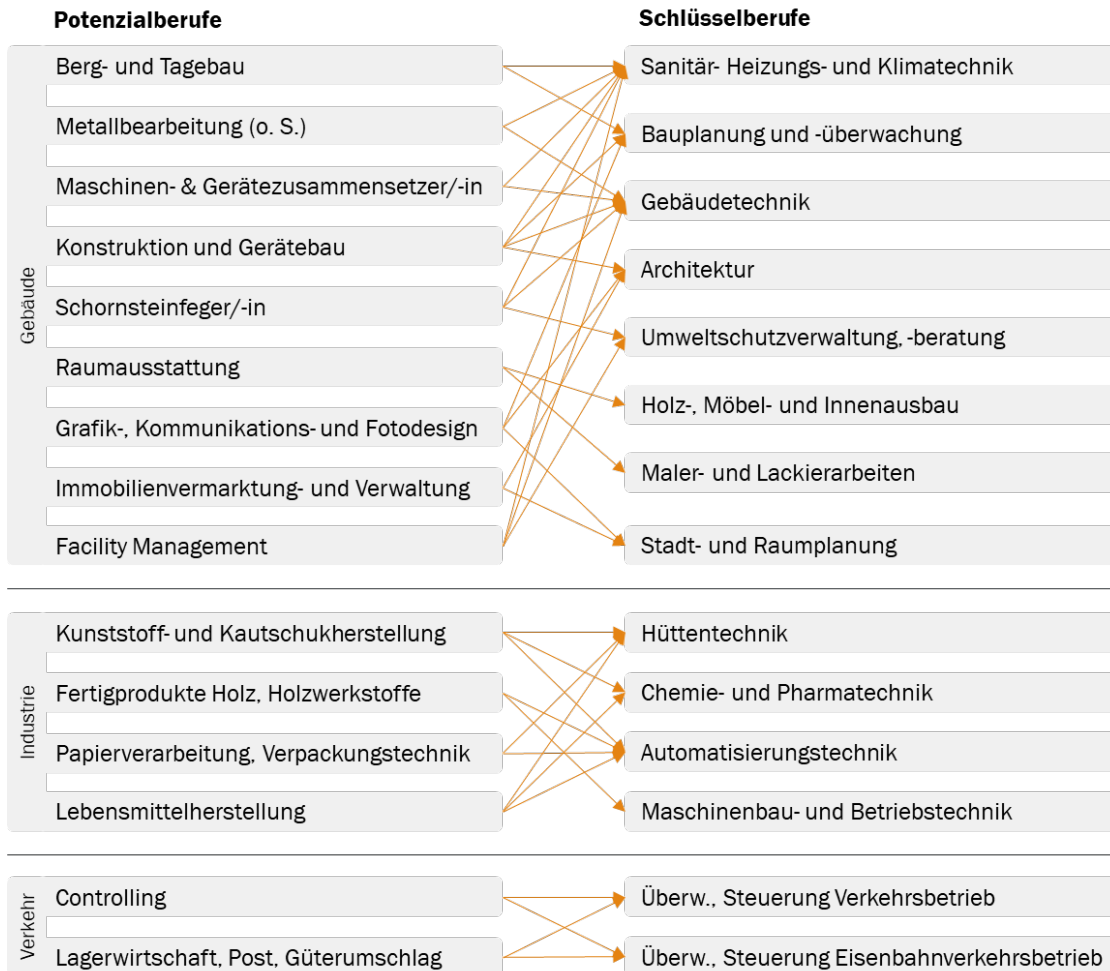
Eine Strategie der Fachkräftesicherung kann sein, Personen einen Quereinstieg zu ermöglichen, die künftig ggf. nicht mehr in ihrem erlernten Beruf arbeiten können.

Bei der Auswahl der sogenannten Potenzialberufe, also Berufen, die für einen Wechsel in energieeffiziente Berufe der Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr in Frage kommen, wurden daher Berufe priorisiert,

- bei denen die empirische Wahrscheinlichkeit für einen Wechsel in einen der Schlüsselberufe mindestens ein Prozent beträgt und damit überdurchschnittlich hoch ist,
- in denen aktuell eine Anzahl von ca. 10.000 Erwerbstätigen arbeitet,
- die Schnittstellen in der Tätigkeitsbeschreibung mit den Schlüsselberufen haben und
- deren Nachfrage zukünftig tendenziell sinkt.

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Übersicht der identifizierten Potenzial- und dazugehörigen Schlüsselberufe.

Abbildung 1: Überblick: Auswahl der Potenzialberufe sowie zugehöriger Schlüsselberufe



Eigene Darstellung Prognos AG

Ein Beispiel: Der Beruf des **Schornsteinfeger/-in** zählt zu den Berufen der Umweltschutztechnik und umfasst etwa 13.000 Erwerbstätige. Die statistische Wechselwahrscheinlichkeit der zugehörigen Berufshauptgruppe etwa in die Gebäude- und versorgungstechnischen Berufe liegt bei gut 2 Prozent. Zwar bestehen aktuell bei dieser Berufsgruppe bereits Engpässe, was eine Wechselwahrscheinlichkeit reduziert. Aufgrund der Umstellung und Weiterentwicklung der Feuerungs- und Lüftungsanlagen könnte sich das Berufsbild von Schornsteinfeger/-innen künftig jedoch deutlich verändern könnte. Zu den Tätigkeiten von Schornsteinfeger/-innen gehören unter anderem die Kontrolle und Reinigung von Feuerungs- und Lüftungsanlagen. Darüber hinaus messen und prüfen sie Abgase und sorgen für eine störungsfreie und umweltgerechte Funktionalität der Anlagen. Die Beratung von Kunden zu den Themen Energieeffizienz und Brandschutz gehört ebenfalls zu den Tätigkeitsfeldern. Aufgrund dieser Tätigkeiten und der für die Ausübung des Berufs benötigten Kompetenzen bspw. mit Blick auf die Energieberatung, Energiespar- und Heizungstechnik bestehen größere Gemeinsamkeiten zu den Schlüsselberufen in der **Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)**, den Berufen in der **Gebäudetechnik (3410)** sowie zu Berufen in der Umweltschutzverwaltung und -beratung (4231), speziell für eine Weiterbildung zum/zur **Energieberater/-in**.

Bei der Interpretation der Potenzialberufe ist zu beachten, dass die Auswahl lediglich einen **ersten Indikator** darstellt. Um darauf aufbauend Instrumente auszugestalten, sind weitere Recherchen und Analysen notwendig.

Für einen tatsächlichen Wechsel spielen Aspekte wie Gehaltsunterschiede, rechtliche Rahmenbedingungen, Mobilität etc. eine zentrale Rolle.

Handlungsfelder zur Weiterentwicklung von Qualifizierungsangeboten

In der Studie werden abschließend Handlungsfelder für eine Anpassung oder Schaffung von passenden Qualifizierungs- und Weiterbildungsangeboten für Energieeffizienz diskutiert.

Handlungsfeld 1: Regelmäßiges Kompetenzmonitoring

Um zukünftig notwendige Qualifikations- und Kompetenzanforderungen in der Energieeffizienz systematisch zu erfassen, braucht es ein **regelmäßiges Kompetenzmonitoring**, in dem Veränderungen der beruflichen Anforderungen kontinuierlich beobachtet und damit einhergehende Anpassungsbedarfe von Aus- und Weiterbildung bewertet werden können. Um diesen Prozess institutionell zu verankern, kann die Einrichtung einer verantwortlichen Stelle oder Plattform hilfreich sein. Wichtig ist dabei vor allem die **Einbindung und Vernetzung aller relevanten beteiligten Akteure**, wie etwa der Kammern, der Branchen- bzw. Berufsverbände, der Sozialpartner sowie wissenschaftlicher Expert/-innen. Auch gilt es **Doppelstrukturen zu vermeiden**, indem eine enge Einbindung der Verantwortlichen für Ausbildungsordnungen und Studiencurricula sichergestellt wird.

Handlungsfeld 2: Anpassung von Ausbildungs- und Studiencurricula

Im Zuge der Transformation zur Klimaneutralität und Energieeffizienz müssen Ausbildungs- und Studieninhalte den veränderten Qualifikations- und Kompetenzbedarfen Rechnung tragen. Möglichkeiten zur Aneignung von Wissen und Fertigkeiten für die Energieeffizienz sollten innerhalb staatlich anerkannter Ausbildungsgänge und innerhalb technischer Studiengänge ausgebaut werden. Neben einer **Anpassung von einschlägigen Curricula** in der Breite besteht auch die Möglichkeit, durch die Schaffung **neuer Zusatz- und Wahlqualifikationen** oder **konkreter Spezialisierungen** und **Fachrichtungen** einen Kompetenzerwerb in der Tiefe zu ermöglichen.

Handlungsfeld 3: (Weiter-)Entwicklung von Fort- und Weiterbildungen:

Die (Weiter-) Entwicklung von Fort- und Weiterbildungsangeboten sollte zielgruppengerecht und passgenau erfolgen.

Bei der Entwicklung von Qualifizierungsangeboten für **Beschäftigte** sollte beachtet werden, dass Fort- und Weiterbildung zum größten Teil im betrieblichen Kontext stattfinden. Daher sollten Qualifizierungsangebote stets **eng an die betriebliche Praxis** angedockt werden. Gerade in KMU können **alltagstaugliche, arbeitsplatzbezogene und ggf. modularisierte Angebote** für Beschäftigte wie Betriebe bestehende Hürden, wie etwa mangelnde zeitliche und finanzielle Ressourcen, abschwächen. Betriebliche Kooperationen bieten zudem eine Möglichkeit, übergreifende Weiterbildungskapazitäten aufzubauen. Hierbei spielen auch überbetriebliche Qualifizierungsangebote in Zusammenarbeit mit Kammern oder Verbänden eine wichtige Rolle.

Um das **Potenzial An- und Ungelernter durch Teilqualifizierungen zu heben**, sollte geprüft werden, inwiefern energieeffizienz- und klimarelevante Arbeiten dieser Zielgruppe durch **Teilqualifizierungen** ermöglicht werden können. Teilqualifikationen richten sich als bereits bestehendes Instrument explizit an Erwachsene ohne einen anerkannten Berufsabschluss, die aufgrund ihrer persönlichen Situation (z.B. sprachliche Hürden, Lernschwierigkeiten) keine klassische Ausbildung oder Umschulung machen können. Mit Blick auf energiewende-relevante Technologien wie die Wärmepumpe oder Photovoltaik bestehen bereits entsprechende Initiativen einzelner Betriebe und Hersteller sowie entsprechende Brancheninitiativen. Um eine umfängliche berufliche Handlungsfähigkeit zu erreichen, sollte das langfristige Ziel von Teilqualifizierungen stets im Erreichen eines **vollwertigen Berufsabschlusses** liegen.

Für die Förderung beruflicher Mobilität sind **passgenaue Qualifizierungsangebote für Quereinsteiger/-innen** sowie begleitende Unterstützungsmaßnahmen notwendig. In Abhängigkeit von der Nähe der bisherigen Ausbildung und Tätigkeiten sowie der persönlichen Situation der Person können hierfür mit Blick auf die Breite und Tiefe der Kompetenzvermittlung unterschiedliche Qualifizierungsangebote in Betracht gezogen werden. Insbesondere in größeren Unternehmen mit einem hohen Fachkräftebedarf kann es sich anbieten, betriebsinterne oder zumindest betriebsnahe Umschulungsprogramme zu konzipieren, um potenzielle Quereinsteiger/-innen unmittelbar in die betrieblichen Prozesse im Unternehmen bzw. Betrieb einzubinden und den Start in das neue Berufsfeld zu erleichtern. Kleinere Unternehmen und Betriebe verfügen in der Regel nicht über die Ressourcen für solch umfangreiche Programme. Für diese Bedarfslagen sollte daher die überbetriebliche Zusammenarbeit von Unternehmen gestärkt werden. Ähnlich zum Konzept der überbetrieblichen Ausbildung könnten überbetriebliche Weiterbildungs- und Umschulungsprogramme entworfen werden, in denen die vermittelten Inhalte unter den beteiligten Unternehmen aufgeteilt und somit ressourcenschonend an Quereinsteigende vermittelt werden können.

Schließlich können auch **Zugewanderte** eine wichtige Zielgruppe für energieeffizienz- und klimarelevante Berufe darstellen. Mit der Reform des Fachkräfteeinwanderungsgesetzes im Sommer 2023 wurden bestehende Zugangsvoraussetzungen für Arbeits- und Fachkräfte aus dem Ausland reduziert und neue Zugangsmöglichkeiten geschaffen. In der Praxis bestehen oftmals Schwierigkeiten bei der Einschätzung und Anerkennung bestehender Qualifikationen aus dem Ausland. Wenn **Nachqualifizierungsangebote im Bereich beruflicher Qualifikationen** geschaffen werden, wobei auch hier das Angebot wie oben beschrieben unterschiedlich für größere und kleinere Unternehmen organisiert werden kann, kann dies auch für diese Zielgruppe eine Möglichkeit darstellen, den Berufseinstieg in einem energieeffizienz- und klimarelevanten Beruf zu schaffen.

1 Ziel und Vorgehen der Studie

1.1 Hintergrund und Ziele der Studie

Um in Deutschland langfristig Klimaneutralität zu erreichen und dabei gleichzeitig den Energiebedarf einer wachsenden Wirtschaft decken zu können, ist eine kontinuierliche Steigerung der Energieeffizienz in allen Sektoren der deutschen Wirtschaft notwendig.

Im Rahmen der Energieeffizienzstrategie 2050 (EffStra) setzte sich die Bundesregierung im Jahr 2019 das Ziel, den Primärenergieverbrauch gegenüber dem Jahr 2008 sektorübergreifend bis 2030 um 32,5 Prozent und bis 2050 um 50 Prozent zu reduzieren.³ Im Zuge der Neufassung des Klimaschutzgesetzes im Jahr 2021 hat die Bundesregierung die Klimaschutzvorgaben verschärft und das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 verankert. Damit müssen auch die Energieeffizienzziele bereits bis zum Jahr 2045 erreicht werden. Mit dem Energieeffizienzgesetz (EnEFG) befindet sich gegenwärtig ein Gesetzentwurf im parlamentarischen Verfahren, welcher erstmals einen klaren gesetzlichen Rahmen für konkrete Ziele zur Senkung des Energieverbrauchs festlegt:⁴

- Reduktion des Endenergieverbrauchs um mind. 26,5 Prozent auf ein Niveau von 1.867 TWh bis zum Jahr 2030 (im Vergleich zum Jahr 2008)
- Reduktion des Primärenergieverbrauchs um mind. 39,3 Prozent auf ein Niveau von 2.252 TWh bis zum Jahr 2030 (im Vergleich zum Jahr 2008)
- Weitere Reduktionsziele für die Jahre 2040 und 2045 (eine Überprüfung bzw. Fortschreibung der Ziele für den Zeitraum nach 2030 erfolgt im Jahr 2027)

Die im EnEFG festgelegten Energieeffizienzziele bedeuten damit auch eine deutliche Steigerung im Vergleich zur EffStra. Die gesetzlichen Vorgaben leiten sich dabei unter anderem aus der EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED) ab, welche aktuell ebenfalls überarbeitet wird.⁵

Um rechtzeitig die Weichen zur Erreichung der Energieeffizienzziele zu stellen, wurden bereits 2014 im Rahmen des *Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE 2.0)* unterschiedliche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz gebündelt.⁶ Zur weiteren Ausgestaltung der Maßnahmen werden seit 2020 im Rahmen des Dialogforums *Roadmap Energieeffizienz 2045* die zentralen Stakeholder im Bereich der Energieeffizienz am politischen und strategischen Prozess beteiligt. Dabei stehen die Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr im Zentrum. Ziel des Prozesses ist es, sektorübergreifende Pfade zur Erreichung der Reduktionsziele zu diskutieren und fachliche Handlungsempfehlungen an die Bundesregierung zu entwickeln.⁷

Zur Erreichung der Energieeffizienzziele bzw. zur Umsetzung der dafür notwendigen Maßnahmen bedarf es einer steigenden Anzahl qualifizierter Fachkräfte für verschiedene **Schlüsselberufe der Energieeffizienz**. Gleichzeitig führt der demografische Wandel zu einem erheblichen Rückgang des Angebots an Arbeits- und Fachkräften in

³ BMWi (2019).

⁴ Bundesregierung (2023).

⁵ Europäische Kommission (2023).

⁶ Ebd.

⁷ BMWi (2021).

vielen dieser Berufe. Im Ergebnis zeigt sich ein zunehmender Arbeits- und Fachkräftemangel: Rund 44 Prozent der Unternehmen in Deutschland gaben im Januar 2023 an, vom Fachkräftemangel beeinträchtigt zu sein.⁸

Zugleich müssen die ausgebildeten Fachkräfte über notwendige **Schlüsselkompetenzen** verfügen, die sich aus den technologischen Anforderungen energieeffizienten Wirtschaftens ergeben. Die Digitalisierung und der technische Fortschritt bieten neue technologische Lösungen zur Reduktion des Energieverbrauchs. Um auch perspektivisch in den Schlüsselberufen fachlich und methodisch aktiv tätig sein zu können, müssen Fachkräfte deshalb ihre vorhandenen Fähigkeiten und Kompetenzen erweitern sowie neue erlernen.

Um weiterführende Maßnahmen zur Sicherung des Fachkräftebedarfs und zur Kompetenzentwicklung im Bereich der Energieeffizienz umzusetzen, braucht es eine wissenschaftlich fundierte und transparente Handlungsgrundlage. Zu diesem Zweck werden im Rahmen der vorliegenden Studie zunächst Berufe identifiziert, die in den verschiedenen Sektoren insbesondere eine hohe qualitative, aber auch quantitative Relevanz für die Erreichung der Energieeffizienzziele aufweisen. Die **Identifikation der Berufe** erfolgt insbesondere mit Blick auf die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der Effizienzziele und damit verbundener absehbarer technologischer Entwicklungen.

Für die identifizierten Berufe werden anschließend Fach- und Methodenkompetenzen herausgearbeitet, die sich aus den technologischen Entwicklungen ergeben (Schlüsselkompetenzen) und in **Kompetenzsteckbriefe** zusammengefasst. Auf Grundlage der herausgearbeiteten Schlüsselkompetenzen wird weiterhin überprüft, inwieweit bestehende Ausbildungs- und Studiengänge sowie Fort- und Weiterbildungsangebote diese Kompetenzen bereits heute vermitteln.

In einem letzten Schritt werden Fachkräftepotenziale in verwandten Berufen identifiziert, deren Tätigkeitsbeschreibungen und erforderliche Kompetenzen eine gewisse Nähe zu den Schlüsselberufen aufweisen und bei denen unter anderem aufgrund des Strukturwandels zukünftig von einer rückläufigen Nachfrage ausgegangen wird – sogenannte **Potenzialberufe**.

Ein abschließender **Ausblick** richtet den Fokus auf mögliche Handlungsfelder zur Weiterentwicklung von Qualifizierungsangeboten. Dabei werden Maßnahmen mit Blick auf ein regelmäßiges Kompetenzmonitoring, eine Anpassung von Ausbildungs- und Studiencurricula sowie eine (Weiter-)Entwicklung von Fort- und Weiterbildungen diskutiert.

1.2 Methodisches Vorgehen

Der Auftrag der vorliegenden Studie lag zuvorderst darin, für den Bereich der Energieeffizienz relevante Berufe zu identifizieren und für eine begrenzte Auswahl von Berufen detaillierte und aussagekräftige Kompetenzsteckbriefe zu erstellen. Grundsätzlich spielt das Thema Energieeffizienz jedoch mittlerweile in nahezu allen Berufen eine wichtige Rolle. Insofern sind die im Rahmen der Studie betrachteten Berufe nicht im Sinne einer abschließenden Auswahl aller für die Energieeffizienz relevanten Berufe zu betrachten.

Grundsätzlich wurde in der Studie ein qualitatives Vorgehen gewählt. Dies umfasst eine umfassende Literaturanalyse und Desk Research sowie fünf begleitende Workshops mit externen Expert/-innen. Teilgenommen an den Workshops haben Vertreter/-innen aus Wirtschafts- und Berufsverbänden, Handwerks-

⁸ ifo-Institut (2023).

und Industriekammern, Ministerien bzw. zuständigen Behörden, Einzelunternehmen, der Wissenschaft sowie von Bildungsträgern. Die einzelnen Workshops wurden dabei jeweils mit einem spezifischen Zuschnitt auf die Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr zusammengesetzt. Mit einzelnen Expert/-innen wurden ergänzend Fachgespräche geführt. Die Einbindung der Fachexpert/-innen war für das Vorgehen der Studie von zentraler Bedeutung, um die Ergebnisse der Literaturrecherche zu validieren und auch Erkenntnisse aus der beruflichen Praxis einzubeziehen.

Die Auswahl der betrachteten Schlüsselberufe in der vorliegenden Studie leitet sich vor allem über qualitative Indikatoren (Relevanz bei der Umsetzung der Maßnahmen, veränderte Kompetenzprofile) ab, aber auch deren quantitative Bedeutung (Anzahl Erwerbstätige) für die Erreichung der Energieeffizienzziele in den einzelnen Sektoren. Zudem wurden ausschließlich für die jeweiligen Sektoren ‚typische‘ Berufe in den Blick genommen. Nicht betrachtet wurden Querschnittsberufe wie IT-Berufe oder kaufmännische Berufe sowie Berufe, die mit der Herstellung energieeffizienter Produkte (wie z.B. Wärmepumpen) befasst sind. Eine Ausnahme stellte dabei die Automobil- und Fahrzeugindustrie dar, bei dem auch Berufe in der Produktion von Fahrzeugen betrachtet wurden (z.B. Berufe in der Kraftfahrzeugtechnik).

Grundlage für dieses Vorgehen stellte dabei die Klassifikation der Berufe (KldB) 2010 der Bundesagentur für Arbeit (BA) dar (überarbeitete Fassung 2020), die eine statistisch eindeutige Abgrenzung verschiedener Berufe und Berufsgruppen ermöglicht. Dieses Vorgehen bietet mehrere Vorteile: Zum einen kann bei der qualitativen Analyse der Kompetenzen auf die jeweiligen Tätigkeitsbeschreibungen der BA zurückgegriffen werden. Diese bietet die Basis für die weitere Ausarbeitung der Kompetenzsteckbriefe. Da die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen für Fachkräfte mit veränderten oder neuen Tätigkeiten einhergeht, die wiederum neue Kompetenzanforderungen definieren, werden in den Kompetenzsteckbriefen veränderte Tätigkeiten wie auch Kompetenzbedarfe erfasst.

Zudem geben die entsprechenden quantitativen Indikatoren der BA weiterführende Informationen über die Fachkräftesituation in den entsprechenden Schlüsselberufen. Um eine möglichst differenzierte Darstellung der einzelnen Schlüsselberufe zu liefern, wurden Informationen auf der 4-Steller-Ebene der KldB erfasst, welche insgesamt 702 Berufsuntergruppen abbildet.

Vor diesem Hintergrund wurden in der vorliegenden Studie zunächst **55 Berufsbilder** identifiziert, die in den Sektoren **Gebäude** (vgl. Tabelle 4), **Industrie** (vgl. Tabelle 8) und **Verkehr** (vgl. Tabelle 11) eine Relevanz für die Erreichung der Energieeffizienzziele aufweisen. Anschließend wurden die Berufsbilder in **41 Berufsuntergruppen** gemäß der Systematik der Klassifikation der Berufe (KldB) der Bundesagentur für Arbeit (BA) überführt. Für eine **Auswahl von 23 Berufsuntergruppen** wurden schließlich **Fach- und Methodenkompetenzen** herausgearbeitet, die sich aus den technologischen Entwicklungen ergeben und in Kompetenzsteckbriefen zusammengefasst. Die Auswahl der Kompetenzsteckbriefe orientiert sich dabei an folgenden Kriterien:

- **Qualitative Relevanz:** Ausmaß der qualitativen Veränderung von Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen
- **Quantitative Relevanz:** Ausmaß der quantitativen Bedeutung des Berufs (gemessen an der Zahl der Erwerbstätigen)

Bei der Auswahl der **Potenzialberufe**, also Berufen, die für einen Wechsel in energieeffiziente Berufe der Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr in Frage kommen, wurden Berufe priorisiert,

- bei denen die empirische Wahrscheinlichkeit für einen Wechsel in einen der Schlüsselberufe mindestens ein Prozent beträgt und damit überdurchschnittlich hoch ist,
- in denen aktuell eine Anzahl von ca. 10.000 Erwerbstätigen arbeitet,
- die Schnittstellen in der Tätigkeitsbeschreibung mit den Schlüsselberufen haben und deren Nachfrage zukünftig tendenziell sinkt.

Folgende Institutionen waren bei den Workshops vertreten.

Workshop zur Auswahl der Schlüsselberufe im Sektor Gebäude (05.04.2022):

- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR)
- Bundesarchitektenkammer (BAK)
- Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V. (BTGA)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klima (BMWK)
- Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) im Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
- Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle (BuVEG)
- Bundesverband Wärmepumpe (BWP)
- Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e.V. (Deneff)
- Gebäudeenergieberater, Ingenieure Handwerker e.V (GIH)
- Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA)
- Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH)
- Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V. (ZVDH)
- Zentralverband des Deutschen Handwerks e. V. (ZDH)
- Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK)

Workshop zur Auswahl der Schlüsselberufe in den Sektoren Industrie und Verkehr (20.06.2022)

- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
- Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) im Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
- Deutscher Städtetag
- Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e.V. (Deneff)
- Fraunhofer ISI
- Hochschule Darmstadt
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)

Workshop zu Schlüsselkompetenzen im Bereich Anlagentechnik (Gebäude) (22.11.2022):

- Bundesarchitektenkammer (BAK)
- Bundesinstitut für Berufliche Bildung (BIBB)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klima (BMWK)
- Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) im Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
- Bundesverband Wärmepumpe (BWP)
- Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e.V. (Deneff)
- Elevion Group/Fa. EAB
- FH Esslingen
- Gebäudeenergieberater, Ingenieure Handwerker e.V (GIH)
- Heinz-Piest-Institut (HPI)
- Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA)
- TH Nürnberg
- Zentralverband des Deutschen Handwerks e. V. (ZDH)
- Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V. (ZVDH)
- Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK)

Workshop zu Schlüsselkompetenzen im Bereich Gebäudehülle (24.11.2022):

- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR)
- Bundesarchitektenkammer (BAK)
- Bundesinstitut für Berufliche Bildung (BIBB)
- Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) im Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
- Gebäudeenergieberater, Ingenieure Handwerker e.V (GIH)
- Heinz-Piest-Institut (HPI)
- Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA)

- Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V. (ZVDH)
- Zentralverband des Deutschen Handwerks e. V. (ZDH)

Weitere Fachgespräche (März 2023):

- Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK)
- Fraunhofer ISI
- Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP)
- Primetals Technologies Austria GmbH
- Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI)

Abschluss-Workshop (03.05.2023):

- Bundesarchitektenkammer e.V. (BAK)
- Bundesinstitut für berufliche Bildung (BIBB)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klima (BMWK)
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS)
- Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) im Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
- Bundesverband Wärmepumpe e.V.
- Deutscher Gewerkschaftsbund Bundesvorstand (DGB)
- Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK)
- Elevion Group / Fa. EAB
- FH Esslingen
- Fraunhofer ISI
- Gebäudeenergieberater Ingenieure Handwerksmeister (GIH)
- Heinz-Piest-Institut (HPI)
- Hochschule Darmstadt
- Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA)
- TH Nürnberg
- Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH)
- Zentralverband des Deutschen Handwerks (ZDH)
- Zentralverband Sanitär, Heizung und Klima (ZVSHK)

1.3 Grenzen und Herausforderungen der Studie

Für die gewählte **Abgrenzung der Schlüsselberufe** durch die Klassifikation der Berufe der Bundesagentur für Arbeit zeigte sich in den Gesprächen mit den Expert/-innen der verschiedenen Sektoren, dass diese nicht immer der praxisüblichen Berufsbezeichnung entspricht, was zum Teil zu Klärungsbedarfen mit Blick auf die ausgewählten Berufe führte. Hinzu kommt, dass für bestimmte Tätigkeiten verschiedene Berufsbilder infrage kommen, die über ein ähnliches Berufsprofil verfügen. Weiterhin ist es ebenfalls denkbar, dass der Transformationsprozess künftig zur Entstehung neuer Berufsbilder und damit verbundener Kompetenzanforderungen führen kann.

Die Ausarbeitung der **Kompetenzbedarfe** orientierte sich insbesondere an den Verfahren und Technologien, was einen entsprechenden Detaillierungsgrad und kleinteilige Ebene mit sich bringt. Ausbildungsordnungen der beruflichen Bildung sind wiederum grundsätzlich technologieoffen gestaltet, um Raum für die Anpassung an unterschiedliche betriebliche Erfordernisse sowie die technische Entwicklung zu lassen (vgl. Infobox). Ein **SOLL-IST Abgleich** mit Kompetenzen abhängig von Technologien und Verfahren auf der SOLL-Seite und

Technologieoffenheit auf der IST-Seite ist daher nur begrenzt möglich. Dies trifft für Studiengänge und Weiterbildungsangebote zwar nicht zu, diese unterliegen jedoch keiner Standardisierung. Ohne eine systematische Evaluation aller Bildungsangebote ist es daher kaum möglich, einen Überblick über alle angebotenen Lerninhalte zu bekommen.

Mit Blick auf die verschiedenen Sektoren zeigte sich zudem, dass in Abhängigkeit vom technologischen Entwicklungsstand unterschiedliche Kenntnisse über die betroffenen Berufe, notwendigen Kompetenzen und Qualifikationsbedarfe bestehen. Befinden sich Technologien noch in der Entwicklungsphase, können zum Teil noch keine konkreten Aussagen zu Auswirkungen auf Arbeitsprozesse und Kompetenzanforderungen formuliert werden. Daher lassen sich in der Industrie (Bsp. Direktreduktionsanlage in der Stahlindustrie) gegenwärtig weniger konkrete Auswirkungen ableiten als im Gebäudesektor (Bsp. Wärmepumpe), in dem die Kompetenzbedarfe aufgrund der technologischen Entwicklung bereits deutlicher zu erkennen sind.

Infobox: Gesetzliche Regelungen zur Aus- und Fortbildung in gesetzlich anerkannten Aus- und Fortbildungsberufen

Die Ausbildungsordnungen der staatlich anerkannten Ausbildungsberufe werden vom zuständigen Fachministerium (zumeist BMWK) in Abstimmung mit dem BMBF erlassen.⁹

Nach § 5 Absatz 1 BBiG regelt eine Ausbildungsordnung folgende Punkte:

- Ausbildungsberufsbezeichnung
- Ausbildungsdauer
- Ausbildungsberufsbild
- Ausbildungsrahmenlehrplan (Berufsschule)
- Prüfungsanforderungen

Unter dem Begriff **Ausbildungsberufsbild** werden (1) die berufsprofilgebenden sowie (2) die integrativ zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten für den jeweiligen Ausbildungsberuf in Form von Berufsbildpositionen bestimmt. Diese stellen die Mindestanforderungen an die im Rahmen der Berufsausbildung zu vermittelnden Kompetenzen dar. Hinzu kommen vier sog.

Standardberufsbildpositionen, welche für alle Ausbildungsberufe in gleichem Maße gelten. Diese wurden zuletzt im Jahr 2021 aktualisiert und umfassen z. B. „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ und „Digitalisierte Arbeitswelten“.¹⁰

Bsp. Anlagenmechaniker/-in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik: In der Ausbildungsordnung werden 17 verschiedene Berufsbildpositionen der berufsprofilgebenden Fertigkeiten, Fähigkeiten und Kenntnisse aufgelistet, etwa das Montieren und Demontieren von Rohrleitungen und Kanälen oder das Instandhalten von Betriebsmitteln. Als Berufsbildpositionen der integrativ zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten werden weitere 7 Punkte genannt, z. B. das Durchführen von qualitätssichernden Maßnahmen. Die Berufsbildpositionen müssen in mindestens einem der zur Auswahl stehenden Einsatzgebiete vermittelt werden (Sanitärtechnik, Heizungstechnik, Lüftungs- und Klimatechnik sowie erneuerbare Energien und

⁹ BIBB (2017).

¹⁰ BIBB (2021).

Umwelttechnik). Das konkrete Einsatzgebiet wählt der Ausbildungsbetrieb abhängig vom eigenen Arbeitsumfeld aus.¹¹

Im *Ausbildungsrahmenlehrplan* werden die Berufsbildpositionen inhaltlich vertieft und jeweils zeitliche Richtwerte für den Unterricht an der Berufsschule zugeordnet.¹²

Bestimmte Methoden, Technologien oder technische Systeme werden im Rahmen der Ausbildungsordnung nicht vorgeschrieben. **Die Ausbildungsordnung wird möglichst technologieoffen und funktionsorientiert formuliert, um Raum für zukünftige technische Entwicklungen zu lassen.**

Für die **Modernisierung bzw. Neuordnung von Ausbildungsberufen** gibt es im Rahmen des BBiG/HwO festgelegte Verfahren, in denen Vertreter/-innen der Sozialpartner, des Bundes und der Länder eine Rolle spielen. Dies geschieht etwa, wenn in der betrieblichen Praxis neue Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten gefordert sind oder ein neues Berufsbild entsteht, für das es noch keine Ausbildungsordnung gibt. In der Vergangenheit hat vor allem die Digitalisierung in zahlreichen Bereichen zu neuen Qualifikationsbedarfen geführt.¹³

Die Aufnahme neuer Lerninhalte in die Ausbildungsordnung erfolgt grundsätzlich über eine langfristig angelegte Modernisierung bzw. Novellierung des Ausbildungsberufsbilds und der damit verbundenen Kompetenzen. Darüber hinaus kann die Vermittlung zusätzlicher Kompetenzen in Form von frei wählbaren **Zusatzqualifikationen** in der Ausbildungsordnung verankert werden. Dieses Instrument bietet die Möglichkeit, im Rahmen bestehender Ausbildungsordnungen auch kurzfristige Anpassungen der Lerninhalte vorzunehmen.¹⁴

In der Praxis hängt die Vermittlung der Lerninhalte jedoch häufig von der Ausbildungsfähigkeit bzw. der Spezialisierung der Ausbildungsbetriebe ab. Um sicherzustellen, dass im Rahmen einer Ausbildung alle relevanten Lerninhalte eines Ausbildungsberufs vermittelt werden können, besteht die Möglichkeit einer **überbetrieblichen Lehrlingsunterweisung (ÜLU)**. Dabei werden bestimmte Ausbildungsinhalte außerhalb des Ausbildungsbetriebs in produktionsunabhängigen Werkstätten systematisch vertieft. Die ÜLU wird auf Basis von Unterweisungsplänen für jeden Ausbildungsberuf durchgeführt, welche durch die fachlich zuständigen Stellen in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Fachverbänden erarbeitet werden. Auch im Rahmen der ÜLU bietet sich die Möglichkeit, Lerninhalte an technologische Entwicklungen anzupassen.¹⁵

¹¹ Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnikanlagenmechanikerausbildungsverordnung vom 28.04.2016 (BGBl. I S. 1025).

¹² BIBB 2017.

¹³ Ebd.

¹⁴ Fachportal Ausbildung Plus (ohne Angabe).

¹⁵ Sachse und Eisermann (2020).

2 Sektor Gebäude

2.1 Bundespolitische Ziele

Das langfristige Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestandes wurde mit dem im April 2021 novellierten Klimaschutzgesetz von 2050 auf das Jahr 2045 vorgezogen. Auch das Treibhausgas-Reduktionsziel wurde im Rahmen der Novellierung verschärft: Bis 2030 müssen die Emissionen im Gebäudesektor gegenüber 1990 um mehr als zwei Drittel sinken. Machten die Treibhausgasemissionen in Deutschland im Jahr 1990 im Gebäudesektor noch 210 Millionen Tonnen CO₂ aus, sanken die Emissionen bis 2022 auf rund 112 Millionen Tonnen und sollen bis 2030 weiter auf 67 Millionen Tonnen reduziert werden.¹⁶

Um den Gebäudesektor auf den Klimazielpfad zu bringen, haben das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) und das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Juli 2022 ein Sofortprogramm vorgelegt. Die Vorlage war nach § 8 Bundes-Klimaschutzgesetz verpflichtend, nachdem die Emissionen des Gebäudesektors bereits im Jahr 2021 die zulässige Jahresemissionsmenge überschritten haben. Die Maßnahmen des Sofortprogramms umfassen neben der Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG), einem Gesetz für kommunale Wärmeplanung sowie Bundesförderungen für effiziente Gebäude (BEG), für Serielle Sanierungen und für effiziente Wärmenetze (BEW) u. a. auch ein Aufbauprogramm und Qualifikationsoffensive Wärmepumpe sowie eine Optimierung bestehender Heizungssysteme.¹⁷

Auch in dem im Jahr 2021 auf Bundesebene geschlossenen Koalitionsvertrag der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), Bündnis 90/Die Grünen und den Freien Demokraten (FDP) ist die Erreichung der Klimaneutralität ein zentrales Thema. So soll bis zum Jahr 2030 nicht nur der Anteil klimaneutral erzeugter Wärme auf 50 Prozent erhöht werden (u. a. durch den Ausbau der Wärmenetze), sondern auch 80 Prozent des Strombedarfs aus erneuerbaren Energien erzeugt werden (bisherige Zielvorgabe: 65 Prozent¹⁸). Auch eine flächendeckende kommunale Wärmeplanung ist als Ziel im Koalitionsvertrag festgehalten.

Vor dem Hintergrund des Ukrainekriegs hat die Bundesregierung im Juli 2022 entschieden, dass die im Koalitionsvertrag verankerte Vorgabe, wonach neu eingebaute Heizungen auf Basis von mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energien betrieben werden sollen, bereits ab 2024 gelten soll.¹⁹ Das Ordnungsrecht wird den Einsatz rein fossiler Heizungen dann nicht mehr zulassen.

Bei Modernisierungen von Bestandsgebäuden soll gemäß Koalitionsvertrag ab 2024 für die ausgetauschten Teile der KfW-Effizienzhausstandard 70 (EH 70) gelten und für Neubauten soll ab 2025 der EH 40-Standard gelten. Auch die Ausweitung und Weiterentwicklung serieller Sanierungslösungen und digitaler Planungsprozesse (Building Information Modeling) sollen den klimaneutralen Gebäudebestand vorantreiben.

Mit dem sogenannten „Osterpaket“ hat die Bundesregierung im April 2022 umfassende Novellierungen verschiedener Energiesetze auf den Weg gebracht, um den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland weiter zu beschleunigen: Bis 2035 soll der Strom nahezu vollständig aus erneuerbaren Energien stammen und so die

¹⁶ Bundes-Klimaschutzgesetz (2021); BMWK (2022).

¹⁷ Sofortprogramm gemäß § 8 Abs. 1 KSG für den Sektor Gebäude.

¹⁸ Sofortprogramm gemäß § 8 Abs. 1 KSG für den Sektor Gebäude.

¹⁹ BMWK (2022a).

Stromversorgung weitestgehend von fossilen Energieimporten unabhängig sein. Bereits bis 2030 soll u. a. die Leistung der installierten Solaranlagen auf 215 GW ansteigen (im Koalitionsvertrag 2021 betrug das Ziel des Photovoltaik-Ausbaus noch 200 GW bis 2030). Dazu ist eine jährliche Ausbaurate von 22 GW vorgesehen.²⁰

2.2 Maßnahmen für effiziente Gebäude und damit verbundene Schlüsselberufe

Zur Erreichung der genannten Ziele sind umfassende Maßnahmen in den Bereichen Gebäudehülle und Wärme- (und Kälte-)Versorgung notwendig, deren Umsetzung wiederum die Nachfrage nach Fachkräften sowohl quantitativ als auch qualitativ verändert. Im folgenden Kapitel werden die erforderlichen Maßnahmen kurz beschrieben und Schlüsselberufe herausgearbeitet, die mit den entsprechenden Arbeitsprozessen verbunden sind. Der Fokus liegt dabei auf Bestandsgebäuden.

2.2.1 Gebäudehülle

Das Erreichen der Energieeffizienzziele für den Gebäudesektor erfordert neben energieeffizientem Bauen eine flächendeckende energetische Sanierung der Gebäudehülle von Bestandsgebäuden. Durch energetische Sanierungsmaßnahmen kann der Primärenergiebedarf durch die Reduzierung des Wärmeverlusts eines Gebäudes um bis zu 90 Prozent gesenkt werden.²¹ Um Treibhausgasneutralität im Gebäudebestand zu erreichen, muss die jährliche Sanierungsrate in Deutschland deutlich erhöht werden. Gemäß der Studie „CO₂-neutrale Gebäude bis spätestens 2045“ des Wuppertal Instituts ist eine Steigerung von aktuell ca. 1 Prozent auf 3 bis 4 Prozent pro Jahr erforderlich, um bis spätestens 2045 im notwendigen Umfang zur Klimaneutralität beizutragen.²² Auch in der Renovierungswelle für Gebäude der Europäischen Kommission wurde das Ziel definiert, die jährliche Quote energetischer Sanierungen von Gebäuden auf 2 Prozent zu verdoppeln.²³

Das steigende Interesse an der energetischen Gebäudesanierung spiegelt sich in den stark steigenden Zahlen an Förderanträgen für die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wider. So sind laut BAFA bis August 2022 mit mehr als 600.000 Anträgen bereits doppelt so viele BEG-Anträge eingegangen wie im Vorjahr. Die Summe der bewilligten Fördermittel ist dabei von 3,9 Mrd. Euro im Jahr 2021 auf 5,9 Mrd. Euro gestiegen (Stand: August 2022). Die ausgezahlten Fördermittel sind von 141 Mio. Euro in 2021 auf mehr als eine Milliarde Euro bis Ende August 2022 gestiegen.²⁴

Innovative Dämmmaterialien für energieeffiziente Gebäude

Zur Sanierung der Gebäudehülle gehören die Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen, der Austausch von Fenstern und Außentüren sowie der sommerliche Wärmeschutz. Dabei soll der Einsatz neuer oder weiterentwickelter Dämmstoffe sowie moderne Fenster und Türen die Energieeffizienz weiter steigern. Die Planung und der Einbau unterschiedlichster Produkte erfordern ein kontinuierlich weiterzuentwickelndes Fachwissen.

²⁰ BMWK (2022b).

²¹ Umweltbundesamt (2016).

²² Wuppertal Institut (2021).

²³ Europäische Kommission (2020).

²⁴ BAFA (2022).

„Serielles Sanieren“ vereinfacht und beschleunigt die Sanierung vor Ort

Eine Zukunftstechnologie liegt in der seriellen Sanierung. Verstanden wird darunter die industrielle Vorfertigung von standardisierten Bauteilen, wie etwa gedämmten Fassaden- oder Dachelementen, und damit verbundener Anlagentechnik sowie deren Montage an bestehenden Gebäuden.²⁵ Die Sanierungsarbeiten am Gebäude beschränken sich dadurch zunehmend auf die Zusammenführung vorgefertigter Elemente vor Ort und die Integration in die bestehende Bausubstanz. Damit von der Vorfertigung bis zur Montage alle Schritte aufeinander abgestimmt werden können, müssen Planungs- und Optimierungsprozesse in hohem Maße digitalisiert werden, etwa durch den Einsatz des Building Information Modelling (BIM, vgl. hierzu auch Abschnitt 2.2.3).²⁶

Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads vieler Bauelemente wird bei der seriellen Sanierung ein geringerer handwerklicher und zeitlicher Aufwand auf der Baustelle benötigt. Energetische Sanierungen können so in kürzerer Zeit und mit einem geringeren Fachkräftebedarf durchgeführt werden. Hinzu kommt die Reduzierung möglicher Fehlerquellen. Die industrielle Vorfertigung der benötigten Bauteile eröffnet außerdem Möglichkeiten der industriellen Serienproduktion und damit der Nutzung von Skalenvorteilen.²⁷

Grundsätzlich eignen sich entsprechende Sanierungsmaßnahmen für architektonisch einfachere bzw. typenähnliche Gebäude. In Deutschland ist das serielle Bauen und Sanieren bislang noch wenig verbreitet, es existieren jedoch einige Modell- und Pilotprojekte.²⁸ Laut Berechnungen der dena kommen bundesweit rund 2,3 Millionen Gebäude für eine solche Sanierung infrage.²⁹ In Gebäuden, die eine komplexere Außenhülle aufweisen, müssen weiterhin häufig individuelle und konventionelle Sanierungsmaßnahmen vorgenommen werden.³⁰ Um die Energieeffizienzziele für den Gebäudesektor zu erreichen, spielen daher in Zukunft sowohl konventionelle als auch serielle Sanierungsmaßnahmen eine wichtige Rolle.

Berufsbilder im Bereich Dämmung der Gebäudehülle

*Gebäudeenergieberater/-innen*³¹ informieren Kunden darüber, wie sie durch Wärmedämmungen von Wänden und Dächern, aber auch durch den Einbau isolierender Fenster und Türen Energie sparen können.

Die **konkrete Umsetzungsplanung** von Dämmarbeiten erfolgt in der Regel insbesondere durch *Maler- und Lackierermeister/-innen* oder *Dachdeckermeister/-innen*. Doch auch *Zimmermeister/-innen*, *Tischlermeister/-innen*, *Stuckateurmeister/-innen* und *Maurer- und Betonbauermeister/-innen* befassen sich mit der Planung von Dämmmaßnahmen an Gebäuden. Je nach Komplexität des Vorhabens werden in die Planung auch *Architekt/-innen*, *Bauingenieur/-innen* und *Bauphysiker/-innen* eingebunden. Vereinzelt werden auch *Vermessungstechniker/-innen* hinzugezogen.

²⁵ BMWi (2021a). Insbesondere im Kontext Heizen spielen erneuerbare und alternative Energien eine zentrale Rolle. Der Einsatz von Technologien wie Wärmepumpen oder Solarthermieranlagen stellt eine wesentlich effizientere und umweltfreundlichere Alternative zu fossilen Energie-trägern wie Heizöl und Erdgas dar.

²⁶ Umweltbundesamt (2021), vbw (2021)

²⁷ dena (2022).

²⁸ Bayerische Ingenieurskammer – Bau (2021).

²⁹ dena (2022). Dies trifft aufgrund der architektonischen Gegebenheiten insbesondere auf Mietshäuser aus den 1950er bis 1970er-Jahren zu.

³⁰ Ebd.

³¹ Bei Gebäudeenergieberater/-innen handelt es sich nicht um eine geschützte Berufsbezeichnung, sondern um eine Weiterbildungsmöglichkeit. Als erforderliche Grundqualifikation für eine Anerkennung durch das BAFA gelten sowohl akademische wie auch berufliche Ausbildungswege. Für weitere Informationen vgl. Kapitel 2.4.12.

Die **Montage** der geplanten Außenwand- und Dachdämmungen kann durch zahlreiche verschiedene Gewerke durchgeführt werden. Insbesondere sind jedoch *Dachdecker/-innen, Maler- und Lackierer/-innen* sowie *Zimmerer/-innen* und *Tischler/-innen* damit befasst. Doch auch *Maurer/-innen, Fassadenmonteur/-innen, Stuckateur/-innen, Klempner/-innen, Wärme-, Kälte- und Schallschutzisolierer/innen, Glaser/-innen im Fenster- und Glasfassadenbau* und *Trockenbaumonteur/-innen* können (vorgefertigte) Fassadenelemente bzw. Dämmmaterialien montieren. *Holz- und Bautenschützer/-innen* der Fachrichtung Bautenschutz führen nachträgliche Außen- und Innenabdichtungen an erdberührten Bauteilen durch. Der Einbau neuer, isolierender Fenster und Türen wird hingegen vorwiegend von *Tischler/-innen* oder *Zimmerer/-innen* durchgeführt. Aber auch *Trockenbaumonteur/-innen* und *Glaser/-innen im Fenster- und Glasfassadenbau* können Fenster montieren bzw. in denkmalgeschützten Gebäuden energetisch restaurieren. Je nach Gebäude und Umfang der Arbeiten werden zur Montage von Außendämmungen bzw. zum Einbau neuer Fenster außerdem *Gerüstbauer/-innen* sowie *Kranführer/-innen* benötigt.

Folgende Tabelle fasst die typischen Berufsbilder für die Tätigkeitsbereiche Dämmung von Außenwänden und Dach sowie Einbau bzw. Austausch von Fenstern und Türen zusammen.

Tabelle 2: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen im Bereich Gebäudehülle

Tätigkeitsbereiche	Typische Berufsbilder
Planung: Energetische Sanierung Gebäudehülle	Gebäudeenergieberater/-innen*, Maler- und Lackierermeister/-innen, Dachdeckermeister/-innen, Zimmermeister/-innen, Tischlermeister/-innen, Stuckateurmeister/-innen, Maurer- und Betonbauermeister/-innen je nach Komplexität: Architekt/-innen, Bauingenieur/-innen, Technische Zeichner/-innen vereinzelt: Vermessungstechniker/-innen, Bauphysiker/-innen
Montage/Installation: Dämmung Außenwand/Dach	Dachdecker/-innen, Maler- und Lackierer/-innen, Zimmerer/-innen, Tischler/-innen, Maurer/-innen, Fassadenmonteur/-innen, Stuckateur/-innen, Klempner/-innen vereinzelt: Wärme-, Kälte- und Schallschutzisolierer/-innen, Glaser/-innen im Fenster- und Glasfassadenbau, Trockenbaumonteur/-innen, Holz- und Bautenschützer/-innen, Gerüstbauer/-innen, Kranführer/-innen
Montage/Installation: Einbau Fenster/Türen	Tischler/-innen, Zimmerer/-innen vereinzelt: Trockenbaumonteur/-innen, Glaser/-innen im Fenster- und Glasfassadenbau, Gerüstbauer/-innen, Kranführer/-innen

*Weiterbildungsberuf

2.2.2 Wärme- und Kälteversorgung, Raumlüftung

Um die Vorgabe der Bundesregierung zu erreichen, dass ab 2024 alle neu eingebauten Heizungen mit mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energien betrieben werden, können Gebäude gemäß neuem Gebäudeenergiegesetz (GEG)³² an ein Wärmenetz angeschlossen werden oder es kann eine Heizung eingebaut werden, die auf Basis von mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energien betrieben wird.³³ Die Energie kann dabei aus Umgebungswärme, die mittels Wärmepumpen nutzbar gemacht wird, Biomasse (Holz, Pellets etc.), Solarthermie oder grünen Gasen wie bspw. grünem Wasserstoff oder nachhaltigem Biomethan gewonnen werden. Auch der Einbau sogenannter Hybridheizungen oder der Einbau von Strom-Direktheizungen bei sehr niedrigem Wärmebedarf sollen gemäß des neuen Gebäudeenergiegesetzes möglich sein. Die gesetzliche Umsetzung steht jedoch noch aus. Somit können sich die aufgeführten Erfüllungsoptionen noch ändern.

Effiziente Wärmeversorgung mit elektrischen Wärmepumpen

Elektrische Wärmepumpen ermöglichen durch den Einsatz von (u. a. PV-)Strom die Umwandlung von Umweltwärme in sogenannte Niedertemperaturwärme zum Heizen von Gebäuden und werden daher zu den relevantesten Klimaschutztechnologien im Gebäudesektor gezählt.³⁴ Elektrische Wärmepumpen sind grundsätzlich flächendeckend einsatzfähig, da die Strominfrastruktur in Deutschland gut ausgebaut und Umweltwärme praktisch überall verfügbar ist.³⁵ Szenarien zur Erreichung der Klimaschutzziele rechnen mit einem deutlichen Ausbau der installierten Wärmepumpen – bis 2030 mit etwa 6 Millionen. Deshalb hat sich die Bundesregierung zusammen mit den Stakeholdern rund um die Wärmepumpentechnologie zum Ziel gesetzt, ab 2024 jährlich mindestens 500.000 Wärmepumpen einzubauen. In den darauffolgenden Jahren steigt die Bedeutung von Wärmepumpen noch einmal deutlich an – bis 2045 sollen insgesamt rund 14 Millionen installiert sein.³⁶ Bisher sind in Deutschland nur rund 1,1 Millionen Wärmepumpen in Wohngebäuden verbaut.³⁷

Bei der Installation von elektrischen Wärmepumpen ist zukünftig zu erwarten, dass die Investitionskosten sowie der Installationsaufwand aufgrund steigender Stückzahlproduktion und standardisierter Gesamtlösungen sinken werden. Die Energieberatung und Planung sowie die Installation und Wartung von Wärmepumpen lassen jedoch insbesondere vor dem Hintergrund der deutlich höheren Komplexität im Gegensatz zu fossilen Heizungen auch zukünftig einen hohen Fachkräftebedarf erwarten.³⁸ Der Austausch der Heizungsanlagen erfordert zudem häufig weitere Umfeldmaßnahmen, wie etwa den Austausch oder die Optimierung der Heizkörper.³⁹ Im Zuge des für die Erreichung der Klimaschutzziele notwendigen massiven Ausbaus von Wärmepumpen werden daher zukünftig deutlich mehr qualifizierte Fachkräfte benötigt.

³² Die Novelle des GEG wurde bereits durch das Bundeskabinett beschlossen und befindet sich derzeit im parlamentarischen Verfahren im Bundestag und Bundesrat.

³³ Die Bundesregierung (2023).

³⁴ vbw (2021).

³⁵ PWC (2022).

³⁶ Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2021).

³⁷ PWC (2022).

³⁸ Fraunhofer ISE (2021).

³⁹ PWC (2022).

Energiesparen durch energieeffiziente Lüftungssysteme

Energieeffiziente Lüftungsanlagen spielen eine entscheidende Rolle in hochgedämmten und luftdichten Wohngebäuden. Sie beugen nicht nur Feuchteschäden und Gesundheitsproblemen vor, sondern sorgen auch dafür, dass Lüftungswärmeverluste reduziert werden. Aufgrund fehlender Regelungen oder einer veralteten Bauweise ist der Großteil der Lüftungsanlagen im Bestand nicht optimal energieeffizient. Jedoch ermöglicht der Einsatz energieeffizienter Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, Energie zu sparen. Nach Angaben des Zentralverbands Sanitär Heizung Klima nutzen zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung bis zu 95 Prozent der Wärme aus der Abluft, um die Zuluft vorzuheizen. Somit wird thermische Energie, die sonst verloren gehen würde nutzbar gemacht, die Effizienz von Gebäuden gesteigert und Heizkosten gesenkt.

Steigende Temperaturen erhöhen Nachfrage nach Klimatisierung

Während aktuell der Kühlbedarf in Wohngebäuden noch überschaubar ist und durch bauliche Lösungen wie Außenrollläden gelöst werden kann, ist der Bedarf an kältetechnischen Anlagen in Nichtwohngebäuden wie Büros aufgrund der baulichen Beschaffenheit (große verglaste Flächen, keine oder unzureichende Verschattung) wesentlich größer. Hier spielen insbesondere Fluorkohlenwasserstoff (HFKW)-freie Systeme sowie wärmegetriebene Kälteanlagen zur Nutzung von Wärme aus der Kraft-Wärme-Kopplung oder von Prozessabwärme eine große Rolle.⁴⁰ Unter bestimmten Voraussetzungen können auch Wärmepumpen für die aktive Kühlung von Gebäuden zum Einsatz kommen.⁴¹

Quartiere und Kommunen spielen beim Erreichen der Energieeffizienzziele im Gebäudebereich eine Schlüsselrolle

Langfristig werden für die Energiewende ganzheitliche Lösungen für Quartiere, Kommunen und deren Wärme- und Kälteversorgung benötigt. Im Vergleich zur Betrachtung einzelner Gebäude, werden in einem Quartier mehrere flächenmäßig zusammenhängende Gebäude gesamtheitlich betrachtet. Im quartiersoptimierten Ansatz werden Wärme- und Kälteversorgung, Strom, aber auch Mobilität und die Abfallwirtschaft als intelligentes und integriertes System zusammengedacht. Dadurch können zum einen zusätzliche Energiekonzepte wie bspw. Nahwärmelösungen umgesetzt und damit erhebliche Kostenvorteile erzielt werden. Zum anderen ermöglichen Quartiere auch die sektorübergreifende und effektive Nutzung des Zusammenspiels verschiedener Energiequellen und -verbraucher.

Beim Umbau der Wärmeversorgung spielen Kommunen eine zentrale Rolle. Im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung entwickelt eine Kommune gegeben der jeweiligen Situation vor Ort Strategien für eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung und setzt diese in Zusammenarbeit mit relevanten lokalen Akteuren um. Dazu zählen neben der Kommunalverwaltung u. a. Energieversorger und Stadtwerke, Planungsbüros, Handwerker/-innen sowie – sofern Abwärmepotenziale genutzt werden sollen – auch Industriebetriebe, Rechenzentren sowie Ver- und Entsorgungsbetriebe. Ein kommunaler Wärmeplan umfasst die Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs, eine Potenzialanalyse zur Energieeinsparung, eine Aufstellung eines Zielszenarios sowie die Formulierung eines Transformationspfads.⁴² Während die kommunale Wärmeplanung in einigen Nachbarländern wie den Niederlanden, Österreich, der Schweiz oder Dänemark teils eine längere Tradition

⁴⁰ BAFA (2023).

⁴¹ vbw (2021).

⁴² Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2023).

hat, etabliert sie sich erst seit wenigen Jahren in Deutschland.⁴³ So ist bspw. in Baden-Württemberg und Hamburg eine kommunale Wärmeplanung für Stadtkreise und Große Kreisstädte bzw. für Bezirke verpflichtend geworden.⁴⁴ Um auch auf Bundesebene die im Koalitionsvertrag formulierten Ziele zu erreichen, haben das BMWSB und das BMWK unter gemeinsamer Federführung ein Gesetzesentwurf für die Wärmeplanung erarbeitet, welcher Anfang Juli 2023 vom Bundeskabinett beschlossen werden und in das parlamentarische Verfahren gehen soll. Die Kommunen in Deutschland sind gemäß dem vorgeschlagenen Gesetzesentwurf dazu verpflichtet, eine umfassende Analyse ihrer Energieversorgungsnetze durchzuführen und verbindliche Strategien für die zukünftige Wärmeversorgung zu entwickeln. Das Gesetz soll bis Ende des Jahres beschlossen werden und anschließend in Kraft treten.⁴⁵

Berufsbilder im Bereich Wärme- und Kälteversorgung, Raumlüftung

*Gebäudeenergieberater/-innen*⁴⁶ oder *Solartechniker/-innen*⁴⁷ beraten Kunden über geeignete, effiziente Heizsysteme sowie alternative Energieformen wie bspw. Solarthermie oder Erdwärme.

Die konkrete **Umsetzungsplanung** von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage erfolgt in der Regel insbesondere durch *Techniker/-innen der Fachrichtung Heizungs-, Lüftungs-, Klimatechnik* bzw. *Kältetechniker/-innen*. Doch auch *Solartechniker/-innen*, *Techniker/-innen der Fachrichtung Gebäudesystemtechnik* sowie *Elektroniker/-innen der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik* und *Elektroniker/-innen für Gebäude- und Infrastruktursysteme* befassen sich mit der Planung von wärme- und kälteversorgungstechnischen Anlagen und deren Steuerung. Je nach Komplexität des Vorhabens werden in die Planung auch *Architekt/-innen*, *Bauingenieur/-innen* sowie *Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik (TGA-Fachplaner/-innen)* eingebunden. Im Kontext einer kommunalen Wärmeplanung oder der Entwicklung von Quartierslösungen spielen *Stadt- und Raumplaner/-innen* eine zentrale Rolle.

Die **Installation** heizungs- bzw. kältetechnischer Anlagen, wie bspw. Wärmepumpen, kann durch verschiedene Gewerke durchgeführt werden. Insbesondere sind jedoch *Anlagenmechanikern/-innen Sanitär-, Heizung- und Klimatechnik* sowie *Kältetechniker/-innen* damit befasst. Die Installation von PV-Anlagen auf Dächern wird hingegen in der Regel von *Dachdecker/-innen* durchgeführt. Doch auch *Anlagenmechanikern/-innen Sanitär-, Heizung- und Klimatechnik*, *Klempner/-innen* und weitere – im Idealfall zu *Solartechniker/-innen* weitergebildete Handwerker/-innen können für die Montage von PV-Anlagen auf dem Dach eingesetzt werden. Der Anschluss der PV-Anlage an das Stromnetz sowie an den Stromzähler darf, gemäß Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) §13, hingegen ausschließlich von ausgebildeten *Elektroniker/-innen* durchgeführt werden.⁴⁸ Auch der Einbau von

⁴³ Umweltbundesamt (2022a).

⁴⁴ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2020); Hansestadt Hamburg (2020).

⁴⁵ BMWSB (2023).

⁴⁶ Bei Gebäudeenergieberater/-innen handelt es sich nicht um eine geschützte Berufsbezeichnung, sondern um eine Weiterbildungsmöglichkeit. Als erforderliche Grundqualifikation für eine Anerkennung durch das BAFA gelten sowohl akademische wie auch berufliche Ausbildungswege. Für weitere Informationen vgl. Kapitel 2.4.12.

⁴⁷ Bei Solartechniker/-innen handelt es sich um eine berufliche Weiterbildung. Sie richtet sich insbesondere an Handwerker/-innen aus den Bereichen Sanitär-, Heizung- und Klimatechnik, Dachdeckerei, Klempnerei und Bauelektrik.

⁴⁸ Gemäß der Niederspannungsanschlussverordnung dürfen Arbeiten an elektrischen Anlagen, die an das öffentliche Stromnetz angeschlossen sind, nur durch „ein in ein Installateurverzeichnis eines Netzbetreibers eingetragenes Installationsunternehmen durchgeführt werden“. (vgl. Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung - NAV) § 13 Elektrische Anlage (2)).

Schalt-, Steuer- und Regelungseinrichtungen erfolgt in der Regel durch *Elektroniker/-innen der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik* oder *Elektroniker/-innen für Gebäude- und Infrastruktursysteme*.

Je nach Vorhaben werden auch *Brunnenbauer/-innen* zur Erdwärmegewinnung sowie *Rohrleitungsbauer/-innen* zur Montage von Versorgungsleitungen und Herstellung von Hausanschlüssen benötigt.

Anfallende **Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten** der Anlagen erfolgen typischerweise durch die mit der Installation betrauten Gewerke.

Folgende Tabelle fasst die typischen Berufsbilder für die Tätigkeitsbereiche im Bereich heizungs-, lüftungs- und klimatechnischer Anlagen zusammen.

Tabelle 3: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen im Bereich Wärme- und Kälteversorgung, Raumlüftung

Tätigkeitsbereiche	Typische Berufsbilder
Planung: Energetische Sanierung im Bereich Wärme- und Kälteversorgung, Raumlüftung	Gebäudeenergieberater/-innen*, Techniker/-innen Heizungs-, Lüftungs-, Klimatechnik, Kältetechniker/-innen, Solartechniker/-innen*, Techniker/-innen Gebäudesystemtechnik, Elektroniker/-innen der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik, Elektroniker/-innen für Gebäude- und Infrastruktursysteme je nach Komplexität: Bauingenieur/-innen, Architekt/-innen, Stadt- und Raumplaner/-innen, Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik*
Montage/Installation und Wartung: Wärme- und Kälteversorgung, Raumlüftung	Anlagenmechanikern/-innen Sanitär-, Heizung- und Klimatechnik, Kältetechniker/-innen, Dachdecker/-innen, Klempner/-innen, Solartechniker/-innen*, Elektroniker/-innen der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik, Elektroniker/-innen für Gebäude- und Infrastruktursysteme vereinzelt: Brunnenbauer/-innen, Rohrleitungsbauer/-innen

*Weiterbildungsberuf

2.2.3 Digitale Schnittstellen

Digitale Lösungen sind für die Energiewende im Gebäudebereich unverzichtbar. Die Digitalisierung wird das zukünftige Bauen beeinflussen und damit auch die benötigten Kompetenzen in der Baubranche verändern. So ist, ohne eine moderne und hochautomatisierte Gebäudetechnik die Dekarbonisierung im Immobilienbereich nicht zu erreichen. Neben innovativer Informations- und Kommunikationstechnik für das Gebäudeinnere können auch digitale Planungsmethoden wie Building Information Modeling (BIM) dabei helfen vorhandene Energieeffizienz- und CO₂-Einsparpotenziale auszuschöpfen und somit die Energiewende erfolgreich zu meistern. Die Vernetzung und Automatisierung verändern die Arbeitsweisen dabei erheblich: Das integrative und kollaborative Arbeiten mit BIM erfordert neben IT-Expertise auch neue Kooperations- und Kommunikationsformen. Denn: Um einen digitalen Austausch sämtlicher Projektinformationen zum Bau sicherzustellen, sind koordinierte Abläufe und ein hohes Maß an Kommunikation zwischen Planern und bauausführenden Unternehmen zwingend notwendig. Im Bereich der Gebäudeautomation werden zukünftig vermehrt Kenntnisse im Einbau und der Wartung digitaler Smart-Home-Lösungen nachgefragt werden.

Hohes Einsparpotenzial durch den Einsatz innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien

Mit der Umstellung des Energiesystems auf erneuerbare Energien steigt auch die Nachfrage nach einem sicheren und effizienten Betrieb des Netzes. Denn: die wachsende Zahl dezentraler Stromerzeuger sowie die fluktuierende Stromerzeugung aus Sonne und Wind stellen bisherige Energienetze, die auf einen gleichmäßigen Energiefluss ausgelegt sind, vor Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund werden digitale Technologien immer wichtiger, insbesondere im Bereich der Netzinfrastruktur. Stromnetze werden zunehmend „intelligent“ und entwickeln sich zu sogenannten „Smart Grids“. Diese ermöglichen durch den Austausch großer Datenmengen eine Balance zwischen Stromerzeugung, -speicherung und -verbrauch und gleichen wetterbedingte Schwankungen in der Stromerzeugung aus. Das Rückgrat eines intelligenten Stromnetzes bilden intelligente Messsysteme, sogenannte „Smart Meters“. Dabei handelt es sich um eine gesicherte Verbindung zwischen Energielieferanten, Verbrauchern und dem Stromnetz, die über eine Kommunikationseinheit hergestellt wird und die Übertragung von Daten über den aktuellen Verbrauch sowie die Optimierung des Verbrauchs ermöglicht. Das im Mai 2023 beschlossene Smart Meter-Gesetz schreibt den flächendeckenden Einsatz solcher intelligenter Stromzähler bis 2032 vor.⁴⁹ Neben Smart Metering Systemen stellen gebäudetechnische Systeme für die Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik von Heizung, Beleuchtung, Lüftungen sowie Luftqualitätssensoren, Fensterkontakte, Präsenzsensoren und Beleuchtungsfaktoren weitere digitale Systeme zur energetischen Betriebs- und Verbrauchsoptimierung dar.⁵⁰

Dass digitale Lösungen und Produkte zu Steigerungen der Energieeffizienz von Gebäuden führen können, spiegelt sich auch in der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) wider. Die EU schreibt in dieser Richtlinie die Ausstattung mit bestimmten Gebäudeautomations-Funktionen für alle Nichtwohngebäude mit einer Nennleistung von mehr als 290 Kilowatt bis zum Jahr 2025 vor. Die Gebäudeautomations- und -steuerungssysteme sollen gemäß der Richtlinie u. a. in der Lage sein den Energieverbrauch kontinuierlich zu überwachen, Effizienzverluste von gebäudetechnischen Systemen zu erkennen und informieren und die Kommunikation zwischen miteinander verbundenen gebäudetechnischen zu ermöglichen.⁵¹

Digitale Werkzeuge ermöglichen eine energetisch optimierte Planung von Gebäuden

Building Information Modeling (BIM) ist eine kollaborative, vernetzte Arbeitsmethode für die Planung, den Bau, die Bewirtschaftung und den Rückbau von Gebäuden mithilfe von Software. Dazu werden alle relevanten Gebäudedaten inklusive technischer Anlagen und Materialien digital erfasst und kombiniert, so wird das geplante Gebäude als virtuelles Modell geometrisch visualisiert. Diese digitale Replikation eines geplanten, realen Gebäudes wird auch digitaler Zwilling genannt. BIM ermöglicht durch die Simulation der Realität eine schnellere, wirtschaftlichere und umweltschonendere Durchführung von großen Bau- und Infrastrukturprojekten und optimiert somit den Lebenszyklus eines Projekts.

Damit BIM auch spezialisierte Fachplaner/-innen für eine energieeffiziente Haustechnik bereits in der Entwurfs- und Planungsphase involviert sind, kann die Energieeffizienz eines Gebäudes von Anfang an überwacht und Effizienzziele im Auge behalten werden.⁵² Es können Simulationen für den Gesamtenergiebedarf eines Gebäudes sowie CO₂-Emissionen bei unterschiedlichen Heiz- und Kühllasten durchgeführt und dargestellt werden. Auch die

⁴⁹ BMWK (2023).

⁵⁰ BAFA (2023).

⁵¹ Richtlinie (EU) 2018/844 Des Europäischen Parlaments und des Rates.

⁵² HEA-Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V. (2021).

Sonneneinstrahlung kann mit BIM im Modell abgebildet werden. So können bereits in frühen Projektphasen Aussagen zum energetischen Verhalten eines Gebäudes sowie zu solaren Wärmegegewinnen getroffen werden. Nach Fertigstellung des Bauwerks dient der digitale Zwilling als Steuerinstrument für einen energie- und kosteneffizienten Betrieb.

Smarte Technologien und digitale Planungsmethoden verändern nahezu alle Berufe

Der Einsatz digitaler Planungstools, Informations- und Kommunikationstechnik sowie digitaler Gebäudetechnologien betrifft alle im Gebäudesektor beteiligten Berufe. Während bspw. der Einbau von Smart-Meter-Systemen in der Regel von Fachkräften im Bereich der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (KldB 3421) erfolgt, planen, installieren und warten Beschäftigte in Berufen wie der Bauelektrik (KldB 2621) Smart-Home-Systeme in den Bereichen Heizung, Klima und Beleuchtung.

Die Querschnittstechnologie BIM wird aktuell insbesondere von Architekt/-innen, Stadt- und Raumplaner/-innen und Bauingenieur/-innen angewendet. Perspektivisch sollen jedoch auch verstärkt ausführende Handwerker/-innen in Berufen wie Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik und der Bauelektrik, aber auch in Berufen wie der Zimmerei und Dachdeckerei mit BIM arbeiten.

Auch können bei der Anwendung und (Weiter-)Entwicklung digitaler Technologien und Programme im Gebäudesektor IT-Fachkräfte bzw. Expert/-innen zum Einsatz kommen. Der Fokus dieser Studie liegt jedoch auf Berufen, deren Ausbildung bzw. Studium spezifisch für eine Tätigkeit im Gebäudebereich ausgerichtet ist.

2.3 Schlüsselberufe der Energieeffizienz im Sektor Gebäude im Überblick

In den vorhergehenden Abschnitten wurden Berufsbilder aufgezeigt, die bei der Planung, Montage/Installation und Wartung der Maßnahmen für energieeffiziente Gebäude beteiligt sind. Die nachfolgende Tabelle fasst die Berufe zusammen. Nicht enthalten sind die Berufe, die nur vereinzelt beteiligt sind.

Als Vorbereitung für die nachfolgenden Analysen der Kompetenzanforderungen werden die Berufe den dazugehörigen Berufsuntergruppen gemäß der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010 der Bundesagentur für Arbeit (BA) zugeordnet. Genutzt wird die Viersteller-Ebene, die insgesamt 702 Berufsuntergruppen umfasst. Diese statistisch eindeutige Abgrenzung bietet mehrere Vorteile. Erstens kann bei der qualitativen Analyse der Kompetenzen auf die jeweilige Tätigkeitsbeschreibung der BA zurückgegriffen werden. Zweitens geben quantitative Indikatoren Informationen über die Fachkräftesituation in den Berufsuntergruppen. Ausgewiesen werden in der Tabelle die Anzahl der Erwerbstätigen (ET) sowie Engpassindikatoren je Anforderungsprofil. Drittens kann von der KldB-Abgrenzung auf die dahinterliegenden Ausbildungsberufe geschlossen werden.

Die Tabelle ist wie folgt zu lesen: Elektroniker/-innen der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik werden statistisch der Berufsuntergruppe „2621 Bauelektrik“ zugeordnet. Diese Berufsuntergruppe umfasst etwa 285.000 Erwerbstätige. Innerhalb dieser Berufsuntergruppe besteht mit einem Engpassindikator in Höhe von 2,7 zudem ein Engpass an Fachkräften.

Bereits bestehende Engpässe finden sich in nahezu allen Berufsuntergruppen – überwiegend handelt es sich dabei um Arbeitskräfte mit dem Anforderungsprofil Fachkraft.⁵³ In der Berufsuntergruppe „3412 Sanitär-, Heizungs-, Klimatechnik“ sind Engpässe hingegen bereits auf Ebene aller Anforderungsprofile zu beobachten. Für eine Auswahl dieser Berufe werden im folgenden Kapitel die erforderlichen Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen mit Blick auf Energieeffizienz in Form von Kompetenzsteckbriefen herausgearbeitet. Übergreifend liegt der Fokus der Untersuchung dabei auf dem Gebäudebestand. Die Auswahl der Berufe findet zum einen mit Blick auf das Ausmaß der Veränderung von Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen statt. So wird beispielsweise der Beruf Gerüstbauer/-in nicht mit aufgenommen, da hier davon ausgegangen werden kann, dass sich die Kompetenzanforderungen in den kommenden Jahren wenig verändern werden. Ein zweites Kriterium für die Auswahl der Berufe besteht in der quantitativen Bedeutung des Berufs. Aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl an Erwerbstätigen wird in diesem Zusammenhang beispielsweise der Beruf Fassadenbauer/-in nicht näher betrachtet. Weiterhin wird bei der Auswahl berücksichtigt, dass es sich bei den Berufen zum Teil um „verwandte“ Handwerksberufe im Sinne der Handwerksordnung handelt (z.B. Dachdeckerei und Klempnerei).⁵⁴ Da sich die Tätigkeiten und Schlüsselkompetenzen im Kontext der Energieeffizienz in diesen verwandten Berufen vielfach überschneiden, werden in diesem Fall nur einzelne Berufe im Rahmen eines Steckbriefs ausgearbeitet. Verweise auf eng verwandte Berufe finden sich jeweils in den entsprechenden Kompetenzsteckbriefen. Dies trifft insbesondere auf Berufe zu, die mit der Dämmung von Gebäuden befasst sind (Klempner/-in, Maurer/-in und Stuckateur/-in).

Tabelle 4: Schlüsselberufe Energieeffizienz im Gebäudesektor

Aufsteigend sortiert nach KldB-Kennziffer der zugehörigen Berufsuntergruppen

Relevante Berufsbilder (vgl. Abschnitt 2.2)	Zugehörige Berufsuntergruppe (gemäß KldB 2010)	Anzahl ET 2021 (Tsd.)	Engpassindikator je Anforderungsprofil ¹		
			Fk	Sp	Ex
Tischler/-in	2234 Holz-, Möbel- und Innenausbau	219	1,5	3,0	-
Elektroniker/-in - Energie- und Gebäudetechnik bzw. Gebäude- und Infrastruktursysteme	2621 Bauelektrik	285	2,7	-	-
Solartechniker/-in	2624 regenerative Energietechnik	9	2,5	1,0	0,0
Bauingenieur/-in	3110 Bauplanung und Überwachung	133	1,5	1,0	1,0
Architekt/-in	3111 Architektur	135	-	-	2,0

⁵³ *Fachkräfte* besitzen üblicherweise eine berufliche Qualifikation. *Spezialist/-innen* verfügen darauf aufbauend zumeist über eine noch tiefer gehende Fachexpertise, bspw. einen Meisterabschluss. *Experten(tätigkeiten)* werden überwiegend von Erwerbstätigen mit einem Hochschulabschluss gestellt, während *Helper(tätigkeiten)* in der Regel von ungelernten Arbeitskräften ausgeführt werden.

⁵⁴ Vgl. Verordnung über verwandte Handwerke vom 18. Dezember 1968 (BGBl. I S. 1355), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Juni 2021 (BGBl. I S. 1654).

Stadt- und Raumplaner/-in	3112 Stadt- und Raumplanung	19	-	-	1,0
Maurer/-in	3212 Maurerhandwerk	115	2,2	-	-
Dachdecker/-in	3214 Dachdeckerei	69	2,2	-	-
Fassadenmonteur/-in	3215 Fassadenbau	< 5	2,2	-	-
Maler/-in und Lackierer/-in	3321 Maler- und Lackierarbeiten	164	1,3	-	-
Stuckateur/-in	3322 Stuckateurarbeiten	25	2,2	-	-
Zimmerer/-in	3332 Zimmerei	68	2,3	-	-
Fachplaner/-in – Energie- und Gebäudetechnik	3410 Gebäudetechnik	387	0,5	3,0	3,0
Klempner/-in	3420 Klempnerei	29	2,5	-	-
Anlagenmechaniker/-in Sanitär-, Heizung-, Klimatechnik	3421 Sanitär-, Heizungs-, Klimatechnik	193	2,8	2,0	2,0
Mechatroniker/-in für Kältetechnik	3423 Kältetechnik	18	2,5	1,0	-
Gebäudeenergieberatung (Weiterbildungsberuf)	4231 Umweltschutzverwaltung & -beratung	40	2,0	2,0	1,0

1: 2,0 oder höher: „Engpassberuf“; 1,5 bis unter 2,0: „Beruf unter Beobachtung“.

Quellen: Mikrozensus 2022, Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022

2.4 Schlüsselkompetenzen der Energieeffizienz im Sektor Gebäude (Kompetenzsteckbriefe)

Die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und die damit verbundenen neuen Technologien gehen für Fachkräfte im Sektor Gebäude mit veränderten oder neuen Tätigkeiten einher, die wiederum die Kompetenzanforderungen definieren. In den Kompetenzsteckbriefen werden daher veränderte Tätigkeiten wie auch Kompetenzbedarfe erfasst.

Steigende Bedeutung berufsübergreifender Schlüsselkompetenzen

Neben berufsspezifischen Kompetenzen gewinnen übergreifende Schlüsselkompetenzen an Bedeutung. Im Zuge der fortschreitenden Transformationsprozesse sind dies – sektorunabhängig – transformative Kompetenzen wie Veränderungsbereitschaft, Innovations- und Problemlösungsfähigkeit.⁵⁵ Im Rahmen von energetischen Bau- und Sanierungsvorhaben spielt die Kundenberatung eine wichtige Rolle – etwa bei der Auswahl geeigneter Sanierungsmaßnahmen und der Inanspruchnahme von Fördermitteln. Besonders Kommunikationsfähigkeiten werden daher in Zukunft wichtiger.

Auch das verstärkte gewerkeübergreifende Arbeiten erfordert von Fachkräften bestimmte Fähigkeiten und Kompetenzen abseits der berufsfachlichen Anforderungen. So sind im Rahmen von Bau- und Sanierungsvorhaben meist eine Vielzahl an Berufen involviert – neben Handwerksberufen wie Dachdecker/-innen oder Anlagenmechaniker/-innen in der SHK auch planerische Berufe wie Architekt/-innen, Bauingenieur/-innen oder Stadt- und Raumplaner/-innen sowie zu Energieberater/-innen weitergebildete Personen. Von Fachkräften im Gebäudesektor wird daher ein systemisches Denken und damit verbunden ein vertieftes Verständnis über die Vernetzung einzelner Arbeitsprozesse gefordert.⁵⁶

Ein Beispiel hierfür zeigt sich im Zusammenhang mit der Planung, Montage und Wartung von Wärmepumpen, welche in der Praxis häufig eine enge Kooperation zwischen den Gewerken der SHK, Elektrotechnik und Kältetechnik voraussetzen (vgl. z.B. Abschnitt 2.4.10). Je nach Komplexität der Anlage können weitere Gewerke und Berufe hinzukommen. Im Zusammenhang mit der zunehmenden digitalen Vernetzung von Planungs- und Bauprozessen und der Digitalisierung von Mess- und Regelungstechnik wird sich aus Sicht der befragten Branchenexpert/-innen die Bedeutung gewerkeübergreifender Zusammenarbeit und Kommunikation in Zukunft noch weiter erhöhen.

In vielen Berufen werden veränderte oder neue berufsfachliche Kompetenzen gefordert

Im Zusammenhang mit der Energieeffizienz von Gebäuden besteht in den planerischen Berufen aus Sicht vieler Branchenexpert/-innen ein wachsender Kompetenzbedarf. Gerade in Bestandsgebäuden führt das Zusammenspiel von Anlagentechnik und Gebäudehülle zu einer steigenden Komplexität im Planungsprozess. In der Gebäudesanierung tätige Architekt/-innen benötigen daher ein höheres Maß an Kenntnissen in der technischen Gebäudeplanung, Fachplaner/-innen in der Gebäudetechnik ein baukonstruktives Grundverständnis der Gebäudehülle.

⁵⁵ Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. (Hrsg.) (2021).

⁵⁶ Apt et al. (2019).

In Gewerken und Berufen des Handwerks verändern sich die fachlichen Kompetenzanforderungen mit Blick auf neue energieeffiziente Anlagentechnik und innovative Dämmmaterialien und Prozesse. Das hat Auswirkungen auf die berufsfachlichen Kompetenzanforderungen nahezu aller Gewerke und Berufe im Gebäudesektor, z.B. von Gebäudeenergieberater/-innen, Anlagenmechaniker/-innen SHK oder Dachdecker/-innen. Neben den klassischen beruflichen Aufstiegsfortbildungen zur Meister/-in oder Techniker/-in bestehen für Fachkräfte im Handwerk bereits Möglichkeiten, zertifizierte Weiterbildungen zu spezifischen Technologien in der Anlagentechnik oder der Sanierung der Gebäudehülle zu absolvieren. Aktuell wird in diesem Zusammenhang vor allem die Schulung von Fachkräften für die Planung, Montage und Wartung von Wärmepumpen diskutiert (vgl. Abschnitt 2.4.10), jedoch bestehen auch mit Blick auf weitere für die Energieeffizienz relevante technologische Lösungen vielfältige Qualifizierungsbedarfe.

Im Kontext von Dämmmaßnahmen könnten sich in Zukunft die Tätigkeiten von Fachkräften stärker auf die Montage industriell vorgefertigter Bauelemente auf der Baustelle verlagern.⁵⁷ Von Handwerksvertreter/-innen wird jedoch die Unterschiedlichkeit von Gebäuden betont und damit weiterhin hoher Bedarfe an individuellen Lösungen, besonders im Dach- und Fassadenbereich.⁵⁸ Zudem könnten im Zuge der seriellen Sanierung auch neue Arbeitsplätze in der industriellen Vorfertigung entstehen, etwa von energieeffizienten Fassadenelementen.

Digitale Fähigkeiten mit entscheidender Rolle für die Verbesserung der Energieeffizienz

Gewerkeübergreifend spielen digitale Fähigkeiten für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudesektor eine immer größere Rolle. Aufgrund des wachsenden Komplexitätsgrads digitalisierter und automatisierter Anlagentechnik wird davon ausgegangen, dass die beruflichen Kernkompetenzen in nahezu allen Berufen zukünftig neben technischen Fachkenntnissen in stärkerem Maße digitale Grundkompetenzen und spezifische IT-Anwenderkenntnisse umfassen werden.⁵⁹ Je nach Beruf und Qualifikationsniveau können dabei – neben grundlegenden Informations- und Datenkompetenzen – unterschiedliche Kompetenzen gefragt sein. So benötigen planerische Berufe vor allem Kenntnisse und Erfahrung im Umgang mit digitalen Planungs- und Simulationsmodellen, in Zukunft könnte eine verstärkte Nutzung des BIM weitere Kompetenzanforderungen gerade für diese Berufe mit sich bringen. Berufe in der technischen Gebäudeausrüstung müssen insbesondere vertiefte Kenntnisse digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik mitbringen. Grundsätzlich zeigt sich, dass digitale Schnittstellen und die Gebäudesystemintegration eine immer größere Rolle für die Energieeffizienz im Gebäudesektor spielen, etwa mit Blick auf die energieeffiziente Vernetzung verschiedener anlagentechnischer Komponenten und Systeme, welche zunehmend auch durch Internet of Things (IoT) oder künstliche Intelligenz (KI) erfolgt.

⁵⁷ Umweltbundesamt (2021).

⁵⁸ Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) (2022).

⁵⁹ Apt et al. (2019):

2.4.1 Berufe in der Bauelektrik (2621)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Bauelektrik** zählen zu den Mechatronik-, Energie- und Elektroberufen. Sie umfassen u. a. **Elektroniker/-innen** in den Fachrichtungen Energie- und Gebäudetechnik, Gebäude- und Infrastruktursysteme und Gebäudesystemintegration. Erwerbstätige dieser Berufsuntergruppe sind für die „Installation und Funktionsfähigkeit von elektrischen Betriebsanlagen der Energieversorgung und die Infrastruktur von Gebäuden“⁶⁰ zuständig und spielen daher eine zentrale Rolle in der energetischen Sanierung von Gebäuden. Je nach Fachrichtung planen und installieren sie in Zusammenarbeit mit anderen Gewerken Heizungs- und Lüftungssysteme (z.B. in Zusammenarbeit mit SHK-Fachkräften), montieren Photovoltaikanlagen und nehmen sie in Betrieb (z.B. in Zusammenarbeit mit Dachdecker/-innen). Auch die Integration von Ladestationen für Elektroautos in die PV- oder Solarthermieanlage kann durch Elektroniker/-innen erfolgen. Darüber hinaus konfigurieren und installieren sie digital vernetzte Smart-Home-Systeme in Wohngebäuden sowie Gebäudeautomation in Nichtwohngebäuden.

Planung und Überwachung

Planungsprozesse im Bereich der Bauelektrik erfordern ein hohes Maß an Erfahrung und Kompetenzen. Aufgrund dessen werden Planung und Konzeptionierung häufig von **Techniker/-innen** oder **Meister/-innen in der Elektrotechnik** durchgeführt. Typische Tätigkeiten und Kompetenzen im Planungsprozess umfassen u. a.:

- Planung und Konzeptionierung elektrotechnischer Systeme für die Energieversorgung und Gebäudetechnik
- Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- Erstellung technischer Zeichnungen (z. B. Verlegepläne)
- Prüfung von Veränderungsmöglichkeiten vorhandener Energieversorgungssysteme
- Planung von Gebäudeleittechnik
- Beratung von Kunden zu Produkten, Dienstleistungen und Materialien
- Kenntnisnahme und Erprobung von technischen Neu- und Weiterentwicklungen elektrotechnischer Systeme für die Energieversorgung und Gebäudetechnik
- ggf. Planung PV-Anlagen und Wärmepumpen

Montage/Installation

Die Montage und Installation der von Techniker/-innen bzw. Meister/-innen geplanten elektrotechnischen Systeme werden in der Regel von Fachkräften mit einer beruflichen Ausbildung zum/zur **Elektroniker/-in** der jeweils relevanten Fachrichtung durchgeführt. Je nach zu installierender Anlage kann die Montage auch mit bzw. durch **Solartechniker/-innen** oder **Anlagenmechaniker/-innen der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik** erfolgen. Zu den typischen Tätigkeiten, Kompetenzen und Kenntnissen zählen u. a.:

- Einbau von Energieversorgungseinrichtungen und Schalt-, Steuer- und Regelungseinrichtungen
- Herstellung elektrischer Anschlüsse und Verlegung von Kabeln und Leitungen (bspw. Anschluss von Solarkabeln)
- Anschluss von PV- und Solarthermieanlagen und Wärmepumpen an das Stromnetz

⁶⁰ BA (2021a).

- Montage und Inbetriebnahme von Anlagen zur dezentralen Energiegewinnung (bspw. Photovoltaikanlagen)
- Regelungstechnische Integration von gebäudetechnischen Anlagen, die von anderen Gewerken installiert wurden
- Installation von Blitz- und Überspannschutzeinrichtungen
- Installation von Gebäudeleittechnik, bspw. Installation und Konfiguration von Software für Smart-Home-Systeme
- Anmeldung beim Netzbetreiber
- Einweisung der Nutzer/-innen in Umgang mit Anlagentechnik

Wartung

Wie bei der Montage, können auch bei der Wartung von installierten Anlagen unterschiedliche Fachkräfte zum Einsatz kommen. Während die Wartung von digitaler Smart-Home-Technik in der Regel durch **Elektroniker/-innen** erfolgt, kann die Wartung bzw. Instandhaltung von bspw. Solaranlagen auch durch **Solartechniker/-innen** erfolgen.

Typische Tätigkeiten und Kompetenzen im Zusammenhang mit der Wartung von elektrischen Betriebsanlagen in Gebäuden umfassen u. a.:

- Durchführung von Softwareupdates
- Prüfung und ggf. Reparatur oder Austausch fehlerhafter Smart-Home-Technik
- Prüfung und Optimierung der Energieeffizienz von Geräten und Anlagen
- ggf. Inspektion von Solaranlagen mittels Drohnen
- Entgegennahme von Störungsmeldungen
- Analyse übermittelter Daten
- Durchführung von Ferndiagnosen
- Kenntnisse der energetischen Systemoptimierung
- ggf. Sachkundenachweis gemäß Chemikalien-Klimaschutzverordnung
- Erfassung von Verbrauchsdaten und Optimierung von Verbräuchen

Digitale Schnittstellen

Bauelektriker/-innen planen, installieren und warten bereits heute anlagentechnische Systeme, wie etwa digitale Smart-Home-Systeme bzw. Gebäudeautomation. Der Einsatz und die Komplexität solcher digitalen Lösungen werden in Zukunft weiter zunehmen. Anlagentechnische Systeme sind dabei zunehmend auch durch das Internet of Things (IoT) oder künstliche Intelligenz (KI) vernetzt. Für Bauelektriker/-innen ist es daher wichtig, sich über innovative Marktentwicklungen auf dem neuesten Stand zu halten, insbesondere über neue Konzepte und Trends aus dem Bereich Smart Home.

Die Planung und Installation moderner Heizungs- und Klimatechnikanlagen findet bereits häufig auf Basis digitaler Planungsmodelle statt. Insofern stellt die Erstellung, Auswertung und Verwaltung von Modelldaten bereits heute eine wesentliche Aufgabe von Elektro-Fachkräften dar. Die Nutzung digitaler Schnittstellen bis hin zu BIM spielt zwar gegenwärtig in der Praxis noch eine untergeordnete Rolle, könnte in Zukunft jedoch verstärkt zum Einsatz kommen. Hierdurch können Effizienzsteigerungen im gesamten Planungs- und Verarbeitungsprozess ermöglicht sowie die Kommunikation zwischen den Gewerken verbessert werden.

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich und Qualifikationsniveau – auch veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- Digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungsmodelle und -software
- ggf. Kenntnisse modellbasierter Kommunikation mit anderen Gewerken (bspw. mittels BIM)
- Kenntnisse in der Planung elektrotechnischer Systeme
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung digitaler Mess- und Regelungstechnik („Smart Meter Gateway“)
- Kenntnisse im Umgang mit IoT- oder sogar KI-fähiger Anlagentechnik
- ggf. Kenntnisse in der Erstellung, Auswertung und Verwaltung von BIM-Software (z.B. zur Projektierung gebäudetechnischer Anlagen)

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Die Bauelektrik ist bereits heute durch ein hohes Maß an gewerkeübergreifender Zusammenarbeit geprägt. Nur so kann ein reibungsloser Ablauf sichergestellt und die Qualität gebäudetechnischer Systeme über den gesamten Prozess von Planung, über Montage bis hin zur Wartung gewährleistet werden. So setzen Bauelektriker/-innen u. a. energetische Konzeptvorstellungen von Architekt/-innen oder Gebäudeenergieberater/-innen um, stimmen sich im Rahmen der Planung und Installation mit ausführenden Gewerken, u. a. aus den Bereichen Heizungs- und Klimatechnik oder Dachdeckerei ab, und halten bei der Koordinierung der Ausführungsplanung Rücksprache mit den entsprechenden Fachleuten. Eine mangelnde gewerke- und berufsübergreifende Zusammenarbeit birgt im Kontext der Planung, Installation und Wartung von gebäudetechnischen Anlagen das Risiko, Energieeffizienzgewinne nicht vollständig auszunutzen.

Typische Schnittstellen mit anderen Gewerken bzw. Berufen im Kontext energetische Gebäudesanierung umfassen z. B.:

- Planung elektrotechnischer Systeme für die Energieversorgung und Gebäudetechnik:
 - 2624 – Berufe in der regenerativen Energietechnik (insbesondere Solartechniker/-innen)
 - 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
 - 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
 - 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
 - 3423 – Berufe in der Kältetechnik
 - 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung
- Anschluss Wärmepumpen, PV- und Solarthermieanlagen:
 - 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
 - 3332 – Berufe in der Zimmerei
 - 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
 - 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
 - 3423 – Berufe in der Kältetechnik
- Installation Smart Home und Gebäudeautomation:

- 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
- 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
- 3423 – Berufe in der Kältetechnik

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Zum 1. August 2021 wurde die Gruppe der handwerklichen Elektro- und informationstechnischen Ausbildungsberufe neu geordnet. Mit der Überarbeitung wurde auf aktuelle Entwicklungen sowohl am Markt als auch mit Blick auf die Gebäudetechnik reagiert. Der Ausbildungsberuf „Elektroniker/-in“ unterteilt sich nach der Umstrukturierung in die Fachrichtungen „Energie- und Gebäudetechnik“ und „Automatisierungs- und Systemtechnik“. Zusätzlich neu geschaffen wurde der Ausbildungsberuf „Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration“, in dem der Fokus auf der Planung und Konzeption vernetzter Gebäudetechnik liegt.⁶¹

Elektroniker/-in – Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik

Im neu geschaffenen Rahmenlehrplan ist für die Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik u. a. die Planung, Inbetriebnahme und Übergabe elektrischer Geräte und Anlagen der Haustechnik verankert (Zeitrictwert: 100 Stunden).⁶² Darunter fällt u. a. die Planung und die dazugehörige Elektroinstallation von Wärmepumpen. In einem weiteren Lernfeld werden energietechnische Systeme geplant und Geräte und Baugruppen, wie bspw. Photovoltaikanlagen oder Speichertechniken, für regenerative Energien ausgewählt und dimensioniert (Zeitrictwert: 80 Stunden). Schließlich ist auch die Kommunikation verschiedener energie- und gebäudetechnischer Systeme Teil des Rahmenlehrplans (Zeitrictwert: 100 Stunden).

Über die gesamte Ausbildung hinweg werden darüber hinaus grundlegende Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt, u. a. im Bereich „Digitalisierte Arbeitswelt“. Diese umfassen bspw. den Umgang mit Daten, die Nutzung von informationstechnischen Systemen und den Einsatz digitaler Medien.

Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration

Insbesondere durch die Neuschaffung des Ausbildungsberufs „Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration“ wurde den steigenden Kompetenzanforderungen, die sich aus der Digitalisierung und Vernetzung der Gebäudetechnik ergeben, Rechnung getragen. Der Rahmenlehrplan sieht in diesem Kontext u.a. Lernfelder in der Analyse gebäudetechnischer Systeme (Zeitrictwert: 60 Stunden) oder der Einrichtung, Erweiterung und Anpassung von Software für gebäudetechnische Systeme (Zeitrictwert: 100 Stunden) vor. Ein wesentlicher Schwerpunkt der Ausbildung besteht insbesondere auch in der Integration verschiedener gebäudetechnischer Komponenten und Funktionen (Zeitrictwert: 80 Stunden), der anschließenden Analyse von Schnittstellen und der Realisierung gewerkeübergreifender Funktionen (60 Stunden) sowie der gewerkeübergreifenden Projektierung vollständiger gebäudetechnischer Systeme (100 Stunden).⁶³

⁶¹ BIBB (2021a).

⁶² Vgl. Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker und Elektronikerin. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.12.2020.

⁶³ Vgl. Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Gebäudesystemintegration und Elektronikerin für Gebäudesystemintegration. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.12.2020.

Insgesamt erscheint die gegenwärtige Ausbildungskonstruktion der verschiedenen Elektrotechnischen Ausbildungsberufe durch die erst kürzlich stattgefundenen Überarbeitungen hinsichtlich der Energieeffizienzziele im Gebäudereich als ausreichend. Insbesondere der Aspekt der Vernetzung von Gebäudetechnik und der gewerkeübergreifenden Zusammenarbeit wurde durch die Neuschaffung des Ausbildungsberufs „Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration“ gestärkt.

Berufliche Fortbildung

Dennoch weisen die elektrotechnischen Berufe einen stetigen Fortbildungsbedarf auf – insbesondere aufgrund des hohen Anteils sich dynamisch verändernder Gebäudetechnik. Aus diesem Grund müssen die Erwerbstätigen ihre Kenntnisse und Kompetenzen regelmäßig auf den aktuellen Stand bringen.

Mit den drei im Jahr 2022 neu eingeführten Aufstiegsfortbildungen zur Geprüften Berufsspezialistin bzw. zum Geprüften Berufsspezialisten in den Fachrichtungen (i) Erneuerbare Energie, Energieeffizienz und Energiemanagement, (ii) Ladeinfrastruktursysteme der Elektromobilität und (iii) Gebäudesystemintegration werden Fachkräften im Elektroniker-Handwerk entsprechende Qualifizierungsmöglichkeiten angeboten.⁶⁴

Bauelektriker/-innen haben darüber hinaus die Möglichkeit, nach der abgeschlossenen Berufsausbildung eine Meisterprüfung, bspw. zum/zur Elektrotechnikmeister/-in abzulegen. Die Meisterprüfungen sind bundesweit einheitlich geregelt und werden aktuell überarbeitet. Alternativ kann nach der Berufsausbildung bspw. auch eine Weiterbildung zum/zur Techniker/-in der Fachrichtung Elektrotechnik mit dem Schwerpunkt Energie- und Gebäudetechnik angestrebt werden, welche landesrechtlich geregelt ist und meist an Fachschulen stattfindet.

Nach bestandener Meister- oder Technikerprüfung besteht ebenfalls die Möglichkeit, sich zum/zur Solartechniker/-in weiterzubilden. Gleiches gilt für Gesell/-innen, die Qualifikationen und Erfahrungen im Umgang mit Solartechnik nachweisen können. Die Weiterbildung ist gemäß den Rechtsvorschriften der jeweiligen Handwerkskammer geregelt.

Elektrotechnikmeister/-innen haben darüber hinaus die Möglichkeit sich zum/zur Fachplaner/-in für Energie- und Gebäudetechnik (TGA-Fachplaner /-innen) weiterzubilden (vgl. Abschnitt 2.4.5). Auch bei dieser Weiterbildung werden die Prüfungsvorschriften von den zuständigen Handwerkskammern erlassen.

Fachkräfte in der Bauelektrik können sich im Zusammenhang mit dem Einbau von Wärmepumpen ebenfalls zur Durchführung von Tätigkeiten am Kältekreislauf berechtigen lassen, indem sie den Sachkundenachweis gemäß Chemikalien-Klimaschutzverordnung erwerben.⁶⁵

Hinsichtlich des **gewerkeübergreifenden Arbeitens** und vor dem Hintergrund der zunehmenden Elektrifizierung des Wärmemarkts, Sektorenkopplung und digitaler Vernetzung der Gebäudetechnik haben der Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) und der Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH) die bestehende handwerksrechtliche **§7a-Verbändevereinbarung** aktualisiert. Hierin werden fachliche Anforderungen definiert, die für die Ausführung von Tätigkeiten im jeweils anderen Gewerk zu erfüllen sind. Betriebe aus dem Bereich Sanitär, Heizung und Klima sowie entsprechend aus dem Elektrobereich können so

⁶⁴ Fraunhofer IAO (2022).

⁶⁵ Vgl. Industrie- und Handelskammer Frankfurt am Main. Link: <https://www.frankfurt-main.ihk.de/industrie-innovation-und-umwelt/umwelt/chemikalienverbotsverordnung/chemikalien-klimaschutzverordnung-5281544> (online, abgerufen am 20.07.2022).

Leistungen aus einer Hand anbieten. Die Qualifizierungsmaßnahme richtet sich an Handwerksmeister/-innen und umfasst 240 Unterrichtseinheiten (Theorie und Praxis) und schließt mit einem Sachkundenachweis ab. Teilnehmer/-innen erhalten ein bundeseinheitliches Zertifikat von beiden Zentralfachverbänden.⁶⁶

Akademische Ausbildung

Weitere Berufs- und Karrieremöglichkeiten kann ein Studium eröffnen. Mögliche Studienfächer (und darin vermittelte Kenntnisse mit Relevanz für die Energieeffizienz im Gebäudesektor) umfassen folgende Studienschwerpunkte, welche an Universitäten, Fachhochschulen und Berufsakademien angeboten werden:

- Gebäudetechnik/Gebäudeenergie-technik (u. a. computergestützte Planung in der Gebäudetechnik, Klimatechnik, Gebäudeautomation, teilweise auch BIM und regenerative Energieerzeugung)
- Versorgungstechnik (u. a. angewandte Heizungs-, Lüftungs-, Klima-, Umwelttechnik, Information und CAD, teilweise auch Anlagenhydraulik zur Wärme- und Kälteversorgung)
- Energietechnik (u. a. elektrische Energieversorgung, Gebäudeautomation, regenerative Energien, Technisches Zeichnen, CAD)
- Elektrotechnik (u. a. Entwicklung und Konstruktion elektrotechnischer Produkte wie Steuerungs- und Regelungseinrichtungen)

2.4.2 Berufe in der Bauplanung und -überwachung (3110)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Bauplanung und -überwachung** zählen zu den Bauplanungs-, Architektur- und Vermessungsberufen und umfassen ausschließlich akademisch ausgebildete Fachkräfte, u. a. **Bauingenieur/-innen**. Tragwerksplaner/-innen (auch Statiker/-innen genannt) haben meist Bauingenieurwesen studiert und fallen daher ebenfalls in diese Berufsgruppe. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikationen und Tätigkeiten spielen Beschäftigte in dieser Berufsgruppe eine zentrale Rolle, um die Energieeffizienzziele im Gebäudesektor zu erreichen. Je nach Komplexität und Dimension der Bau- bzw. Sanierungsvorhaben übernehmen Bauingenieur/-innen bei der Planung einer (kommunalen) **energieeffizienten Wärme- bzw. Kälteversorgung** sowie bei der **energetischen Sanierung der Gebäudehülle** planerische Aufgaben. Im Kontext der Handlungsfelder der vorliegenden Studie umfassen typische Tätigkeiten und Kompetenzen im Bereich der neben Planungsaufgaben auch die Bauvorbereitung und -ausführung sowie den konstruktiven Ingenieurbau.⁶⁷

Sogleich der Ausbildungsschwerpunkt bei Bauingenieur/-innen stärker auf der Technik liegt als bei Architekt/-innen, gibt es im Einsatzgebiet von Bauingenieur/-innen und Architekt/-innen insbesondere im Bereich der Energieeffizienz in der Baukonstruktion und im Baubetrieb in der Praxis einen hohen Überdeckungsgrad. Zu den typischen Aufgaben und Kompetenzen von Bauingenieur/-innen zählen u. a.:

- Grundlegendes Verständnis zu wesentlichen mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften verschiedener Baustoffe sowie zu deren Herstellung (Baustoffkunde)
- Verständnis bauphysikalischer Zusammenhänge sowie Kenntnisse bauphysikalischer Methoden, wie bspw. energiesparender Wärmeschutz

⁶⁶ ZVSHK (2021).

⁶⁷ Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (2021); BA (2021).

- (Sommerlicher) Wärmeschutz, solare Warmegewinne, Dachausrichtung (Photovoltaik)
- Nachhaltigkeitsbilanzierung
- Kenntnisse über Wärmepumpen im Bestand, Solarthermie und Photovoltaik
- Entwicklung von Quartierskonzepten
- Planung und Gestaltung (innerstädtischer) Baumaßnahmen
- Erarbeitung und Implementierung von Konzepten zum Einsatz von BIM (Methoden und Standards) in Projekten
- Darstellung von Planungen in Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplänen
- Ausschreibung von Baumaßnahmen
- Ausstellung von Energieausweisen

Infobox: Digitale Schnittstellen

Die fortschreitende Digitalisierung bringt für Bauingenieur/-innen eine Vielzahl neuer Technologien und Verfahren mit sich. So arbeiten Bauingenieur/-innen zwar bereits heute überwiegend mit digitalen Planungstools, zukünftig wird gerade die Planung jedoch verstärkt auf Grundlage von BIM stattfinden. Dies ermöglicht Effizienzsteigerungen über den gesamten Planungs- und auch Umsetzungsprozess hinweg. Insbesondere im Zuge der seriellen Sanierung erweist sich BIM als Schlüsseltechnologie.

Neben BIM, bringt auch der Einsatz von mobilen Anwendungen zur präzisen Aufnahme von Maßen und die unmittelbare Speicherung der erhobenen Daten in der Cloud sowie der Einsatz von Drohnen zur Überwachung des Baufortschritts für Bauingenieur/-innen veränderte, wie auch gänzlich neue Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen mit sich. Diese beschränken sich nicht ausschließlich auf digitale Fachkompetenzen⁶⁸:

- Digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungsmodelle und -software
- Kenntnisse modellbasierter Kommunikation mit anderen Gewerken (bspw. mittels BIM)
- Kenntnisse von BIM-Software zur gewerkeübergreifenden Planung von Gebäuden
- Verwaltung und Erstellung von Modelldaten
- Kenntnisse im Umgang mit mobilen Anwendungen für Planung und Aufmaß
- Kenntnisse im Umgang mit Drohnen für Inspektions- und Überwachungsaufgaben
- Kenntnisse in agilen Arbeitsmethoden

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Bauingenieur/-innen arbeiten eng mit weiteren in der Planung von Bauvorhaben beteiligten Gewerken zusammen. So überprüfen sie bspw., ob der Entwurf von Architekt/-innen auch konstruktiv eine standsichere Lösung darstellt. Eine mangelnde gewerke- und berufsübergreifende Zusammenarbeit birgt im Kontext der Planung das Risiko,

⁶⁸ RKW Kompetenzzentrum (2018).

Energieeffizienzgewinne nicht vollständig auszuschöpfen. In der Planungsphase eines Projekts liegt dieses Risiko meist in einer fehlenden wirksamen Kommunikationsstruktur zwischen den beteiligten Akteuren.

Die Zusammenarbeit im Bereich der (kommunalen) energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden konzentriert sich in der Regel insbesondere auf:

- 3111 – Berufe in der Architektur
- 3112 – Berufe in der Stadt- und Raumplanung
- 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
- 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Akademische Ausbildung

Studiengänge im Bauingenieurwesen werden überwiegend an (technischen) Universitäten und (Fach-)Hochschulen angeboten. Studierende erlangen im Studium Kenntnisse in der Konzeption, Entwurf, Konstruktion, Berechnung, Herstellung und dem Betrieb verschiedener Bauwerke.

Bereits im Grundstudium (Bachelor) sind in der Regel Kurse zu digitalen Planungsmethoden wie BIM sowie Informatikkurse verpflichtend im Curriculum verankert. Ebenso werden erste Grundkenntnisse zur Bauphysik und zu nachhaltigen Baustoffen vermittelt. Im Masterstudium können sich Studierende des Bauingenieurwesens dann fachlich in einer von vielen Vertiefungsrichtungen spezialisieren. Dazu zählen bspw. der konstruktive Ingenieurbau, Umwelttechnik, Verkehr und Raumplanung, Geotechnik und der Baubetrieb. Zahlreiche Hochschulen und Universitäten bieten darüber hinaus interdisziplinäre Masterstudiengänge in den Bereichen Nachhaltiges Bauen und Energieeffizienz an.⁶⁹

Sogleich Studierenden des Bauingenieurwesens bereits im Studium (theoretisches) Wissen rund um das Thema Energieeffizienz von Gebäuden vermittelt wird, muss aus Sicht der befragten Expert/-innen im Rahmen der akademischen Ausbildung zukünftig insbesondere eine verstärkte Verzahnung mit der Praxis sichergestellt werden.

Berufliche Fortbildung

Um den sich ständig ändernden und wachsenden Anforderungen in moderner, digitaler Technik, Recht und Ökologie gerecht zu werden und eine Aufrechterhaltung der Qualifizierung zu gewährleisten, bieten u. a. die Ingenieurkammern der Länder Fort- und Weiterbildungen an. Die Themen umfassen neben digitalen Planungsmethoden bspw. auch eine energieeffiziente Bau- und Sanierungsplanung oder die Ökobilanzierung von Gebäuden.

Mit dem „BIM-Standard“ haben die Architekten- und Ingenieurkammern darüber hinaus ein gemeinsames, bundesweites Fortbildungsprogramm zum Building Information Modeling entwickelt. Seit 2018 werden im Rahmen dieses Programms Basis-, seit 2021 auch Vertiefungslehrgänge angeboten.⁷⁰ Während im Basiskurs

⁶⁹ Die TU München bietet bspw. den Masterstudiengang „Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen“ an, die Berliner Hochschule für Technik „Planung nachhaltiger Gebäude“, die Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen „Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen“, die Hochschule Magdeburg Stendal „Energieeffizientes Bauen und Sanieren“ und die Frankfurt University of Applied Sciences „Zukunftssicher Bauen“.

⁷⁰ Bundesarchitektenkammer (2023).

Grundkenntnisse zur BIM-Methode vermittelt werden, liegt in den darauf aufbauenden Modulen der Fokus auf der Informationserstellung, -koordination, und dem -management. Grundlage des Weiterbildungsprogramms ist die VDI-Richtlinie 2552 Blatt 8ff., in welcher erstens Kompetenzen, Qualifikationen und Lerninhalte und zweitens auch Rahmenbedingungen für den Ablauf der Aus-, Fort-, und Weiterbildungen vorgegeben werden.⁷¹

Bauingenieur/-innen haben darüber hinaus die Möglichkeit sich zum/zur Gebäudeenergieberater/-in weiterzubilden (vgl. Abschnitt 2.4.12).

Bauingenieur/-innen haben die Möglichkeit im Rahmen zahlreicher Fort- und Weiterbildungen Wissen in den Bereichen Energieeffizienz und digitale Methoden zu erlangen. Aus Sicht der befragten Expert/-innen muss die Attraktivität zusätzlicher Aus- und Weiterbildungen parallel zum Studium jedoch, erhöht werden.

2.4.3 Berufe in der Architektur (3111)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Architektur** zählen zu den Bauplanungs-, Architektur- und Vermessungsberufen und umfassen ausschließlich akademisch ausgebildete **Architekt/-innen**. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikationen und Tätigkeiten spielen sie eine zentrale Rolle, um die Energieeffizienzziele im Gebäudesektor zu erreichen. Architekt/-innen tragen in der Regel die Gesamtverantwortung für die Umsetzung der öffentlich-rechtlichen Anforderungen an Bauwerke und verantworten damit die Umsetzung der Bauordnungen sowie der energetischen Anforderungen hinsichtlich Energieeffizienz und Klimaschutz im Gebäudebereich. Je nach Komplexität und Dimension der Bau- bzw. Sanierungsvorhaben übernehmen Architekt/-innen planerische Aufgaben sowohl bei der **energieeffizienten Wärme- bzw. Kälteversorgung** als auch bei der **energetischen Sanierung der Gebäudehülle**. Die Aufgaben reichen von der Beratung von Kunden hinsichtlich energetischer Gebäudesanierung über die Grundlagenermittlung, der Erstellung von ersten Entwürfen, der Anfertigung von Modellen, der Überwachung der Bauausführung und -abwicklung bis hin zur Koordination der Planungsbeteiligten.⁷²

Sogleich der Ausbildungsschwerpunkt bei Architekt/-innen stärker auf Entwurf und Gestaltung liegt als bei Bauingenieur/-innen, gibt es im Einsatzgebiet von Architekt/-innen und Bauingenieur/-innen insbesondere im Bereich der Energieeffizienz in der Baukonstruktion und im Baubetrieb in der Praxis einen hohen Überdeckungsgrad. Im Rahmen städtebaulicher Maßnahmen gibt es mit Blick auf die erforderlichen Kompetenzen hingegen Überschneidungen mit Stadt- und Raumplaner/-innen.

Mit Blick auf die Handlungsfelder der vorliegenden Studie umfassen die erforderlichen Tätigkeiten und Kompetenzen von Architekt/-innen dabei u. a.:⁷³

Entwurf

- Bestandsaufnahme und Mitwirkung bei der Bedarfsplanung
- Erstellung energetischer (Sanierungs-)Konzepte, inkl. Möglichkeiten der Quartiersplanung

⁷¹ Vgl. Verband Deutscher Ingenieure (2019). VDI/BS-MT 2552.

⁷² BA (2021) Klassifikation der Berufe 2010 – überarbeitete Fassung 2020. Band 2: Definitiver und beschreibender Teil.

⁷³ BA (2021a); Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (2021); weka (2021); Oliva et al. (2019).

- Kenntnisse zu den architektonischen Anforderungen bei der Planung unterschiedlicher Heizungs- und Klimatechnikanlagen bei Neu- und Bestandsbauten
- Grundlegendes Verständnis unterschiedlicher Heizungs- und Klimatechnikanlagen auf Basis erneuerbarer (z. B. Wärmepumpen in Verbindung mit PV-Anlage, Solarthermie, Fernwärme), fossiler (z. B. Gasheizungsanlagen) oder hybrider Energieträger (bspw. Kombination mit Photovoltaik-Anlagen und Solarthermie-Anlagen) sowie zur Heizverteilung
- Grundlegendes Verständnis verschiedener Baustoffe auch mit Blick auf Nachhaltigkeit, Dämmeigenschaften, Wiederverwertung
- Kenntnisse über das Baukonzept Passivhaus
- Erstellung architektonischer Vorentwurfsplanungen unter Berücksichtigung von Flächenbedarf, vorhandener Baustruktur, Verschattung, solarer Wärmegewinne etc.
- Kenntnisse in der 3D- oder 4D-Gebäudemodellbearbeitung, BIM
- Erarbeitung Planungskonzept: Vordimensionierung der Systeme, Untersuchung von alternativen Lösungsmöglichkeiten, Angaben zum Raumbedarf
- Abschätzung jährlicher Bedarfswerte (z. B. Nutz-, End- und Primärenergieverbrauch)
- Berücksichtigung und Förderung der Baukultur im Zusammenhang mit energetischen Sanierungen

Genehmigungs- und Ausführungsplanung

- Ausstellung von Energieausweisen
- Nachweis sommerlicher Wärmeschutz
- Kenntnisse über technische Voraussetzungen von Hausanschlüssen, bspw. an ein Fernwärmenetz
- Planung von Hausanschlussräumen bzw. Hausanschlusswänden
- Anfertigung von Schlitz- und Durchbruchplänen
- Kommunikation mit zuständigem Versorgungsunternehmen hinsichtlich Hausanschlussleitungen und ggf. Maße des Hausanschlussraumes

Städtebauliche Maßnahmen

- Erstellung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen, z.B. im Rahmen von Stadtteil- und Quartiersplanung, dabei Berücksichtigung von u. a.
 - Fernwärmeanschlüssen
 - Potentiale der Abwärmenutzung (bei Industriebetrieben, Rechenzentren oder Kanalisation)
 - Frischluftschneisen für den sommerlichen Wärmeschutz
 - Etablierung von Parks, Alleen, Baumbestand, Bepflanzung zur Verschattung
 - ÖPNV-Anschlüssen
- Berücksichtigung des ÖPNV-Anschlusses im Rahmen von Stadtteil- und Quartiersplanung
- Betreuung und Steuerung städtebaulicher Großprojekte
- Erstellung von Energiekonzepten von Neubau- und Sanierungsvorhaben
- Ausstellung von Energieausweisen gemäß des Gebäudeenergiegesetzes

Digitale Schnittstellen

Die fortschreitende Digitalisierung bringt für Architekt/-innen eine Vielzahl neuer Technologien und Verfahren mit sich. So arbeiten Architekt/-innen zwar bereits heute überwiegend mit digitalen Planungstools, zukünftig wird die Planung jedoch verstärkt auf Grundlage von BIM stattfinden. Dies

ermöglicht Effizienzsteigerungen über den gesamten Planungs- und auch Umsetzungsprozess hinweg. Insbesondere im Zuge der seriellen Sanierung erweist sich BIM als Schlüsseltechnologie.

Neben BIM, bringen auch weitere digitale Technologien wie bspw. der Einsatz von mobilen Anwendungen zur präzisen Aufnahme von Maßen und die unmittelbare Speicherung der erhobenen Daten in der Cloud für Architekt/-innen veränderte, wie auch gänzlich neue Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen mit sich. Diese beschränken sich nicht ausschließlich auf digitale Fachkompetenzen⁷⁴:

- Digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungsmodelle und -software
- Kenntnisse modellbasierter Kommunikation mit anderen Gewerken (bspw. mittels BIM)
- Kenntnisse von BIM-Software zur gewerkeübergreifenden Planung von Gebäuden
- Verwaltung und Erstellung von Modelldaten
- Kenntnisse im Umgang mit mobilen Anwendungen für Planung und Aufmaß
- Kenntnisse in agilen Arbeitsmethoden

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Architekt/-innen arbeiten eng mit anderen im Planungsprozess beteiligten Gewerken zusammen. In Zusammenarbeit mit Energieberater/-innen erstellen Architekt/-innen bspw. energetische Gebäudekonzepte, welche sie an die jeweiligen Fachplaner/-innen und Ingenieur/-innen weitergeben. Die Aufgabe der Koordination und Abstimmung der Leistungen mit sämtlichen Planungsbeteiligten liegt ebenfalls bei Architekt/-innen. Auch die Kostenschätzung und Terminplanung sowie das Erstellen von Konzepten hinsichtlich Energie, Wasser, der Ökobilanz und dem Rückbau und Recycling wird von Architekt/-innen durchgeführt - in Abstimmung mit den jeweiligen Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik.

Eine mangelnde gewerke- und berufsübergreifende Zusammenarbeit birgt im Kontext der Planung das Risiko, dass Energieeffizienzgewinne nicht vollständig auszuschöpfen. In der Planungsphase eines Projekts liegt dieses Risiko meist in einer fehlenden wirksamen Kommunikationsstruktur zwischen den beteiligten Akteuren. Im Kontext der energetischen Gebäudesanierung betrifft dies Akteure in den folgenden Berufen, darunter insbesondere Techniker/-innen und Meister/-innen:

- Planung energetisch optimaler Heizungs- und Klimatechikanlagen:
 - 2624 – Berufe in der regenerativen Energietechnik (insbesondere Solartechniker/-innen)
 - 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 3112 – Berufe in der Stadt- und Raumplanung
 - 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
 - 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

⁷⁴ RKW Kompetenzzentrum (2018).

- 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung
- Planung energetisch optimaler Gebäudehüllen
 - 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 3112 – Berufe in der Stadt- und Raumplanung
 - 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
 - 3329 – Berufe für Maler- und Lackiererarbeiten
 - 3332 – Berufe in der Zimmerei
 - 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung

SOLL-IST-Abgleich: Studienordnungen

Akademische Ausbildung

Studiengänge im Fachbereich Architektur werden an Fachhochschulen, Universitäten und Hochschulen bzw. Akademien für Bildende Künste angeboten.⁷⁵ In der Regel sind Module wie gebäudetechnische Grundlagen (Haustechnik und Energieversorgung) in sämtlichen Architektur-Studiengängen verpflichtend. Vermittelte Kenntnisse und Kompetenzen im Hinblick auf die Herausforderungen eines energieeffizienten Gebäudestands hängen jedoch stark von der konkreten Ausgestaltung der jeweiligen Studienordnungen und möglicher Spezialisierungen ab. So gibt es laut Bundesarchitektenkammer in Deutschland 72 Universitäten, an denen man Architektur studieren kann. Nur 30 davon haben Lehrangebote zum Thema digitale Planungsmethoden bzw. BIM.⁷⁶ Auch Inhalte rund um die Themen soziale, ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit im Bau, ökologische Baustoffe, Energieeffizienz und smarte Lösungen werden nur vereinzelt angeboten und sind häufig kein verpflichtender Bestandteil des Curriculums.

Aus Sicht der befragten Expert/-innen ist eine breitere Aufstellung der akademischen Ausbildung sowie eine stärkere Verzahnung mit der Praxis, u. a. vor dem Hintergrund der Integration verschiedener Gewerke, notwendig. So bedarf es zum einen einer verstärkten Fokussierung auf das integrale Denken. Zum anderen besteht ein erheblicher Bedarf an Kenntnissen und Kompetenzen in der technischen Gebäudeplanung. Aktuell bieten nur wenige Hochschulen entsprechende Studieninhalte an. Um eine hohe Akzeptanz energieeffizienzrelevanter Maßnahmen zu erreichen, sollte nach Einschätzung der Expert/-innen ein Fokus bei der Weiterentwicklung von Studieninhalten auf dem Einklang zwischen Energieeffizienz und der Baukultur liegen.

Berufliche Fortbildung

Um den sich ständig ändernden und wachsenden Anforderungen in moderner, digitaler Technik, Recht, Ökologie und Gestaltung gerecht zu werden und eine Aufrechterhaltung der Qualifizierung zu gewährleisten, sind in den Architektengesetzen der Länder Fortbildungspflichten verankert.⁷⁷ Das Fortbildungsangebot der

⁷⁵Vgl. Bundesarchitektenkammer: Studium und Beruf. Link: <https://bak.de/kammer-und-beruf/studium-und-beruf/> (online, abgerufen 12.04.2023).

⁷⁶ Vgl. Bundesarchitektenkammer: Digitale Planung in der Hochschulausbildung. Link: <https://bak.de/politik-und-praxis/digitalisierung/fuer-berufspolitisch-aktive-initiativen-zur-digitalisierung/digitale-planung-in-der-hochschulausbildung/> (online, abgerufen 12.04.2023).

⁷⁷ Vgl. Bundesarchitektenkammer: Fortbildung. Link: <https://bak.de/kammer-und-beruf/fortbildung/> (online, abgerufen 12.04.2023).

Architektenkammern reicht dabei von Seminaren zur bauwerksintegrierten Photovoltaik, über Sanierungskonzepte bei Plattenbauten, bis hin zu BIM-Kursen.

Die Architekten- und Ingenieurkammern haben mit dem „BIM-Standard“ haben des Weiteren ein gemeinsames, bundesweites Fortbildungsprogramm zum Building Information Modeling entwickelt. Seit 2018 werden im Rahmen dieses Programms Basis-, seit 2021 auch Vertiefungslehrgänge angeboten.⁷⁸ Während im Basiskurs Grundkenntnisse zur BIM-Methode vermittelt werden, liegt in den darauf aufbauenden Modulen der Fokus auf der Informationserstellung, -koordination, und dem -management. Grundlage des Weiterbildungsprogramms ist die VDI-Richtlinie 2552 Blatt 8ff., in welcher zum einen Kompetenzen, Qualifikationen und Lerninhalte und zum anderen auch Rahmenbedingungen für den Ablauf der Aus-, Fort-, und Weiterbildungen vorgegeben werden.⁷⁹

Eine mögliche Weiterbildungsoption für Architekt/-innen stellt auch die Weiterbildung zum/zur Gebäudeenergieberater/-in dar (vgl. Abschnitt 2.4.12).

Architekt/-innen haben die Möglichkeit im Rahmen zahlreicher Fort- und Weiterbildungen Wissen in den Bereichen Energieeffizienz und digitale Methoden zu erlangen. Aus Sicht der befragten Expert/-innen muss die Attraktivität zusätzlicher Aus- und Weiterbildungen parallel zum Studium jedoch erhöht werden. Eine Möglichkeit können demnach bspw. Bildungsgutscheine darstellen.

2.4.4 Berufe in der Stadt- und Raumplanung (3112)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Stadt- und Raumplanung** zählen zu den Bauplanungs-, Architektur- und Vermessungsberufen und umfassen ausschließlich akademisch ausgebildete **Stadt- und Raumplaner/-innen**. Die Erwerbstätigen dieser Berufsgruppe übernehmen planerische Tätigkeiten, d.h. sie erarbeiten und erstellen Pläne für die räumliche, kulturelle, wirtschaftliche und soziale Entwicklung von Ortsteilen, Städten oder Regionen und wirken bei der Umsetzung entsprechender Projekte bzw. Konzepte mit.⁸⁰ Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikationen und Tätigkeiten spielen Stadt- und Raumplaner/-innen insbesondere im Kontext der **Quartiersentwicklung** und einer **kommunalen Wärmeplanung** (bspw. Wärmenetze) eine zentrale Rolle. Im Rahmen städtebaulicher Maßnahmen gibt es mit Blick auf die erforderlichen Kompetenzen Überschneidungen mit Architekt/-innen.

Die für die Planung von Quartieren bzw. die Entwicklung von Lösungen für eine kommunale Wärmeversorgung erforderlichen Kompetenzen und Kenntnisse umfassen u. a.:

- Entwicklung von Konzepten zur Quartiersentwicklung unter Berücksichtigung von u. a.:
 - Fernwärmeanschlüssen
 - Potentiale der Abwärmenutzung (bei Industriebetrieben, Rechenzentren oder Kanalisation)
 - Frischluftschneisen für den sommerlichen Wärmeschutz

⁷⁸ Vgl. Bundesarchitektenkammer: BIM-Standard deutscher Architekten- und Ingenieurkammern. Link: <https://bak.de/politik-und-praxis/digitalisierung/fuer-planende-digital-durchstarten/bim-standard-deutscher-architekten-und-ingenieurkammern/> (online, abgerufen 12.04.2023).

⁷⁹ Verband Deutscher Ingenieure (2019).

⁸⁰ BA (2021a).

- Etablierung von Parks, Alleen, Baumbestand, Bepflanzung zur Verschattung
- ÖPNV-Anschlüssen
- Grundlegendes Verständnis von Geothermie und Wärmepumpen
- Mitarbeit bei der kommunalen Wärmeplanung
- Entwicklung, Initiierung und Koordination von Sanierungs- und Modernisierungsprojekten
- Vorbereitung von Grundsatzentscheidungen für die kommunale Wärmeplanung
- Durchführung städtebaulicher Beratungen, z. B. für Kommunen
- Erstellung von Struktur- und Standortanalysen
- Kenntnisse in digitalen Planungsprozessen
- Erhebung von Daten zu ökologischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen
- Kenntnisse in digitalen Planungsprozessen
- Erhebung von Daten zu ökologischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen

Infobox: Digitale Schnittstellen

Die fortschreitende Digitalisierung bringt für Stadt- und Raumplaner/-innen eine Vielzahl neuer Technologien und Verfahren mit sich. So arbeiten Stadt- und Raumplaner/-innen zwar bereits heute überwiegend mit digitalen Planungstools, zukünftig wird gerade die Planung jedoch verstärkt auf Grundlage von BIM stattfinden. Dies ermöglicht Effizienzsteigerungen über den gesamten Planungs- und auch Umsetzungsprozess hinweg. Insbesondere im Zuge der seriellen Sanierung erweist sich BIM dabei als Schlüsseltechnologie.

Neben BIM, bringen bspw. auch digitale Verkehrs- und Parkleitsysteme, 3-D-Lasermessverfahren, der Einsatz von Drohnen zur Vermessung von Bauflächen sowie mobile Anwendungen zur präzisen Aufnahme von Grundstücksmaßen und die unmittelbare Speicherung der erhobenen Daten in der Cloud.

Diese digitalen Technologien und Systeme gehen für Stadt- und Raumplaner/-innen mit veränderten, wie auch gänzlich neuen Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen einher, welche sich jedoch nicht ausschließlich auf digitale Fachkompetenzen beschränken⁸¹:

- Digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungsmodelle und -software
- Kenntnisse modellbasierter Kommunikation mit anderen Gewerken (bspw. mittels BIM)
- Kenntnisse von BIM-Software zur gewerkeübergreifenden Planung von Gebäuden
- Verwaltung und Erstellung von Modelldaten
- Kenntnisse in digitalen Verkehrs- und Parkleitsystemen
- Kenntnisse im Umgang mit Vermessungsdrohnen
- Kenntnisse im Umgang mit mobilen Anwendungen zur Erfassung und Übertragung von Messdaten
- Kenntnisse in agilen Arbeitsmethoden

⁸¹ RKW Kompetenzzentrum (2018).

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Bereits heute arbeiten Stadt- und Raumplaner/-innen eng mit anderen im Planungsprozess beteiligten Gewerken zusammen. Insbesondere in größeren Projekten dienen Stadt- und Raumplaner/-innen als Schnittstelle bzw. Projektleitung und erhalten Zuarbeit von den jeweiligen Fachleuten. Dazu zählen neben weiteren Bauplanungs-, Architektur- und Vermessungsberufen insbesondere gebäude- und versorgungstechnische Berufe sowie Berufe in der regenerativen Energietechnik. Im Rahmen energetischer Sanierungen im Quartier arbeiten Stadt- und Raumplaner/-innen auch verstärkt mit Gebäudeenergieberatern zusammen.

Eine mangelnde gewerke- und berufsübergreifende Zusammenarbeit birgt im Kontext der Planung das Risiko, Energieeffizienzgewinne nicht vollständig auszuschöpfen. In der Planungsphase eines Projekts liegt dieses Risiko meist in einer fehlenden wirksamen Kommunikationsstruktur zwischen den beteiligten Akteuren. Im Kontext der Quartierentwicklung und kommunalen Wärmeplanung umfassen die beteiligten Akteure u. a.:

Planung von Quartierslösungen sowie kommunale Wärmeplanung

- 2624 – Berufe in der regenerativen Energietechnik (insbesondere Solartechniker/-innen)
- 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
- 3111 – Berufe in der Architektur
- 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
- 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
- 3430 – Berufe in der Ver- und Entsorgung
- 3432 – Berufe im Rohrleitungsbau
- 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Akademische Ausbildung

Studiengänge im Fachbereich der Stadt- und Raumplanung werden an Universitäten, Fachhochschulen, Universitäten und Hochschulen bzw. Akademien für Bildende Künste angeboten.

Das Studium gestaltet sich in der Regel stark praxisorientiert. Die Notwendigkeit, wirksame Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen umzusetzen, spiegelt sich im Curriculum wider. So werden bereits im Grundstudium verschiedene Aspekte der Planung unter energetischen Kriterien erarbeitet. Im Kontext Integrierter Stadtentwicklungskonzepte (ISEK) wird bspw. die Nachnutzung von Gebäuden – teilweise unter Einsatz von BIM-Methoden – betrachtet. Ein Studienfokus auf Ebene des Städtebaus bzw. der Quartiersentwicklung liegt auf Möglichkeiten der nachhaltigen Energie- und Wärmeerzeugung (bspw. PV-Anlagen, Wärmepumpe, Geothermie, Dachbegrünung).

Masterstudiengänge im Bereich der Stadt- und Raumplanung sind häufig interdisziplinär aufgestellt. So können Studierende mit Bachelorabschlüssen in den Fachbereichen Architektur, Geographie oder Landschaftsarchitektur, aber auch mit technischen Abschlüssen wie bspw. Klima-Engineering, einen Masterabschluss in der Stadt- und Raumplanung erlangen. Die im Beruf notwendigen Kompetenzen der interdisziplinären Zusammenarbeit werden somit bereits im Studium erlernt.

Gesellschaftliche Entwicklungen wie das Streben nach einem energieeffizienten Gebäudestand oder auch der Einzug der Digitalisierung in die Baubranche erweitern die Qualifikationsanforderungen von Stadt- und

Raumplaner/-innen. Dies wird u. a. an der Vielzahl verschiedener Studiengänge im Bereich der Stadt- und Raumplanung sichtbar, u. a. Smart City Engineering⁸², Urban Design⁸³ und Transforming City Regions⁸⁴.

Sogleich Studierenden im Bereich der Stadt- und Raumplanung bereits in ihrer Ausbildung (theoretisches) Wissen rund um die Themen Energieeffizienz von Gebäuden, interdisziplinäre Zusammenarbeit sowie digitale Arbeitsmethoden vermittelt wird, muss aus Sicht der befragten Expert/-innen im Rahmen der akademischen Ausbildung zukünftig eine stärkere Verzahnung mit der Praxis sichergestellt werden.

Berufliche Fortbildung

Die Architekten- (und Stadtplaner-)Kammern der Länder bieten ein breites Fortbildungsprogramm für Stadt- und Raumplaner/-innen an. Kenntnisse, die im Rahmen des Studiums nicht vermittelt wurden, wie bspw. eine klimagerechte Stadt- und Quartiersentwicklung oder BIM in der Stadtplanung, können auf diesem Weg erlangt werden.

Mit dem „BIM-Standard“ haben die Architekten- und Ingenieurkammern darüber hinaus ein gemeinsames, bundesweites Fortbildungsprogramm zum Building Information Modeling entwickelt, welches auch für Stadt- und Raumplaner/-innen geeignet ist. Seit 2018 werden im Rahmen dieses Programms Basis-, seit 2021 auch Vertiefungslehrgänge angeboten.⁸⁵ Während im Basiskurs Grundkenntnisse zur BIM-Methode vermittelt werden, liegt in den darauf aufbauenden Modulen der Fokus auf der Informationserstellung, -koordination, und dem -management. Grundlage des Weiterbildungsprogramms ist die VDI-Richtlinie 2552 Blatt 8ff., in welcher zum einen Kompetenzen, Qualifikationen und Lerninhalte und zum anderen auch Rahmenbedingungen für den Ablauf der Aus-, Fort-, und Weiterbildungen vorgegeben werden.⁸⁶

Stadt- und Raumplaner/-innen haben die Möglichkeit im Rahmen zahlreicher Fort- und Weiterbildungen Wissen in den Bereichen Energieeffizienz und digitale Methoden zu erlangen. Aus Sicht der befragten Expert/-innen muss die Attraktivität zusätzlicher Aus- und Weiterbildungen parallel zum Studium jedoch erhöht werden. Eine Möglichkeit können demnach bspw. Bildungsgutscheine darstellen.

⁸² Dieser Studiengang wird u. a. an der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften als Bachelor-Studiengang angeboten.

⁸³ Dieser Studiengang wird u. a. an der Jade Hochschule als Bachelor-Studiengang angeboten.

⁸⁴ Dieser Studiengang wird angeboten wie an der RWTH Aachen als Master-Studiengang angeboten.

⁸⁵ Bundesarchitektenkammer (2023).

⁸⁶ Verband Deutscher Ingenieure (2019).

2.4.5 Berufe in der Gebäudetechnik (3410)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Gebäudetechnik** zählen zu den gebäude- und versorgungstechnischen Berufen. Im Kontext dieser Studie werden darunter insbesondere **Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik** (TGA-Fachplaner/-innen) gefasst. Fachplaner/-in für Energie- und Gebäudetechnik ist keine staatlich anerkannte bzw. geschützte Berufsbezeichnung, sondern zählt als Weiterbildungsberuf. Eine entsprechende Qualifizierung steht insbesondere Personen mit einer Fortbildung zur/zum Meister/-in oder Techniker/-in in einem elektro- und informationstechnischen Handwerk, aber auch Personen, die die erforderlichen Kenntnisse und Kompetenzen nachweisen können, offen.⁸⁷ Dazu zählen auch Akademiker/-innen mit einem Hochschulabschluss, bspw. in einem Ingenieurstudiengang.

Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik übernehmen zum einen die technische Planung von Gebäuden und arbeiten dabei Architekt/-innen zu. Zum anderen optimieren und warten sie auch die technische Ausstattung in Bestandsimmobilien. Darüber hinaus sind sie auch in die Bauleitung eingebunden und übernehmen die Abstimmung mit den verschiedenen beteiligten Gewerken. Der gewerkeübergreifenden Koordination kommt hierbei eine zentrale Rolle zu, denn die verschiedenen gebäudetechnischen Anlagen müssen, um energieeffizient zu funktionieren, optimal aufeinander abgestimmt sein.

Die TGA-Planung umfasst in der Regel die Bereiche Heizung, Sanitär, Klima und Lüftung, Elektrotechnik sowie die Gebäudeautomation. Aus diesem Grund spielen Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik eine Schlüsselrolle, um die Energieeffizienzziele im Gebäudesektor zu erreichen.

In Hinblick auf die erforderlichen Kompetenzen ergeben sich Überschneidungen mit **Ingenieur/-innen für Gebäudetechnik und Facility-Management** sowie **Facility-Manager/-innen**. So planen auch Ingenieur/-innen für Gebäudetechnik und Facility-Management Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage sowie sanitär-, sicherheits- und kommunikationstechnische Einrichtungen von Gebäuden mit den zugehörigen Apparaturen, Rohrleitungen, Kesseln, Mess- und Regeleinrichtungen. Facility-Manager/-innen stellen die optimale Bewirtschaftung der technischen Infrastruktur und Ausstattung von Gebäuden sicher und sind zudem – wie auch TGA-Fachplaner/-innen – bereits in der Planungs- und Bauphase eingebunden. Auch **Hauswart/-innen** bzw. **Haustechniker/-innen** üben teilweise Tätigkeiten wie Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten von Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik aus.

Typische Tätigkeiten und Kompetenzen von TGA-Fachplaner/-innen umfassen u. a.⁸⁸:

- Durchführung von Kostenschätzungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen
- Ermittlung des Ist-Zustands von Bestandsgebäuden mithilfe verschiedener Messgeräte
- Grundverständnis bauphysikalischer Anforderungen (bspw. konstruktive Berücksichtigung von Wärme- und Schallschutzanforderungen) sowie baukonstruktives Verständnis bestehender Gebäude
- Grundverständnis für die Gebäudehülle
- Kenntnisse über das Baukonzept Passivhaus
- Kenntnisse über einschlägige Vorschriften und Normen (wie VOB, DIN, VDE, HOAI) sowie der Erneuerbaren-Energien-Verordnung (EnEV)

⁸⁷ Handwerkskammer Oldenburg (2015).

⁸⁸ BERUFENET (2022).

- Durchführung von (bauphysikalischen) Berechnungen und Simulationen
- Projektion von Steuer- und Regeleinrichtungen für gebäudetechnische Anlagen sowie Entwerfen von Steuerungsprogrammen
- Auslegung und Ausführung von Heiz-, Klima-, und Lüftungsanlagen sowie Elektrotechnik und Gebäudeautomation (u. a. Berechnungen von Heiz- bzw. Kühllast sowie Energiebedarf)
- Planung und Organisation von Einrichtung und Wartung gebäudetechnischer Anlagen
- Erstellung technischer Unterlagen (wie Verteiler-, Schaltschrankschrankaufbau-, Klemmpläne)
- Auswahl geeigneter technischer Komponenten für die technische Gebäudeausstattung
- Kenntnisse in CAD- und AVA-Anwendungen
- Organisation des Baustellenbetriebs
- Beratung von Kund/-innen hinsichtlich energetischer Sanierungsmaßnahmen bzw. bei der Anschaffung neuer gebäudetechnischer Anlagen
- ggf. Erbringung bauphysikalischer Nachweise und Bilanzierungen nach EnEV, Wärmebrücken-Nachweise, Lüftungskonzepte und Berechnungen zum sommerlichen Wärmeschutz

Infobox: Digitale Schnittstellen

Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik erstellen ihre Berechnungen und Planungen bereits heute überwiegend digital. Aktuell greifen sie dabei auf unterschiedliche, fachspezifische Softwareprogramme zurück. Digitale und gewerkeübergreifende Planungsmethoden wie BIM spielen gegenwärtig in der Praxis noch keine zentrale Rolle, werden in Zukunft insbesondere in Planungsberufen jedoch verstärkt zum Einsatz kommen. Hierdurch können Effizienzsteigerungen im gesamten Planungs- und Verarbeitungsprozess ermöglicht sowie die Kommunikation zwischen den Gewerken verbessert werden.

Die fortschreitende Digitalisierung bringt neben kooperativen Planungssoftwares auch weitere neue Technologien und Verfahren, wie bspw. die Vernetzung gebäudetechnischer Systeme durch das Internet of Things (IoT) oder 3-D-Simulation mit sich, welche mit erweiterten und veränderten Kompetenzanforderungen für Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik einhergehen. Diese beschränken sich jedoch nicht ausschließlich auf digitale Fachkompetenzen⁸⁹:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten und -Software zur Erstellung von 3-D-Simulationen)
- Kenntnisse modellbasierter Kommunikation mit anderen Gewerken (bspw. mittels BIM)
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung digitaler Mess- und Regelungstechnik („Smart Meter Gateway“)
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung vernetzter Gebäudetechnik („Connected Buildings“, Smart-Home-Anwendungen, Smart-Grid-Systeme)
- ggf. Kenntnisse im Umgang mit IoT- oder sogar KI-fähiger Anlagentechnik

⁸⁹ RKW Kompetenzzentrum (2018).

- ggf. Kenntnisse in der Erstellung, Auswertung und Verwaltung von BIM-Software (z. B. für Projektierung von Heizungsnetzen, Gestaltung und Berechnung elektrischer Systeme)
- Kenntnisse in agilen Arbeitsmethoden

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik arbeiten in ihrer Schnittstellenfunktion eng mit anderen beteiligten Gewerken zusammen. Sie arbeiten häufig Hand in Hand mit Architekt/-innen und koordinieren die beteiligten TGA-Gewerke. Sie entwickeln gemeinsam mit den zuständigen Gewerken Lösungen für Heizungen, Stromversorgung, Solaranlagen, Raumlüftung und Beleuchtung und stimmen diese optimal aufeinander ab.

Eine mangelnde gewerke- und berufsübergreifende Zusammenarbeit birgt im Kontext der Planung das Risiko, Energieeffizienzpotenziale nicht vollständig auszuschöpfen. So kommen Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik in der Praxis häufig erst in bestehenden Gebäuden zum Einsatz. Fehlplanungen wie etwa fehlende Leitungen, Schächte o.ä. sind dann nur noch schwer zu beheben. Bereits in der Planungsphase eines Projekts stellt daher eine fehlende wirksame Kommunikationsstruktur zwischen den beteiligten Akteuren und Gewerken ein Risiko dar.

Typische Schnittstellen mit anderen Gewerken bzw. Berufen umfassen z.B.:

- 2621 – Berufe in der Bauelektrik
- 2624 – Berufe in der regenerativen Energietechnik (insbesondere Solartechniker/-innen)
- 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
- 3111 – Berufe in der Architektur
- 3112 – Berufe in der Stadt- und Raumplanung
- 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
- 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
- 3423 – Berufe in der Kältetechnik
- 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungsordnung

Grundsätzlich handelt es sich bei Fachplaner/-innen für Energie- und Gebäudetechnik nicht um eine geschützte Berufsbezeichnung. Vielmehr bestehen unterschiedliche Aus- und Weiterbildungswege, um Tätigkeiten in der TGA-Fachplanung durchführen zu können. Als erforderliche Grundqualifikation für die Weiterbildung zum/zur Fachplaner/-in für Energie- und Gebäudetechnik zählen sowohl akademische wie auch berufliche Ausbildungswege:

Akademische Grundqualifikation: Berufsqualifizierender Hochschulabschluss in technischen bzw.

Ingenieurstudiengängen, wie

- Versorgungstechnik
- Elektrotechnik
- Energietechnik
- Konstruktionstechnik

- Gebäudetechnik
- Maschinenbau
- Facility-Management (Technisches Gebäudemanagement)

Berufliche Grundqualifikation: Voraussetzung für die Zulassung zur Weiterbildungsprüfung ist in der Regel die Meister- oder Technikerprüfung in einem der folgenden Bereiche:

- Buelektrik
- Gebäudetechnik
- Versorgungstechnik
- Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
- Kältetechnik
- Technische Zeichner/-innen

Die **Prüfungsvorschriften** werden von den zuständigen Handwerkskammern erlassen. In der Regel besteht die Weiterbildung aus einem kaufmännischen und einem planerischen Teil. Die Weiterbildungsinhalte umfassen typischerweise folgende Themenfelder: ⁹⁰

- Betriebswirtschaft
- Industrieautomation
- Industrieelektronik
- Gebäudeautomation
- Kommunikations- und Gebäudetechnik
- Erneuerbare Energien
- Projektierung, Planung und Dokumentation

Berufliche Fortbildung

Zwar stellen digitale Technologien und Methoden wie Sensorik, SPS-Technik und Programmierung in der Regel bereits wesentliche Bestandteile der Weiterbildung zum/zur Fachplaner/-in für Energie- und Gebäudetechnik dar, dennoch weist die TGA-Fachplanung einen stetigen Fortbildungsbedarf auf – insbesondere aufgrund des hohen Anteils sich dynamisch verändernder Technik. Aus diesem Grund müssen die Erwerbstätigen ihre Kenntnisse und Kompetenzen regelmäßig auf den aktuellen Stand bringen. Der VDI bietet bspw. regelmäßig Seminare zum Thema „BIM-gestützte TGA-Planung“ an.⁹¹

Aus Sicht der befragten Expert/-innen sollte der erhöhte Kooperationsbedarf zwischen Architekt/-innen und TGA-Fachplaner/-innen bereits in der Aus- bzw. Weiterbildung oder im Studium eine Rolle spielen. Auch die Entwicklung hin zu gewerkeübergreifenden Planungsmodellen sollte nach Einschätzung der Expert/-innen vorangetrieben werden, da diese die Zusammenarbeit in der Zukunft weiter stärken können.

⁹⁰ Handwerkskammer Oldenburg (2015).

⁹¹ Das aktuelle Angebot ist hier zu finden: <https://www.vdi-wissensforum.de/weiterbildung-bau/bim-gestuetzte-tga-planung/>.

2.4.6 Berufe in der Dachdeckerei (3214)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Dachdeckerei** zählen zu den Hochbauberufen und umfassen ausschließlich beruflich ausgebildete Fachkräfte. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation und typischen beruflichen Tätigkeit können sie sowohl für die **energieeffiziente Wärmeversorgung** als auch bei der **energetischen Sanierung der Gebäudehülle** wichtige Aufgaben übernehmen: Das Aufgabenspektrum reicht von der Montage von PV- und Solarthermieanlagen bis hin zu wärmedämmenden Maßnahmen.⁹² Im Kontext serieller Dämmmaßnahmen könnten sich die Tätigkeiten in Zukunft stärker auf die Montage industriell vorgefertigter Dachelemente auf der Baustelle beschränken.⁹³ Von Handwerksvertreter/-innen wird in diesem Zusammenhang jedoch auf die Unterschiedlichkeit von Gebäuden und damit auf einen weiterhin hohen Bedarf an individuellen Lösungen im Dach- und Fassadenbereich verwiesen.⁹⁴ Zudem werden im Zuge dieser Entwicklung neue Arbeitsplätze in der industriellen Vorfertigung von Fassadenelementen entstehen.

Die Tätigkeiten an Dächern und Außenwänden werden dabei überwiegend von beruflich ausgebildeten **Dachdecker/-innen** übernommen, u.a. auf Basis von Ausführungs- und Detailplänen. Die Anleitung und Planung der entsprechenden Maßnahmen am Gebäude werden überwiegend von **Dachdeckermeister/-innen** übernommen. Je nach Komplexitätsgrad des Gebäudes können aber auch andere Berufsgruppen in der Planung eine wesentliche Rolle (z.B. Solartechniker/-innen). Zudem stellt das Klempnerhandwerk ein verwandtes Handwerk im Sinne der Handwerksordnung dar, weshalb planerische und ausführende Tätigkeiten des Dachdeckerhandwerks auch von ausgebildeten **Klempner/-innen** bzw. **Klempnermeister/-innen** durchgeführt werden können.⁹⁵

Mit Blick auf die energetische Sanierung der Gebäudehülle in Wohngebäuden umfassen die typischen Tätigkeiten und Kompetenzen in der Dachdeckerei:⁹⁶

- Vermessung von Dachflächen
- Errichtung temporärer Hilfskonstruktionen, z. B. Dachaufzüge und Gerüste
- Decken von Steildächern und Abdichten von Flachdächern mit unterschiedlichen Werkstoffen
- Austausch und Montage von (Dach-)Fenstern und Außentüren
- Anbringung von Wärmedämmungen an Dachflächen, Außenwänden, Keller und oberster Geschossdecke
- Herstellung von Holzkonstruktionen (Dachstühle)
- Auswahl, Montage und Befestigung von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen und (ggf. vorgefertigter) Fassaden- und Dachelemente
- Durchführung regelmäßiger Dachwartungen
- Demontage und Recycling
- ggf. Planung von Dachbegrünung (Ausführung i.d.R. von Fachkräften im Garten- und Landschaftsbau)
- Kommunikation in der Kundenberatung
- Kalkulation und Dokumentation von Installations- und Wartungsarbeiten
- Kenntnisse rechtlicher und regulativer Vorschriften („wer darf was?“)

⁹² BA (2021a).

⁹³ Umweltbundesamt (2021).

⁹⁴ ZVDH (2022).

⁹⁵ Vgl. Verordnung über verwandte Handwerke vom 18. Dezember 1968 (BGBl. I S. 1355), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Juni 2021 (BGBl. I S. 1654).

⁹⁶ BA (2021a).

- Beratung zu möglichen Förderungen
- ggf. Kenntnisnahme und Erprobung von Neu- und Weiterentwicklungen in der Solartechnik und innovativen Dämmmaterialien

Infobox: Digitale Schnittstellen

Auch die Erwerbstätigen in der Dachdeckerei sind mit einer zunehmenden Digitalisierung konfrontiert: Übergreifend wird die digitale Vernetzung und Automation im Gebäudesektor den Bedarf an digitalen (Grund-)Kompetenzen erhöhen. So kommen etwa zunehmend digitale Vermessungstechniken, z.B. mithilfe von Drohnen oder 3-D-Laserscanning zum Einsatz.⁹⁷ Die Nutzung digitaler Schnittstellen wie etwa BIM spielt für die Tätigkeiten in der Dachdeckerei bislang jedoch noch eine geringe Rolle.⁹⁸ In Zukunft könnte die Auswertung und Verarbeitung von Informationen aus digitalen Planungsmodellen (z.B. für das Aufmaß eines Gebäudes) aber an Bedeutung gewinnen.

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich – auch veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- Digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Ggf. Kenntnisse modellbasierter Kommunikation mit anderen Gewerken mittels digitaler Planungsmodelle (z. B. für Aufmaß des Dachs)
- Ggf. Kenntnisse in digitalen Vermessungstechniken (z. B. mithilfe von 3-D-Laserscanning oder Drohnen)
- Ggf. Kenntnisse in Sensorik und automatischer Steuerung (sog. „Intelligent Green Building“)

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Aufgrund des umfangreichen Tätigkeitsprofils arbeiten Dachdecker/-innen traditionell mit einer Vielzahl anderer Gewerke und Berufe zusammen. Die zunehmende Bedeutung der energetischen Gebäudesanierung verstärkt diese Entwicklung. Auf der einen Seite kann die enge Zusammenarbeit mit dem Elektrohandwerk Dachdecker/-innen entlasten, beispielsweise bei der Installation von PV- und Solarthermieanlagen: Während Dachdecker/-innen die einzelnen Module zusammenstecken und installieren, übernehmen Fachkräfte des Elektrohandwerks anschließend die Installation und Inbetriebnahme des Wechselrichters.

Auf der anderen Seite birgt eine mangelnde Zusammenarbeit der relevanten Gewerke und Berufe das Risiko, Energieeffizienzpotenziale nicht vollständig auszuschöpfen. So kann etwa der mangelhafte Anschluss des Dachs an die Fassade dazu führen, dass sich Wasser oder Feuchtigkeit (z.B. durch Regen) in der Fassadendämmung sammelt, was wiederum die Dämmleistung vermindern kann. Zudem kann eine nachträgliche Verlegung von Elektro- oder Sanitärleitungen die Dämmschicht beschädigen und die Dämmleistung beeinträchtigen.

⁹⁷ Handwerk + Bau (2021).

⁹⁸ Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik (2018).

Um die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit zwischen dem Dachdeckerhandwerk und dem Elektrohandwerk zu stärken, besteht seit dem Jahr 2022 eine Kooperationsvereinbarung der entsprechenden Zentralverbände. Ziel ist es, gemeinsame Weiterbildungsconzepte zu entwickeln und innovative technische Lösungen in die Breite der Betriebe zu tragen.⁹⁹

Typische Schnittstellen mit anderen Gewerken bzw. Berufen im Kontext energetischer Gebäudesanierung umfassen z.B.:

- **Planung (z.B. von PV- und Solarthermiananlage)**
 - 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 2621 – Berufe in der Bauelektrik
 - 2624 – Berufe in der regenerativen Energietechnik (insbesondere Solartechniker/-innen)
 - 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
 - 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
 - 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung

- **Anschluss des Dachs an Außenwand/oberste Geschossdecke:**
 - 3212 – Berufe im Maurerhandwerk
 - 3215 – Berufe im Fassadenbau
 - 3321 – Berufe für Maler- und Lackierarbeiten
 - 3330 – Berufe im Aus- und Trockenbau
 - 3332 – Berufe in der Zimmerei

- **Durchdringung Dach (z.B. Einbau von Fenstern, Anschluss PV- und Solarthermianlage)**
 - 2621 – Berufe in der Bauelektrik
 - 3332 – Berufe in der Zimmerei
 - 3334 – Berufe in der Glaserei
 - 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungsordnung

Berufliche Ausbildung

Die Ausbildungsordnung für Dachdecker/-innen wurde zum 1. August 2016 modernisiert.¹⁰⁰ Dabei wurde der gesteigerte Bedarf an Kompetenzen im Bereich der erneuerbaren Energien und energetischer Sanierungsmaßnahmen aufgegriffen.¹⁰¹ Die Ausbildung lässt nunmehr eine Spezialisierung in unterschiedlichen Schwerpunkten zu.¹⁰² Betriebe und Auszubildende legen zu Beginn der Ausbildung gemeinsam einen Schwerpunkt fest, die entsprechende Vertiefung erfolgt im dritten Ausbildungsjahr. Im Rahmen des neu geschaffenen Schwerpunkts „Energietechnik an Dach und Wand“ können interessierte Auszubildende etwa berufsprofilgebende Kenntnisse und Kompetenzen im Bereich der Photovoltaik und Solarthermie erwerben. Der Rahmenlehrplan für die Berufsschulen sieht für diese (und ähnliche) Lerninhalte im dritten Ausbildungsjahr 40 Unterrichtsstunden vor.

⁹⁹ ZVDH (2022).

¹⁰⁰ Verordnung über die Berufsausbildung zum Dachdecker und zur Dachdeckerin vom 28. April 2016 (BGBl. I S. 994).

¹⁰¹ Bundesinstitut für Berufsbildung (2016).

¹⁰² Diese umfassen Dachdeckungstechnik, Abdichtungstechnik, Außenwandbekleidungsstechnik, Energietechnik sowie Reetdachtechnik.

Dabei werden Kenntnisse in der Planung, Montage und Überprüfung von Photovoltaikmodulen und Solarthermien vermittelt.¹⁰³

Aus Sicht der befragten Expert/-innen wählen bislang jedoch nur wenige Betriebe und Auszubildende diesen Schwerpunkt. Unklar ist bislang, inwieweit dies auf ein mangelndes Interesse der Auszubildenden oder der Betriebe zurückzuführen ist. Mit Blick auf die Betriebe wird vermutet, dass der Bedarf an PV und Solarthermie bislang noch nicht ausreichend wahrgenommen wurde. Darüber hinaus scheinen die gegenwärtig bereits vollen Auftragsbücher in den Betrieben die bestehenden personellen Kapazitäten zu binden. Insofern bleibt bislang noch abzuwarten, inwieweit der neu geschaffene Ausbildungsschwerpunkt die entsprechenden Kenntnisse und Kompetenzen in die Breite der Betriebe tragen kann.

Berufliche Fortbildung

Nach erfolgreichem Abschluss der Ausbildung steht den Erwerbstätigen im Dachdeckerhandwerk eine Vielzahl an beruflichen Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten offen, um Kenntnisse und Kompetenzen im Bereich der Energieeffizienz zu erlangen. So bietet etwa der Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) eine zertifizierte Weiterbildung zum PV-Manager im Dachdeckerhandwerk im Umfang von 40 Stunden an, geplant ist zudem eine Zertifizierung zum Gründach-Manager.¹⁰⁴ Laut Angaben des ZVDH nahmen bis November 2022 bereits rund 500 Dachdeckerbetriebe an der Fortbildung zum PV-Manager teil.¹⁰⁵ Ebenfalls möglich ist eine umfassendere Weiterbildung zum/zur Solartechniker/-in bzw. zum/zur Fachwirt/-in Solartechnik (vgl. Infobox). Je nach Bildungsanbieter kann diese in Voll- und Teilzeit absolviert werden. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit zu einem (dualen) Studium, etwa im Bauingenieurwesen.

Infobox: Solartechniker/-in bzw. Fachkraft für Solartechnik (berufliche Weiterbildung)

Die fachgerechte Planung von PV- oder Solarthermieanlagen ist mit Blick auf die Leistungsfähigkeit und Energieeffizienz essenziell. Insbesondere Dachdecker/-innen, aber auch andere Gewerke und Berufsgruppen können sich in diesem Bereich spezialisieren und eine berufliche Weiterbildung zur/zum Solartechniker/-in bzw. zur Fachkraft für Solartechnik absolvieren. Im Anschluss können die Fachkräfte alle wesentlichen planerischen Tätigkeiten im Zusammenhang mit PV- oder Solarthermieanlagen übernehmen. Im Gegensatz zu den Tätigkeiten im Planungs- und Überwachungsprozess erfolgt die Montage, Installation und Wartung in der Praxis häufig auch durch andere Berufsgruppen. Entscheidend hierfür ist, inwieweit die entsprechende Fachkraft über die dafür notwendigen Qualifikationsnachweise, insbesondere für den elektrischen Anschluss einer PV- oder Solarthermieanlage, verfügt.

¹⁰³ Vgl. KMK (2016).

¹⁰⁴ ZVDH (2022a).

¹⁰⁵ ZVDH (2022b).

Voraussetzung für eine Eintragung in die Handwerksrolle und damit die Übernahme oder Gründung eines Dachdeckerbetriebs ist die Meisterprüfung zur Dachdeckermeister/-in. Diese ist bundeseinheitlich in der Dachdeckermeisterverordnung geregelt und besteht seit 2006.¹⁰⁶

Nach erfolgreichem Abschluss der Meisterprüfung bestehen zusätzliche Weiterbildungsmöglichkeiten, wie z.B. eine Weiterbildung zum/zur Gebäudeenergieberater/-in (vgl. Abschnitt 2.4.12).

In der Vergangenheit bestand aus Sicht der befragten Expert/-innen häufig das Problem, dass die bestehenden Weiterbildungsangebote von den Erwerbstätigen und Betrieben im Dachdeckerhandwerk nur in begrenztem Maße wahrgenommen wurden. Die Gründe hierfür sind bislang noch unklar, es wird jedoch vermutet, dass der Bedarf an PV und Solarthermie von den Betrieben in der Vergangenheit noch nicht ausreichend wahrgenommen wurde. Hinzu kommt die gegenwärtig hohe Auftragslage in den Betrieben, die den Beschäftigten nur wenig Raum für Fort- und Weiterbildungen lässt.

Laut Angaben des ZVDH ging die Zahl der Teilnehmenden an Weiterbildungsmaßnahmen im vergangenen Jahr jedoch deutlich nach oben.

2.4.7 Berufe für Maler- und Lackiererarbeiten (3321)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe für Maler- und Lackiererarbeiten** zählen zu den (Innen-)Ausbauberufen. Ihre beruflichen Qualifikationen und typischen Tätigkeiten spielen im Zuge der **energetischen Sanierung der Gebäudehülle** eine zentrale Rolle: Die Erwerbstätigen verbauen geeignete Dämmstoffe und bringen Wärmedämm-Verbundsysteme an den Fassaden eines Gebäudes an. Dabei spielen zunehmend auch innovative (Hochleistungs-)Dämmstoffe sowie serienell vorgefertigte Fassadenelemente eine Rolle. Im Kontext serieller Sanierungsmaßnahmen könnten sich die Tätigkeiten in Zukunft stärker auf die Montage industriell vorgefertigter Fassadenelemente auf der Baustelle beschränken.¹⁰⁷ Von Handwerksvertreter/-innen wird in diesem Zusammenhang jedoch auf die Unterschiedlichkeit von Gebäuden und damit auf einen weiterhin hohen Bedarf an individuellen Lösungen im Dach- und Fassadenbereich verwiesen.¹⁰⁸ Zudem werden im Zuge dieser Entwicklung neue Arbeitsplätze in der industriellen Vorfertigung von Fassadenelementen entstehen.

Maler- und Lackiererarbeiten werden überwiegend von beruflich ausgebildeten Fachkräften im anerkannten Ausbildungsberuf **Maler/-in und Lackierer/-in** durchgeführt. Sie übernehmen – je nach gewählter Fachrichtung – ausführende Tätigkeiten an Fassaden, Innenwänden, Decken und Böden von Gebäuden, u.a. auf Basis von Ausführungs- und Detailplänen. Daneben können auch angelernte Arbeitskräfte zum Einsatz kommen. Planungstätigkeiten sowie die Überwachung der Arbeiten können von **Maler- und Lackiermeister/-innen** durchgeführt werden, je nach Komplexitätsgrad des Gebäudes kommen aber auch andere Berufsgruppen in der Planung zum Einsatz (z.B. Architekt/-innen).¹⁰⁹ Zudem stellt das Stuckateurhandwerk ein verwandtes Handwerk im

¹⁰⁶ Dachdeckermeisterverordnung vom 23. Mai 2006 (BGBl. I S. 1263), zuletzt geändert durch Art. 2 Abs. 54 der Verordnung zur Neuregelung des Meisterprüfungsverfahrensrechts vom 18. Januar 2022 (BGBl. I S. 39).

¹⁰⁷ Umweltbundesamt (2021).

¹⁰⁸ ZVDH (2022).

¹⁰⁹ BA (2021a).

Sinne der Handwerksordnung dar, weshalb planerische und ausführende Tätigkeiten des Maler- und Lackiererhandwerks auch von ausgebildeten Stuckateur/-innen bzw. Stuckateurmeister/-innen durchgeführt werden können.¹¹⁰ Angrenzende Tätigkeiten an der Fassade von Gebäuden werden schließlich auch von Fachkräften des Maurerhandwerks (z.B. Anbringung von Dämmmaterialien mithilfe von Feuchtprozessen) sowie des Fassaden- bzw. Metallbauerhandwerks (z.B. Anfertigung von Dämmkonstruktionen auf Basis von Metallen und anderen Werkstoffen) übernommen.

Mit Blick auf die energetische Sanierung der Gebäudehülle in Wohngebäuden umfassen die typischen Tätigkeiten und Kompetenzen in der Arbeit von Maler/-innen und Lackierer/-innen:¹¹¹

- Erstellung von Verlegeplänen bzw. Übertragung der Maße bestehender Ausführungs- und Detailpläne auf das Bauwerk (z.B. auf Basis eines energetischen Sanierungsplans)
- Prüfung und ggf. Ausbesserung von (Montage-)Untergründen (z.B. Trocknung und Abdichtung)
- Montage der Unterkonstruktion von Fassaden- und Dämmelementen
- Durchführung von Dämmarbeiten an Außen- und Innenwänden, Decken und Böden, z.B.
 - Montage von Dämmplatten, verschiedener Dämmmaterialien oder Wärmedämmverbundsystemen (mithilfe unterschiedlicher Techniken)
 - ggf. Auftragen von Wärmedämmputzen
- Identifikation von Wärmebrücken
- ggf. Bedienung optischer und elektronischer Messgeräte (z.B. elektronische Aufmaßgeräte, Wärmebildkameras zur Identifizierung von Wärmebrücken)
- Instandhaltung und Instandsetzung alter Wärmedämmverbundsysteme
- Kommunikation in der Kundenberatung
- Beratung zu möglichen Förderungen
- Kenntnisnahme und Erprobung von Neu- und Weiterentwicklungen von innovativen Dämmmaterialien und Wärmedämmverbundsystemen mit Blick auf Dämmwirkung, Nachhaltigkeit und Wiederverwertung

Digitale Schnittstellen

Auch die Erwerbstätigen im Bereich der Maler- und Lackiererarbeiten sind mit einer zunehmenden Digitalisierung konfrontiert: So können etwa zunehmend digitale Vermessungstechniken, z.B. mithilfe von Drohnen oder 3-D-Laserscanning, zum Einsatz kommen.¹¹² Übergreifend spielt die Nutzung digitaler Schnittstellen wie etwa BIM für die Tätigkeiten im Fassadenbau bislang jedoch noch eine eher untergeordnete Rolle. In Zukunft könnte die Auswertung von Informationen aus digitalen Planungsmodellen (z.B. für das Aufmaß eines Gebäudes) aber an Bedeutung gewinnen.¹¹³

¹¹⁰ Vgl. Verordnung über verwandte Handwerke vom 18. Dezember 1968 (BGBl. I S. 1355), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Juni 2021 (BGBl. I S. 1654).

¹¹¹ Ebd.

¹¹² Handwerk + Bau (2021).

¹¹³ Heinz-Piast-Institut für Handwerkstechnik (2018).

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich – auch veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- ggf. Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- ggf. Kenntnisse digitaler Planungsmodelle und -software
- ggf. Kenntnisse in digitalen Vermessungstechniken (z. B. mithilfe von 3-D-Laserscanning oder Drohnen)
- ggf. Kenntnisse in der Auswertung von BIM Software (z. B. für Aufmaß der Fassade)

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Um alle baulich möglichen Energieeffizienzpotentiale auszuschöpfen, bedarf der Anschluss der Fassade einer engen Abstimmung mit anderen Gewerken und Berufen. Insbesondere der optimale Anschluss der Fassadenelemente an das Mauerwerk, das Dach, die Bodenplatte sowie die Fenster spielt beim Bau und der Sanierung energetisch optimierter Gebäude eine wesentliche Rolle für die Erreichung der angestrebten Energieeffizienzziele. Aus diesem Grund kommt der gewerke- und berufsübergreifenden Zusammenarbeit eine hohe Bedeutung zu, die sich im Zuge der angestrebten Erhöhung der Sanierungsrate für Wohngebäude weiter verstärken wird.

Eine mangelnde Zusammenarbeit zwischen den Gewerken und Berufen kann – vom Dach über die Fenster bis zum Boden – mit einer Vielzahl von Problemen für die Energieeffizienz eines Wohngebäudes einhergehen: So birgt etwa der mangelhafte Anschluss von Wärmedämmverbundsystemen an das Dach und die Bodenplatte die Gefahr, dass Wasser oder Feuchtigkeit (z.B. durch Regen) zu Schimmelbildung führen. Im Zusammenhang mit dem Fenstereinbau können fehlerhafte Abdichtungen der Fugen zur Durchfeuchtung von Dämmmaterialien und damit einer Abnahme der Dämmwirkung führen.

Typische Schnittstellen mit anderen Gewerken bzw. Berufen im Kontext energetischer Gebäudesanierung umfassen z.B.:

- **Planung:**
 - 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung
- **Anschluss der Fassade an das Mauerwerk/die Bodenplatte:**
 - 3211 – Berufe im Beton- und Stahlbetonbau
 - 3212 – Berufe im Maurerhandwerk
 - 3215 – Berufe im Fassadenbau
 - 3330 – Berufe im Aus- und Trockenbau
- **Anschluss der Fassade an das Dach:**
 - 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
 - 3215 – Berufe im Fassadenbau
- **Einpassung von Fenstern:**
 - 3332 – Berufe in der Zimmerei

- 3334 – Berufe in der Glaserei

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungsordnung

Berufliche Ausbildung

Der berufliche Ausbildungsberuf zur/zum Maler/-in und Lackierer/-in wurde 2021 neu geordnet – Ausbildungsordnung und Rahmenlehrplan beinhalten nunmehr die wesentlichen Qualifikations- und Kompetenzbedarfe im Kontext der Energieeffizienz.¹¹⁴ Insbesondere mit der Aufnahme der Fachrichtung „Energieeffizienz- und Gestaltungstechnik“ wurde dabei die steigende Bedeutung des Berufsbildes für Maßnahmen im Bereich der Energieeffizienz berücksichtigt. Insgesamt bestehen fünf Fachrichtungen in der Grundausbildung zur Maler/-in und Lackierer/-in, in allen Fachrichtungen werden dabei Grundkenntnisse der energetischen Wärmedämmung vermittelt. Bislang wählen die meisten angehenden Auszubildenden die Fachrichtung Gestaltung und Instandhaltung.

Insofern besteht gegenwärtig kein Bedarf an einer grundsätzlichen Überarbeitung von Ausbildungsinhalten. Entscheidend für die Vermittlung von Kenntnissen und Kompetenzen im Bereich der energetischen Sanierung wird vielmehr sein, inwieweit die neu geschaffene Fachrichtung „Energieeffizienz- und Gestaltungstechnik“ von den Auszubildenden und den Ausbildungsbetrieben in den kommenden Jahren angenommen wird. bzw. wie dessen Attraktivität in Zukunft gestärkt werden kann.

Berufliche Fortbildung

Grundsätzlich haben ausgebildete Maler/-innen und Lackierer/-innen die Möglichkeit, nach Abschluss ihrer beruflichen Grundausbildung eine bundesweit einheitlich geregelte Meisterprüfung zur/zum Maler- und Lackierermeister/-in abzulegen. Die Meisterprüfung stammt jedoch noch aus dem Jahr 2005 und wurde bislang noch nicht an die Neuordnung der beruflichen Erstausbildung angepasst.¹¹⁵ Laut Fachverband bestehen auf Meisterniveau derzeit insbesondere in der Koordination, Abstimmung und gewerkeübergreifender Zusammenarbeit im Kontext Einbau und Instandhaltung von PV-Anlagen Qualifizierungsbedarfe. Um diese Lücken zu schließen, stellen aktuell Herstellerschulungen wichtige Qualifizierungsmöglichkeiten für Meister/-innen dar.

Die Kenntnisnahme und Erprobung von neuen und innovativen und nachhaltigen Dämmmaterialien und Wärmedämmverbundsystemen erfordert auch darüber hinaus eine stetige Weiterbildung von den Erwerbstätigen dieser Berufsgruppe. Die entsprechenden Kenntnisse können etwa durch zertifizierte Weiterbildungen von Bildungsträgern erworben werden, sofern dies nicht bereits im (Ausbildungs-)Betrieb erfolgt. Ein Beispiel hierfür ist etwa der Lehrgang zur/zum Sachverständigen für Wärmedämm-Verbundsysteme, welcher die grundlegenden Kenntnisse und Kompetenzen, mögliche Material- und Verarbeitungsprobleme sowie Schnittstellenprobleme in der gewerkeübergreifenden Zusammenarbeit behandelt.¹¹⁶ Die Fortbildung zum/zur Energieberater/-in im Maler-

¹¹⁴ Maler- und Lackiererausbildungsverordnung vom 29. Juni 2021 (BGBl. I S. 2300).

¹¹⁵ Maler- und Lackierermeisterverordnung vom 13. Juni 2005 (BGBl. I S. 1659), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 45 der Verordnung vom 18. Januar 2022 (BGBl. I S. 39).

¹¹⁶ Vgl. z.B. das Schulungsangebot des TÜV-Rheinland. Link: <https://akademie.tuv.com/weiterbildungen/sachkunde-waermedaemm-verbundsysteme-wdvs-473726> (online, abgerufen am 24.04.2023).

und Lackiererhandwerk stellt für Gesell/-innen und Meister/-innen eine weitere Weiterqualifizierungsmöglichkeit zu den Themen Bauphysik und Wärmedämmverbundsystemen dar.

2.4.8 Berufe in der Zimmerei (3332)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Zimmerei** zählen zu den (Innen-)Ausbauberufen. Die Erwerbstätigen dieser Berufsgruppe konstruieren und montieren Holzbauteile, passen diese an die Gegebenheiten vor Ort an und übernehmen Sanierungsarbeiten an Holzkonstruktionen, wie etwa Dachstühlen. Damit spielen sie auch für die **energetische Sanierung der Gebäudehülle** eine wichtige Rolle. Dabei spielt die serielle Sanierung bzw. Dämmung für das Zimmerhandwerk eine wachsende Rolle: Gerade im Holzbau ist die Nutzung vorgefertigter Bauelemente bereits heute verbreitet, für die Zukunft wird zudem ein erhebliches Potenzial erwartet.¹¹⁷ Insofern könnten sich die Tätigkeiten in der Zimmerei in Zukunft stärker auf die Montage industriell vorgefertigter Holzbauelemente auf der Baustelle beschränken. Von Handwerksvertreter/-innen wird in diesem Zusammenhang jedoch auf die Unterschiedlichkeit von Gebäuden und damit auf einen weiterhin hohen Bedarf an individuellen Lösungen im Dach- und Fassadenbereich verwiesen. Zudem werden im Zuge dieser Entwicklung neue Arbeitsplätze in der industriellen Vorfertigung von Fassadenelementen entstehen.

Zimmerarbeiten werden von beruflich ausgebildeten Fachkräften im anerkannten Ausbildungsberuf **Zimmerer/-in** oder in einem verwandten Ausbildungsberuf (z.B. Ausbaufacharbeiter/-in mit Schwerpunkt Zimmerarbeiten) durchgeführt. Sie übernehmen ausführende Tätigkeiten, u.a. auf Basis von Ausführungs- und Detailplänen. Planungstätigkeiten sowie die Überwachung der Arbeiten können von **Zimmerermeister/-innen** durchgeführt werden, je nach Komplexitätsgrad des Gebäudes kommen aber auch andere Berufsgruppen in der Planung zum Einsatz (z.B. Fensterbauer/-innen).

Mit Blick auf die energetische Sanierung der Gebäudehülle in Wohngebäuden umfassen die typischen Tätigkeiten und Kompetenzen in der Zimmerei:¹¹⁸

- Gesamtplanung von Holzbauhäusern
- Erstellung von Verlegeplänen bzw. Übertragung der Maße bestehender Ausführungs- und Detailpläne auf das Bauwerk (z.B. auf Basis eines energetischen Sanierungsplans)
- Entwurf, Montage und Instandhaltung bzw. Sanierung von Holzkonstruktionen und Außenwandverkleidungen (z.B. Dachstühle)
- Herstellung und Montage von Verschalungen, Lattungen und Verkleidungen aus Holz
- Durchführung von Holzschutzarbeiten (z.B. vor Witterungseinflüssen)
- Herstellung und Nutzung (industriell) vorgefertigter Bauelemente aus Holz
- Einpassung und Montage von Gebäudeeinbauten (z.B. Fenster und Türen)
- Einbau vorgefertigter Dämmelemente und Wärmedämmverbundsystemen
- Zurichtung von (Holz-)Bauteilen mithilfe von CNC-gesteuerten Maschinen
- Bedienung optischer und elektronischer Messgeräte (z.B. elektronische Aufmaßgeräte)
- Kommunikation in der Kundenberatung

¹¹⁷ Umweltbundesamt (2021):

¹¹⁸ BA (2021a).

- Beratung zu möglichen Förderungen
- ggf. Kenntnisnahme und Erprobung von Neu- und Weiterentwicklungen von innovativen und nachhaltigen Dämmmaterialien und Wärmedämmverbundsystemen

Infobox: Digitale Schnittstellen

Auch die Erwerbstätigen in der Zimmerei sind mit einer zunehmenden Digitalisierung konfrontiert: So können etwa digitale Vermessungstechniken, z.B. mithilfe von Drohnen oder 3-D-Laserscanning zum Einsatz kommen.¹¹⁹ Die Erstellung, Auswertung und Verwaltung von Modelldaten (z.B. für die Planung eines Dachstuhls) stellt bereits heute eine wesentliche Aufgabe von Zimmer/-innen dar. Die Nutzung digitaler Schnittstellen bis hin zum BIM könnten in Zukunft eine größere Rolle spielen.¹²⁰

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen auch veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungsmodelle und -software
- Kenntnisse in digitalen Vermessungstechniken (z. B. mithilfe von 3-D-Laserscanning oder Drohnen)
- ggf. Kenntnisse in der Erstellung, Auswertung und Verwaltung von BIM-Software (z.B. für die Planung eines Dachstuhls)

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Um alle baulich möglichen Energieeffizienzpotentiale auszuschöpfen, bedürfen Zimmerarbeiten einer engen Abstimmung mit anderen Gewerken und Berufen, etwa bei der Planung eines Holzbaus oder der Sanierung eines Dachstuhls. Aus diesem Grund kommt der gewerke- und berufsübergreifenden Zusammenarbeit eine hohe Bedeutung zu, die sich im Zuge der angestrebten Erhöhung der Sanierungsrate für Wohngebäude weiter verstärken wird.

Typische Schnittstellen mit anderen Gewerken bzw. Berufen im Kontext energetischer Gebäudesanierung umfassen z.B.:

- **Planung (z.B. von Dachstühlen)**
 - 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung
- **Anschluss des Dachstuhls an Außenwand/oberste Geschossdecke:**
 - 3211 – Berufe im Beton- und Stahlbetonbau
 - 3212 – Berufe im Maurerhandwerk

¹¹⁹ Handwerk + Bau (2021).

¹²⁰ Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik (2018).

- 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
 - 3215 – Berufe im Fassadenbau
 - 3330 – Berufe im Aus- und Trockenbau
- **Durchdringung Dachs (z.B. Einbau von Fenstern):**
 - 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
 - 3334 – Berufe in der Glaserei

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Für die Ausbildungsberufe Zimmerer/-in sowie Ausbaufacharbeiter/-in mit dem Schwerpunkt Zimmerarbeiten läuft aktuell ein Neuordnungsverfahren. Die derzeit geltende Ausbildungsordnung stammt aus dem Jahr 1999 und bedarf aus Sicht des für die Neuordnung zuständigen BIBB einer „inhaltlichen und strukturellen Anpassung an aktuelle und künftige Anforderungen“.¹²¹ Insbesondere die technologischen Entwicklungen und die gestiegenen Anforderungen an die Energieeffizienz erfordern demnach auch in der Zimmerei eine Modernisierung der Ausbildungsinhalte. Es ist davon auszugehen, dass durch die ausstehenden Novellierungsmaßnahmen derzeit bestehende Qualifizierungslücken weitestgehend abdeckt werden können.

In der derzeit noch geltenden Ausbildungsordnung sowie im berufsschulischen Rahmenlehrplan werden der Einbau von Dämmstoffen für den Wärmeschutz sowie die Herstellung, Einbau und Befestigung von Bauteilen wie Dachstühlen oder (Dach-)Fenstern als wesentliche Gegenstände des Ausbildungsberufsbilds vermittelt.¹²² Es ist jedoch davon auszugehen, dass Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung (Dach, Außenwände, Boden) sowie die Nutzung digitaler Planungsmodelle im Zuge der Neuordnung des Ausbildungsberufs einen erhöhten Stellenwert erhalten werden.

Berufliche Fortbildung

Grundsätzlich haben ausgebildete Zimmerer/-innen die Möglichkeit, nach Abschluss ihrer beruflichen Erstausbildung eine bundesweit einheitlich geregelte Meisterprüfung zur/zum Zimmermeister/-in abzulegen. Die Zimmermeisterverordnung stammt aus dem Jahr 2008 und soll im Anschluss an die Novellierung Ausbildungsverordnung ebenfalls überarbeitet werden.¹²³ Mit der Neuordnung sollen u. a. derzeit auf dem Meisterniveau bestehende Qualifizierungslücken im Bereich der Photovoltaik adressiert werden. Alternativ besteht die Möglichkeit zu einer landesrechtlich geregelten Fortbildung zur/zum staatlich geprüften Techniker/-in der Fachrichtung Holztechnik.

¹²¹ BIBB (ohne Angabe): Informationen zu Aus- und Fortbildungsberufen: Zimmerer/Zimmerin (Ausbildung). Link:

https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/ays33 (online, abgerufen am 24.04.2023).

¹²² Verordnung über die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft vom 2. Juni 1999 (BGBl. I S. 1102), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. Februar 2009 (BGBl. I S. 399).

¹²³ Zimmerermeisterverordnung vom 16. April 2008 (BGBl. I S. 743), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 64 der Verordnung vom 18. Januar 2022 (BGBl. I S. 39).

Grundsätzlich erfordert die technologische Entwicklung im Bereich der energetischen Sanierung sowie digitaler Planungsmodelle eine stetige Weiterbildung von den Erwerbstätigen in der Zimmerei. Die entsprechenden Kenntnisse können etwa durch zertifizierte Weiterbildungen von Bildungsträgern erworben werden, sofern dies nicht bereits im (Ausbildungs-)Betrieb erfolgt. Hier bestehen vielfältige Weiterbildungsangebote im Holzbau, im Umgang mit digitalen Planungsmodellen oder der Wärmedämmung.¹²⁴ Beispiele hierfür sind etwa die Weiterbildung zur „Fachkraft Dämmtechnik Holzbau, Ausbau & Modernisierung“¹²⁵ oder der Lehrgang zur/zum Sachverständigen für Wärmedämm-Verbundsysteme¹²⁶, welche entsprechende Grundkenntnisse und -kompetenzen, mögliche Material- und Verarbeitungsprobleme sowie Schnittstellenprobleme in der gewerkeübergreifenden Zusammenarbeit behandeln. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit zu einem (dualen) Studium, etwa im Bauingenieurwesen.

2.4.9 Berufe im Holz-, Möbel- und Innenausbau (2234)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die Berufe im Holz-, Möbel- und Innenausbau umfassen insbesondere beruflich ausgebildete Fachkräfte im anerkannten Ausbildungsberuf **Tischler/-in** und gehören zu den Berufen in der Holzbearbeitung und -verarbeitung. Die beruflichen Qualifikationen und typischen Tätigkeiten von Tischler/-innen kommen vor allem im Zuge der **energetischen Sanierung der Gebäudehülle** zum Einsatz: Sie stellen etwa (wärmeisolierende) Fensterkonstruktionen aus verschiedenen Werkstoffen her und montieren diese vor Ort.¹²⁷ Im Kontext serieller Sanierungsmaßnahmen könnten sich die Tätigkeiten in Zukunft stärker auf die Montage industriell vorgefertigter Fassadenelemente auf der Baustelle beschränken.¹²⁸ Von Handwerksvertreter/-innen wird in diesem Zusammenhang jedoch auf die Unterschiedlichkeit von Gebäuden und damit auf einen weiterhin hohen Bedarf an individuellen Lösungen im Dach- und Fassadenbereich verwiesen.¹²⁹ Zudem werden im Zuge dieser Entwicklung neue Arbeitsplätze in der industriellen Vorfertigung von Fassadenelementen entstehen.

Mit Blick auf die energetische Sanierung von Gebäuden umfassen die typischen Tätigkeiten und Kompetenzen von Tischler/-innen insbesondere:

- (Digitale) Erstellung von technischen Konstruktionszeichnungen und -entwürfen unter Beachtung gestalterischer und technischer Vorgaben
- Konfektionierung und Oberflächenbehandlung von Fenstern und Türen
- Zurichtung von (Holz-)Bauteilen mithilfe von CNC-gesteuerten Maschinen
- Verarbeitung von Dämm-, Dicht-, und Klebstoffen
- Einpassung und Montage von (ggfs. seriell vorgefertigten) Fenster- und Türenkonstruktionen

¹²⁴ Vgl. z.B. das Weiterbildungsangebot des Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister. Link: <https://www.holzbau-deutschland.de/> (online, abgerufen am 24.04.2023).

¹²⁵ Vgl. z.B. das Schulungsangebot der Holzbau Deutschland Akademie. Link: <https://www.azh-holzbau.de/einstieg/> (online, abgerufen am 24.04.2023).

¹²⁶ Vgl. z.B. das Schulungsangebot des TÜV-Rheinland. Link: <https://akademie.tuv.com/weiterbildungen/sachkunde-waermedaemm-verbundsysteme-wdvs-473726> (online, abgerufen am 24.04.2023).

¹²⁷ BERUFENET (2023a).

¹²⁸ Umweltbundesamt (2021).

¹²⁹ ZVDH (2022).

- Integration von Elementen zum winterlichen Kälteschutz (z.B. Dämmung) sowie sommerlichen Wärmeschutz (z.B. Verschattung)
- Grundkenntnisse der Bauphysik
- Problembewusstsein für das Zusammenwirken von Fenstern und Mauerwerk
- Beratung zu möglichen Förderungen
- ggf. Kenntnisnahme und Erprobung von Neu- und Weiterentwicklungen im Fensterbau

Infobox: Digitale Schnittstellen

Auch die Erwerbstätigen in der Tischlerei sind mit einer zunehmenden Digitalisierung konfrontiert: Besonders die digitale Vernetzung im Gebäudesektor (Stichwort „Smart Home“) erhöht den Bedarf an digitalen (Grund-)Kompetenzen. So kommen zunehmend automatisierte Smart-Home-Lösungen wie etwa in das Fensterprofil integrierte Lüftungsanlagen oder Systeme zur Verschattung zum Einsatz.

Digitale Planungsmethoden wie BIM spielen für die Tätigkeiten in der Tischlerei bislang hingegen noch eine geringe Rolle. In Zukunft könnten die Auswertung von Informationen aus digitalen Planungsmodellen (z.B. für das Aufmaß eines Gebäudes) aber an Bedeutung gewinnen.

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen auch veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- ggf. Kenntnisse modellbasierter Kommunikation mit anderen Gewerken mittels digitaler Planungsmodelle (z. B. für Aufmaß der Fenster)
- ggf. Kenntnisse in digitalen Vermessungstechniken (z. B. mithilfe von 3-D-Laserscanning oder Drohnen)
- ggf. Kenntnisse in Sensorik und automatischer Steuerung von Smart-Home-Lösungen, insbesondere Fenster, Türen und Sonnenschutz (sog. „Intelligent Green Building“)

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Der Fenstereinbau erfolgt in der Regel in enger Abstimmung mit anderen Gewerken und Berufen. Die Relevanz der gewerke- und berufsübergreifenden Zusammenarbeit wird sich im Zuge der angestrebten Erhöhung der Sanierungsrate für Wohngebäude weiter verstärken. Eine mangelnde Zusammenarbeit kann mit einer Vielzahl von Problemen für die Energieeffizienz eines Wohngebäudes einhergehen. Werden Fensteranschlüsse an die Fassade fehlerhaft ausgeführt, besteht z.B. das Risiko von zusätzlichen Wärmebrücken, Luftundichtigkeiten oder von Eindringen von Feuchtigkeit und Schimmelbildung.

Typische Schnittstellen mit anderen Gewerken bzw. Berufen im Kontext energetischer Gebäudesanierung umfassen z. B.:

- 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
- 3111 – Berufe in der Architektur
- 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
- 3215 – Berufe im Fassadenbau
- 3321 – Berufe für Maler- und Lackiererarbeiten
- 3332 – Berufe in der Zimmererei
- 3335 – Berufe im Rollladen- und Jalousiebau

- 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Die Ausbildungsordnung für Tischler/-innen sowie der berufsschulische Rahmenlehrplan stammen aus dem Jahr 2006. Im dritten Ausbildungsjahr ist dabei auch die Herstellung und Montage von Fenstern und Außentüren vorgesehen. Hierzu zählt etwa die Vermittlung von bauphysikalischen Zusammenhängen, Dicht- und Dämmstoffen, unterschiedlichen Verglasungssystemen sowie die Herstellung von Bauanschlüssen, etwa an das Mauerwerk. Insgesamt sind für diese Inhalte rund 100 Unterrichtsstunden im Rahmenlehrplan vorgesehen. Über die gesamte Ausbildungsdauer hinweg erlernen die Auszubildenden darüber hinaus fachübergreifende Kenntnisse und Kompetenzen u. a. in den Bereichen Umweltschutz, digitale Medien und Teamfähigkeit.¹³⁰

Somit werden in der Ausbildungsordnung bzw. dem Rahmenlehrplan wesentliche Kenntnisse und Kompetenzen im Kontext der Energieeffizienz aufgegriffen. Es gilt jedoch fortlaufend zu prüfen, inwieweit in der Praxis veränderte Kompetenzanforderungen auftreten und entsprechende Anpassungen der Ausbildungsinhalte mit Blick auf die Anforderungen der Energieeffizienz erforderlich machen.

Berufliche Fortbildung

Nach erfolgreichem Abschließen der Ausbildung können Tischler/-innen eine berufliche Fortbildung zum/zur Tischlermeister/-in oder zum/zur Techniker/-in der Fachrichtung Holztechnik absolvieren. Die Tischlermeisterverordnung stammt aus dem Jahr 2008.¹³¹ Die Meisterprüfung ist bundesweit einheitlich geregelt und befähigt den/die Meister/-in die Leitung eines Betriebs zu übernehmen, Lehrlinge auszubilden und zu studieren.

Die Fortbildung zum/zur staatlich geprüfte/-n Techniker/-in der Fachrichtung Holztechnik ist hingegen landesrechtlich geregelt. Zu Techniker/-innen weitergebildete Tischler/-innen entwerfen, entwickeln und konstruieren in Abstimmung mit Tischlermeister/-innen und Bauingenieur/-innen Holzprodukte, planen Montagearbeiten und überwachen diese.

Weitere Alternativen stellen z.B. die Weiterbildung zum/zur Gebäudeenergieberater/-in oder zum/zur technischen Betriebswirt/-in dar.

¹³⁰ Vgl. Verordnung über die Berufsausbildung zum Glaser/zur Glaserin vom 5. Juli 2001; Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Glaser/Glaserin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 11. Mai 2001).

¹³¹ Vgl. Verordnung über das Meisterprüfungsberufsbild und über die Prüfungsanforderungen in den Teilen I und II der Meisterprüfung im Tischler-Handwerk (Tischlermeisterverordnung - TischlerMstrV), vom 19.12.2014.

2.4.10 Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (3421)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik** (SHK) zählen zu den gebäude- und versorgungstechnischen Berufen. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikationen und typischen Tätigkeiten spielen diese Erwerbstätigen für die energieeffiziente **Wärmeversorgung** in Gebäuden eine Schlüsselrolle: Sie planen, installieren und warten Heizungsanlagen - von der energetischen Optimierung und Wartung konventioneller Heizungsanlagen auf Basis fossiler Energieträger (z.B. Gasheizungsanlage) bis hin zur Planung und Installation moderner Heizungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger (z.B. Wärmepumpe, Solarthermie, ggf. Fernwärme) oder hybrider Lösungen. Hinzu kommen Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Einbau, Austausch und Optimierung von Klima- und Raumlüftungsanlagen. Übergreifend spielt die Systemintegration eine zentrale Rolle im SHK-Handwerk, etwa auch mit Blick auf **digitale Schnittstellen** zwischen verschiedenen Gebäudeteilen (z.B. digitale Mess-, Steuer- und Regelungssysteme).¹³² Je nach Qualifikationsgrad übernehmen die Erwerbstätigen dabei unterschiedliche Aufgaben und Tätigkeiten.

Planung und Überwachung

Planungsprozesse im Bereich der Heizungs- und Klimatechnik erfordern ein hohes Maß an Erfahrung und Kompetenzen und umfassen insbesondere die energetische Voruntersuchung, die Wahl einer geeigneten Wärmequelle oder Lüftungsanlage sowie die anschließende Detailplanung. Aufgrund der hohen Kompetenzanforderungen werden diese Tätigkeiten häufig von **Installateur- und Heizungsbauermeister/-innen** oder **Techniker/-in Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik** durchgeführt.¹³³ Umfangreiche bzw. komplexe Planungsvorhaben wie etwa größere Wohnanlagen werden jedoch häufig auch durch weitere Fachkräfte in den Bereichen Energie- und Gebäudetechnik und technische Gebäudeausrüstung übernommen, etwa ausgebildete technische Zeichner/-innen oder Ingenieure/-innen (vgl. Abschnitt 2.4.2). Im Zusammenhang mit dem Einbau von Wärmepumpen besteht in der Praxis meist eine enge Kooperation mit dem Elektro- und Kältetechnik-Handwerk. Fachkräfte in der Kältetechnik können dabei auch die Beratung und Planung von Wärmepumpenanlagen übernehmen.

Mit Blick auf die Planung von Heizungs- und Klimatechikanlagen in Wohngebäuden umfassen typische Tätigkeiten und Kompetenzen:¹³⁴

- Energetische Voruntersuchung
- Grundlagenermittlung der Gegebenheiten vor Ort
- ggf. Beachtung behördlicher Auflagen und Genehmigungspflichten
- Auswahl energetisch optimaler Heizungs- und Klimatechikanlage (in Abhängigkeit der energetischen Anforderungen des Wohngebäudes und der spezifischen Kundenanforderungen), z.B. folgende Heizungsanlagen:
 - Gas-Brennwertheizungen („Renewable Ready“)
 - (Gas-)Hybridheizungen
 - Solarthermieanlagen

¹³² BA (2021a).

¹³³ Für diese Tätigkeiten ist eine Meister- oder Techniker Ausbildung notwendig.

¹³⁴ Komplexere Planungsprozesse, etwa Wärmepumpen für Mehrfamilienhäuser oder Erdwärmepumpen mit Mehrfachbohrungen, werden zudem häufig von Technischen Systemplaner/-innen übernommen.

- Biomasseheizungen
- Wärmepumpen
- Detailplanung der gewählten Heizungs- und Klimatechnikanlagen
- Anfertigung von Konstruktions- und Ausführungszeichnungen
- ggf. Planung von Fernwärmeanschlüssen
- ggf. Planung und Überwachung von (Tiefen-)Bohrungen (z.B. im Zusammenhang mit einer Sole/Wasser-Wärmepumpe)
- Berechnung von Druck- und Strömungsgrößen, z.B. Heiz- und Kühllastberechnung
- Dimensionierung von Rohrleitungen, Pumpen und Heizkörpern
- Einbindung der Heizungsanlagen (z.B. Wärmepumpe) in die Hydraulik
- ggf. Beachtung hygienischer Vorschriften zur Trinkwasseraufbereitung
- ggf. Kombination von Photovoltaikanlage und elektrisch betriebener Heizungsanlage (z.B. Wärmepumpe)
- Planung von Montage-, Wartungs- und Reparaturarbeiten
- Kommunikation in der Kundenberatung
- technische Beratung und Überwachung der Montagekräfte (vgl. Installation/Inbetriebnahme)
- Abnahme und Inbetriebnahme der installierten Heizungs- und Klimatechnikanlage¹³⁵
- Unterweisung der Auftraggeber/-in
- Beratung zu möglichen Förderungen
- Kenntnisnahme und Erprobung von technischen Neu- und Weiterentwicklungen in der energieeffizienten Heizungs- und Klimatechnik

Montage/Installation

Im Gegensatz zu den Tätigkeiten im Planungs- und Überwachungsprozess erfolgt die Montage und Installation von Heizungs- und Klimatechnikanlagen üblicherweise durch Fachkräfte mit einer beruflichen Ausbildung zum/r Anlagenmechaniker/-innen SHK.¹³⁶ Im Falle von Wärmepumpenanlagen wird die Inbetriebnahme in der Praxis häufig auch von Fachkräften aus der Kältetechnik übernommen.

Typische Tätigkeiten, Kompetenzen und Kenntnisse von Anlagenmechaniker/-innen SHK in der Montage bzw. Installation umfassen:

- Grundlegendes Verständnis unterschiedlicher Heizungs- und Klimatechnikanlagen auf Basis erneuerbarer (z.B. Wärmepumpe, ggf. Fernwärme), fossiler (z.B. Gasheizungsanlage) oder hybrider Energieträger
- Installation und Verlegung von Heizungs- und raumlufttechnischen Anlagen inkl. Wärme-/Kälterückgewinnung
- Verlegung von (Heizungs-)Rohrleitungen, Heizkörpern (ggf. Flächen- oder Fußbodenheizung) und sonstigen Bauteilen
- ggf. Kenntnisse zum Anschluss an Fernwärmenetze
- Abdichtung, Dämmung und Isolierung von Rohrleitungen
- Installation digitaler Mess-, Steuer- und Regelungssysteme zur energetischen Betriebs- und Verbrauchsoptimierung der Heizungs- und Klimatechnikanlagen („Efficiency Smart Home“)
- Inbetriebnahme der installierten Heizungs- und Klimatechnikanlage (vgl. Planung und Überwachung)

¹³⁵ Im Kontext eines Meisterbetriebes tragen die ausgebildeten Meister/-innen die rechtliche Verantwortung für den Einbau von Heizungs- und Klimatechnikanlage. Um diese Verantwortung tragen zu können, benötigen sie die dafür notwendigen fachlichen Kenntnisse und Kompetenzen. Ähnliche Kompetenzanforderungen bestehen für Techniker/-innen.

¹³⁶ BA (2021).

- Unterweisung der Auftraggeber/-in

Infobox: Besondere Nachweispflichten: Installation und Wartung

Tätigkeiten am Kältemittelkreislauf sowie elektrotechnische Tätigkeiten, wie etwa der elektrische Anschluss der Wärmepumpe, erfordern spezifische Kälte- und elektrotechnische Fertigkeiten und dürfen grundsätzlich nur von einer Fachkraft für Kältetechnik bzw. einer Elektrofachkraft durchgeführt werden. Fachkräfte in der Heizungs- und Klimatechnik können sich jedoch zur Durchführung solcher Tätigkeiten berechtigen lassen, indem sie eine entsprechende Schulung bzw. Weiterbildung absolvieren. Für Tätigkeiten am Kältekreislauf bedarf es dafür eines Sachkundenachweises gemäß Chemikalien-Klimaschutzverordnung. Eine Weiterbildung zur Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten kann zur Durchführung festgelegter elektrotechnischer Arbeiten, wie etwa dem elektrischen Anschluss der Wärmepumpe, berechtigen.

Wartung

Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten können – je nach Heizungstechnik und Reparaturbedarf – unterschiedliche Fachkräfte zum Einsatz kommen. Typischerweise führen vor allem **Anlagenmechaniker/-innen SHK** Wartungsarbeiten an den verschiedenen Anlagen durch. In der Praxis kommen häufig aber auch Fachkräfte aus der Kältetechnik oder Beschäftigte der Hersteller zum Einsatz, bspw. mittels Fernwartung. Voraussetzung dafür ist jedoch eine vollständig digitalisierte Mess-, Steuer- und Regelungstechnik.

Typische Tätigkeiten und Kompetenzen im Zusammenhang mit der Wartung umfassen:

- Energetische Optimierung von Heizungsanlagen auf Basis fossiler und erneuerbarer Energieträger (z.B. hydraulischer Abgleich)
- Durchführung von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz
- Überprüfung von Funktionsweise und Steuerungseinstellungen
- Effizienzbewertung und Systemoptimierung
- Reinigung von Anlagenteilen
- Erstellung eines Wartungsprotokolls

Digitale Schnittstellen

Die Erwerbstätigen des SHK-Handwerks sind mit einer zunehmenden Digitalisierung konfrontiert: Der Betrieb und insbesondere die Wartung der Heizungs- und Klimatechanikanlagen wird zunehmend von der Arbeit mit digitaler und intelligenter Mess- und Regelungstechnik bestimmt. Im SHK-Bereich können intelligente Mess- und Regelungssysteme in Zukunft unterschiedliche Aufgaben von der Erstellung digitaler Heizkostenabrechnungen über die intelligente Leckageerkennung im Heizsystem bis hin zu intelligenten Heizungs- und Lüftungssteuerung übernehmen. Anlagentechnische Systeme sind dabei zunehmend auch durch *Internet of Things* (IoT) oder künstliche Intelligenz (KI) vernetzt.

Die Planung und Installation moderner Heizungs- und Klimatechnikanlagen findet bereits häufig auf Basis digitaler Planungsmodelle statt. Insofern stellt die Erstellung, Auswertung und Verwaltung von Modelldaten bereits heute eine wesentliche Aufgabe von SHK-Fachkräften dar. Die Nutzung digitaler Schnittstellen bis hin zum BIM spielt zwar gegenwärtig in der Praxis noch eine untergeordnete Rolle, könnte in Zukunft jedoch verstärkt zum Einsatz kommen.¹³⁷ Hierdurch können Effizienzsteigerungen im gesamten Planungs- und Verarbeitungsprozess ermöglicht sowie die Kommunikation zwischen den Gewerken verbessert werden.¹³⁸

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich und Qualifikationsniveau – auch veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungsmodelle und -software
- ggf. Kenntnisse modellbasierter Kommunikation mit anderen Gewerken (bspw. mittels BIM)
- Kenntnisse in der Planung von elektrischen Systemen wie Wärmepumpen- und Photovoltaikanlagen (ggf. in Zusammenarbeit mit Fachkräften aus dem Elektrohandwerk)
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung digitaler Mess- und Regelungstechnik („Smart Meter Gateway“)
- Kenntnisse im Umgang mit IoT- oder sogar KI-fähiger Anlagentechnik
- ggf. Kenntnisse in der Erstellung, Auswertung und Verwaltung von BIM-Software (z. B. für Projektierung von Heizungsnetzen, Gestaltung und Berechnung elektrischer Systeme)

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Schon heute arbeiten die Erwerbstätigen des SHK im Kontext der energetischen Sanierung eng mit anderen Gewerken zusammen. Die Notwendigkeit gewerkeübergreifender Zusammenarbeit wird sich in Zukunft weiter verschärfen, etwa im Zusammenhang mit der zunehmenden digitalen Vernetzung von Planungs- und Bauprozessen und der Digitalisierung von Mess- und Regelungstechnik.

Mangelnde gewerke- und berufsübergreifende Zusammenarbeit birgt im Kontext der Planung, Installation und Wartung von Heizungs- und Klimatechnikanlagen das Risiko, Energieeffizienzgewinne nicht vollständig auszuschöpfen. So können beispielsweise bei der Befestigung von Flächen- und Fußbodenheizungen Wärmeverluste durch die Beschädigung von Dämmschichten oder eine mangelhafte Verlegung von Estrich und Fußboden auftreten. Eine mangelhafte Montage von Photovoltaik- und Solarthermieanlagen kann hingegen die Solarerträge für den Betrieb einer Wärmepumpe reduzieren und damit ebenfalls zu Wärmeverlusten führen.

Typische Schnittstellen mit anderen Gewerken bzw. Berufen im Kontext energetischer Gebäudesanierung umfassen z.B.:

- **Planung energetisch optimaler Heizungs- und Klimatechnikanlagen:**

¹³⁷ Handwerk-Magazin (2021).

¹³⁸ ZVSHK (2018).

- 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
 - 3423 – Berufe in der Kältetechnik
 - 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung
- **Durchdringung Gebäudehülle (z.B. zur Montage vorgefertigter Modulfassaden):**
 - 3215 – Berufe im Fassadenbau
 - 3321 – Berufe für Maler- und Lackierarbeiten
 - 3330 – Berufe im Aus- und Trockenbau
 - 3332 – Berufe in der Zimmerei
- **Durchdringung Dach (z.B. zur Montage/Verbindung von Photovoltaik-/Solarthermieranlagen):**
 - 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
- **Anschluss elektrischer Heizungsanlagen (z.B. Wärmepumpe):**
 - 2621 – Berufe in der Bauelektrik

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Zum 1. August 2016 wurde die Ausbildungsordnung Anlagenmechaniker/-in SHK modernisiert und umfasst seitdem die Einsatzgebiete Sanitärtechnik, Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik sowie Erneuerbare Energien und Umwelttechnik.¹³⁹

Im berufsschulischen Rahmenlehrplan der Kultusministerkonferenz (KMK), der gemeinsam mit der modernisierten Ausbildungsordnung entwickelt wurde, ist die Planung, Installation und Wartung von Wärmepumpen verankert. So sind im dritten Ausbildungsjahr rund 40 Unterrichtsstunden für das Lernfeld „Ressourcenschonende Wärmeerzeugungsanlagen installieren“ vorgesehen. Die Schüler/-innen sollen dabei alternative Energiequellen und die Funktion entsprechender Wärmeerzeuger kennenlernen, wie etwa der Wärmepumpe. Die Lerninhalte orientieren sich eng an den konkreten Arbeitsschritten der Planung, Installation und Wartung.¹⁴⁰ Hinzu kommt, dass die Ausbildung zur Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten im Zuge der Modernisierung in die Berufsausbildung integriert wurde.¹⁴¹ Im Lernfeld „Versorgungstechnische Anlagen einstellen und energetisch optimieren“ werden zudem Informationen zu solarthermischen Anlagen behandelt.

Darüber hinaus wurden im Jahr 2022 auch die Unterweisungspläne der überbetrieblichen Lehrlingsunterweisung überarbeitet. Dabei wurde ein Lehrgang zum Thema „Anlagen und Systeme zur Nutzung erneuerbarer Energien“ neu entwickelt, welcher Kenntnisse und Kompetenzen mit Blick auf die Inbetriebnahme und Wartung von Wärmepumpensystemen vermitteln soll. Weitere Ergänzungen betreffen digitale Schnittstellen zur Vernetzung der Heizungsanlage sowie die Wohnraumbelüftung.¹⁴²

Im Rahmen der Modernisierung des Ausbildungsberufs hat die Wärmepumpentechnologie insofern eine stärkere Fokussierung erfahren. Gleichzeitig bleiben jedoch auch Kenntnisse und Kompetenzen zu traditionellen Heizungssystemen auf Basis fossiler Energieträger ein wesentlicher Bestandteil in den Ausbildungsinhalten des neuen Rahmenlehrplans. So werden im Rahmenlehrplan für die Installation von Wärmeerzeugungsanlagen für gasförmige bzw. flüssige und feste Brennstoffe jeweils 60 bzw. 40 Unterrichtsstunden veranschlagt.¹⁴³

Aus Sicht der befragten Expert/-innen umfasst die modernisierte Ausbildungsordnung bzw. der Rahmenlehrplan gegenwärtig die relevanten Kompetenzen für den Bereich der Energieeffizienz. Gleichzeitig bestehen den Expert/-innen zufolge jedoch noch Schwierigkeiten in der Vermittlung der entsprechenden Inhalte: Einerseits fehlt etwa in den Berufsschulen zum Teil noch die notwendige technische Ausstattung. Zudem benötigen auch die zuständigen Lehrkräfte ausreichende Kenntnisse und Kompetenzen in diesem Bereich. Andererseits setzen viele (Ausbildungs-)Betriebe noch überwiegend auf traditionelle Heizungsanlagen, weshalb die betroffenen Auszubildenden im betrieblichen Umfeld zum Teil nur wenige praktische Kenntnisse im Umgang mit Heizungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger erlernen. Eine Spezialisierung, insbesondere mit Blick auf die

¹³⁹ Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnikanlagenmechanikerausbildungsverordnung vom 28.04.2016 (BGBl. I S. 1025).

¹⁴⁰ KMK (2016).

¹⁴¹ BIBB (2016).

¹⁴² Heinz-Piast-Institut für Handwerkstechnik (2022): Neue Unterweisungspläne „Anlagenmechaniker/in für SHK-Technik“. Pressemitteilung. Link: <https://hpi-hannover.de/veroeffentlichungen/22-11-29-neue-unterweisungsplaene-anlagenmechaniker/in-fuer-shk-technik> (online, abgerufen am 24.04.2023).

¹⁴³ KMK (2016).

Wärmepumpentechnologie oder Photovoltaiktechnologie, muss daher bislang häufig noch im Rahmen von Fort- und Weiterbildungen erfolgen.

Berufliche Fortbildung

Im Kontext der Wärmepumpe bestehen u. a. Weiterbildungsangebote des VDI¹⁴⁴ sowie des ZVSHK („Fit für Wärmepumpenanlagen“)¹⁴⁵. Darüber hinaus soll auch eine Ergänzung der überbetrieblichen Lehrlingsunterweisung (ÜLU)-Kurse in der Ausbildung den Qualifikationsbedarf kurzfristig abdecken.

Im Zusammenhang mit dem Hochlauf der Wärmepumpen hat das BAFA im März 2023 zudem eine Förderrichtlinie für das „Aufbauprogramm Wärmepumpe“ veröffentlicht.¹⁴⁶ Das Programm ist Teil der Wärmepumpenoffensive der Bundesregierung und richtet sich u. a. an Handwerksbetriebe aus dem Bereich SHK, die ihre Fachkräfte für die Planung und Auslegung, Installation, Einregulierung und Wartung von Wärmepumpen qualifizieren wollen. Mit dem Programm sollen jährlich insgesamt rund 21.000 Handwerker/-innen, TGA-Planer/-innen und Energieberater/-innen in Form von Kurzschulungen zum Thema Wärmepumpe qualifiziert werden.¹⁴⁷

Der selbständige Einbau von Heizungsanlagen wie etwa der Wärmepumpe unterliegt grundsätzlich der Meisterpflicht und erfordert daher die Fortbildung zur Installateur- und Heizungsbauermeister/-in.¹⁴⁸ Die ausgebildeten Meister/-innen tragen beim Einbau von Heizungs- und Klimatechikanlagen das Haftungsrisiko, auch wenn diese in der Praxis meist von den im Meisterbetrieb beschäftigten Handwerkern installiert und gewartet wird. Um diese Verantwortung tragen zu können, benötigen sie die dafür notwendigen fachlichen Kenntnisse und Kompetenzen. Ähnliche Kompetenzanforderungen bestehen für Fachkräfte mit einer Fortbildung zum/zur Techniker/-in.

Die Meisterprüfung ist bundeseinheitlich geregelt, die entsprechende Installateur- und Heizungsbauermeisterverordnung besteht seit 2002. Im Prüfungsfach Anlagentechnik werden dabei „Aufbau und Funktion von Ver- und Entsorgungsanlagen für Gas, Wasser, Luft, Wärme und sonstige Energien“ aufgeführt.¹⁴⁹ Derzeitiger Fokus der Prüfungsordnung liegt noch auf gasbefeuerten Wärmeerzeugungsanlagen und Trinkwasserversorgungsanlagen. Die Ausbildung zum/zur Techniker/-in Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik beruht im Gegensatz zur Meisterausbildung auf unterschiedlichen, landesrechtlichen Regelungen.¹⁵⁰

Darüber hinaus bestehen für Fachkräfte in der SHK vielfältige Möglichkeiten, zertifizierte Weiterbildungen zu spezifischen Heizungs- und Klimatechikanlagen zu absolvieren, beispielsweise Schulungen in der Planung, Errichtung und Betrieb von Wärmepumpen nach VDI-Richtlinie 4645.¹⁵¹ Für die Durchführung von Tätigkeiten am Kältekreislauf sowie für festgelegte elektrotechnische Arbeiten, z.B. im Zusammenhang mit dem Anschluss einer Wärmepumpe, können sich Fachkräfte der SHK berechtigen lassen, indem sie den Sachkundenachweis gemäß

¹⁴⁴ Schulung nach VDI-Richtlinie 4645 („Heizungsanlagen mit elektrisch angetriebenen Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern - Planung, Errichtung, Betrieb“).

¹⁴⁵ Zentralverband Sanitär Heizung Klima, Link: <https://www.zvshk.de/weiterbildung/detail/artikel/7727-wpa-fit-fuer-waermepumpenanlagen/> (online, abgerufen am 24.04.2023).

¹⁴⁶ BMWK (2023a).

¹⁴⁷ BAFA (2023a).

¹⁴⁸ § 1 Abs. 2 i. V. m. Anlage A Handwerksordnung; vgl. hierzu auch Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestags (2019).

¹⁴⁹ Installateur- und Heizungsbauermeisterverordnung vom 17. Juli 2002 (BGBl. I S. 2693), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 41 der Verordnung vom 18. Januar 2022.

¹⁵⁰ Für eine detaillierte Übersicht vgl. BERUFENET (2023).

¹⁵¹ Schulung nach VDI-Richtlinie 4645 („Heizungsanlagen mit elektrisch angetriebenen Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern - Planung, Errichtung, Betrieb“).

Chemikalien-Klimaschutzverordnung¹⁵² erwerben bzw. eine Weiterbildung zur Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten¹⁵³ absolvieren.

Aber auch über die Heizungs- und Klimatechnik hinaus bestehen für Fachkräfte in der SHK verschiedene Weiterbildungsmöglichkeiten, z.B. zum/zur Gebäudeenergieberater/-in (vgl. Abschnitt 2.4.12) oder zum/zur Fachplaner/-in für Energie- und Gebäudetechnik (vgl. Abschnitt 2.4.5). Sofern Fachkräfte im Bereich der Heizungs- und Klimatechnik bereits Qualifikationen oder Erfahrungen im Umgang mit Solaranlagen nachweisen können, haben sie darüber hinaus die Möglichkeit eine Fortbildung zum/zur Solartechniker/-in zu absolvieren. Die Weiterbildung ist gemäß den Rechtsvorschriften der jeweiligen Handwerkskammer geregelt.

Hinsichtlich des **gewerkeübergreifenden Arbeitens** und vor dem Hintergrund der zunehmenden Elektrifizierung des Wärmemarkts, Sektorenkopplung und digitaler Vernetzung der Gebäudetechnik haben der Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) und der Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH) die bestehende handwerksrechtliche **Verbändevereinbarung gemäß §7a Handwerksordnung** aktualisiert. Hierin werden fachliche Anforderungen definiert, die für die Ausführung von Tätigkeiten im jeweils anderen Gewerk zu erfüllen sind. Betriebe aus dem Bereich Sanitär, Heizung und Klima sowie entsprechend aus dem Elektrobereich können so Leistungen aus einer Hand anbieten. Die Qualifizierungsmaßnahme richtet sich an Handwerksmeister/-innen und umfasst 240 Unterrichtseinheiten (Theorie und Praxis) und schließt mit einem Sachkundenachweis ab. Teilnehmer/-innen erhalten ein bundeseinheitliches Zertifikat von beiden Zentralfachverbänden.¹⁵⁴

Akademische Ausbildung

Ein Studium zum/zur Ingenieur/-in mit den Schwerpunkten Gebäudesystemtechnik oder technische Gebäudeausrüstung wird hauptsächlich an Fachhochschulen und Hochschulen für angewandte Wissenschaften angeboten. Bereits im Grundstudium (Bachelor) sind dabei in der Regel verschiedene Kurse zu naturwissenschaftlichen Grundlagen, Kältetechnik, Heizungs- und Klimatechnik, Solartechnik sowie Elektrotechnik verpflichtend im Curriculum verankert.

Im Masterstudium können sich die Studierenden fachlich in einer Vertiefungsrichtung spezialisieren. Die Studienangebote sind jedoch häufig insbesondere auf die Bedürfnisse der Industrie ausgerichtet. Zahlreiche Hochschulen und Universitäten bieten interdisziplinäre Masterstudiengänge in den Bereichen Nachhaltiges Bauen und Energieeffizienz an.¹⁵⁵

¹⁵² Chemikalien-Klimaschutzverordnung vom 2. Juli 2008 (BGBl. I S. 1139), die zuletzt durch Artikel 299 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

¹⁵³ Vgl. DEKRA: Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten. <https://www.dekra-akademie.de/elektrofachkraft-fuer-festgelegte-taetigkeiten/> (online, abgerufen am 24.04.2023).

¹⁵⁴ ZVSHK (2021).

¹⁵⁵ Die TU München bietet bspw. den Masterstudiengang „Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen“ an, die Berliner Hochschule für Technik „Planung nachhaltiger Gebäude“, die Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen „Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen“, die Hochschule Magdeburg Stendal „Energieeffizientes Bauen und Sanieren“ und die Frankfurt University of Applied Sciences „Zukunftssicher Bauen“.

2.4.11 Berufe in der Kältetechnik (3423)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Kältetechnik** zählen zu den gebäude- und versorgungstechnischen Berufen. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikationen und typischen Tätigkeiten spielen diese Erwerbstätigen für die energieeffiziente **Kälteversorgung** sowie die **Raumlüftung** in Gebäuden eine Schlüsselrolle: Sie planen, installieren und warten Anlagen der Kälte- und Klimatechnik – von der Planung und Installation moderner Anlagen bis hin zur energetischen Optimierung und Wartung. Hinzu kommen Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Einbau, Austausch und Optimierung von Klima- und Raumlüftungsanlagen, mit einer entsprechenden Fortbildung auch von Wärmepumpenanlagen (**energieeffiziente Wärmeversorgung**). Schließlich spielen auch **digitale Schnittstellen** zwischen verschiedenen Gebäudeteilen eine wesentliche Rolle in der Kältetechnik (z.B. digitale Mess-, Steuer- und Regelungssysteme).¹⁵⁶ Je nach Qualifikationsgrad übernehmen die Erwerbstätigen dabei unterschiedliche Aufgaben und Tätigkeiten.

Planung und Überwachung

Planungsprozesse im Bereich der Kälte- und Klimatechnik erfordern ein hohes Maß an Erfahrung und Kompetenzen und umfassen insbesondere die energetische Voruntersuchung, die Wahl einer geeigneten kälte- bzw. raumlüftungstechnischen Anlage sowie die **anschließende** Detailplanung. Aufgrund der hohen Kompetenzanforderungen werden diese Tätigkeiten häufig **von Kälteanlagenbauermeister/-innen oder Techniker/-innen für Kältetechnik** durchgeführt.¹⁵⁷ Komplexe Planungsvorhaben werden jedoch auch durch beruflich ausgebildete technische Systemplaner/-innen oder akademisch ausgebildete Ingenieur/-innen mit einem Schwerpunkt in Kältesystemtechnik übernommen. Im Zusammenhang mit dem Einbau von Wärmepumpen besteht in der Praxis meist eine enge Kooperation mit dem SHK-Handwerk. Fachkräfte in der Kältetechnik übernehmen dabei häufig die Beratung und Planung von Wärmepumpenanlagen, während der Einbau meist durch das SHK-Handwerk erfolgt.

Mit Blick auf die Planung von Heizungs- und Klimatechikanlagen in Wohngebäuden umfassen typische Tätigkeiten und Kompetenzen:

- Energetische Voruntersuchung
- Grundlagenermittlung der Gegebenheiten vor Ort
- ggf. Beachtung behördlicher Auflagen und Genehmigungspflichten
- Auswahl energetisch optimaler Kälte- und Klimatechikanlage (in Abhängigkeit der energetischen Anforderungen des Wohngebäudes und der spezifischen Kundenanforderungen),
 - ggf. Auswahl und Planung energetisch optimaler Wärmepumpenanlage
- Detailplanung der gewählten Kälte- und Klimatechikanlagen
 - Anfertigung von Konstruktions- und Ausführungszeichnungen
 - Berechnung von Druck- und Strömungsgrößen, z.B. Kühllastberechnung
 - Dimensionierung von Rohrleitungen, Pumpen und Heizkörpern
 - ggf. Beachtung hygienischer Vorschriften zur Trinkwasseraufbereitung
 - ggf. Kombination von Photovoltaikanlage und elektrisch betriebener Kälte- oder Klimatechikanlage
- Planung von Montage-, Wartungs- und Reparaturarbeiten

¹⁵⁶ BA (2021a).

¹⁵⁷ Für diese Tätigkeiten ist eine Meister- oder Techniker Ausbildung notwendig.

- Kommunikation in der Kundenberatung
- technische Beratung und Überwachung der Montagekräfte (vgl. Installation/Inbetriebnahme)
- Abnahme und Inbetriebnahme der installierten Heizungs- und Klimatechnikanlage¹⁵⁸
- Unterweisung der Auftraggeber/-in
- Beratung zu möglichen Förderungen
- Kenntnisnahme und Erprobung von technischen Neu- und Weiterentwicklungen in der energieeffizienten Kälte- und Klimatechnik

Montage/Installation

Im Gegensatz zu den Tätigkeiten im Planungs- und Überwachungsprozess erfolgt die Montage und Installation von Kälte- und Klimatechnikanlagen üblicherweise durch Fachkräfte mit einer beruflichen Ausbildung zum/r **Mechatroniker/-in Kältetechnik**.¹⁵⁹ Im Falle von Wärmepumpenanlagen wird die Montage und Installation häufig auch von Fachkräften aus dem SHK-Handwerk übernommen. Die Inbetriebnahme liegt wiederum häufig im Tätigkeitsbereich von Mechatroniker/-innen Kältetechnik, u.a. weil diese aufgrund ihrer Ausbildung über die dafür erforderlichen Qualifikationsnachweise für Tätigkeiten am Kältekreislauf verfügen (vgl. Infobox „Besondere Nachweispflichten“).

Typische Tätigkeiten, Kompetenzen und Kenntnisse umfassen:

- Grundlegendes Verständnis unterschiedlicher Kälte- und Klimatechnikanlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger
- Kälte- und elektrotechnische Fertigkeiten (inkl. entsprechender Nachweise)
- Installation und Verlegung von kälte- und raumlufttechnischen Anlagen inkl. Wärme-/Kälterückgewinnung
 - Verlegung von Rohrleitungen, Lüftungskanälen und sonstigen Bauteilen
 - Abdichtung, Dämmung und Isolierung von Rohrleitungen
- Installation digitaler Mess-, Steuer- und Regelungssysteme zur energetischen Betriebs- und Verbrauchsoptimierung der Kälte- und Klimatechnikanlagen („Efficiency Smart Home“)
- Inbetriebnahme der installierten Kälte- und Klimatechnikanlage (vgl. Planung und Überwachung)
- Unterweisung der Auftraggeber/-in

Infobox: Besondere Nachweispflichten: Installation und Wartung

Tätigkeiten am Kältemittelkreislauf sowie elektrotechnische Tätigkeiten, wie etwa der elektrische Anschluss einer Kältetechnikanlage, erfordern spezifische kälte- und elektrotechnische Fertigkeiten und dürfen grundsätzlich nur von einer Fachkraft für Kältetechnik bzw. einer Elektrofachkraft durchgeführt werden. Fachkräfte in der Kältetechnik weisen durch ihre Ausbildung üblicherweise bereits die hierfür notwendige Berechtigung auf.

¹⁵⁸ Im Kontext eines Meisterbetriebes tragen die ausgebildeten Meister/-innen die rechtliche Verantwortung für den Einbau von Kälte- und Klimatechnikanlagen. Um diese Verantwortung tragen zu können, benötigen sie die dafür notwendigen fachlichen Kenntnisse und Kompetenzen. Ähnliche Kompetenzanforderungen bestehen für Techniker/-innen.

¹⁵⁹ BA (2021).

Wartung

Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten können – je nach Kälte- bzw. Klimatechnik und Reparaturbedarf – unterschiedliche Fachkräfte zum Einsatz kommen. Typischerweise führen vor allem **Mechatroniker in der Kältetechnik** Wartungsarbeiten an den verschiedenen Anlagen durch. Alternativ kommen v.a. Fachkräfte aus dem SHK-Handwerk oder zunehmend auch Beschäftigte der Hersteller von Kälte- und Klimatechikanlagen zum Einsatz, bspw. mittels Fernwartung. Voraussetzung dafür ist jedoch eine vollständig digitalisierte Mess-, Steuer- und Regelungstechnik.

Typische Tätigkeiten und Kompetenzen im Zusammenhang mit der Wartung umfassen:

- Grundlegendes Verständnis unterschiedlicher Kälte- und Klimatechikanlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger
- Kälte- und elektrotechnische Fertigkeiten (inkl. entsprechender Nachweise)
- Überprüfung von Funktionsweise und Steuerungseinstellungen
- Durchführung von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz
 - Überprüfung der Dichtigkeit
 - Ausführung von Reparaturarbeiten (z.B. Austausch von Verschleißteilen)
 - Reinigung von Anlagenteilen
 - Austausch und Entsorgung von Kältemitteln
- Energetische Optimierung
- Effizienzbewertung und Systemoptimierung
- Erstellung eines Wartungsprotokolls

Infobox: Digitale Schnittstellen

Die Erwerbstätigen des SHK-Handwerks sind mit einer zunehmenden Digitalisierung konfrontiert: Der Betrieb und insbesondere die Wartung der Kälte- und Klimatechikanlagen wird zunehmend von der Arbeit mit digitaler und intelligenter Mess- und Regelungstechnik bestimmt. Mögliche Einsatzgebiete in der Kältetechnik umfassen z.B. die intelligente Klima- und Lüftungssteuerung oder die automatische Erfassung undichter Stellen.

Die Planung und Installation moderner Kälte- und Klimatechikanlagen findet bereits überwiegend auf Basis digitaler Planungsmodelle statt. Insofern stellt die Erstellung, Auswertung und Verwaltung von Modelldaten bereits heute eine wesentliche Aufgabe von Fachkräften in der Kältetechnik dar. Die Nutzung digitaler Schnittstellen bis hin zum BIM spielt zwar gegenwärtig in der Praxis noch eine sehr untergeordnete Rolle, könnte in Zukunft jedoch verstärkt zum Einsatz kommen.¹⁶⁰ Hierdurch können Effizienzsteigerungen im gesamten Planungs- und Verarbeitungsprozess ermöglicht sowie die Kommunikation zwischen den Gewerken verbessert werden.¹⁶¹

¹⁶⁰ Handwerk-Magazin (2021).

¹⁶¹ ZVSHK (2018).

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich und Qualifikationsniveau – auch veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungsmodelle und -software
- Kenntnisse in der Planung von elektrischen Systemen wie Kälte- und Klimatechnikanlagen, aber auch Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung digitaler Mess- und Regelungstechnik („Smart Meter Gateway“)
- ggf. Kenntnisse in der Erstellung, Auswertung und Verwaltung von BIM-Software (z. B. für Projektierung von Kälte- und Klimatechnikanlagen, Gestaltung und Berechnung elektrischer Systeme)

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Schon heute arbeiten die Erwerbstätigen in der Kältetechnik eng mit anderen Gewerken zusammen. Dies gilt in besonderem Maße für das Elektrohandwerk sowie das SHK-Handwerk. Die Notwendigkeit gewerkeübergreifender Zusammenarbeit wird sich in Zukunft weiter verschärfen, etwa im Zusammenhang mit der zunehmenden digitalen Vernetzung von Planungs- und Bauprozessen und der Digitalisierung von Mess- und Regelungstechnik.

Mangelnde gewerke- und berufsübergreifende Zusammenarbeit birgt im Kontext der Planung, Installation und Wartung von Kälte- und Klimatechnikanlagen das Risiko, Energieeffizienzgewinne nicht vollständig auszuschöpfen

Typische Schnittstellen mit anderen Gewerken bzw. Berufen im Kontext energetischer Gebäudesanierung umfassen z.B.:

- **Planung energetisch optimaler Kälte- und Klimatechnikanlagen**
 - 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
 - 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
 - 4231 – Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung
- **Durchdringung Gebäudehülle (z.B. zur Montage vorgefertigter Modulfassaden):**
 - 3215 – Berufe im Fassadenbau
 - 3321 – Berufe für Maler- und Lackierarbeiten
 - 3330 – Berufe im Aus- und Trockenbau
 - 3332 – Berufe in der Zimmerei
- **Durchdringung Dach (z.B. zur Montage/Verbindung von Photovoltaikanlagen):**
 - 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
- **Anschluss elektrischer Kälte- bzw. Klimatechnikanlagen:**
 - 2621 – Berufe in der Bauelektrik

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Die Ausbildungsordnung über den Ausbildungsberuf zur/zum **Mechatroniker/-in für Kältetechnik** stammt aus dem Jahr 2007.¹⁶² Im Zuge der Neuordnung wurden die Ausbildungsberufe Mechatroniker/-in für Kältetechnik und Kälteanlagenbauer/-in zusammengelegt. Die Inhalte der Ausbildungsordnung umfassen alle Schritte von der Planung über die Montage bis hin zur Wartung von Anlagen und Systemen der Kälte- und Klimatechnik.

Im berufsschulischen Rahmenlehrplan der Kultusministerkonferenz (KMK) werden diese Inhalte weiter ausdifferenziert und mit einer entsprechenden Anzahl an Unterrichtsstunden verankert. So werden etwa für die Planung einer Kälte- und Klimaanlage im zweiten Ausbildungsjahr 80 Unterrichtsstunden veranschlagt. Insgesamt werden alle typischen Tätigkeiten im Bereich der Kälte- und Klimatechnik im berufsschulischen Rahmenlehrplan abgebildet.

Aus Sicht der befragten Expert/-innen umfasst die bestehende Ausbildungsordnung bzw. der Rahmenlehrplan gegenwärtig alle relevanten Kompetenzen für den Bereich der Energieeffizienz. Eine weitere Spezialisierung sollte demnach im Rahmen von Fort- und Weiterbildungen erreicht werden. Zudem zeigt sich, dass einige Auszubildende bereits heute im Rahmen der Ausbildung Schwierigkeiten mit bestimmten Ausbildungsinhalten, etwa im Bereich Naturwissenschaft/Mathematik.

Hinsichtlich des **gewerkeübergreifenden Arbeitens** und vor dem Hintergrund der steigenden Bedeutung von Klimatechnik, Sektorenkopplung und digitaler Vernetzung der Gebäudetechnik haben der Bundesinnungsverband des Deutschen Kälteanlagenbauerhandwerks (BIV) und der Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH) die bestehende handwerksrechtliche **Verbändevereinbarung gemäß §7a- Handwerksordnung** im Jahr 2011 aktualisiert. Hierin wird festgehalten, dass die Ausbildungsinhalte für den/die Mechatroniker/-in für Kältetechnik die erforderlichen Kompetenzen einer Elektrofachkraft in ausreichendem Maße vermitteln. Aus diesem Grund erhalten Ausbildungsabsolvent/-innen auch eine Qualifikation als Elektrofachkraft im Bereich Kälte- und Klimatechnik, welche sie zur „Errichtung, Inbetriebnahme und Instandhaltung von elektrischen Gebrauchs- und Arbeitsgeräten der Kälte- und Klimatechnik“ berechtigt.¹⁶³

Berufliche Fortbildung

Für Fachkräfte in der Kältetechnik besteht die Möglichkeit, zertifizierte Weiterbildungen zu spezifischen Anlagen zu absolvieren. Dabei können aber auch Kenntnisse und Kompetenzen in der Planung, Errichtung und Betrieb von Heizungsanlagen wie etwa der Wärmepumpe erlernt werden, z.B. im Rahmen der Schulung nach VDI-Richtlinie 4645¹⁶⁴ oder im Rahmen der Weiterbildung „Fit für Wärmepumpenanlagen“ des ZVSHK¹⁶⁵. Darüber hinaus soll

¹⁶² Verordnung über die Berufsausbildung zum Mechatroniker für Kältetechnik/zur Mechatronikerin für Kältetechnik vom 20. Juli 2007 (BGBl. I S. 1493).

¹⁶³ Bundesinnungsverband des Deutschen Kälteanlagenbauerhandwerks (2018).

¹⁶⁴ Schulung nach VDI-Richtlinie 4645 („Heizungsanlagen mit elektrisch angetriebenen Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilien-häusern - Planung, Errichtung, Betrieb“).

¹⁶⁵ Zentralverband Sanitär Heizung Klima, Link: <https://www.zvshk.de/weiterbildung/detail/artikel/7727-wpa-fit-fuer-waermepumpenanlagen/> (online, abgerufen am 24.04.2023).

auch eine Ergänzung der überbetrieblichen Lehrlingsunterweisung (ÜLU)-Kurse in der Ausbildung den Qualifikationsbedarf kurzfristig abdecken.

Im Zusammenhang mit dem Hochlauf der Wärmepumpen hat das BAFA im März 2023 zudem eine Förderrichtlinie für das „Aufbauprogramm Wärmepumpe“ veröffentlicht.¹⁶⁶ Das Programm ist Teil der Wärmepumpenoffensive der Bundesregierung und richtet sich u. a. an Handwerksbetriebe aus dem Bereich Kältetechnik, die ihre Fachkräfte für die Planung und Auslegung, Installation, Einregulierung und Wartung von Wärmepumpen qualifizieren wollen. Mit dem Programm sollen jährlich insgesamt rund 21.000 Handwerker/-innen, TGA-Planer/-innen und Energieberater/-innen in Form von Kurzschulungen zum Thema Wärmepumpe qualifiziert werden.¹⁶⁷

Der selbständige Einbau von Kälte- und Klimatechikanlagen, wie etwa einer Klimaanlage oder Wärmepumpe, unterliegt grundsätzlich der Meisterpflicht und erfordert daher die Fortbildung zur/zum **Kälteanlagenbauermeister/-in**.¹⁶⁸ Die ausgebildeten Meister/-innen tragen beim Einbau von Kälte- und Klimatechikanlagen das Haftungsrisiko, auch wenn diese in der Praxis meist von den im Meisterbetrieb beschäftigten Handwerkern installiert und gewartet wird. Um diese Verantwortung tragen zu können, benötigen sie die dafür notwendigen fachlichen Kenntnisse und Kompetenzen. Die bundeseinheitlich geregelte Meisterprüfungsverordnung wurde 2015 vor dem Hintergrund gestiegener technischer Standards in der Kälte- und Klimatechnik und neuer gesetzlicher Auflagen für Sicherheit und Umweltschutz erneuert. Ähnliche Kompetenzanforderungen bestehen für **Techniker/-innen für Kältetechnik**.

Sofern Fachkräfte im Bereich der Kälte- und Klimatechnik bereits Qualifikationen oder Erfahrungen im Umgang mit Solaranlagen nachweisen können, haben sie die Möglichkeit eine Fortbildung zum/zur Solartechniker/-in zu absolvieren (vgl. Abschnitt 2.4.6). Die Weiterbildung ist gemäß den Rechtsvorschriften der jeweiligen Handwerkskammer geregelt.

Akademische Ausbildung

Ein Studium zum/zur Ingenieur/-in mit den Schwerpunkten Kältesystemtechnik, aber auch Gebäudesystemtechnik oder technische Gebäudeausrüstung, wird hauptsächlich an Fachhochschulen und Hochschulen für angewandte Wissenschaften oder als duales Studium angeboten. Bereits im Grundstudium (Bachelor) sind dabei in der Regel verschiedene Kurse zu naturwissenschaftlichen Grundlagen, Kältetechnik, Heizungs- und Klimatechnik, Solartechnik sowie Elektrotechnik verpflichtend im Curriculum verankert.

Im Masterstudium können sich die Studierenden fachlich in einer Vertiefungsrichtung spezialisieren. Die Studienangebote sind jedoch häufig insbesondere auf die Bedürfnisse der Industrie ausgerichtet. Zahlreiche Hochschulen und Universitäten bieten interdisziplinäre Masterstudiengänge in den Bereichen Nachhaltiges Bauen und Energieeffizienz an.¹⁶⁹

¹⁶⁶ BAFA (2023).

¹⁶⁷ BAFA (2023).

¹⁶⁸ § 1 Abs. 2 i. V. m. Anlage A Handwerksordnung; vgl. hierzu auch Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestags (2019).

¹⁶⁹ Die TU München bietet bspw. den Masterstudiengang „Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen“ an, die Berliner Hochschule für Technik „Planung nachhaltiger Gebäude“, die Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen „Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen“, die Hochschule Magdeburg Stendal „Energieeffizientes Bauen und Sanieren“ und die Frankfurt University of Applied Sciences „Zukunftssicher Bauen“.

2.4.12 Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung (4231)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung** zählen zu den Geologie-, Geografie- und Umweltschutzberufen. Im Kontext dieser Studie werden darunter insbesondere **Gebäudeenergieberater/-innen** gefasst. Gebäudeenergieberater/-in ist keine staatlich anerkannte bzw. geschützte Berufsbezeichnung, sondern zählt als Weiterbildungsberuf. Eine entsprechende Qualifizierung steht insbesondere Personen mit einer Fortbildung zur/zum Meister/-in oder Techniker/-in in einem Bau-, Ausbau- oder anlagentechnischen Gewerbe sowie Akademiker/-innen mit einem Hochschulabschluss in den Fachrichtungen Architektur, Hochbau, Bauingenieurwesen, Technische Gebäudeausrüstung, Physik, Bauphysik, Maschinenbau, Elektrotechnik sowie Energietechnik offen.¹⁷⁰

Gebäudeenergieberater übernehmen zum einen fachplanerische Tätigkeiten, d.h. sie beraten Privatpersonen, aber auch Unternehmen im Falle einer energetischen Gebäudesanierung zu Fragen der Energietechnik und -effizienz.¹⁷¹ Zum anderen sind sie in der Baubegleitung tätig. Damit verbunden sind systemübergreifende Tätigkeiten und Kompetenzen im Gebäudesektor – von der **energetischen Sanierung der Gebäudehülle** über die Wahl der **Anlagentechnik** bis hin zur digitalen Vernetzung mittels **digitaler Schnittstellen**.¹⁷² Die Gebäudeenergieberater/-innen spielen somit eine Schlüsselrolle für die Energieeffizienz im Gebäudesektor.

Eine qualifizierte Energieberatung erfordert eine Vielzahl an unterschiedlichen Qualifikationen und Kompetenzen. Gebäudeenergieberater/-innen benötigen ein besonderes Verständnis für das energetische Zusammenspiel von Gebäudehülle, (digitaler) Anlagentechnik und den spezifischen Kundenanforderungen.¹⁷³ Dabei kommt der Beratungskompetenz – neben fachlichen Kompetenzen – eine zentrale Rolle zu. Aufgrund der politischen, rechtlichen und technologischen Entwicklungen im Bereich der Energieeffizienz weist der Beruf insgesamt einen hohen Anteil dynamischer Wissens Elemente auf. Mit Blick auf die typischen Tätigkeiten und Kompetenzen in der Gebäudeenergieberatung können unterschiedliche Kompetenzbereiche unterschieden werden.¹⁷⁴

Übergreifend:

- Kenntnisnahme gesetzlicher Rahmenbedingungen und Normen mit Blick auf Gebäude und Unternehmen (z.B. Gebäudeenergiegesetz, Fördermöglichkeiten)
- Vertiefte Kenntnisse der Bauphysik (z.B. U-Wert Ermittlung) und Baukonstruktion
- Energetische Fachplanung und Baubegleitung
- Durchführung der energetischen Bilanzierung (Energiebedarfsermittlung gem. DIN 4108-6 und DIN 4701-10 oder DIN 18599)
- Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen gegebenenfalls inklusive Fördermöglichkeiten
- Bewertung der Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Maßnahmen
- Erstellung individueller Sanierungsfahrpläne
- Projektentwicklung (bspw. Quartiersentwicklung, kommunale Wärmeplanung)

¹⁷⁰ BAFA (2021).

¹⁷¹ BA (2021a).

¹⁷² Maas et al. (2018).

¹⁷³ Ebd.

¹⁷⁴ Ebd.

- ggf. Kenntnisse im Energieeinkauf und Contracting
- Begleitung von Förderanträgen
- Qualitätssicherung durch Energetische Baubegleitung
- Energiecontrolling/-monitoring bis Energiemanagement

Gebäudehülle:

- Fachkenntnisse unterschiedlicher Gebäudekonzepte und bauphysikalischer Grundlagen (z.B. energetische Standards)
- Fachkenntnisse untersch. Bau- und Wärmedämmstoffe inkl. Wärmedämmverbundsystemen
- Fachkenntnisse zum sommerlichen Wärmeschutz (z.B. untersch. Maßnahmen gegen Überhitzung)
- Problembewusstsein für typische Schwachstellen in der Gebäudehülle (z.B. Wärmebrücken oder Schimmelpilzbildung)

Anlagentechnik:

- (Energetische) Bewertung und Auswahl der Heizungsanlage und Warmwasserversorgungssystem
 - (Überschlägige) Berechnung der Heizlast
 - Erfassung, Ausweisung und Beseitigung von möglichen Schwachstellen bei vorhandenen Heizsystemen
 - (Überschlägige) Auslegung von Heizungs- und Solaranlagen (z.B. Wärmepumpe, PV-Anlage)
 - Kenntnisse in der Wärmerückgewinnung
 - Beachtung hygienischer Vorschriften zur Trinkwasseraufbereitung
- (Energetische) Bewertung der Raumlüftung und ggf. Auswahl der (Raum-)Lüftungsanlage
- Kenntnisse in der Kältetechnik inkl. passive Kühlung
- Kenntnisse in der Energieerzeugung mittels erneuerbarer Energieträger
- Fachkompetenzen in der Analyse und Weiterentwicklung von Querschnittstechnologien (z. B. Druckluft) und Prozesstechnik

Infobox: Digitale Schnittstellen

Die planerische Tätigkeit erfordert von Gebäudeenergieberater/-innen ein umfassendes und stetig erweitertes Verständnis digitaler Möglichkeiten zur Optimierung der Gebäudeenergieeffizienz. Hierzu zählen etwa die zunehmende Gebäudeautomation oder die Einführung von Energiemanagementsystemen. Gebäudeenergieberater/-innen müssen in der Lage sein, solche Automatisierungs- und Digitalisierungspotenziale zu erkennen, deren Effekte auf die Energieeffizienz zu quantifizieren und sie schließlich im Rahmen eines Energiekonzeptes für spätere Fachplanungen festzuhalten.¹⁷⁵

Bereits heute arbeiten Gebäudeenergieberater/-innen häufig mit digitalen Planungs- und Simulationsmodelle (z.B. zur Erfassung des Ist-Zustands von Gebäudehülle und Anlagentechnik).¹⁷⁶ Dies ermöglicht Effizienzsteigerungen über den gesamten Planungs- und auch Umsetzungsprozess

¹⁷⁵ Maas et al. (2018).

¹⁷⁶ Vgl. Haustec – Fachportal für die Gebäudetechnik (2021).

hinweg. Bislang spielt BIM in der Tätigkeit von Gebäudeenergieberater/-innen zwar noch eine untergeordnete Rolle, in der Zukunft könnte dessen Relevanz jedoch auch in der Praxis deutlich zunehmen. Hierdurch kann insbesondere die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit verbessert werden. Insbesondere im Zuge der seriellen Sanierung erweist sich BIM als Schlüsseltechnologie.

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen auch veränderte Kompetenzanforderungen einher, welche sich nicht ausschließlich auf digitale Fachkompetenzen beschränken:

- Digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler –Bilanzierungs- und Simulationssoftware (z.B. zur Erfassung des Ist-Zustands von Gebäudehülle und Anlagentechnik und Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen)
- Kenntnisse von BIM-Software zur gewerkeübergreifenden Planung von Gebäuden
- Kenntnisse modellbasierter Kommunikation mit anderen Gewerken (bspw. mittels BIM)
- Hohe kommunikative Kompetenz durch kooperativen Charakter von BIM
- Kenntnisse in agilen Arbeitsmethoden
- Fähigkeit zur Selbstorganisation
- Hohes Maß an Lernbereitschaft und Innovationsfähigkeit

Beratungskompetenz:

- Kenntnisse förderspezifischer Details (insbes. Bundesförderung durch die BAFA)
- Ausarbeitung eines Energieberatungsberichts bzw. eines individuellen Sanierungsfahrplans¹⁷⁷
- Kommunikation und soziale Interaktion in der Kundenberatung (z.B. kundenfreundliche Präsentation fachlicher Zusammenhänge)

SOLL-Anforderungen: Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit

Gebäudeenergieberater/-innen arbeiten im Beratungs- und Planungsprozess eng mit anderen beteiligten Gewerken zusammen: In Zusammenarbeit mit Architekt/-innen können bspw. energetische Gebäudekonzepte entwickelt werden, welche sie an die jeweiligen Fachplaner/-innen oder Ingenieur/-innen weitergeben. Gleichzeitig kann auch der Austausch mit den einzelnen Gewerken im Handwerk bereits in der Planungsphase eines Projekts helfen, Potenziale, aber auch mögliche Problemstellungen frühzeitig zu identifizieren. Dabei kann bislang jedoch noch eine gewisse Zurückhaltung beobachtet werden.

Eine mangelnde gewerke- und berufsübergreifende Zusammenarbeit birgt im Kontext der Planung das Risiko, Energieeffizienzpotenziale nicht vollständig auszuschöpfen. In der Planungsphase eines Projekts liegt dieses Risiko häufig in einer fehlenden wirksamen Kommunikationsstruktur zwischen den beteiligten Akteuren und Gewerken. In der Praxis können beispielsweise auch widersprüchliche Einschätzungen zu den Möglichkeiten einer

¹⁷⁷ BAFA (2020). Der Energieberatungsbericht dokumentiert die Ergebnisse der Energieberatung für den Kunden in verständlicher Form. Vom Bafa werden dabei Mindestanforderungen an den Inhalt eines solchen Beratungsberichts vorgeschrieben, die für eine Förderung zwingend notwendig sind. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, eine „Schritt-für-Schritt-Sanierung“ oder eine „Gesamtsanierung in einem Zug“ im Energieberatungsbericht festzuhalten. Um eine Förderung der Energieberatung zu erhalten, kann alternativ auch ein individueller Sanierungsfahrplan (iSFP) angefertigt werden.

energetischen Sanierung vorliegen, etwa wenn vonseiten der Gebäudeenergieberater/-in eine Wärmepumpe für ein Bestandsgebäude empfohlen wird, die Realisierbarkeit vonseiten der einbezogenen Handwerker/-innen jedoch bezweifelt wird.

Typische Schnittstellen mit anderen Gewerken bzw. Berufen im Kontext energetischer Gebäudesanierung umfassen z.B.:

- **Beratung/Planung im Bereich Gebäudehülle:**
 - 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 3214 – Berufe in der Dachdeckerei
 - 3329 – Berufe für Maler- und Lackiererarbeiten
 - 3332 – Berufe in der Zimmerei

- **Beratung/Planung im Bereich Anlagentechnik:**
 - 2624 – Berufe in der regenerativen Energietechnik (insbesondere Solartechniker/-innen)
 - 3110 – Berufe in der Bauplanung und -überwachung
 - 3111 – Berufe in der Architektur
 - 3112 – Berufe in der Stadt- und Raumplanung
 - 3410 – Berufe in der Gebäudetechnik
 - 3421 – Berufe in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Grundsätzlich handelt es sich bei Gebäudeenergieberater/-innen nicht um eine geschützte Berufsbezeichnung. Vielmehr bestehen unterschiedliche Ausbildungswege, um Tätigkeiten in der Gebäudeenergieberatung durchführen zu können. Von dem BAFA werden jedoch spezifische Anforderungen an die Qualifikation von Gebäudeenergieberater/-innen definiert, welche für eine Anerkennung und Förderfähigkeit im Rahmen der Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude (EBW) notwendig sind.¹⁷⁸ Entsprechend qualifizierte Gebäudeenergieberater/-innen können in der „Energieeffizienz-Expertenliste für Förderprogramme des Bundes“ der Deutschen Energieagentur (dena) aufgenommen werden – der einzigen veröffentlichten Liste von entsprechend zugelassenen Berater/-innen. Durch die Notwendigkeit der Aufnahme in die Expertenliste wird zum einen sichergestellt, dass Qualitätsstandards in der Gebäudeenergieberatung eingehalten werden. Zum anderen bieten sie Bauherr/-innen Orientierung bei der Suche nach entsprechenden Fachkräften.¹⁷⁹

Gebäudeenergieberater/-innen können die Zulassung demnach entweder über eine einschlägige Grundqualifikation inklusive einer darüber hinaus gehenden fachlichen Zusatzqualifikation oder im Rahmen der Qualifikationsprüfung Energieberatung erwerben. Die Qualifikationsprüfung wurde im Jahr 2020 als zusätzlicher Ausbildungsweg zur/zum Energieberater/-in eingeführt.

¹⁷⁸ BAFA (2021).

¹⁷⁹ Die Energieeffizienz-Expertenliste für Förderprogramme des Bundes ist unter folgendem Link verfügbar: <https://www.energie-effizienz-experten.de/>.

Darüber hinaus weisen Gebäudeenergieberater/-innen jedoch einen stetigen Weiterbildungsbedarf auf – insbesondere aufgrund des hohen Anteils sich dynamisch verändernder Wissensinhalte. Aus diesem Grund müssen die Erwerbstätigen ihre Kenntnisse und Kompetenzen regelmäßig auf den aktuellen Stand bringen.

Grundqualifikation

Als erforderliche Grundqualifikation für eine Anerkennung durch das BAFA gelten sowohl akademische wie auch berufliche Ausbildungswege:¹⁸⁰

- **Akademische Grundqualifikation:**
 - Berufsqualifizierender Hochschulabschluss in den Fachrichtungen Architektur, Hochbau, Bauingenieurwesen, Technische Gebäudeausrüstung, Physik, Bauphysik, Maschinenbau, Elektrotechnik sowie Energietechnik
 - Berufsqualifizierender Hochschulabschluss in einer anderen technischen oder naturwissenschaftlichen Fachrichtung, wenn ein Ausbildungsschwerpunkt auf einem der vorgenannten Gebiete liegt
- **Berufliche Grundqualifikation:**
 - Berufliche Fortbildung zur/zum Handwerksmeister/-in bzw. Erfüllung der Voraussetzungen zur Eintragung in die Handwerksrolle in einem zulassungspflichtigen Bau-, Ausbau- oder anlagentechnischen Gewerbe oder im Schornsteinfegerwesen
 - Berufliche Fortbildung zur/zum Handwerksmeister/-in in einem zulassungsfreien Bau-, Ausbau- oder anlagentechnischen Gewerbe
 - Berufliche Fortbildung zur/zum staatlich anerkannten oder geprüften Techniker/-in mit einem Ausbildungsschwerpunkt in der Beurteilung der Gebäudehülle, von Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen oder von Lüftungs- und Klimaanlage

Zusatzqualifikation

Als erforderliche Zusatzqualifikation für eine Anerkennung durch das BAFA gelten unterschiedliche Fortbildungs- und Schulungsangebote. Hierzu zählen grundsätzlich einschlägige Angebote im Bereich Energieberatung, z.B. die Fortbildung zur/zum zertifizierten Gebäudeenergieberater/-in der Handwerkskammer. Die Fortbildung ist dabei inhaltlich auf die gesetzlichen Anforderungen zur Förderung von Energieberatungstätigkeiten angepasst und berechtigt z.B. zur Ausstellung von Energieausweisen für Wohngebäude im Bestand.¹⁸¹

Neben einschlägigen Fortbildungen können aber auch Ausbildungsschwerpunkte im Rahmen des Studiums oder eine Lehr- bzw. Referententätigkeit als Zusatzqualifikation für eine Anerkennung durch das BAFA angerechnet werden.¹⁸²

Qualifikationsprüfung Energieberatung

Personen, die nicht über eine entsprechende Grund- und Zusatzqualifikation verfügen, können die Anerkennung durch das BAFA seit dem Jahr 2020 auch über den erfolgreichen Abschluss der einheitlich geregelten

¹⁸⁰ dena, Link: <https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/gebaeude/beraten-und-planen/energieeffizienz-expertenliste/> (online, abgerufen am 17.02.2023).

¹⁸¹ Vgl. z.B. Handwerkskammer Rheinhessen, Link: <https://www.hwk.de/seminar/geb/> (online, abgerufen am 17.02.2023)

¹⁸² Ebd.

Qualifikationsprüfung Energieberatung erreichen. Seit ihrer Einführung haben einige Weiterbildungseinrichtungen die Qualifikationsprüfung Energieberatung in ihr Weiterbildungsangebot aufgenommen.¹⁸³

Die systematische Entwicklung, Konzeption und Erprobung der Prüfungsinhalte wurde im Auftrag des BAFA von der Universität Kassel durchgeführt. Die dabei identifizierten Fachkenntnisse und Fähigkeiten wurden im Jahr 2018 im Rahmen eines Endberichts der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt und beinhalten alle wesentlichen Schlüsselkompetenzen, die für eine Ausübung als Gebäudeenergieberater/-in erforderlich sind.¹⁸⁴

Berufliche Fortbildung

Mit einer Aufnahme in die Energieeffizienz-Expertenliste der dena sind zudem fortlaufende Fortbildungspflichten verbunden. Eingetragene Berater/-innen müssen alle drei Jahre eine Verlängerung ihres Eintrags beantragen, indem aktuelle Nachweise über einschlägige Fortbildungen sowie Praxis-Referenzen erbracht werden. Die dena überprüft in diesem Zusammenhang nicht nur die erbrachten Fortbildungsnachweise, sondern führt auch stichprobenartige Kontrollen der Arbeitsergebnisse vor Ort durch, um bestehende Qualitätsstandards zu gewährleisten.¹⁸⁵

¹⁸³ Vgl. dena, Link:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Qualifikationspruefung_Energieberatung/qualifikationspruefung_energieberatung_node.htm (online, abgerufen am 17.02.2023).

¹⁸⁴ Maas et al. (2018).

¹⁸⁵ Vgl. dena, Link: <https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/gebäude/beraten-und-planen/energieeffizienz-expertenliste/> (online, abgerufen am 17.02.2023).

3 Sektor Industrie

3.1 Bundespolitische Ziele

Der Industrie kommt bei der Erreichung der Klimaziele eine zentrale Rolle zu. Sie ist nach der Energiewirtschaft der zweitgrößte Verursacher von Treibhausgasemissionen in Deutschland.¹⁸⁶ Zu den besonders emissionsintensiven Industrien zählen u. a. die Herstellung von Metall, die Herstellung mineralischer Produkte wie etwa Zement sowie die Grundstoffchemie.¹⁸⁷ So wurden im Jahr 2017 in der Stahlerzeugung etwa 28 Prozent der industriellen Treibhausgase emittiert. Die Herstellung chemischer Grundstoffe wie Ethylen oder Ammoniak sowie von Zement ist für weitere 19 bzw. 10 Prozent verantwortlich. Insgesamt verursachen die genannten Branchen damit bereits deutlich mehr als die Hälfte aller Emissionen im Industriesektor.¹⁸⁸ Ein wesentliches Merkmal der energieintensiven Industrien ist zudem, dass die Emissionen nicht ausschließlich durch die Verbrennung fossiler Energieträger entstehen, sondern in relevantem Maße auch durch die technologie- bzw. verfahrensbedingte Nutzung dieser Stoffe in den Herstellungsprozessen selbst (z.B. durch den Einsatz von Koks in der Stahlproduktion).

Um das Ziel der Klimaneutralität in Deutschland bis zum Jahr 2045 zu erreichen, muss der industrielle Sektor treibhausgasneutral werden. Der CO₂-Ausstoß der Industrie ist von 284 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 1990 auf 178 Millionen Tonnen im Jahr 2020 gesunken.¹⁸⁹ Bis 2030 müssen die Emissionen gemäß novelliertem Klimaschutzgesetz weiter auf 118 Millionen Tonnen reduziert werden.¹⁹⁰

Die Basis für eine klimaneutrale Industrie bildet dabei insbesondere die Steigerung der Energieeffizienz, welche jedoch gerade in den energieintensiven Industrien bereits heute an physikalische Grenzen stößt. Hinzu kommt, dass prozessbedingte Emissionen in den gegenwärtig zum Einsatz kommenden Technologien nicht zu vermeiden sind. Insofern bedarf es zugleich einer verstärkten Nutzung neuer, weitgehend CO₂-neutraler Technologien auf Basis alternativer Rohstoffe, erneuerbarer Energiequellen und Wasserstoff in den verschiedenen Branchen der (Grundstoff-)Industrie. Dazu zählt bspw. die Elektrifizierung von zentralen industriellen Prozessen, der Aufbau einer Kreislaufwirtschaft oder die Optimierung von Verfahren und Prozessen durch Digitalisierung und Automatisierung. Aufgrund des hohen Anteils an den Gesamtemissionen stellen diese Prozesse in den energieintensiven Industrien und dabei insbesondere in der Stahl-, Zement- und Chemieindustrie einen wesentlichen Hebel für die Reduzierung von Treibhausgasen dar.

Industrieprozesse, die sich nicht oder nur schwierig elektrifizieren lassen, wie bspw. in der Stahlerzeugung, werden zunehmend auf Wasserstoff umgestellt. Klimafreundlich hergestellter Wasserstoff eignet sich nicht nur für den direkten energetischen Einsatz, sondern auch als industrieller Rohstoff und Grundlage für die Erzeugung anderer synthetischer Energieträger.¹⁹¹ Somit zählt grüner Wasserstoff als unverzichtbarer Baustein für den Aufbau eines nachhaltigen Energiesystems auf Grundlage von erneuerbaren Energien. Um Deutschland langfristig zu einem globalen Vorreiter bei Wasserstofftechnologien zu machen, wurde im Juni 2020 die Nationale

¹⁸⁶ BMWK (2022c).

¹⁸⁷ BMWi (2019a).

¹⁸⁸ KEI (2022).

¹⁸⁹ BMWK (2022c).

¹⁹⁰ Vgl. Bundes-Klimaschutzgesetz (2021).

¹⁹¹ Öko-Institut e.V. (2020).

Wasserstoffstrategie beschlossen. In dieser wurde das Ziel festgelegt, in Deutschland bis zum Jahr 2030 Wasserstoffelektrolyseure mit einer Gesamtleistung von 5 Gigawatt zu installieren.¹⁹²

Um die Industrie vollständig dekarbonisieren zu können, spielen darüber hinaus die Carbon Capture and Utilization (CCU) bzw. Storage (CCS)-Technologien eine entscheidende Rolle. CO₂-Emissionen, die durch Prozessumstellungen nicht vermieden werden können, werden in CCS/CCU-Verfahren abgeschieden und in tiefliegenden geologischen Gesteinsschichten gespeichert.¹⁹³ Auch bei der Herstellung von Wasserstoff kommt das CCS-Verfahren zum Einsatz: kann die Wasserstoffproduktion nicht vollständig auf Basis von erneuerbarem Strom erfolgen (grüner Wasserstoff), kann das bei der Produktion erzeugte CO₂ mit dem CO₂-Abscheidungs- und Speicherverfahren gekoppelt und somit bilanziell als CO₂-neutral betrachtet werden (blauer Wasserstoff).¹⁹⁴ Somit stellt CCS eine klimafreundliche Wasserstoffproduktion sicher. Die Stärkung und Förderung der europäischen Entwicklung von CCS/CCU-Technologien wurde als Maßnahme für eine emissionsarme Industrie in der Industriestrategie 2030 verankert.¹⁹⁵

3.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz in den energieintensiven Industrien

Zur Erreichung der bundespolitischen Energieeffizienz- und Klimaziele sind sowohl kontinuierliche Verfahrens- und Prozessverbesserungen wie auch umfassende Umstellungen der zentralen Produktionsverfahren und -prozesse notwendig. Dabei ist es entscheidend, Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz mit anderen Strategien der Dekarbonisierung zu verbinden, um positive Wechselwirkungen zu verstärken. Dies betrifft insbesondere die Elektrifizierung von Produktionsprozessen, die Nutzung alternativer Rohstoffe und Ausgangsmaterialien – häufig in neuen Prozessrouten – sowie regenerativer Quellen für Prozesswärme. Hinzu kommt die zunehmende Bedeutung digitalisierter und automatisierter Abläufe und Verfahren. Übergeordnet steht zudem der Auf- und Ausbau einer Kreislaufwirtschaft im Zentrum.

In nahezu allen energieintensiven Industrien spielen Elektrifizierung und ggf. die Nutzung grünen Wasserstoffs eine Schlüsselrolle im Transformationsprozess hin zu einer THG-neutralen Produktion. Abhängig von den spezifischen Produktionsprozessen in den einzelnen Branchen ergeben sich jedoch sehr unterschiedliche technologische Möglichkeiten. Hinzu kommt, dass für viele Prozesse unterschiedliche Dekarbonisierungsstrategien existieren und miteinander im Wettbewerb stehen. Bei der Bewertung der Relevanz der verschiedenen Strategien und Maßnahmen ist daher u.a. entscheidend, in welchem Reifegrad sich die Technologie aktuell befindet und bis wann mit dem Erreichen der Marktreife gerechnet werden kann.

Mit den entsprechenden Maßnahmen gehen veränderte Produktions- und damit Arbeitsprozesse einher, welche sich wiederum auf die Nachfrage nach Fachkräften auswirken, sowohl quantitativ als auch qualitativ. Im folgenden Kapitel werden die erforderlichen Maßnahmen in den verschiedenen Bereichen kurz zusammengefasst und Schlüsselberufe herausgearbeitet, die mit den entsprechenden Arbeitsprozessen verbunden sind. Aufgrund ihrer herausragenden Bedeutung innerhalb der energieintensiven Industrien liegt der Fokus dabei auf der Stahl-, Zement- und Chemieindustrie.

¹⁹² BMWi (2020).

¹⁹³ BMWi (2019a).

¹⁹⁴ BMWi (2020).

¹⁹⁵ BMWi (2019a).

3.2.1 Übergreifende Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung der Energieeffizienz

Grundlegende Technologieumstellung: Elektrifizierung und Einsatz von Wasserstoff

Branchenübergreifend steht die Elektrifizierung zentraler technologischer Produktionsprozesse im Zentrum der Strategien zur weiteren Dekarbonisierung der Industrie. Vor allem in der Erzeugung von Nieder- bis Hochtemperaturwärme können sog. Power-to-Heat-Anlagen zum Einsatz kommen. Durch die Nutzung erneuerbaren Stroms könnten die THG-Emissionen der entsprechenden Produktionsprozesse somit weitgehend vermieden werden. Gleichzeitig zeigt sich auch, dass die entsprechenden Prozesse in bestimmten Konfigurationen einen geringeren Energieverbrauch und eine präzisere Wärmebereitstellung gegenüber Verbrennungsprozessen aufweisen.¹⁹⁶ Somit können Elektrifizierungsprozesse auch bei der Erreichung der Energieeffizienzziele eine wichtige Rolle spielen. In vielen Fällen ist zunächst auch eine komplementäre Nutzung zusätzlich zu konventionellen Anlagen auf Basis fossiler Energieträger möglich.¹⁹⁷

In bestimmten Produktionsprozessen wird zukünftig auch der Einsatz von grünem Wasserstoff eine bedeutende Rolle spielen. Dies gilt zum einen für Prozesse, die bislang nur schwer elektrifiziert werden können. So bietet Wasserstoff durch seine Speicher- und Transportmöglichkeiten ein deutlich höheres Maß an Flexibilität. Zum anderen spielt Wasserstoff in einigen Produktionsprozessen eine zentrale Rolle als stofflicher Input, bspw. bei der Herstellung grünen Methanols oder als Reduktionsmittel etwa in der wasserstoffbasierten Stahlproduktion mittels Direktreduktion.¹⁹⁸

Aufbau einer Kreislaufwirtschaft durch Recycling und Wärmerückgewinnung

Eine weitere zentrale Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz liegt im weitgehenden **Recycling** von bereits erzeugten bzw. genutzten Materialien und Stoffen. Eine solche stoffliche **Kreislaufwirtschaft** benötigt zum einen weniger Energie als eine vergleichbare Primärproduktion und stellt zum anderen eine wesentliche Strategie auf dem Weg zu einer klimaneutralen Industrieproduktion dar. Vor allem in den Grundstoffindustrien birgt die Wiederverwertung bereits produzierter Materialien erhebliche Energie- und Ressourceneinsparpotenziale. Besonders deutlich zeigt sich dies seit jeher in der Stahlindustrie: So könnten im Jahr 2050 in der EU rund 75 Prozent des Stahlbedarfs durch das Recycling von Stahlschrott gedeckt werden. In anderen energieintensiven Branchen, wie etwa der Zementindustrie, stecken entsprechende Ansätze zur Schließung von Materialkreisläufen hingegen noch in den Anfängen.¹⁹⁹ Unabhängig vom spezifischen Einsatzgebiet erfordert der Aufbau einer Kreislaufwirtschaft spezifische Voraussetzungen, wie etwa einen veränderten Materialinput, eine recyclinggerechte Materialauswahl und Produktgestaltung, eine entsprechende Rückführung von Produkten am Ende der Lebensdauer sowie eine verbesserte Recyclinglogistik.²⁰⁰

Neben dem Schließen von Stoffkreisläufen durch Recycling von Materialien und Stoffen spielt in industriellen Prozessen zukünftig auch die Verknüpfung energetischer Kreisläufe eine wesentliche Rolle, z.B. in Form von **Wärmerückgewinnung bzw. Abwärmenutzung**. In zahlreichen industriellen Produktionsprozessen wie etwa Verbrennungs- und Trocknungsanlagen entstehen erhebliche Mengen an Abwärme, welche jedoch bislang in

¹⁹⁶ Agora Energiewende (2019).

¹⁹⁷ Ebd.

¹⁹⁸ Ebd.

¹⁹⁹ Ebd.

²⁰⁰ Ebd.

vielen Fällen ungenutzt bleibt. Durch verschiedene technische Lösungen kann die Abwärme jedoch direkt genutzt bzw. in Strom oder Kälte umgewandelt und somit nutzbar gemacht werden.²⁰¹

In den kommenden Jahren werden weitere großtechnische Anwendungsmöglichkeiten entstehen, insbesondere auch durch die Umstellung auf elektrifizierte Produktionsanlagen. So bieten etwa großtechnische Hochtemperatur-Wärmepumpen in der Chemieindustrie die Möglichkeit, Abwärme als Wärmequelle zu nutzen und dadurch erhebliche Energieeinsparungen zu erzielen. Branchenübergreifend besteht jedoch noch weiterer Entwicklungsbedarf mit Blick auf die Integration von Wärmerückgewinnungsanlagen in bestehende Anlagenparks.²⁰² Im Zuge der technologischen Umstellung vieler Produktionsanlagen kann hier jedoch in den kommenden Jahren mit einer wachsenden Dynamik gerechnet werden. Bei diesen Entwicklungen sind insbesondere Fachkräfte aus der Anlagen- und Gebäudetechnik sowie aus der Heizungs- und Klimatechnik gefragt (vgl. Sektor Gebäude).

Mit dem Energieeffizienzgesetz (EnEfG) befindet sich gegenwärtig ein Gesetzentwurf im parlamentarischen Verfahren, welcher Unternehmen mit einem Endenergieverbrauch von mehr als 2,5 GWh zur Vermeidung und Nutzung von Abwärme verpflichtet. Zudem müssen bei der Planung von neuen Rechenzentren stets auch Abwärmemaßnahmen umgesetzt werden.²⁰³

Kontinuierliche Optimierung der Energieeffizienz von Anlagen und Prozessen auf Basis von Energieaudits und Energiemanagementsystemen

Neben den eher grundlegenden, technologischen Umstellungen auf THG-neutrale und energieeffiziente Produktionsanlagen und -prozesse spielen **kontinuierliche und inkrementelle Verbesserungen bestehender Anlagen und Prozesse** in der energieintensiven (Grundstoff-)Industrie weiterhin eine zentrale Rolle (im Sinne des sog. PDCA-Zyklus²⁰⁴). Dies gilt sowohl für Anlagen und Prozesse auf Basis fossiler Energieträger, welche voraussichtlich auch in den kommenden Jahren noch eingesetzt werden, als auch für THG-neutrale, elektrifizierte bzw. wasserstoffbasierte Anlagen und Prozesse. Durch eine energie- und ressourcenorientierte Optimierung der Prozess- und Verfahrensführung oder den Austausch einzelner Anlagenkomponenten wie etwa elektrischen Antrieben, Pumpen oder Kompressoren lassen sich in der installierten Basis noch immer erhebliche Energieeinsparpotenziale heben – unabhängig von der spezifischen Industriebranche. Aus Sicht einiger Branchenexpert/-innen bestehen hier im Einzelfall zwar kleine, in der Summe jedoch durchaus erhebliche Energieeinsparpotenziale. Aufgrund ihrer hohen Energieverbräuche und THG-Emissionen gilt dies in besonderem Maße für die energieintensiven Industrien. Grundlage hierfür kann die Einführung von entsprechenden *Key Performance Indicators* (KPI) sein, welche neben der Produktivität auch die Energieeffizienz und THG-Emissionen in den Blick nehmen. Für entsprechende Prozess- und Verfahrensumstellungen können zudem Förderprogramme wie die „Bundesförderung Energie- und Ressourceneffizienz“ (EEW) in Anspruch genommen werden. Im Rahmen

²⁰¹ Fraunhofer ISI (2013).

²⁰² Agora Energiewende (2019).

²⁰³ Eine Übersicht über die zentralen Regelungen des EnEfG findet sich unter:

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/04/20230419-kabinett-beschliesst-energieeffizienzgesetz.html>.

²⁰⁴ Der PDCA-Zyklus stellt das Grundmodell der kontinuierlichen Prozessverbesserung dar und ist damit Grundlage aller Qualitäts- und Umweltmanagementsysteme („Plan-Do-Check-Act“).

des Programms können finanzielle Zuschüsse bei der BAFA oder Kredite bei der KfW beantragt werden, um Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Unternehmen zu realisieren.²⁰⁵

Seit Dezember 2015 sind große Unternehmen laut Energiedienstleistungsgesetz (EDL-G) grundsätzlich dazu verpflichtet, alle vier Jahre ein sog. **Energieaudit** nach DIN EN 16247-1 durchzuführen. Dabei prüft ein innerbetrieblicher oder externer Auditor den Energieverbrauch und identifiziert und bewertet verschiedene Energieeinsparpotenziale. Insofern kann ein freiwilliges Energieaudit auch in kleineren und mittleren Unternehmen deutliche Vorteile bringen.²⁰⁶

Für Unternehmen, die eine kontinuierliche Effizienzsteigerung in ihren Produktionsabläufen erreichen wollen, bietet sich darüber hinaus ein dauerhaftes **Energiemanagementsystem** nach DIN EN ISO 50001 an. Eine entsprechende Zertifizierung bietet Unternehmen verschiedene Vorteile, z.B. als Voraussetzung für eine Befreiung von der EEG-Umlage. Eine Alternative stellt zudem ein **Umweltmanagementsystem**, z.B. nach ISO 14001 oder auf Basis der Europäischen Umweltmanagement-Verordnung EMAS („Eco-Management and Audit Scheme“) sowie ein Klimamanagementsystem nach ISO 14064 dar. Durch die Einführung eines Energie-, Umwelt- oder Klimamanagementsystems werden Unternehmen von der Pflicht zur Durchführung eines Energieaudits entbunden.²⁰⁷

Im Rahmen des EnEFG könnten zukünftig Unternehmen ab einem Endenergieverbrauch in Höhe von 5 GWh sowie Rechenzentren dazu verpflichtet werden, ein Energie- oder Umweltmanagementsystem einzuführen.²⁰⁸ Unternehmen ab einem Endenergieverbrauch in Höhe von 2,5 GWh müssten zudem Umsetzungspläne für entsprechende wirtschaftliche Maßnahmen erstellen. Der Gesetzentwurf für das EnEFG befindet sich gegenwärtig noch im parlamentarischen Verfahren, die festgeschriebenen Verbrauchshöhen unterliegen daher weiterhin einem Änderungsvorbehalt. Auf EU-Ebene wird darüber hinaus eine Neufassung der EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED) diskutiert, mit der Unternehmen mit einem Endenergieverbrauch von mehr als 85 Terajoule (TJ) zur Einführung eines Energiemanagementsystems verpflichtet werden könnten.²⁰⁹

Zur Durchführung eines Energieaudits bzw. zur Implementierung eines Energie- oder Umweltmanagementsystems bedarf es entsprechend ausgebildeter Fachkräfte, sog. Energiemanager/-innen bzw. -auditor/-innen (vgl. Abschnitt 3.4.6). Personen, die ein Energieaudit gemäß EDL-G durchführen möchten, müssen sich zuvor beim BAFA registrieren und in die Energieauditorenliste aufnehmen lassen. Hierfür bestehen gewisse Voraussetzungen wie etwa eine einschlägige hochschulische oder berufliche Ausbildung sowie eine mindestens dreijährige Berufserfahrung.²¹⁰

Aus Sicht vieler Branchenexpert/-innen spielen Energiemanager/-innen in den Industrieunternehmen eine zentrale Rolle bei der Sensibilisierung der Belegschaften für Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz. Demnach fehlt bislang bei einem Teil der Beschäftigten die entsprechende Bereitschaft, neben anderen Indikatoren auch die Energieeffizienz der eigenen Prozesse und Verfahren auf den Prüfstand zu stellen. Maßnahmen, die die Rolle der

²⁰⁵ Eine Übersicht über die geförderten Maßnahmen findet sich unter: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/energieeffizienz_und_prozesswaerme_node.html.

²⁰⁶ Vgl. dena, Link: <https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/unternehmen/energieaudit-und-energiemanagement/> (online, abgerufen am 30.05.2023).

²⁰⁷ Vgl. dena, Link: <https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/unternehmen/energieaudit-und-energiemanagement/> (online, abgerufen am 30.05.2023).

²⁰⁸ Eine Übersicht über die zentralen Regelungen des EnEFG findet sich unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/04/20230419-kabinetts-beschliesst-energieeffizienzgesetz.html>.

²⁰⁹ Europäische Kommission (2023).

²¹⁰ BAFA (2020a).

Energiemanager/-innen in den Unternehmen stärken und ggf. auf verschiedene Personen verteilen, werden von einigen Branchenexpert/-innen daher als sinnvoll erachtet. In diesem Zusammenhang spielt z.B. auch das „Energie-Scout-Programm“ im Rahmen des Unternehmensnetzwerk Klimaschutz der IHKs eine wichtige Rolle: Interessierte Auszubildende sollen hier geschult werden, Energieeinsparpotenziale zu identifizieren und anschließend entsprechende Maßnahmen im Betrieb umzusetzen.²¹¹ Dazu wird ihnen im Rahmen des Programms zunächst ein grundlegendes Verständnis der Energieerzeugung, der Energieeffizienz und des Klimaschutzes vermittelt. Anschließend lernen die Auszubildenden, wie sie in ihrer Rolle als Energie-Scouts mit ihren Kolleg/-innen und Vorgesetzten im Unternehmen kommunizieren und sie für Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz sensibilisieren und motivieren können.

Digitalisierung und Vernetzung ermöglichen einen effizienteren Energieeinsatz

Schließlich spielen für die Energieeffizienz in den energieintensiven Industrien die zunehmende **Digitalisierung und Vernetzung** der gesamten Produktionsabläufe eine entscheidende Rolle. Vor allem Sensorik, Internet-of-Things (IoT) oder der digitale Zwilling werden von Ingenieur/-innen, etwa im Energiemonitoring, in der technischen Entwicklung oder der Produktionsplanung bereits heute eingesetzt. Mithilfe von Künstlicher Intelligenz können Produktionsabläufe darüber hinaus nicht nur detailliert erfasst und gesteuert, sondern auch selbsttätig optimiert werden. Somit können nicht nur potenzielle Fehlerquellen erkannt und entsprechende Korrektur- oder Reparaturmaßnahmen vorgeschlagen werden (sog. *Predictive Maintenance*), sondern auch Teile des Verbesserungsprozesses automatisiert werden. Im Ergebnis eröffnen sich dadurch Möglichkeiten, den Energiebedarf zu senken, die Produktqualität zu verbessern, potenzielle Sicherheitsrisiken zu minimieren und Umweltauswirkungen zu verringern.²¹² 2019 wurde in den USA bspw. das erste digitalisierte und mit einer entsprechenden KI ausgerüstete Stahlwerk errichtet.²¹³ Ein solches „lernendes Stahlwerk“ könnte jedoch erst der Anfang einer Entwicklung hin zu einer selbstgesteuerten Produktion mit Hilfe lernender Algorithmen sein.²¹⁴ Am Ende dieser Entwicklung könnten laut Branchenexpert/-innen weitgehend autonom gesteuerte Produktionsanlagen und Werkshallen stehen, in denen nur noch wenige Fachkräfte von einer zentralen Stelle bzw. ‚remote‘ in den Produktionsprozess eingebunden sind. Ähnliche Hinweise kommen etwa auch aus der Chemieindustrie.

3.2.2 Spezifische Maßnahmen in der Stahlindustrie

In der Stahlindustrie bestehen heute zwei klassische Verfahren zur Stahlproduktion – die sog. Primärstahlproduktion auf Basis des Hochofen-Konverter-Prozesses sowie die Sekundärstahlproduktion auf Basis des Elektrolichtbogenverfahrens. Während das **Elektrolichtbogenverfahren** dabei bereits vollständig elektrifiziert ist und auf der Einschmelzung und Weiterverarbeitung von Stahlschrott basiert, bedarf die Primärstahlproduktion aufgrund des Einsatzes von Koks/Eisenerz als Reduktionsmittel hohe Mengen an fossilen Energieträgern. Insofern fallen in der Primärstahlerzeugung auch erheblich höhere Energiebedarfe (14 Gigajoule pro Tonne Rohstahl) und THG-Emissionen (1,7 Tonnen CO₂ pro Tonne Rohstahl) an als in der Sekundärstahlproduktion (2 Gigajoule bzw. 0,3 Tonnen CO₂ pro Tonne Rohstahl).²¹⁵ Im Jahr 2017 entfielen in

²¹¹ Vgl. Unternehmensnetzwerk – Klimaschutz – Eine IHK-Plattform, Link: <https://www.klima-plattform.de/angebote/energie-scout-programm> (online, abgerufen 30.05.2023).

²¹² Industrie-Anzeiger (2022).

²¹³ Vgl. Big River Steel, Link: <https://bigriversteel.com/> (online, abgerufen 30.05.2023).

²¹⁴ Industrie-Anzeiger (2022).

²¹⁵ Agora Energiewende (2019).

Deutschland jedoch nur 30 Prozent der Stahlproduktion auf die Sekundärstahlproduktion.²¹⁶ Bei der Umstellung auf eine energieeffiziente und weitgehend klimaneutrale Stahlproduktion kommt dem Ausbau der Sekundärstahlproduktion neben dem Einsatz von Direktreduktionsverfahren zur Substitution der Hochofenroute eine wesentliche Bedeutung zu.

Eine der zentralen Herausforderungen in der Stahlindustrie besteht insofern darin, die sehr THG-intensive Primärstahlproduktion (sog. Hochofen-Konverter-Route) durch alternative Produktionsprozesse, insbesondere **wasserstoffbasierte Direktreduktionsverfahren** zu ersetzen. Bei einer vollständigen Nutzung erneuerbarem Strom ist diese Route nahezu CO₂-neutral.²¹⁷ Gegenwärtig befindet sich die Technologie vielfach noch in der Erprobungsphase. Erste Unternehmen investieren jedoch bereits in den Bau entsprechender Anlagen, ein großtechnischer Einsatz ist demnach bereits in einigen Jahren zu erwarten.²¹⁸ Alternative Prozessrouten wie bspw. die Eisenelektrolyse sind hingegen voraussichtlich erst in einigen Jahrzehnten marktreif und spielen für die Erreichung der Energieeffizienz- und Klimaziele somit nur eine untergeordnete Rolle.

Neben der Technologieumstellung in der Primärstahlproduktion spielt die Ausweitung der Sekundärstahlproduktion unter Einsatz von Stahlschrott für die Erreichung der Energieeffizienzziele eine entscheidende Rolle. Der verstärkte Aufbau einer solchen **Kreislaufwirtschaft** reduziert den Primärenergieverbrauch über den gesamten Produktlebenszyklus erheblich. Gerade in der Stahlindustrie spielt diese Strategie für die Energieeffizienz eine besonders wichtige Rolle, da Stahl grundsätzlich beliebig oft recycelt werden kann. In der Praxis bestehen jedoch häufig große Qualitätsunterschiede beim Stahlschrott, weshalb dieser oftmals nur zu minderwertigem Stahl weiterverarbeitet werden kann (sog. Down-Cycling).²¹⁹ Um die Qualität von Sekundärstahl zu erhöhen, bedarf es zukünftig verstärkte Standards für recycelbare Stahlprodukte.²²⁰ Gerade in der technischen Entwicklung haben aus Sicht von Branchenexpert/-innen daher allem die Bereiche Materialwissenschaften, Recycling und Schrotttrennung eine wachsende Bedeutung.

Bislang bestehen nur wenige Erkenntnisse zu den konkreten Auswirkungen auf Tätigkeiten und Berufe. Es wird zwar davon ausgegangen, dass grundsätzlich alle Beschäftigten auf der Hütte bzw. in der Primärstahlproduktion von dem anstehenden Technologiewechsel betroffen sein werden.²²¹ Mit Blick auf den Betrieb von wasserstoffbasierten Direktreduktionsanlagen bedürfen die betroffenen Beschäftigten vor allem entsprechende (Grund-)Kenntnisse chemischer Zusammenhänge und daraus resultierender Sicherheitsanforderungen, etwa mit Blick auf Explosionsschutz. Eine unmittelbare Veränderung der Arbeitsprozesse wird jedoch voraussichtlich in den Produktionsberufen stattfinden. Hierzu zählen alle Berufsgruppen, welche heute in der Kokerei, den Sinteranlagen sowie an den Hochöfen und Konvertern zum Einsatz kommen.

Branchenexpert/-innen gehen jedoch auch davon aus, dass neue Produktionsanlagen in deutlich stärkerem Ausmaß durch automatisierte Prozesse gesteuert werden können. Insofern ist denkbar, dass klassische Produktionsberufe wie etwa Verfahrenstechnolog/-innen in Zukunft weniger stark nachgefragt werden könnten. Aufgrund der enorm hohen technischen Lebensdauer von (Primär-)Erzeugungsanlagen in der Stahlindustrie ist zudem davon auszugehen, dass auch klassische Hochöfen in der (Primär-)Stahlproduktion weiterhin zum Einsatz

²¹⁶ Ebd.

²¹⁷ Ebd.

²¹⁸ Vgl. Handelsblatt (2023); VDI Nachrichten (2022).

²¹⁹ Agora Energiewende (2019).

²²⁰ Ebd.

²²¹ Simic & Schönfeldt (2022).

kommen können²²² – nach Einschätzung von Branchenexpert/-innen sogar über das Jahr 2045 hinaus. Im Zuge dessen könnte jedoch besonders der Einsatz von **CCS/CCU-Verfahren** in den Arbeitsprozessen an Bedeutung gewinnen. Insofern besteht in der Stahlindustrie abhängig von der spezifischen Unternehmensstrategie zukünftig die Herausforderung, qualifizierte Fachkräfte sowohl für klassische wie auch neue, klimaneutrale Produktionsrouten zu beschäftigen.

Berufsbilder in der Stahlindustrie

In der **Planung und Entwicklung neuer Produktionsanlagen und -prozesse** sind gegenwärtig vor allem *Ingenieur/-innen im Bereich Hüttentechnik* sowie branchenübergreifend *Ingenieur/-innen in den Bereichen Ingenieurbau, Verfahrenstechnik, Energie- und Umwelttechnik sowie im Maschinenbau* und zunehmend *in der Mechatronik* betroffen. Mit Blick auf die Planung und Entwicklung automatisierter Anlagen und Prozesse sind zudem *Ingenieur/-innen und Techniker/-innen in der Automatisierungstechnik* gefragt.

Im **laufenden Produktionsbetrieb und der Überwachung der entsprechenden Anlagen**, z.B. aus der Prozessleitwarte heraus, sind in der Regel vor allem berufliche fortgebildete *Industriemeister/-innen* oder *Techniker/-innen*, z.B. *im Bereich Hüttentechnik oder Verfahrenstechnik* im Einsatz. Hinzu kommen mit *Verfahrenstechnolog/-innen Metall* ggf. Fachkräfte in klassischen Ausbildungsberufen der Stahlindustrie.

In der **Wartung und Instandhaltung** werden zudem auch industrielle Metall- und Elektroberufe von veränderten Arbeitsprozessen betroffen sein, neben *Verfahrenstechnolog/-innen Metall* insbesondere die klassischen, branchenübergreifend tätigen Instandhaltungsberufe *Industriemechaniker/-in, Elektroniker/-in* und *Mechatroniker/-in*.

Je nach betrieblichem Einsatzbereich können im laufenden Produktionsbetrieb sowie der Wartung und Instandhaltung auch weitere einschlägige industrielle Metallberufe, wie etwa *Anlagenmechaniker/-innen* oder *Konstruktionsmechaniker/-innen*, sowie *Industrietechnolog/-innen* oder *Maschinen- und Anlagenführer/-innen* tätig sein. Mit Blick auf Fragen der Wärmerückgewinnung spielen auch *Ingenieure im Bereich Anlagen- und Gebäudetechnik* sowie *Anlagenmechaniker/-innen in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik* eine Rolle (vgl. dazu Sektor Gebäude).

Übergreifend spielen *Energiemanager/-innen* und *Energieauditor/-innen* in allen Tätigkeitsbereichen eine zentrale Rolle bei der Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der entsprechenden Sensibilisierung der Belegschaften.

²²² Agora Energiewende (2019).

Tabelle 5: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen in der Stahlindustrie

Tätigkeitsbereiche	Typische Berufsbilder
Planung und Entwicklung:	Ingenieur/-in für Hüttentechnik branchenübergreifend: Ingenieur/-in (z.B. Verfahrenstechnik, Energie- und Umwelttechnik, Maschinenbau und Mechatronik, Automatisierungstechnik), Techniker/-in bzw. Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik, Energiemanager/in
Produktionsbetrieb und Überwachung:	Industriemeister/-in oder Techniker/-in im Bereich Hüttentechnik und Verfahrenstechnik, Verfahrenstechnolog/-in Metall branchenübergreifend: Energiemanager/-in je nach betrieblichem Einsatzbereich: Anlagenmechaniker/-innen, Konstruktionsmechaniker/-innen, Industrietechnolog/-innen, Maschinen- und Anlagenführer/-innen
Wartung und Instandhaltung:	Verfahrenstechnolog/-in Metall branchenübergreifend: Industriemechaniker/-in, Elektroniker/-in, Mechatroniker/-in, Energiemanager/-in je nach betrieblichem Einsatzbereich: Anlagenmechaniker/-innen, Konstruktionsmechaniker/-innen, Industrietechnolog/-innen, Maschinen- und Anlagenführer/-innen

3.2.3 Spezifische Maßnahmen in der Chemieindustrie

Bei der Chemiebranche handelt es sich um eine sehr heterogene Branche, die spezifischen Produktionsprozesse und -verfahren unterscheiden sich zwischen Grundstoff- und Petrochemie bzw. Spezialitätenchemie bis hin zur Erzeugung von Pharmarohstoffen erheblich. Für Prozesse der Grundstoffchemie sind grundsätzlich große Energiemengen erforderlich, die heute als Strom und Dampf aus überwiegend erdgasbasierten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen-Anlagen (KWK-Anlagen) oder Gaskesseln bereitgestellt werden.²²³ Vor allem die Produktion von Ammoniak und High-Value-Chemicals (HVC, Kunststoffausgangsprodukte) weisen dabei die höchsten THG-Emissionen und damit auch den umfangreichsten Umstellungsbedarf auf. Um die Nutzung fossiler Energieträger zur Wärme- und Dampferzeugung abzulösen, kommen bereits aktuell verstärkt **Elektrokessel oder Hochtemperatur-Wärmepumpen (Power-to-Heat)**, untergeordnet auch Biomasse-Kessel, zum Einsatz. In Verbindung mit der Nutzung von erneuerbarem Strom können direkte Emissionen hierdurch vollständig vermieden werden.²²⁴ Langfristig (ab 2035) ist dies auch im Rahmen der Elektrifizierung von Hochtemperaturwärme an sog. E-Crackern in der Produktion von HVC möglich.²²⁵

²²³ Agora Energiewende (2019).

²²⁴ Ebd.

²²⁵ Ebd.

In Verbindung mit der Elektrifizierung spielt mittelfristig die Nutzung von **Wasserstoff** in der chemischen Industrie eine Schlüsselrolle. Insbesondere die Produktion von Ammoniak bedarf bereits heute großer Mengen an Wasserstoff. Aber auch in der Produktion von HVC kommt Wasserstoff eine steigende Bedeutung zu. Zukünftig soll hier verstärkt ‚grüner‘ Wasserstoff zum Einsatz kommen. Dieser kann mittels **Elektrolyse** aus erneuerbarem Strom gewonnen oder direkt per Pipeline bezogen werden. Langfristig bedarf es hierfür einer flächendeckenden Wasserstoffinfrastruktur. Insbesondere größere Unternehmen planen jedoch auch eigene Anlagen, mit denen bereits in den kommenden Jahren grüner Wasserstoff hergestellt werden könnte.²²⁶ Der Bau entsprechender Produktionsanlagen wird jedoch voraussichtlich die Arbeitsprozesse und Kompetenzanforderungen der Fachkräfte in der Chemieindustrie nicht grundlegend verändern, da sich die damit verbundenen technischen Anforderungen im Rahmen der üblichen chemischen Verfahrenstechnik bewegen. Hinzu kommt, dass Wasserstoff als Energieträger bereits seit Jahrzehnten in der chemischen Industrie eingesetzt wird.²²⁷

Schließlich spielt auch der Aufbau einer Kreislaufwirtschaft mittels **chemischen Recyclings** von Kunststoffabfällen eine Schlüsselrolle für die Transformation in der Chemieindustrie. So könnte etwa die Wiederverwendung von HVC wie etwa Ethylen weitgehend THG-neutral ablaufen, anstatt es, wie heute üblich, der Abfallverbrennung zuzuführen. Beim sog. Steamcracking wird in einem ersten Produktionsschritt meist fossiles Naphtha (Rohbenzin) sowohl als stofflicher als auch energetischer Input (Feedstock) zusammen mit Wasserdampf auf Temperaturen von 800-850 Grad Celsius erhitzt, bislang noch überwiegend unter Einsatz von Erdgas als Energieträger. Parallel zur Umstellung auf elektrifizierte Cracker (E-Cracker) kann außerdem das eingesetzte Naphtha durch synthetisches Naphtha ersetzt werden, welches als Recyclingprodukt aus Altkunststoffen hergestellt wurde.²²⁸

Für die betroffenen Beschäftigten gehen sowohl im Zuge der technologischen Prozessumstellungen als auch mit der Bereitstellung anderer Ausgangsrohstoffe veränderte Anforderungen einher, bspw. mit Blick auf die Aufbereitung von Kunststoffabfällen oder die Erzeugung von grünem Wasserstoff. Insgesamt wächst die Bedeutung von Kenntnissen der Elektrotechnik und Materialwissenschaften, letztere etwa mit Blick auf alternative Rohstoffe und Biotechnologien, auf der einen und digitalen Technologien auf der anderen Seite.²²⁹ Besonders IT-Fach- und Anwendungskennnisse werden dabei verstärkt nachgefragt. Anforderungen an chemische Fachkompetenzen werden dabei durch umfangreichere Kenntnisse in der Verfahrenstechnik und Automatisierung ergänzt.²³⁰ Aufgrund der starken Heterogenität der Chemiebranche können sich die zukünftigen Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen je nach Produkt und Herstellungsprozess stark unterscheiden. So werden bestimmte technologische Prozessumstellungen bereits in den kommenden Jahren erwartet (z.B. Wärme- und Dampferzeugung aus Power-to-Heat), während andere erst in den 2030er-Jahren (z.B. CCS/CCU-Verfahren) in relevantem Umfang Anwendung finden dürften.²³¹

Berufsbilder in der Chemieindustrie

In der **Planung und Entwicklung** neuer Produktionsanlagen und -prozesse sind gegenwärtig vor allem *Ingenieure für Chemie-/Pharmatechnik, Chemiker/-innen und Laboringenieur/-innen Chemie* tätig. Branchenübergreifend können *Ingenieur/-innen in den Bereichen Ingenieurbau, Verfahrenstechnik, Energie- und Umwelttechnik* sowie im

²²⁶ BMWK (2022d).

²²⁷ Felkl (2023).

²²⁸ Agora Energiewende (2019).

²²⁹ HRForecast (2020).

²³⁰ Malanowski et al. (2017).

²³¹ Agora Energiewende (2019).

Maschinenbau und zunehmend in der Mechatronik zum Einsatz kommen. Mit Blick auf die Planung und Entwicklung automatisierter Anlagen und Prozesse sind zudem *Ingenieur/-innen* und *Techniker/-innen in der Automatisierungstechnik* gefragt.

Im laufenden **Produktionsbetrieb und der Überwachung** der entsprechenden Anlagen, z.B. aus der Prozessleitwarte heraus, sind in der Chemieindustrie in der Regel vor allem beruflich fortgebildete *Industriemeister/-innen Chemie* oder *Chemietechniker/-innen* im Einsatz. Hinzu kommen mit *Chemikant/-innen* oder *Chemielaborant/-innen* ggf. Fachkräfte in klassischen Ausbildungsberufen der Chemieindustrie.

In der **Wartung und Instandhaltung** werden neben *Chemikant/-innen* und *Chemielaborant/-innen* zudem auch industrielle Metall- und Elektroberufe von veränderten Arbeitsprozessen betroffen sein, insbesondere die branchenübergreifend tätigen Instandhaltungsberufe *Industriemechaniker/-in*, *Elektroniker/-in* und *Mechatroniker/-in*.

Je nach betrieblichem Einsatzbereich können im laufenden Produktionsbetrieb sowie der Wartung und Instandhaltung vereinzelt auch weitere einschlägige industrielle Metallberufe, wie etwa *Anlagenmechaniker/-innen* oder *Konstruktionsmechaniker/-innen*, sowie *Industrietechnolog/-innen* oder *Maschinen- und Anlagenführer/-innen* tätig sein. Mit Blick auf Fragen der Wärmerückgewinnung spielen auch *Ingenieure im Bereich Anlagen- und Gebäudetechnik* sowie *Anlagenmechaniker/-innen in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik* eine Rolle (vgl. dazu Sektor Gebäude).

Übergreifend spielen *Energiemanager/-innen* in allen Tätigkeitsbereichen eine zentrale Rolle bei der Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der entsprechenden Sensibilisierung der Belegschaften.

Tabelle 6: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen in der Chemieindustrie

Tätigkeitsbereiche	Typische Berufsbilder
Planung und Entwicklung:	<p>Ingenieur/-in für Chemie-/Pharmatechnik, Chemiker/-innen, Laboringenieur/-innen</p> <p>branchenübergreifend: Ingenieur/-in (z.B. Verfahrenstechnik, Energie- und Umwelttechnik, Maschinenbau und Mechatronik, Automatisierungstechnik), Techniker/-in bzw. Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik, Energiemanager/in</p>
Produktionsbetrieb und Überwachung:	<p>Industriemeister/-in Chemie oder Chemietechniker/-innen, chemikant/-in, Chemielaborant/-in</p> <p>branchenübergreifend: Energiemanager/-in</p> <p>je nach betrieblichem Einsatzbereich: Anlagenmechaniker/-innen, Konstruktionsmechaniker/-innen, Industrietechnolog/-innen, Maschinen- und Anlagenführer/-innen</p>

Wartung und Instandhaltung:	<p>Chemikant/-in, Produktionsfachkraft Chemie, Chemielaborant/-in</p> <p>übergreifend: Industriemechaniker/-in, Elektroniker/-in, Mechatroniker/-in, Energiemanager/-in</p> <p>je nach betrieblichem Einsatzbereich: Anlagenmechaniker/-innen, Konstruktionsmechaniker/-innen, Industrietechnolog/-innen, Maschinen- und Anlagenführer/-innen</p>
------------------------------------	---

3.2.4 Spezifische Maßnahmen in der Zementindustrie

Als zentraler Bestandteil von Beton und Mörtel gehört Zement zu den meistgenutzten Baustoffen. Für die Bindeeigenschaft von Zement spielt der darin enthaltene Zementklinker eine wesentliche Rolle, welcher durch die Kalzinierung und Sinterung der eingesetzten Rohstoffmischung bei hohen Temperaturen entsteht. Der Kalzinationsprozess benötigt rund 60 Prozent der gesamten Wärmezufuhr bei der Zementherstellung.²³² Bislang erfolgt die Bereitstellung von Hochtemperaturprozesswärme überwiegend durch fossile und alternative Brennstoffe, wie etwa Altreifen, Altöl oder Kunststoffabfälle, wobei der Einsatz alternativer Brennstoffe unter Kostengesichtspunkten erfolgt. Für die Zukunft wird davon ausgegangen, dass auch diese Prozesse weitgehend elektrifiziert werden können.²³³

Während die Bereitstellung von Hochtemperaturprozesswärme grundsätzlich THG-neutral gestaltet werden kann, liegt die wesentliche Herausforderung bei der Dekarbonisierung der Zementindustrie in den prozessbedingten Emissionen, die im Rahmen der Zementklinkerproduktion anfallen. In der sog. Entsäuerung wird das CO₂ mittels Wärme aus dem Kalkstein getrieben. Da sich bislang kaum Alternativen zu dieser Prozessroute zeigen, sind aus heutiger Sicht vor allem **CCS/CCU-Verfahren** notwendig, um das unvermeidlich freigesetzte CO₂ abzuscheiden.²³⁴ Mithilfe des sog. Oxyfuel-Verfahrens könnten bereits in den kommenden Jahren bis zu 90 Prozent der prozess- und brennstoffbedingten CO₂-Emissionen auf diese Weise abgeschieden werden. Um das abgeschiedene CO₂ abzutransportieren und schließlich in Offshore-Lagerstätten zu speichern, wird eine flächendeckende CO₂-Infrastruktur notwendig – bis in den ländlichen Raum.²³⁵ Bislang wird die Technologie in Deutschland in Pilot- und Demonstrationsprojekten eingesetzt. Eine großtechnische Anwendung ist voraussichtlich um 2025 zu erwarten – sofern bis dahin eine entsprechende Infrastruktur aufgebaut werden kann.²³⁶

Schließlich können **alternative Bindemittel** die Möglichkeit bieten, Beton und Mörtel ohne konventionellen Zementklinker herzustellen. Dabei bestehen verschiedene Ansätze, welche sich in verschiedenen Entwicklungsstadien befinden und mit Blick auf den Herstellungsprozess zum Teil stark unterscheiden. Wesentliches Merkmal ist jedoch eine deutliche Reduzierung des Anteils von Kalkstein, um die prozessbedingten CO₂-Emissionen zu senken. Hinzu kommt, dass entsprechende Produktionsverfahren ein deutlich niedrigeres Temperaturniveau benötigen, wodurch weitere Energieeinsparpotenziale realisiert werden. Auch hier befinden sich

²³² Agora Energiewende (2019).

²³³ Ebd.

²³⁴ Ebd.

²³⁵ Ebd.

²³⁶ Ebd.

jedoch einige Ansätze in der Pilot- und Demonstrationsphase.²³⁷ Insgesamt ist bislang jedoch noch kaum abzusehen, wann mit dem großtechnischen Einsatz dieser Möglichkeiten zu rechnen sein wird.

Ähnlich wie in den anderen energieintensiven Grundstoffindustrien ist der zukünftige Personalbedarf in der Zementindustrie bislang schwer abzuschätzen. Dies liegt insbesondere daran, dass sich die oben beschriebenen technologischen Transformationsprozesse größtenteils in ihren Anfängen befinden und voraussichtlich erst gegen Ende der 2020er-Jahre bzw. Anfang der 2030er-Jahre sukzessive in die Produktionsstätten der Zementindustrie Eingang finden werden.²³⁸ Insofern besteht in der Zementindustrie – anders als etwa in der Stahlindustrie, wo sich bereits heute konkrete Anpassungsbedarfe abzeichnen – bislang noch kein drängender Qualifizierungs- und Schulungsbedarf in den bestehenden Belegschaften in der Zementproduktion.

Aber auch nach der Technologieumstellung werden sich die konkreten Kompetenzanforderungen an die Beschäftigten in der Zementindustrie nur teilweise verändern, da ein Großteil der bisherigen Produktionsschritte, etwa in der Rohstoffgewinnung, der Kalzinierung oder der Sinterung, voraussichtlich erhalten bleiben wird. Aufgrund des wachsenden Anlagenaufwands und damit Komplexitätsgrades der Zementherstellung werden zukünftig jedoch steigende sicherheitstechnische und digitale Kompetenzanforderungen erwartet. In der technischen Entwicklung und dem Anlagenbau werden außerdem auch kurzfristig neue Kompetenzen gefragt sein, bspw. in den Bereichen Materialwissenschaften oder der Prozesstechnik. Branchenexpert/-innen weisen schließlich auch darauf hin, dass sich im Zuge der Abscheidung, Speicherung und industriellen Nutzung von CO₂ im Rahmen der CCS/CCU-Verfahren zukünftig auch neue Arbeitsplätze ergeben könnten – mit neuen Anforderungen auch an die Qualifikationen und Kompetenzen der Beschäftigten.

Berufsbilder in der Zementindustrie

In der **Planung und Entwicklung** neuer Produktionsanlagen und -prozesse sind gegenwärtig vor allem *Ingenieur/-innen in den Bereichen Ingenieurbau, Verfahrenstechnik, Energie- und Umwelttechnik sowie im Maschinenbau* und zunehmend *in der Mechatronik* betroffen. Mit Blick auf die Planung und Entwicklung automatisierter Anlagen und Prozesse sind zudem *Ingenieur/-innen und Techniker/-innen in der Automatisierungstechnik* gefragt.

Im laufenden **Produktionsbetrieb und der Überwachung** der entsprechenden Anlagen, z.B. aus der Prozessleitwarte heraus, sind in der Zementindustrie in der Regel vor allem beruflich fortgebildete *Industriemeister/-innen Kalk/Zement* oder *Chemietechniker/-innen* im Einsatz. Hinzu kommen mit *Verfahrensmechaniker/-innen – Steine-/Erdenindustrie* ggf. Fachkräfte in klassischen Ausbildungsberufen der Zementindustrie.

In der **Wartung und Instandhaltung** werden neben *Verfahrensmechaniker/-innen – Steine-/Erdenindustrie* zudem auch klassische industrielle Metall- und Elektroberufe von veränderten Arbeitsprozessen betroffen sein, insbesondere die branchenübergreifend tätigen Instandhaltungsberufe *Industriemechaniker/-in, Elektroniker/-in* und *Mechatroniker/-in*.

Je nach betrieblichem Einsatzbereich können im laufenden Produktionsbetrieb sowie der Wartung und Instandhaltung vereinzelt auch weitere einschlägige industrielle Metallberufe, wie etwa *Anlagenmechaniker/-innen* oder *Konstruktionsmechaniker/-innen*, sowie *Industrietechnolog/-innen* oder *Maschinen- und Anlagenführer/-innen*

²³⁷ Ebd.

²³⁸ Agora Energiewende (2019).

tätig sein. Mit Blick auf Fragen der Wärmerückgewinnung spielen auch *Ingenieure im Bereich Anlagen- und Gebäudetechnik* sowie *Anlagenmechaniker/-innen in der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik* eine Rolle (vgl. dazu Sektor Gebäude).

Übergreifend spielen *Energiemanager/-innen* in allen Tätigkeitsbereichen eine zentrale Rolle bei der Implementierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der entsprechenden Sensibilisierung der Belegschaften.

Tabelle 7: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen in der Zementindustrie

Tätigkeitsbereiche	Typische Berufsbilder
Planung und Entwicklung:	branchenübergreifend: Ingenieur/-in (z.B. Verfahrenstechnik, Energie- und Umwelttechnik, Maschinenbau und Mechatronik, Automatisierungstechnik), Techniker/-in bzw. Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik, Energiemanager/in
Produktionsbetrieb und Überwachung:	Industriemeister/-in Kalk/Zement, Chemietechniker/-in, Verfahrensmechaniker-in - Steine-/Erdenindustrie branchenübergreifend: Energiemanager/-in je nach betrieblichem Einsatzbereich: Anlagenmechaniker/-innen, Konstruktionsmechaniker/-innen, Industrietechnolog/-innen, Maschinen- und Anlagenführer/-innen
Wartung und Instandhaltung:	Verfahrensmechaniker-in - Steine-/Erdenindustrie branchenübergreifend: Industriemechaniker/-in, Elektroniker/-in, Mechatroniker/-in, Energiemanager/-in je nach betrieblichem Einsatzbereich: Anlagenmechaniker/-innen, Konstruktionsmechaniker/-innen, Industrietechnolog/-innen, Maschinen- und Anlagenführer/-innen

3.3 Schlüsselberufe der Energieeffizienz im Sektor Industrie im Überblick

In den vorhergehenden Abschnitten wurden Berufsbilder aufgezeigt, die bei der Planung und Entwicklung neuer Produktionsanlagen und –prozesse, im laufenden Produktionsbetrieb und der Überwachung der entsprechenden Anlagen sowie in der Wartung und Instandhaltung beteiligt sein können. Die nachfolgende Tabelle fasst die Berufe zusammen.

Als Vorbereitung für die nachfolgenden Analysen der Kompetenzanforderungen werden die Berufe den dazugehörigen Berufsuntergruppen gemäß der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010 der Bundesagentur für Arbeit (BA) zugeordnet. Genutzt wird die Viersteller-Ebene, die insgesamt 702 Berufsuntergruppen umfasst. Diese statistisch eindeutige Abgrenzung bietet mehrere Vorteile. Erstens kann bei der qualitativen Analyse der Kompetenzen auf die jeweilige Tätigkeitsbeschreibung der BA zurückgegriffen werden. Zweitens geben quantitative Indikatoren Informationen über die Fachkräftesituation in den Berufsuntergruppen. Ausgewiesen werden in der Tabelle die Anzahl der Erwerbstätigen (ET) sowie Engpassindikatoren je Anforderungsprofil. Drittens kann von der KldB-Abgrenzung auf die dahinterliegenden Ausbildungsberufe geschlossen werden.

Die Tabelle ist wie folgt zu lesen: Mechatroniker/-innen werden statistisch der Berufsuntergruppe „2611 Mechatronik“ zugeordnet. Diese Berufsuntergruppe umfasst etwa 128.000 Erwerbstätige. Innerhalb dieser Berufsuntergruppe besteht mit einem Engpassindikator in Höhe von 2,5 zudem ein Engpass an Fachkräften.²³⁹

Für eine Auswahl dieser Berufe werden im folgenden Kapitel die erforderlichen Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen mit Blick auf Energieeffizienz in Form von Kompetenzsteckbriefen herausgearbeitet. Übergreifend liegt der Fokus der Untersuchung dabei auf den energieintensiven Branchen Industrien Stahl, Chemie und Zement. Die Auswahl der Berufe findet zum einen mit Blick auf das Ausmaß der Veränderung von Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen statt. Ein zweites Kriterium für die Auswahl der Berufe besteht in der quantitativen Bedeutung des Berufs.

Weiterhin wird bei der Auswahl berücksichtigt, dass es sich bei den Berufen zum Teil um angrenzende Industrierufe handelt, z.B. die industriellen Metallberufe Industriemechaniker/-in, Anlagenmechaniker/-in und Konstruktionsmechaniker/-in oder die Berufe in der Chemie, Chemietechnik und im chemisch-technischen Laboratorium. Da sich die Tätigkeiten und Schlüsselkompetenzen im Kontext der Energieeffizienz in diesen Berufen vielfach überschneiden, werden in diesem Fall nur einzelne Berufe im Rahmen eines Steckbriefs ausgearbeitet. Verweise auf eng verwandte Berufe finden sich jeweils in den entsprechenden Kompetenzsteckbriefen. Dies trifft beispielsweise auf Berufe im Metallbau, in der Energie- und Kraftwerkstechnik, in der elektrischen Betriebstechnik, im Anlagen-, Behälter- und Apparatebau sowie in der Chemie zu.

Mit Blick auf die in den einzelnen Berufsuntergruppen tätigen Ingenieur/-innen ist zudem zu beachten, dass diese nicht zwingend verschiedene Studiengänge absolviert haben. Im Rahmen der KldB werden die Erwerbstätigen den einzelnen Berufsuntergruppen vielmehr auf Basis ihrer Tätigkeiten im Rahmen der aktuellen Beschäftigung zugeordnet.

Tabelle 8: Schlüsselberufe Energieeffizienz im Industriesektor (energieintensive Industriebranchen)

Aufsteigend sortiert nach KldB-Kennziffer der zugehörigen Berufsuntergruppen

Relevante Berufsbilder (vgl. Abschnitt 3.2)	Zugehörige Berufsuntergruppe (gemäß KldB 2010)	Anzahl ET 2021 (Tsd.)	Engpassindikator je Anforderungsprofil ¹		
			Fk	Sp	Ex
Verfahrensmechaniker/-in - Steine- /Erdenindustrie	2122 Baustoffherstellung	17	2,5	-	-
Verfahrenstechnolog/-in Metall	2411 Hüttentechnik	26	1,5	-	-
Konstruktionsmechaniker/-in	2441 Metallbau	274	2,2	2,0	0,0
Industriemechaniker/-in	2510 Maschinenbau- & Betriebstechnik (o. Spez.)	700	1,3	2,0	2,0

²³⁹ Fachkräfte besitzen üblicherweise eine berufliche Qualifikation. Spezialist/-innen verfügen darauf aufbauend zumeist über eine noch tiefer gehende Fachexpertise, bspw. einen Meisterabschluss. Experten(tätigkeiten) werden überwiegend von Erwerbstätigen mit einem Hochschulabschluss gestellt, während Helfer(tätigkeiten) in der Regel von ungelerten Arbeitskräften ausgeführt werden.

Ingenieur - Maschinenbau/Verfahrenstechnik					
Maschinen- und Anlagenführer/-in	2512 Maschinen- und Anlagenführer/-innen	373	0,8	-	-
Mechatroniker/-in Ingenieur/-in – Mechatronik	2611 Mechatronik	128	2,5	1,0	1,0
Elektroniker/-in – Automatisierungstechnik Ingenieur/in - Automatisierungstechnik	2612 Automatisierungstechnik	100	2,0	1,0	2,0
Industrietechnolog/-in Ingenieur/-in – Energietechnik	2623 Berufe in der Energie- und Kraftwerkstechnik	55	0,5	3,0	2,0
Elektroniker/-in – Betriebstechnik	2625 Elektrische Betriebstechnik	91	1,7	3,0	-
Anlagenmechaniker/-in	3434 Anlagen-, Behälter- und Apparatebau	60	1,5	1,0	2,0
Chemiker/-in	4130 Chemie	25	-	0,0	2,0
Chemikant/-in Produktionsfachkraft Chemie Chemietechniker/-in Ingenieur - Chemie-/Pharmatechnik	4131 Chemie- und Pharmatechnik	194	1,3	3,0	3,0
Chemielaborant/-in Laboringenieur/-in – Chemie	4132 Chemisch-technisches Laboratorium	77	1,2	1,0	2,0
Energieberater/-in (Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme) Energie- und Umweltauditor/-in Energie- und Umweltdienstleister/-in (Contracting)	4231 Umweltschutzverwaltung & - beratung	40	2,0	2,0	1,0
Energie- und Umweltmanager/-in	7138 Berufe in der Unternehmensorganisation und - strategie	10	0,0	0,0	0,0

1: 2,0 oder höher: „Engpassberuf“; 1,5 bis unter 2,0: „Beruf unter Beobachtung“.

Quellen: Mikrozensus 2022, Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022

3.4 Schlüsselkompetenzen der Energieeffizienz im Sektor Industrie (Kompetenzsteckbriefe)

Die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und die damit verbundenen neuen Technologien gehen für Fachkräfte im Sektor Industrie mit veränderten oder neuen Tätigkeiten einher, die wiederum die Kompetenzanforderungen definieren. In den Kompetenzsteckbriefen werden daher veränderte Tätigkeiten wie auch Kompetenzbedarfe erfasst.

Stärker als etwa im Gebäudebereich befinden sich die Technologien im Industriesektor häufig noch in der Entwicklungsphase und werden noch nicht in der Breite umgesetzt (Bsp. Direktreduktionsanlage in der Stahlindustrie). Insofern unterliegt der Industriesektor noch einer gewissen Dynamik was die betroffenen Berufe und notwendige Kompetenzen und Qualifikationsbedarfe betrifft. Hinzu kommt, dass sich die verschiedenen Industriebranchen in technologischer Hinsicht teils deutlich unterscheiden. Vor diesem Hintergrund stellen die folgenden Steckbriefe lediglich eine erste Auswahl relevanter Schlüsselberufe dar.

Steigende Bedeutung berufsübergreifender Schlüsselkompetenzen

Der fortschreitende Transformationsprozesse erfordert von den Beschäftigten in der Industrie verstärkt transformative Kompetenzen wie Veränderungsbereitschaft, Innovations- und Problemlösungsfähigkeit.²⁴⁰ Weiterhin gewinnen die Kundenorientierung und damit einhergehend Kommunikationsfähigkeiten und Sozialkompetenz an Bedeutung. Das vermehrte interdisziplinäre Arbeiten erfordert von Fachkräften systemisches Denken und Transferfähigkeit sowie Teamfähigkeit.

In vielen Berufen werden veränderte oder neue fachliche Kompetenzen gefordert

Mit Blick auf konkrete Energieeffizienzmaßnahmen werden aus Sicht von Branchenexpert/-innen vor allem planerische Fähigkeiten sowie Kompetenzen im Energiemanagement stärker gefordert. Die Entwicklung und Planung von energieeffizienteren Produktionsanlagen und -prozessen erfordert dabei neben einem vertieften Bewusstsein für Fragen der Energieversorgung und -effizienz vor allem umfassende Kenntnisse in verschiedenen Bereichen der Verfahrenstechnik, etwa in der Energie- und Umwelttechnik, der Material- und Werkstofftechnik oder der Chemietechnik. Dies betrifft in erster Linie hochqualifizierte Fachkräfte, wie etwa Ingenieur/-innen.

Aber auch auf der Ebene der Berufe in der Produktion sowie der Wartung und Instandhaltung können im Zuge der Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz veränderte Arbeits- und Produktionsprozesse und damit auch Kompetenzanforderungen entstehen, etwa in der Steuerung, Überwachung und Wartung von neuen Maschinen und Produktionsanlagen. Im Zuge der Elektrifizierung werden dabei zunehmend Fähigkeiten in der Elektrik, Elektrotechnik und Elektrochemie gefordert. Übergreifend gehen viele Branchenexpert/-innen davon aus, dass die steigende Komplexität von Energie- und Produktionssystemen die Kompetenzanforderungen auf nahezu allen Qualifikationsstufen erhöhen wird.

Digitale Fähigkeiten mit entscheidender Rolle für die Verbesserung der Energieeffizienz

Für die Erhöhung der Energieeffizienz in der Industrie sind Digitalisierung und Automatisierung ein entscheidender Hebel. Aufgrund des wachsenden Komplexitätsgrads digitalisierter und automatisierter Anlagentechnik und -

²⁴⁰ Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. (Hrsg.) (2021).

systeme wird davon ausgegangen, dass die beruflichen Kernkompetenzen in nahezu allen Berufen zukünftig neben technischen Fachkenntnissen in stärkerem Maße Systemwissen und ganzheitliches Denken in Kombination mit umfassenden IT-Anwenderkenntnissen umfassen werden.²⁴¹ Dies zeigt sich in der zunehmenden Bedeutung vernetzter Maschinen und Systeme in allen Industriebranchen. So wird bspw. in der Maschinenbau- und Betriebstechnik oder auch in der Mechatronik u. a. die Nutzung und Auswertung von Messdaten intelligenter Sensorik, Big Data oder Künstlicher Intelligenz in Zukunft stark zunehmen. In Berufen in der Hüttentechnik sowie in der Chemie- und Pharmatechnik spielen zudem Kenntnisse zu autonom gesteuerten Produktionsprozessen sowie Kenntnisse im Umgang mit Virtual Reality und Augmented Reality – teilweise bereits heute – eine zunehmend bedeutende Rolle.

3.4.1 Berufe in der Hüttentechnik (2411)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Hüttentechnik** zählen zu den Berufen in der Metallerzeugung. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation und typischen beruflichen Tätigkeit kommen sie bei der energieeffizienten Produktion von Metallen und Stahl zum Einsatz: Das Aufgabenspektrum der Erwerbstätigen reicht von der Bedienung und Überwachung der Produktionsanlagen über die Planung des Einsatzes von Roh- und Hilfsstoffen bis hin zur kontinuierlichen Verbesserung der hüttentechnischen Prozesse, insbesondere mit Blick auf Energieeffizienz. Primärstahlproduktion spielt bislang noch die Hochofenroute eine übergeordnete Rolle. Um die Klimaschutz- und Energieeffizienzziele in der Stahlindustrie zu erreichen, werden die Produktionsprozesse in Zukunft jedoch auf die sog.

Direktreduktionsroute unter Einsatz von (grünem) Wasserstoff sowie einer Ausweitung der **Elektrolichtbogenroute** umgestellt werden müssen.

Aber auch im Zuge der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung (Stichwort Industrie 4.0) bestehen steigende Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten in der Hüttentechnik, etwa mit Blick auf neue Prozessleitsysteme und prozessbegleitende Systeme. Laut Branchenexpert/-innen ist jedoch davon auszugehen, dass aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung und Automatisierung neuer Produktionsanlagen langfristig vor allem ein steigender Bedarf an Ingenieur/-innen entstehen wird, Fachkräfte in der Produktion und Fertigung könnten hingegen weniger stark nachgefragt werden. Insofern wird sich auch das berufliche Anforderungsprofil in der Stahlindustrie voraussichtlich erhöhen. Schließlich spielen Themen wie Arbeitssicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz eine zunehmend wichtige Rolle für alle Beschäftigten. Dies gilt vor allem für den Umgang mit elektrischen Anlagen oder neuen Werkstoffen.²⁴²

Je nach Qualifikationsgrad übernehmen die Erwerbstätigen dabei unterschiedliche Aufgaben und Tätigkeiten.

Produktionsplanung und -überwachung

Die Planung und Überwachung von hüttentechnischen Produktionsprozessen erfordern ein hohes Maß an Kenntnissen und Kompetenzen und umfassen insbesondere die Überwachung und Steuerung multifunktionaler

²⁴¹ Vgl. z.B. Priesack et al. (2019).

²⁴² BIBB (2018).

Prozesssteuerungsanlagen für die Metallerzeugung und -weiterverarbeitung.²⁴³ Für die Gestaltung der bevorstehenden Transformationsprozesse in der Stahlindustrie müssen die Beschäftigten in der Produktionsplanung und -überwachung nach Einschätzung von Branchenexpert/-innen breite Kenntnisse im Bereich Verfahrenstechnik mitbringen und dabei verschiedene technologische Möglichkeiten im Blick haben. Aufgrund der hohen Kompetenzanforderungen kommen häufig **Ingenieur/-innen im Bereich Hüttentechnik oder Verfahrenstechnik** oder Erwerbstätige, die sich zur/zum **Industriemeister/-in** oder **Techniker/-in Hüttentechnik** beruflich fortgebildet haben, zum Einsatz.

Mit Blick auf die Planung und Überwachung von hüttentechnischen Anlagen umfassen typische Tätigkeiten und Kompetenzen:

- Umfassende Kenntnisse in versch. Bereichen der Verfahrenstechnik, z.B.:
 - Materialwissenschaften
 - Werkstofftechnik
 - Energie- und Umwelttechnik
 - Wasserstoffeinsatz, -transport und -speicherung
 - Chemietechnik
 - Elektro- und Batterietechnik
 - Steuerungstechnik und -elektronik
- Kenntnisse im Umgang mit Wasserstoff
 - Kenntnisse sicherheits- und verfahrenstechnischer Vorschriften im Betrieb (wasserstoffbasierter) Chemieanlagen
 - Überwachung von wasserstoffführenden Anlagen
- Kenntnisse in der Einrichtung, Zertifizierung und Überwachung prozessintegrierter Energie- und Umweltmanagementsystemen sowie im Energie-Contracting
- Planung und Koordination von energieeffizienten und klimaneutralen Produktionsprozessen in Hüttenbetrieben bzw. Teilanlagen/-bereichen
- Überwachung des Betriebsablaufs aus Leitständen oder Kontrollräumen, u.a. mit Blick auf Energieeffizienz
 - Kontrolle der dort zusammengefassten Messgeräte
 - Kontrolle der Ergebnisse der Produktionsteams, z. B. Maschinensteuerer, Assistenten und Hilfskräfte
 - Kontrolle der Einhaltung von Energieeffizienz und Qualitätsvorschriften
- Behebung von Störungen zur Wiederherstellung des reibungslosen, energieeffizienten Produktionsablaufs
- Durchführung von Messungen und Berechnungen zur Lösung energetischer Probleme
- technische Beratung von Mitarbeiter/-innen, z.B. mit Blick auf Energieeffizienz
- ggf. Mitwirkung an Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet energieeffizienter hüttentechnischer Prozesse, z. B.
 - Erprobung neu entwickelter Verfahrensgänge
 - Implementierung neuer hüttentechnischer Produktionsanlagen (insbes. Direktreduktionsanlagen auf Basis von Wasserstoff)

Hinweis: In der Stahlindustrie befinden sich neue Technologien auf Basis erneuerbarer Energien (z.B. Direktreduktion mittels (grünem) Wasserstoff) häufig noch in der Entwicklungsphase. Insofern ist bislang zum Teil noch unklar, wie sich konkrete Arbeitsabläufe in den betroffenen Berufen verändern werden und welche konkreten Tätigkeiten und Kompetenzbedarfe davon betroffen sein werden. Aus diesem Grund bedarf es eines kontinuierlichen

²⁴³ Vgl. BA (2021a).

Kompetenzmonitorings, um Aus-, Weiter- und Fortbildungsangebote rechtzeitig anzupassen, wenn die Bedarfe feststehen.

Laufender Produktionsbetrieb und Instandhaltung:

Die Bedienung der hüttentechnischen Anlagen erfordert fundierte berufsfachliche Kenntnisse und Kompetenzen, daher kommen v.a. Fachkräfte mit einer beruflichen Ausbildung zum/zur **Verfahrenstechnolog/-in Metall** zum Einsatz. Sie beschicken sowohl traditionelle Hochöfen mit Eisenerz und Koks sowie Elektrolichtbogenöfen mit Eisenschrott und steuern die entsprechenden Schmelzprozesse. Langfristig werden sich die Tätigkeiten von Verfahrenstechnolog/-innen in der Stahlproduktion jedoch vor allem auf die Direktreduktionsroute und die Elektrolichtbogenofenroute konzentrieren, da diese einen erheblich geringeren CO₂-Ausstoß und Energieeinsatz benötigt. Verfahrenstechnolog/-innen überwachen dabei die entstehenden Temperaturen, regeln die Luftzufuhr und entnehmen Proben des Schmelzguts, die sie zur Analyse weiterleiten. Beim Schmelzen der Einsatzstoffe entstehen Roheisen und Schlacke, die durch Abstiche getrennt werden.

Mit Blick auf den Betrieb von hüttentechnischen Anlagen umfassen typische Tätigkeiten und Kompetenzen:

- Kenntnisse in der Beurteilung und Beeinflussung der Energieeffizienz von chemischen Prozessen, u.a. Oxidations- und Reduktionsvorgänge, in den versch. Produktionsverfahren, insbes.:
 - Hochofenroute
 - Direktreduktionsroute unter Einsatz von Wasserstoff
 - Elektrolichtbogenofenroute
- Grundlegende Kenntnisse im Umgang mit Wasserstoff
 - Kenntnisse sicherheits- und verfahrenstechnischer Vorschriften im Betrieb (wasserstoffbasierter) Chemieanlagen
 - Überwachung von wasserstoffführenden Anlagen
- Kenntnisse in der Bewertung prozessintegrierter Energie- und Umweltmanagementsysteme
- Vorbereitung, Beschickung und Kontrolle der Hoch- oder Schmelzöfen bzw. der Direktreduktionsanlagen
 - Aufbereitung und Mischung von Roherzen, Zuschlagstoffen und Hilfsstoffen
 - Regelung der Prozessparameter (z.B. Energie- und Luftzufuhr, Temperatur, Kühlsysteme und Füllmenge)
- Bedienung von Transportanlagen für Rohstoffe, flüssiges Rohmetall sowie der fertigen Produkte
- Herstellung versch. Stahlarten aus Roheisen, Legierungsmetallen und Reduktionsmitteln
 - Probenentnahme
 - Überprüfung von Temperatur und Zusammensetzung der Schmelze
 - Durchführung des Abstichs, Abtrennung der Schlacke sowie Ableitung der entstehenden Gase
- Erschmelzung und Veredelung versch. Nichteisenmetalle, z. B. Kupfer, Blei, Aluminium, Zink, Gold und Silber
- Bedienung der Gießeinrichtungen für das Vergießen des fertigen Schmelzguts
- Durchführung von Wartungs- und Reparaturarbeiten an Maschinen und Anlagen der Hüttentechnik
- ggf. Steuerung, Überwachung, Erfassung und Auswertung der Energieeffizienz von Produktionsprozesse von Leitwarten bzw. Leitständen

Hinweis: In der Stahlindustrie befinden sich neue Technologien auf Basis erneuerbarer Energien (z.B. Direktreduktion mittels (grünem) Wasserstoff) häufig noch in der Entwicklungsphase. Insofern ist bislang zum Teil noch unklar, wie sich konkrete Arbeitsabläufe in den betroffenen Berufen verändern werden und welche konkreten Tätigkeiten und Kompetenzbedarfe davon betroffen sein werden. Aus diesem Grund bedarf es eines kontinuierlichen Kompetenzmonitorings, um Aus-, Weiter- und Fortbildungsangebote rechtzeitig anzupassen, wenn die Bedarfe feststehen.

Infobox: Digitale Schnittstellen

Die Stahlindustrie ist bereits heute stark automatisiert und digitalisiert. Vor allem die Nutzung von Messdaten mittels intelligenter Sensorik bzw. Internet of Things, künstlicher Intelligenz (KI) oder digitaler Zwillinge spielen in vielen Unternehmen bereits heute eine wichtige Rolle.²⁴⁴ Solchen digitalen Technologien wird zukünftig im Rahmen der Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Dekarbonisierung eine stark wachsende Bedeutung zukommen. So ist etwa davon auszugehen, dass die technologische Umstellung von der Hochofenroute hin zu Erzeugungsrouten mit Direktreduktionsverfahren einen deutlich höheren Grad an Automatisierung mit sich bringen wird. Für die Beschäftigten in der technischen Produktionsplanung und -überwachung gehen damit vertiefte Kompetenzanforderungen in den zugrundeliegenden digitalen Technologien einher, während die betroffenen Fachkräfte in der Produktion, wie etwa Verfahrenstechnolog/-innen Metall, voraussichtlich eher mit neuen Anforderungen an die Bedienung der entsprechenden Produktionsanlagen konfrontiert sein werden.

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich und Qualifikationsniveau – demnach veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z.B. im Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse in der additiven Fertigung
- Kenntnisse digitaler Planungs- und Steuerungsmodelle und -software (z.B. digitaler Zwilling)
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (z.B. Sensorik, Condition Monitoring²⁴⁵)
- Kenntnisse autonom gesteuerter Produktionsprozesse auf Basis von IoT und KI
- ggf. Kenntnisse im Umgang mit Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR)

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Die Ausbildungsordnung zur/zum Verfahrenstechnolog/-in Metall sowie der zugehörige Rahmenlehrplan wurden zum 1. August 2018 modernisiert. Die Berufsausbildung wird nun in den vier Fachrichtungen *Eisen- und Stahlmetallurgie*, *Stahlumformung*, *Nichteisenmetallurgie* sowie *Nichteisenmetallumformung* angeboten. Insbesondere die Fachrichtungen in der Metallurgie fokussieren dabei auf die energie- und CO₂-intensive Eisen-Stahl und Nichteisenproduktion. Im Zuge der Modernisierung wurden neben der Anpassung der Berufsbezeichnung (vormals Verfahrensmechaniker/-in in der Hütten- und Halbzeugindustrie) auch neue technologische Entwicklungen und damit verbundene betriebliche Arbeits- und Produktionsprozesse aufgegriffen,

²⁴⁴ Industrie-Anzeiger (2022).

²⁴⁵ Darunter wird die kontinuierliche Erfassung des Zustandes einer Maschine, Anlage oder eines Prozesses verstanden.

insbesondere mit Blick auf die in der Stahlindustrie zunehmende Digitalisierung und Automatisierung.²⁴⁶ Hinzu kommen neue integrierte Managementsysteme, etwa zum Umweltschutz oder zur Arbeitssicherheit.

Somit wurden durch die Modernisierung wesentliche neue Tätigkeits- und Kompetenzenanforderungen in den Ausbildungsberuf aufgenommen. Es ist jedoch noch unklar, inwieweit die Ausbildung in der Berufsschule und in den Betrieben den Auszubildenden bereits die wesentlichen Kenntnisse und Kompetenzen insbesondere mit Blick auf den Einsatz wasserstoffbasierter Produktionsverfahren wie etwa der Direktreduktion vermittelt. Bislang sind im Rahmen der Ausbildungsordnung keine optional wählbaren Zusatzqualifikationen vorgesehen. Aufgrund der bereits laufenden Transformationsprozesse in der Stahlindustrie wurden unter der Initiative einzelner Unternehmen sowie der Industrie- und Handelskammern (IHKs) jedoch bereits erste Qualifizierungsangebote im Kontext Wasserstoff konzipiert (vgl. Abschnitt Berufliche Fortbildung).²⁴⁷ Insofern besteht ggf. auch ein Bedarf an einer entsprechenden Verankerung von ähnlichen Qualifizierungsangeboten im Rahmen von Zusatzqualifikation in der beruflichen Grundausbildung.

Mittel- bis langfristig ist das Fortschreiten der technologischen Entwicklung jedoch weiterhin nur schwer abzusehen. Es bedarf daher einer kontinuierlichen Überprüfung der konkreten berufsfachlichen Anforderungen an die Beschäftigten in der Hüttentechnik, um die Ausbildungsinhalte ggf. entsprechend anpassen zu können. Grundsätzlich ist jedoch auch davon auszugehen, dass klassische Produktionsverfahren noch über eine längere Zeit zum Einsatz kommen werden und daher weiterhin ein gewisser Bedarf an Tätigkeiten und Kompetenzen, etwa im Zusammenhang mit der Arbeit am Hochofen besteht.

Berufliche Fortbildung

Nach Abschluss der Berufsausbildung zur/zum Verfahrenstechnolog/-in Metall besteht die Möglichkeit einer beruflichen Aufstiegsfortbildung zum/zur Industriemeister/-in im Bereich Hüttentechnik. Die Meisterprüfungen sind bundesweit einheitlich geregelt. Alternativ kann nach der Berufsausbildung bspw. auch eine Weiterbildung zum/zur Techniker/-in der Fachrichtung Gießereitechnik angestrebt werden, welche landesrechtlich geregelt ist und an Fachschulen stattfindet.

Aufgrund der bevorstehenden, grundlegenden Transformationsprozesse besteht grundsätzlich ein hoher Fort- und Weiterbildungsbedarf bei den Beschäftigten in der Stahlindustrie. Mit Blick auf den Einsatz von Wasserstoff wird etwa im Rahmen des Bildungsangebotes der IHKs seit kurzem der bundesweit einheitliche Zertifikatslehrgang "Fachexperte für Wasserstoffanwendungen (IHK)" angeboten.²⁴⁸ Speziell für die Stahlindustrie soll dieses Angebot in Zukunft in Verbindung mit einem Aufbau- und Praxismodul zu einem umfassenden Qualifizierungsangebot für den Wasserstoffeinsatz in der Stahlindustrie ausgebaut werden. Hinzu kommen erste Überlegungen zur Entwicklung von spezifischen Qualifizierungskonzepten für die Elektrostahlerzeugung und Direktreduktionsanlagen.²⁴⁹

Akademische Ausbildung

²⁴⁶ BIBB (2018a).

²⁴⁷ VDI Nachrichten (2022a).

²⁴⁸ Vgl. z.B. IHK Angebot, Link: <https://www.dihk-bildungs-gmbh.de/weiterbildung/ihk-zertifikate/zertifikatslehrgaenge/fachexperte-fuer-wasserstoffanwendungen-ihk-> (online, abgerufen am 24.04.2023).

²⁴⁹ VDI Nachrichten (2022a).

Für die Arbeit in der Stahlindustrie kommen verschiedene Ingenieursstudiengänge infrage, neben den Bereichen Hüttentechnik oder Metallurgie vor allem auch Verfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik. Entsprechende Studiengänge werden vorwiegend an Fachhochschulen und Hochschulen für angewandte Wissenschaften angeboten. In der Vergangenheit waren die Studienangebote häufig eng auf die Bedürfnisse der Industrie ausgerichtet. Unklar ist, inwieweit dies auch mit Blick auf neue Technologien in der Stahlindustrie bereits in ausreichendem Umfang gegeben ist.

Für die Gestaltung der bevorstehenden Transformationsprozesse in der Stahlindustrie müssen die Absolvent/-innen nach Einschätzung von Branchenexpert/-innen breite Kenntnisse im Bereich Verfahrenstechnik erlernen und dabei verschiedene technologische Möglichkeiten im Blick haben. Insofern besteht in der Stahlindustrie eher ein Bedarf an generalistischen Studienangeboten, in denen der Umgang mit komplexen technologischen Herausforderungen und eine breite Palette an Kenntnissen und Kompetenzen in der Verfahrenstechnik vermittelt wird. Hierzu zählen etwa Materialwissenschaften, Chemietechnik oder der Umgang mit Wasserstoff. Vor allem Kenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten, den Transport und die Speicherung von Wasserstoff werden demnach verstärkt nachgefragt.

Übergreifend ist in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung ein zunehmender Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit, Klimaneutralität und auch Rohstoff- und Energieeffizienz zu erkennen, verschiedene Universitäten und Hochschulen haben sogar ihr gesamtes Hochschulprofil auf diese Bereiche ausgerichtet, etwa in Lüneburg oder Cottbus.²⁵⁰ Neben klassischen Grundstudiengängen im Ingenieurwesen bestehen mittlerweile auch speziell ausgerichtete Angebote wie etwa die Bachelor-Studiengänge „Nachhaltige Ingenieurwissenschaften“ an der Universität Hannover²⁵¹ oder „Sustainable Production“ an der TU Braunschweig²⁵².

Bereits im Grundstudium sind dabei in der Regel verschiedene Kurse zu naturwissenschaftlichen Grundlagen, Elektrotechnik, Werkstoffkunde, Mathematik und Mess- und Regelungstechnik verpflichtend im Curriculum verankert. Im Masterstudium können sich die Studierenden fachlich in einer Vertiefungsrichtung spezialisieren. Zahlreiche Hochschulen und Universitäten bieten interdisziplinäre Masterstudiengänge an.

²⁵⁰ Saleh et al. (2022).

²⁵¹ Vgl. z.B. Universität Hannover, Link: <https://www.maschinenbau.uni-hannover.de/de/studium/studienangebot-der-fakultaet/bachelorstudiengaenge/nachhaltige-ingenieurwissenschaft-b-sc> (online, abgerufen am 12.04.2023).

²⁵² Vgl. z.B. TU Braunschweig, Link: <https://www.tu-braunschweig.de/fmb/studium/bachelor/sustainable-engineering-of-products-and-processes/sustainable-production> (online, abgerufen am 12.04.2023).

3.4.2 Berufe in der Maschinenbau- und Betriebstechnik (2510)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Maschinenbau- und Betriebstechnik** zählen zu den Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufen. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation und typischen beruflichen Tätigkeiten können sie als industrielle Querschnittsberufe bezeichnet werden, welche in unterschiedlichen Industriebranchen zum Einsatz kommen können. Ihre wesentliche Aufgabe liegt in der Unterstützung der betrieblichen Produktionsprozesse, typische Tätigkeiten liegen daher in der energieeffizienten Entwicklung, Konstruktion und Herstellung von Geräteteilen, Baugruppen für Maschinen und Anlagen sowie ganzer Produktionsmaschinen. Im Kontext der Energieeffizienz spielen etwa Fragen der Wärmerückgewinnung der entsprechenden Anlagen eine wichtige Rolle. Hinzu kommt die Wartung und Instandhaltung als zentrales Tätigkeitsfeld, z.B. durch die Analyse, Überwachung und Optimierung von Abläufen in der Betriebstechnik.²⁵³ Beruflich ausgebildete Fachkräfte in der Maschinen- und Betriebstechnik werden in der Industrie daher als klassische Instandhaltungsberufe bezeichnet – in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen.²⁵⁴ Gerade mit Blick auf die steigende Bedeutung digitalisierter und automatisierter Produktionsprozesse spielen die Beschäftigten in der in der Maschinenbau- und Betriebstechnik eine zunehmend wichtige Rolle.²⁵⁵ Dies gilt besonders unter dem Blickwinkel einer energieeffizienten Produktion in der energieintensiven Industrie.

In der Maschinenbau- und Betriebstechnik kommen neben beruflich ausgebildeten **Industriemechaniker/-innen** auch beruflich fortgebildete **Maschinenbautechniker/-innen** sowie **Ingenieur/-innen im Bereich Maschinenbau** zum Einsatz. Viele der typischen Tätigkeiten von Industriemechaniker/-innen können jedoch auch von Fachkräften anderer Berufsgruppen durchgeführt werden, je nach Tätigkeit etwa Anlagen- oder Konstruktionsmechaniker/-innen, Wartungs- und Servicetechniker/-innen oder Maschinen- und Anlagenführer/-innen. Zudem bestehen enge Anknüpfungspunkte zu Mechatroniker/-innen (vgl. Abschnitt 3.4.3).

Je nach Qualifikationsgrad können die Erwerbstätigen in der Industrie unterschiedliche Aufgaben und Tätigkeiten im Produktionsbetrieb sowie in der Wartung und Instandhaltung übernehmen.

Entwicklung und Konstruktion

- Entwurf, Planung und Konstruktion von energieeffizienten Anlagen, Maschinen und Einzelbauteilen sowie entsprechenden Fertigungsprozessen
 - Anfertigung von Entwurfs- und Konstruktionszeichnungen, in der Regel mittels CAD-Modellen
 - Durchführung verschiedener Messungen
- Kenntnisse in Fragen der Wärmerückgewinnung
- Entwicklung, Optimierung und Überwachung von energieeffizienten Produktionsprozessen in der Herstellung von Anlagen, Maschinen und Geräten
 - Durchführung von Schwachstellenanalysen bei bestehenden Prozessen
 - Ausarbeitung von Lösungskonzepten zur Verbesserung der Energieeffizienz bei Fertigungsaufgaben
- Kenntnisse in der Bewertung, Einrichtung, Zertifizierung und Überwachung prozessintegrierter Energie- und Umweltmanagementsystemen sowie im Energie-Contracting
- Überwachung von Montage und Inbetriebnahme von Anlagen und Maschinen, z.B. bei Kunden und Kundinnen

²⁵³ BA (2021a).

²⁵⁴ VDI Nachrichten (2022a).

²⁵⁵ Kienbaum und VDMA (2022).

- Sicherstellung der Einhaltung von Richtlinien und Vorgaben für die Energieeffizienz, z.B. auf Basis eines Energiemanagementsystems
 - ggf. routinemäßige Stichprobenprüfungen in den einzelnen Fertigungsschritten zur Qualitätssicherung und Einhaltung von Energieeffizienzbestimmungen
- Kenntnisnahme und Erprobung von technischen Neu- und Weiterentwicklungen im energieeffizienten Maschinen- und Anlagenbau
- ggf. Aufgaben in der Grundlagen- oder anwendungsorientierten Forschung zu Fragen der Energieeffizienz übernehmen

Betrieb, Wartung und Instandhaltung

- Auswertung technischer Unterlagen und Anfertigung von Montagezeichnungen
- Bearbeitung, Verbindung und Anpassung von Bau- und Ersatzteilen, z.B. durch Drehen, Fräsen, Bohren und Schleifen, in der Regel mithilfe von CNC-Maschinen und additiver Fertigung
- Montage von Baugruppen, Maschinen und technischen Systemen, z. B. Kräne, Aufzüge oder Förderbänder
 - Einstellung und Prüfung von Maschinenfunktionen
 - Installation, Inbetriebnahme und ggf. Vernetzung von Maschinen und Fertigungsanlagen
 - ggf. Umbau von Maschinen und Fertigungsanlagen einstellen
- Kenntnisse in der Einrichtung, Zertifizierung und Überwachung prozessintegrierter Energie- und Umweltmanagementsystemen sowie im Energie-Contracting
- Steuerung und Überwachung von Fertigungsprozessen
 - Überprüfung, Modifizierung und Optimierung des technischen Ablaufs
 - Überwachung von Vorschriften zur Energieeffizienz und Arbeitssicherheit
 - Durchführung von Qualitätskontrollen
- Wartung und Instandsetzung von Betriebsanlagen und technische Systeme, z.B.
 - Wartung von Anlagenkomponenten auf Basis computergenerierter Anweisungen, z.B. mit Hilfe von virtuell eingeblendeten Informationen
 - ggf. Kenntnisse im Bereich Predictive Maintenance und Wearable Technologies (z.B. Datenbrillen)
 - Austausch defekter oder energieineffizienter Maschinenteile, z. B. Antriebsaggregate, Pumpen Rohre
- ggf. Einweisung von Mitarbeitenden in die Funktionsweise von Maschinen, Anlagen und Systemen einweisen

Infobox: Digitale Schnittstellen

In den energieintensiven Industrien kann bereits seit längerer Zeit eine starke Digitalisierung beobachtet werden, stellvertretend stehen etwa die Stahl- oder Chemieindustrie. Es wird zudem davon ausgegangen, dass sich diese Entwicklung in der Zukunft weiter verstärken wird, vor allem die Nutzung von digitaler Vernetzung und Automatisierung wird demnach weiter zunehmen, z.B. auf Basis von Messdaten intelligenter Sensorik, Big Data oder künstlicher Intelligenz (KI).²⁵⁶ Solchen digitalen Technologien wird gerade auch mit Blick auf die Erhöhung der Energieeffizienz und zur Dekarbonisierung eine stark wachsende Bedeutung zukommen.

²⁵⁶ HRForecast (2020).

Für die Beschäftigten in der Maschinenbau- und Betriebstechnik gehen damit – je nach Tätigkeitsbereich und Qualifikationsniveau – vertiefte Kompetenzanforderungen in den zugrundeliegenden digitalen Technologien einher, insbesondere mit Blick auf die System- und Prozessintegration, die IT-gestützte Arbeit an Anlagen und Maschinen sowie neuer Fertigungsverfahren wie etwa der additiven Fertigung:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z.B. im Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungs- und Steuerungsmodelle und -software (z.B. digitaler Zwilling)
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (z.B. Sensorik, Predictive Maintenance, Wearable Technologies)
- ggf. Kenntnisse von Big Data und Advanced Analytics (mathematische Korrelationen, Vorhersage und Modellierung)
- ggf. Kenntnisse automatisiert gesteuerter Wartungs- und Instandhaltungsprozesse auf Basis von IoT und KI
- ggf. Kenntnisse im Umgang mit Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR)

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Im Jahr 2018 wurde der Ausbildungsberuf Industriemechaniker/-in gemeinsam mit zehn weiteren industriellen Metall- und Elektroberufen teilnovelliert, die bis dahin geltende Ausbildungsverordnung stammte aus dem Jahr 2007. Im Rahmen der Neufassung wurden wesentliche Neuerungen mit Blick auf die zunehmende Digitalisierung der industriellen Produktionsbetriebe aufgenommen. So umfassen die Ausbildungsordnungen aller industriellen Metall- und Elektroberufe nun eine zusätzliche, integrative Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“. Zudem wurden die betrieblichen Lerninhalte punktuell an die Herausforderungen einer digitalisierten und zunehmend automatisierten Produktion und Fertigung angepasst.

Der Kern der Neufassung der Ausbildungsordnung im Ausbildungsberuf zur/zum Industriemechaniker/-in liegt jedoch in der Aufnahme von vier kodifizierten Zusatzqualifikationen (kZQ) in den Bereichen Prozessintegration, Systemintegration, IT-gestützte Anlagenänderung sowie in der additiven Fertigung. Neben auszubildenden Industriemechaniker/-innen stehen diese kZQ auch Anlagenmechaniker/-innen, Konstruktionsmechaniker/-innen und Werkzeugmechaniker/-innen offen. Die kZQ umfassen dabei insbesondere folgende Inhalte:

- Systemintegration:
 - Analysieren von technischen Aufträgen und Entwickeln von Lösungen
 - Installieren und Inbetriebnehmen von cyberphysischen Systemen
- Prozessintegration:
 - Analysieren und Planen von digital vernetzten Produktionsprozessen
 - Anpassen und Ändern von digital vernetzten Produktionsanlagen
 - Erproben von Produktionsprozessen
- IT-gestützte Anlagenänderung:
 - Planen von Änderungen an Anlagen
 - Herstellen und digitales Nachbereiten von Rohrleitungen, Profilen, Anlagenteilen oder Blechkonstruktionen
- Additive Fertigung:
 - Modellieren von Bauteilen (z.B. durch CAD- und 3-D-Modelle)

- Vorbereiten von additiver Fertigung
- Additives Fertigen von Produkten

Damit wurden wesentliche Anforderungen an Beschäftigte im Bereich der Maschinenbau- und Betriebstechnik in die Ausbildung aufgenommen. Mit der Aufteilung in vier verschiedene kZQ folgen die Ausbildungsinhalte auch dem verstärkten Bedarf an differenzierten digitalen Fähigkeiten und Kompetenzen, insbesondere auch unter Industriemechaniker/-innen.²⁵⁷ Denn der Wandel in den Ausbildungsbetrieben hängt maßgeblich auch von der Geschwindigkeit und Richtung digitaler Veränderungsprozesse ab. Hier spielen gerade die verschiedenen Entwicklungsstadien neuer Technologien eine wichtige Rolle. Aus Sicht des BIBB eröffnen die neugeschaffenen Zusatzqualifikationen den Betrieben und Auszubildenden einen gesteigerten Spielraum, um auf diese Entwicklung zu reagieren. Zudem kommt den kZQ eine Brückenfunktion auf dem Weg zu weitgehenderen Anpassungen der Ausbildungsordnung zu.²⁵⁸ Mittelfristig gehen auch die Sozialpartner von weiteren möglichen Anpassungsbedarfen aus, etwa mit Blick auf Berufsprofilverschiebungen.²⁵⁹

Gleichzeitig zeigen erste Ergebnisse zur Inanspruchnahme der kZQ jedoch, dass diese bislang nur eingeschränkt dazu beitragen, die Vermittlung von neuen Fähigkeiten und Kompetenzen in der Breite voranzutreiben. Zwar nahm die Zahl der bundesweit abgelegten Prüfungen zu den kZQ berufsübergreifend in den vergangenen Jahren stetig zu. Dennoch wurden im Ausbildungsjahr 2020/21 von den IHKs bundesweit nur 163 Prüfungen der für Industriemechaniker/-innen relevanten kZQ in allen elf Metall- und Elektroberufen erfasst. Die kZQ „Additive Fertigung“ wurde dabei mit 157 Prüfungen mit Abstand am häufigsten abgelegt. Mit insgesamt nur sechs abgelegten Prüfungen waren die kZQ Prozess- und Systemintegration sowie IT-gestützte Anlagenänderung hingegen kaum nachgefragt.²⁶⁰

Von den Ausbildungsbetrieben, die zumindest grobe Eckpunkte der modernisierten Ausbildungsordnungen in diesen Berufen kannten, gaben 2020 in einer repräsentativen Befragung immerhin jeweils rund 40 Prozent an, die neuen kZQ in den Bereichen IT-gestützte Anlagenänderung (44,1%), Systemintegration (41,3%) oder Prozessintegration (39,9%) allen oder einzelnen Auszubildenden anzubieten.²⁶¹ In einer weiteren, nicht-repräsentativen Befragung von Ausbildungsbetrieben speziell für den Ausbildungsberuf Industriemechaniker/-in gaben 2020 rund 15 Prozent an, für das Jahr 2021 ihre Auszubildenden in einer kZQ ausbilden zu wollen. Rund 20 Prozent hatten dies seit der Einführung im Jahr 2018 bereits getan.²⁶²

Zwar werden die kZQ in der Ausbildungspraxis überwiegend als inhaltlich relevant eingestuft, an einer entsprechenden Prüfung durch die Kammern besteht demnach in vielen Betrieben hingegen nur geringes Interesse. Die Vermittlung der entsprechenden Fähigkeiten und Kompetenzen könnte in den Betrieben jedoch auch ohne Ausrichtung auf die Vorgaben der Ausbildungsordnung und damit nicht auf der Basis einheitlicher Standards durchgeführt werden. So zeigt eine nicht-repräsentative Ausbildungsbetriebsbefragung des BIBB, dass in den Betrieben auch außerhalb des Formats der kZQ entsprechende Inhalte vermittelt werden. Dies trifft insbesondere auf Fähigkeiten und Kompetenzen im Bereich additiver Fertigung, CAD und 3-D-Druck zu, aber auch

²⁵⁷ Kaufmann et al. (2021).

²⁵⁸ Ebd.

²⁵⁹ Gesamtmetall; IG Metall; VDMA; ZVEI (2017).

²⁶⁰ EVA M+E-Studie (2022).

²⁶¹ EVA M+E-Studie (2022).

²⁶² Kaufmann et al. (2021).

Themen wie digitale Vernetzung und die Erlernung von Programmiersprachen werden dabei adressiert. Andere Themen wie etwa IT-gestützte Anlagenänderung wurden in diesem Zusammenhang hingegen kaum genannt.²⁶³

Insofern gilt es kontinuierlich zu überprüfen, wie das Angebot an kZQ von den Auszubildenden und Betrieben in den kommenden Jahren angenommen wird und inwieweit weiterführender Anpassungsbedarf mit Blick auf die Ausbildungsordnung entsteht. Laut den Autor/-innen der jüngsten Evaluation der modernisierten Metall- und Elektroberufe könnte die Schaffung eines sog. binnenflexiblen Ausbildungsberufes unter dem Leitbild der Industriemechatronik die berufliche Handlungsfähigkeit und die Vereinheitlichung von beruflichen Kompetenzstandards bewirken. Eine solche Weiterentwicklung der Metall- und Elektroberufe könnte dabei aufbauend auf gemeinsamen Kernqualifikationen berufliche Schwerpunkte in den Bereichen Instandhaltung, Produktion, Fertigung und Konstruktion setzen und damit der zunehmenden Prozessorientierung einer digitalisierten Produktion Rechnung tragen.²⁶⁴

Berufliche Fortbildung

Nach Abschluss einer Berufsausbildung als Industriemechaniker/-in sowie einer mehrjährigen Berufserfahrung besteht die Möglichkeit einer beruflichen Aufstiegsfortbildung zum/zur geprüften Industriemeister/-in in der Fachrichtung Metall. Alternativ kann auch eine Fortbildung zum/zur staatlich geprüften Maschinenbautechniker/-in gewählt werden.

Die Meisterprüfung ist dabei bundesweit einheitlich geregelt. Die entsprechende Industriemeisterverordnung besteht seit 1997, wurde seitdem jedoch mehrfach in geringerem Maß angepasst, zuletzt im Jahr 2019.²⁶⁵ Die Meisterprüfung umfasst neben Handlungsbereichen wie der Organisation, Führung und Kommunikation auch spezifische Inhalte im technischen Bereich sowie im Umweltschutz. Im Handlungsbereich „Technik“ werden etwa Fähigkeiten und Kompetenzen in der Betriebs-, Fertigungs- und Montagetechnik geprüft. Dies umfasst etwa die Planung und Analyse von Fertigungs- und Montageaufträgen, die Bewertung von technischen Schwachstellen und Schäden sowie die Planung und Einleitung von Instandhaltungsmaßnahmen.

Bislang sind im Rahmen der Meisterprüfungsordnung jedoch kaum konkrete Fähigkeiten und Kompetenzen im Bereich der digitalen Vernetzung und Automatisierung aufgenommen. Insofern ist auch bei Maschinenbautechniker/-innen bislang unklar, inwieweit eine Meisterprüfung die Beschäftigten in ausreichendem Maße auf die betrieblichen Herausforderungen der Digitalisierung und Automatisierung vorbereitet.

Akademische Ausbildung

Für die Arbeit in der Maschinenbau- und Betriebstechnik bestehen zum einen klassische Ingenieurstudiengängen, z.B. im Maschinen- und Anlagenbau. Diese werden häufig an Universitäten angeboten. Hinzu kommen oft auch ausbildungsintegrierende oder praxisintegrierende Studiengänge, z.B. in Verbindung mit einer beruflichen Ausbildung zum/zur Industriemechaniker/-in oder Mechatroniker/-in. Entsprechende Angebote bestehen insbesondere an einer Vielzahl von (Fach-)Hochschulen. In der Vergangenheit waren die Studienangebote häufig

²⁶³ Ebd.

²⁶⁴ Ebd.

²⁶⁵ Verordnung über die Prüfung zum anerkannten Abschluss Geprüfter Industriemeister/Geprüfte Industriemeisterin - Fachrichtung Metall vom 12. Dezember 1997 (BGBl. I S. 2923), zuletzt geändert durch Artikel 14 der Verordnung vom 9. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2153).

eng auf die Bedürfnisse der Industrie ausgerichtet. Unklar ist, inwieweit dies auch mit Blick auf neue Technologien in den einzelnen Industriebranchen bereits in ausreichendem Umfang gegeben ist.

Zentrale Inhalte der verschiedenen einschlägigen Studiengänge sind vor allem mathematische, technische, naturwissenschaftliche und informationstechnische Grundlagen, Mechanik, Antriebstechnik sowie industrielle Prozessmess-, -steuerungs- und -regelungstechnik.²⁶⁶ Aber auch Kenntnisse der regenerativen Energien können Teil des Studiums sein. Laut Branchenexpert/-innen bedarf es in den Ingenieursstudiengängen jedoch zum Teil einer stärkeren Fokussierung auf neue technologische Möglichkeiten und industrierelevante Problemstellungen, etwa mit Blick auf die Dekarbonisierung und die Verbesserung der Energieeffizienz. Gleichzeitig sollte jedoch sichergestellt werden, dass die Flexibilität und Breite der Curricula aufrechterhalten wird.

Übergreifend ist in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung ein zunehmender Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit, Klimaneutralität und auch Rohstoff- und Energieeffizienz zu erkennen, verschiedene Universitäten und Hochschulen haben sogar ihr gesamtes Hochschulprofil auf diese Bereiche ausgerichtet, etwa in Lüneburg oder Cottbus.²⁶⁷ Neben klassischen Grundstudiengängen im Ingenieurwesen bestehen mittlerweile auch speziell ausgerichtete Angebote wie etwa die Bachelor-Studiengänge „Nachhaltige Ingenieurwissenschaften“ an der Universität Hannover²⁶⁸ oder „Sustainable Production“ an der TU Braunschweig²⁶⁹. Bereits im Grundstudium sind dabei in der Regel verschiedene Kurse zu naturwissenschaftlichen Grundlagen, Elektrotechnik, Werkstoffkunde, Mathematik und Mess- und Regelungstechnik verpflichtend im Curriculum verankert. Im Masterstudium können sich die Studierenden fachlich in einer Vertiefungsrichtung spezialisieren. Zahlreiche Hochschulen und Universitäten bieten interdisziplinäre Masterstudiengänge an.

3.4.3 Berufe in der Mechatronik (2611)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Mechatronik** zählen zu den Mechatronik-, Energie- und Elektroberufen und verbinden die Fachgebiete der Mechanik, Elektronik und Informatik miteinander. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation und typischen beruflichen Tätigkeiten können sie als industrielle Querschnittsberufe bezeichnet werden, welche in unterschiedlichen Industriebranchen, aber auch in der Verkehrstechnik oder der Energieversorgung zum Einsatz kommen können. Ihre Tätigkeiten liegen in der Planung und Entwicklung sowie insbesondere der Wartung und Instandhaltung von mechanischen, elektrischen und elektronischen Komponenten von Anlagen und Systemen. Damit können sie sowohl den industriellen Elektro- wie auch Metallberufen zugeordnet werden und sind eng verbunden mit einschlägigen Berufen in der elektronischen Betriebs- und Automatisierungstechnik sowie der

²⁶⁶ Vgl. z.B. TU Berlin, Links: <https://www.tu.berlin/studieren/studienangebot/gesamtes-studienangebot/studiengang/maschinenbau-b-sc> und <https://www.tu.berlin/studieren/studienangebot/gesamtes-studienangebot/studiengang/maschinenbau-m-sc> (online, abgerufen am 12.04.2023).

²⁶⁷ Saleh et al. (2022).

²⁶⁸ Universität Hannover, Link: <https://www.maschinenbau.uni-hannover.de/de/studium/studienangebot-der-fakultaet/bachelorstudiengaenge/nachhaltige-ingenieurwissenschaft-b-sc> (online, abgerufen am 12.04.2023).

²⁶⁹ TU Braunschweig, Link: <https://www.tu-braunschweig.de/fmb/studium/bachelor/sustainable-engineering-of-products-and-processes/sustainable-production> (online, abgerufen am 12.04.2023).

Maschinenbau- und Betriebstechnik.²⁷⁰ Fachkräfte in der Mechatronik können daher als Allrounder in den genannten Gebieten bezeichnet werden.

Das Aufgabenspektrum in der Mechatronik reicht von der Zurichtung und Montage von mechatronischen Mess-, Steuerungs-, Regelungs- und Überwachungstechnik über die Analyse mechatronischer Gesamtsysteme bis hin zur Prozessweiterentwicklung – jeweils in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen. Gerade mit Blick auf die steigende Bedeutung digitalisierter und automatisierter Produktionsprozesse spielen die Beschäftigten in der Mechatronik eine zunehmend wichtige Rolle.²⁷¹ Dies gilt besonders unter dem Blickwinkel einer energieeffizienten Produktion in der energieintensiven Industrie.

In Mechatronik kommen neben beruflich ausgebildeten **Mechatroniker/-innen** auch beruflich fortgebildete **Techniker/-innen** sowie **Ingenieur/-innen im Bereich Mechatronik** zum Einsatz. Viele der typischen Tätigkeiten von Mechatroniker/-innen können somit auch von Fachkräften anderer Berufsgruppen durchgeführt werden, etwa Elektroniker/-innen für Betriebs- oder Automatisierungstechnik oder Industriemechaniker/-innen.

Je nach Qualifikationsgrad können die Erwerbstätigen in der Industrie unterschiedliche Aufgaben und Tätigkeiten im Produktionsbetrieb sowie in der Wartung und Instandhaltung übernehmen.

- Entwurf und Dimensionierung mechatronischer Gesamtsysteme, u.a. unter Berücksichtigung der Energieeffizienz
- Kenntnisse in Fragen der Wärmerückgewinnung
- Anfertigung und Anwendung von Konstruktionszeichnungen sowie Fertigungs- und Montageplänen, z.B. mittels CAD-Anlagen
- Zurichtung und Montage von mechanischen, pneumatischen, hydraulischen, elektrischen, elektronischen und informationstechnischen Komponenten zu funktionierenden mechatronischer Anlagen und Systeme
 - Kenntnisse (grundlegender) Metallbearbeitungs- und -verbindungstechniken bei der Konstruktion von mechatronischen Anlagen (z.B. Schrauben, Löten, Kleben oder Schweißen)
- Installation und Inbetriebnahme fertiger mechatronischer Anlagen und Systeme
 - ggf. Programmierung und Vernetzung
 - ggf. Einweisung und Anleitung anderer Techniker/-innen
- Aufbau und ggf. Programmierung von mechatronischer Mess-, Steuerungs-, Regelungs- und Überwachungstechnik
- Wartung, Instandhaltung und ggf. Reparatur mechatronischer Anlagen und Systeme, z.B.
 - Wartung von Anlagenkomponenten auf Basis computergenerierter Anweisungen, z.B. mit Hilfe von virtuell eingeblendeten Informationen
 - ggf. Kenntnisse im Bereich Predictive Maintenance und Wearable Technologies (z.B. Datenbrillen)
- kontinuierliche Optimierung mechatronischer Anlagen und Systeme, u.a. zur Verbesserung der Leistungsüberwachung und Prozessfehlerbehebung
 - z.B. für die vorausschauende Wartung unter Nutzung von Big Data und fortschrittlicher Analytik
- ggf. Kenntnisse in der Einrichtung, Zertifizierung und Überwachung prozessintegrierter Energie- und Umweltmanagementsystemen sowie im Energie-Contracting
- Sicherstellung der Einhaltung von Richtlinien und Vorgaben für die Energieeffizienz, z.B. auf Basis eines Energiemanagementsystems

²⁷⁰ Einschlägige Ausbildungsberufe umfassen etwa Elektroniker/-in für Betriebs- oder Automatisierungstechnik oder Industriemechaniker/-in. Zur Abgrenzung der entsprechenden Berufe vgl. auch den Abschnitt SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- und Studienordnungen.

²⁷¹ Kienbaum und VDMA (2022).

- ggf. routinemäßige Stichprobenprüfungen in den einzelnen Fertigungsschritten zur Qualitätssicherung und Einhaltung von Energieeffizienzbestimmungen
- ggf. Kenntnisse im Umgang mit Wasserstoff
 - Kenntnisse sicherheits- und verfahrenstechnischer Vorschriften im Betrieb (wasserstoffbasierter) Chemieanlagen
 - Überwachung von wasserstoffführenden Anlagen
- Kenntnisnahme und Erprobung von technischen Neu- und Weiterentwicklungen in der energieeffizienten Mechatronik
- ggf. Forschung und Entwicklung im Bereich energieeffizienter mechatronischer Systeme

Infobox: Digitale Schnittstellen

In den energieintensiven Industrien kann bereits seit längerer Zeit eine starke Digitalisierung beobachtet werden, stellvertretend steht hier etwa die Chemieindustrie.²⁷² Es wird zudem davon ausgegangen, dass sich diese Entwicklung in der Zukunft weiter verstärken wird, vor allem die Nutzung von digitaler Vernetzung und Automatisierung wird demnach weiter zunehmen, z.B. auf Basis von Messdaten intelligenter Sensorik, Big Data oder künstlicher Intelligenz (KI).²⁷³ Solchen digitalen Technologien wird gerade auch mit Blick auf die Erhöhung der Energieeffizienz und zur Dekarbonisierung eine stark wachsende Bedeutung zukommen.

Für die Beschäftigten in der Mechatronik gehen damit – je nach Tätigkeitsbereich und Qualifikationsniveau – vertiefte Kompetenzanforderungen in den zugrundeliegenden digitalen Technologien, insbesondere in den Bereichen Programmierung, IT-Sicherheit und digitale Vernetzung einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z.B. im Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungs- und Steuerungsmodelle und -software (z.B. digitaler Zwilling)
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (z.B. Sensorik, Predictive Maintenance, Wearable Technologies)
- ggf. Kenntnisse von Big Data und Advanced Analytics (mathematische Korrelationen, Vorhersage und Modellierung)
- ggf. Kenntnisse automatisiert gesteuerter Wartungs- und Instandhaltungsprozesse auf Basis von IoT und KI
- ggf. Kenntnisse im Umgang mit Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR)

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

²⁷² Gehrke und Weilage (2018).

²⁷³ HRForecast (2020).

Der Ausbildungsberuf zur/zum Mechatroniker/-in wurde im Jahr 1998 neu geschaffen. Ziel der Einführung war es, durch die Zusammenführung von beruflichen Handlungsfeldern der industriellen Metall- und Elektroberufe einen spezialisierten, zugleich aber auch flexibel einsetzbaren Ausbildungsberuf für die Montage, Wartung und Instandhaltung von komplexen Maschinen, Anlagen und Systemen zu schaffen. Kennzeichnend für den Ausbildungsberuf sind daher Fähigkeiten im Umgang mit mechanischen, elektrischen als auch elektronischen Komponenten von Anlagen und Systemen. Damit sind sie eng verbunden mit einschlägigen Ausbildungsberufen in der elektronischen Betriebs- und Automatisierungstechnik (z.B. Elektroniker/-innen) sowie der Maschinenbau- und Betriebstechnik (z.B. Industriemechaniker/-innen).

Im Jahr 2018 wurde der Ausbildungsberuf gemeinsam mit zehn weiteren industriellen Metall- und Elektroberufen teilnovelliert. Im Rahmen der entsprechenden Neufassung der Ausbildungsverordnung wurden wesentliche Neuerungen mit Blick auf die zunehmende Digitalisierung der industriellen Produktionsbetriebe aufgenommen. So umfassen die Ausbildungsordnungen aller industriellen Metall- und Elektroberufe nun eine zusätzliche, integrative Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“. Zudem wurden die betrieblichen Lerninhalte punktuell an die Herausforderungen einer digitalisierten und zunehmend automatisierten Produktion und Fertigung angepasst.

Der Kern der Neufassung der Ausbildungsordnung im Ausbildungsberuf zur/zum Mechatroniker/-in liegt jedoch in der Aufnahme von vier kodifizierten Zusatzqualifikationen (kZQ) in den Bereichen Programmierung, IT-Sicherheit, digitale Vernetzung und additive Fertigung, welche ausschließlich für auszubildende Mechatroniker/-innen zur Verfügung steht. Die kZQ umfassen dabei insbesondere folgende Inhalte:

- Digitale Vernetzung:
 - Analysieren von technischen Aufträgen und Entwickeln von Lösungen
 - Errichten, Ändern und Prüfen von vernetzten Systemen
 - Betreiben von vernetzten Systemen
- Programmierung:
 - Analysieren von technischen Aufträgen und Entwickeln von Lösungen
 - Anpassen von Softwaremodulen
 - Testen von Softwaremodulen im System
- IT-Sicherheit:
 - Entwickeln, Umsetzung und Überwachung von Sicherheitsmaßnahmen
- Additive Fertigung:
 - Modellieren von Bauteilen (z.B. durch CAD- und 3-D-Modelle)
 - Vorbereiten von additiver Fertigung
 - Additives Fertigen von Produkten

Damit wurden wesentliche Anforderungen der Digitalisierung an Beschäftigte im Bereich der Mechatronik in die Ausbildung aufgenommen. Mit der Aufteilung in vier verschiedene kZQ folgen die Ausbildungsinhalte auch dem verstärkten Bedarf an differenzierten digitalen Fähigkeiten und Kompetenzen, insbesondere auch unter Mechatroniker/-innen.²⁷⁴ Denn der Wandel in den Ausbildungsbetrieben hängt maßgeblich auch von der Geschwindigkeit und Richtung digitaler Veränderungsprozesse ab. Hier spielen gerade die verschiedenen Entwicklungsstadien neuer Technologien eine wichtige Rolle. Aus Sicht des BIBB eröffnen die neugeschaffenen Zusatzqualifikationen den Betrieben und Auszubildenden einen gesteigerten Spielraum, um auf diese Entwicklung

²⁷⁴ Kaufmann et al. (2021).

zu reagieren. Zudem kommt den kZQ eine Brückenfunktion auf dem Weg zu weitgehenderen Anpassungen der Ausbildungsordnung zu.²⁷⁵

Gleichzeitig zeigen erste Ergebnisse zur Inanspruchnahme der kZQ jedoch, dass diese bislang nur eingeschränkt dazu beitragen, die Vermittlung von neuen Fähigkeiten und Kompetenzen in der Breite voranzutreiben. Zwar nahm die Zahl der bundesweit abgelegten Prüfungen zu den kZQ berufsübergreifend in den vergangenen Jahren stetig zu. Dennoch wurden im Ausbildungsjahr 2020/21 von den IHKs bundesweit nur 261 Prüfungen der für Mechatroniker/-innen relevanten kZQ in allen elf Metall- und Elektroberufen erfasst. Die kZQ „Additive Fertigung“ wurde dabei mit 157 Prüfungen mit Abstand am häufigsten abgelegt.²⁷⁶

Von den Ausbildungsbetrieben, die zumindest grobe Eckpunkte der modernisierten Ausbildungsordnungen in diesen Berufen kannten, gaben 2020 in einer repräsentativen Befragung immerhin jeweils rund die Hälfte an, die neuen kZQ in den Bereichen Programmierung (52,7%), IT-Sicherheit (50,7%), digitale Vernetzung (45,0%) oder additiver Fertigung (34,3%) allen oder einzelnen Auszubildenden anzubieten.²⁷⁷ In einer weiteren, nicht-repräsentativen Befragung von Ausbildungsbetrieben speziell für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/-in gaben 2020 ebenfalls knapp 32 Prozent an, für das Jahr 2021 ihre Auszubildenden in einer kZQ ausbilden zu wollen. Rund 30 Prozent hatten dies seit der Einführung im Jahr 2018 bereits getan.²⁷⁸

Zwar werden die kZQ in der Ausbildungspraxis überwiegend als inhaltlich relevant eingestuft, an einer entsprechenden Prüfung durch die Kammern besteht demnach in vielen Betrieben hingegen nur geringes Interesse. Die Vermittlung der entsprechenden Fähigkeiten und Kompetenzen könnte in den Betrieben jedoch auch ohne Ausrichtung auf die Vorgaben der Ausbildungsordnung und damit nicht auf der Basis einheitlicher Standards durchgeführt werden. So zeigt eine nicht-repräsentative Ausbildungsbetriebsbefragung des BIBB, dass in den Betrieben auch außerhalb des Formats der kZQ entsprechende Inhalte vermittelt werden. Dies trifft insbesondere auf Fähigkeiten und Kompetenzen im Bereich additiver Fertigung, CAD und 3-D-Druck zu, aber auch Themen wie digitale Vernetzung und die Erlernung von Programmiersprachen werden dabei adressiert.²⁷⁹

Insofern gilt es kontinuierlich zu überprüfen, wie das Angebot an kZQ von den Auszubildenden und Betrieben in den kommenden Jahren angenommen wird und inwieweit weiterführender Anpassungsbedarf mit Blick auf die Ausbildungsordnung entsteht. Laut den Autor/-innen der jüngsten Evaluation der modernisierten Metall- und Elektroberufe könnte die Schaffung eines sog. binnenflexiblen Ausbildungsberufes unter dem Leitbild der Industriemechatronik die berufliche Handlungsfähigkeit und die Vereinheitlichung von beruflichen Kompetenzstandards bewirken. Eine solche Weiterentwicklung der Metall- und Elektroberufe könnte dabei aufbauend auf gemeinsamen Kernqualifikationen berufliche Schwerpunkte in den Bereichen Instandhaltung, Produktion, Fertigung und Konstruktion setzen und damit der zunehmenden Prozessorientierung einer digitalisierten Produktion Rechnung tragen.²⁸⁰

Berufliche Fortbildung

²⁷⁵ Ebd.

²⁷⁶ EVA M+E-Studie (2022).

²⁷⁷ Ebd.

²⁷⁸ Kaufmann et al. (2021).

²⁷⁹ Kaufmann et al. (2021).

²⁸⁰ Ebd.

Nach Abschluss einer Berufsausbildung als Mechatroniker/-in sowie einer mehrjährigen Berufserfahrung besteht die Möglichkeit einer beruflichen Aufstiegsfortbildung zum/zur Industriemeister/-in in der Fachrichtung Mechatronik. Alternativ kann auch eine Fortbildung zum/zur staatlich geprüften Techniker/-in in der Fachrichtung Mechatronik oder Maschinentechnik oder zum/zur staatlich geprüften Prozessmanager/-in Elektrotechnik oder Produktionstechnologie gewählt werden.

Die Meisterprüfungen sind dabei bundesweit einheitlich geregelt. Die entsprechende Industriemeisterverordnung besteht seit 2005, wurde seitdem jedoch mehrfach in geringerem Maß angepasst, zuletzt im Jahr 2019.²⁸¹ Die Meisterprüfung umfasst neben Handlungsbereichen wie der Organisation, Führung und Kommunikation auch spezifische Inhalte im technischen Bereich sowie im Umweltschutz. Im Handlungsbereich „Technik“ werden etwa Fähigkeiten und Kompetenzen in der Systemintegration mechatronischer Anlagen und Systeme geprüft. Dies umfasst etwa das Projektieren, Erweitern und Instandhalten von mechatronischen Systemen, den Einbau von Teilsystemen und Anpassung und Integration von digitalen Schnittstellen und Energieversorgung. Hinzu kommen spezifische Kompetenzen in der Automatisierungstechnik, etwa mit Blick auf verschiedene Komponenten der Sensorik und Aktorik, und die Durchführung von Funktions- und Sicherheitsprüfungen.

Akademische Ausbildung

Für die Arbeit in der Mechatronik bestehen zum einen spezifische Ingenieursstudiengänge. Diese sind häufig auch als ausbildungsintegrierende wie auch als praxisintegrierende Studiengänge möglich. Ein Studium der Mechatronik kann so bspw. mit einer beruflichen Ausbildung als Mechatroniker/-in verbunden werden. Entsprechende Angebote bestehen insbesondere an einer Vielzahl von (Fach-)Hochschulen. Hinzu kommen jedoch auch klassische Ingenieurstudiengängen, ggf. mit einem entsprechenden Schwerpunkt in der Mechatronik, z.B. im Maschinen- und Anlagenbau. Diese werden hingegen häufig an Universitäten angeboten. In der Vergangenheit waren die Studienangebote häufig eng auf die Bedürfnisse der Industrie ausgerichtet. Unklar ist, inwieweit dies auch mit Blick auf neue Technologien in den einzelnen Industriebranchen bereits in ausreichendem Umfang gegeben ist.

Zentrale Inhalte der verschiedenen einschlägigen Studiengänge sind vor allem Elektrotechnik, Antriebstechnik, industrielle Kommunikations- und Sensortechnik sowie Prozessmess-, -steuerungs- und -regelungstechnik. Aber auch Kenntnisse der regenerativen Energien können Teil des Studiums sein. Laut Branchenexpert/-innen bedarf es in den Ingenieursstudiengängen jedoch zum Teil einer stärkeren Fokussierung auf neue technologische Möglichkeiten und industrierelevante Problemstellungen, etwa mit Blick auf die Dekarbonisierung und die Verbesserung der Energieeffizienz. Gleichzeitig sollte jedoch sichergestellt werden, dass die Flexibilität und Breite der Curricula aufrechterhalten wird.

Übergreifend ist in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung ein zunehmender Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit, Klimaneutralität und auch Rohstoff- und Energieeffizienz zu erkennen, verschiedene Universitäten und Hochschulen haben sogar ihr gesamtes Hochschulprofil auf diese Bereiche ausgerichtet, etwa in Lüneburg oder Cottbus.²⁸² Neben klassischen Grundstudiengängen im Ingenieurwesen bestehen mittlerweile auch speziell ausgerichtete Angebote wie etwa die Bachelor-Studiengänge „Nachhaltige Ingenieurwissenschaften“ an der

²⁸¹ Verordnung über die Prüfung zum anerkannten Abschluss Geprüfter Industriemeister/Geprüfte Industriemeisterin - Fachrichtung Mechatronik vom 19. Oktober 2005 (BGBl. I S. 3037), zuletzt geändert durch Artikel 52 der Verordnung vom 9. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2153).

²⁸² Saleh/ et al. (2022).

Universität Hannover²⁸³ oder „Sustainable Production“ an der TU Braunschweig²⁸⁴. Bereits im Grundstudium sind dabei in der Regel verschiedene Kurse zu naturwissenschaftlichen Grundlagen, Elektrotechnik, Werkstoffkunde, Mathematik und Mess- und Regelungstechnik verpflichtend im Curriculum verankert. Im Masterstudium können sich die Studierenden fachlich in einer Vertiefungsrichtung spezialisieren. Zahlreiche Hochschulen und Universitäten bieten interdisziplinäre Masterstudiengänge an.

3.4.4 Berufe in der Automatisierung (2612)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Automatisierung** zählen zu den Mechatronik-, Energie- und Elektroberufen. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation und typischen beruflichen Tätigkeiten sind sie in der Industrie bei der Planung und Entwicklung sowie der Wartung und Instandhaltung von (automatisierten) Industrieanlagen und -systemen tätig. Somit kommen die Beschäftigten dieser Berufsuntergruppe vor allem bei der Konzeption, Einrichtung und Wartung von rechnergestützten Fertigungsstraßen in verschiedenen Industriebranchen zum Einsatz, weitere Einsatzgebiete liegen jedoch auch in den Sektoren Verkehr (z.B. in der Verkehrsleittechnik) oder Gebäude (z.B. in der Gebäudetechnik).²⁸⁵ Im Rahmen dieses Steckbriefs liegt der Fokus jedoch auf dem Sektor Industrie und dabei speziell auf der Chemieindustrie.

Das Aufgabenspektrum reicht dabei von der Auslegung und Dimensionierung von Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik über die Installation der entsprechenden Komponenten bis hin zur laufenden Diagnose, Überwachung und Wartung der automatisierten Anlagen und Systeme. Gerade mit Blick auf die steigende Bedeutung digitalisierter und automatisierter Produktionsprozesse für die Energieeffizienz in der Chemieindustrie wie auch der energieintensiven Industrie insgesamt spielen die Beschäftigten in der Automatisierungstechnik eine zunehmend wichtige Rolle.

Je nach Qualifikationsgrad können die Erwerbstätigen in der Industrie unterschiedliche Aufgaben und Tätigkeiten übernehmen.

Produktionsplanung und -entwicklung

Die Planung und Überwachung von automatisierten Produktionsanlagen und -systemen erfordert grundsätzlich ein hohes Maß an Kenntnissen und Kompetenzen und umfasst etwa die Entwicklung, Erprobung und Implementierung neuer Automatisierungssysteme oder die spezifische Auslegung und Dimensionierung einzelner Bauteile der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (z.B. Regler, Leitungen und Messfühler).²⁸⁶ Aufgrund der hohen Kompetenzanforderungen kommen häufig **Ingenieur/-innen im Bereich Automatisierungstechnik** zum Einsatz. Dabei können sie etwa von Beschäftigten unterstützt werden, die sich zur/zum **Techniker/-in in der Elektro- bzw. Automatisierungstechnik** beruflich fortgebildet haben.²⁸⁷

²⁸³ Universität Hannover, Link: <https://www.maschinenbau.uni-hannover.de/de/studium/studienangebot-der-fakultaet/bachelorstudiengaenge/nachhaltige-ingenieurwissenschaft-b-sc> (online, abgerufen am 12.04.2023).

²⁸⁴ TU Braunschweig, Link: <https://www.tu-braunschweig.de/fmb/studium/bachelor/sustainable-engineering-of-products-and-processes/sustainable-production> (online, abgerufen am 12.04.2023).

²⁸⁵ BA (2021a).

²⁸⁶ Vgl. BA (2021a).

²⁸⁷ Ebd.

Mit Blick auf die Planung und Entwicklung von automatisierten Produktionsanlagen und -systemen umfassen typische Tätigkeiten und Kompetenzen:

- Erprobung, Einführung und kontinuierliche Optimierung von Automatisierungstechnik, u.a. zur Verbesserung der Leistungsüberwachung und Prozessfehlerbehebung
 - z.B. für die vorausschauende Wartung unter Nutzung von Big Data und fortschrittlicher Analytik
- Auslegung und Dimensionierung von versch. Bauteilen der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
- Enge Zusammenarbeit und Abstimmung mit anderen betriebstechnischen Managern (z.B. Abstimmung über Ziele und Anforderungen von Automatisierungstechnik)
- ggf. Kenntnisse in der Einrichtung, Zertifizierung und Überwachung prozessintegrierter Energie- und Umweltmanagementsystemen sowie im Energie-Contracting
- Entwicklung von Betriebsplänen und Standard Operating Procedures (SOPs) für Anlagen und Systeme
- Organisation der Arbeitsabläufe in der Installation, Wartung und Instandhaltung
 - Kenntnisse im Bereich Predictive Maintenance
 - Einweisung und Anleitung anderer Techniker/-innen
 - ggf. Koordinierung von Technikern aus der Ferne durch Nutzung von Virtual/Augmented-Reality-Technologien
- ggf. Forschung auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik

Betrieb, Wartung und Instandhaltung

Im Produktionsbetrieb sind v.a. beruflich ausgebildete **Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik** tätig. Alternativ kommen bspw. auch Elektroniker/-innen für Betriebstechnik oder Industrietechnolog/-innen für den Einsatz in entsprechenden Produktionsanlagen infrage (vgl. SOLL-IST-Abgleich).

- Montage bzw. Installation von automatisierten Anlagen und Systemen nach technischen Vorgaben
- Wartung und Reparatur von automatisierten Anlagen und Systemen
 - laufende Auswertung von Geräte- und Systemdaten in Echtzeit
 - Durchführen regelmäßiger Inspektionen
 - Durchführen von Systemtests zur Beurteilung von Leistung und Funktionalität
 - Wartung von Anlagenkomponenten auf Basis computergenerierter Anweisungen, z.B. mit Hilfe von virtuell eingeblendeten Informationen
 - ggf. Kenntnisse im Bereich Predictive Maintenance und Wearable Technologies (z.B. Datenbrillen)
- Sicherstellung der Einhaltung von Richtlinien und Vorgaben für die Energieeffizienz, z.B. auf Basis eines Energiemanagementsystems
 - ggf. routinemäßige Stichprobenprüfungen in den einzelnen Fertigungsschritten zur Qualitätssicherung und Einhaltung von Energieeffizienzbestimmungen
- ggf. Einweisung und Anleitung anderer Techniker/-innen

Infobox: Digitale Schnittstellen

In den energieintensiven Industrien kann bereits seit längerer Zeit eine starke Digitalisierung beobachtet werden, stellvertretend steht hier etwa die Chemieindustrie.²⁸⁸ Es wird zudem davon ausgegangen, dass sich diese Entwicklung in der Zukunft weiter verstärken wird, vor allem die Nutzung von digitaler Vernetzung und Automatisierung wird demnach weiter zunehmen, z.B. auf Basis von Messdaten intelligenter Sensorik, Big Data oder künstlicher Intelligenz (KI).²⁸⁹ Solchen digitalen Technologien wird gerade auch mit Blick auf die Erhöhung der Energieeffizienz und zur Dekarbonisierung eine stark wachsende Bedeutung zukommen.

Für die Beschäftigten in den industriellen Elektroberufen gehen damit – je nach Tätigkeitsbereich und Qualifikationsniveau – vertiefte Kompetenzanforderungen in den zugrundeliegenden digitalen Technologien, insbesondere in den Bereichen Programmierung, IT-Sicherheit und digitale Vernetzung einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z.B. im Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Planungs- und Steuerungsmodelle und -software (z.B. digitaler Zwilling)
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (z.B. Sensorik, Predictive Maintenance)
- Kenntnisse von Big Data und Advanced Analytics (mathematische Korrelationen, Vorhersage und Modellierung)
- Kenntnisse automatisiert gesteuerter Wartungs- und Instandhaltungsprozesse auf Basis von IoT und KI
- ggf. Kenntnisse im Umgang mit Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR)

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik

Die Ausbildungsordnung zur/zum Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik sowie der zugehörige berufsschulische Rahmenlehrplan wurden im Jahr 2018 teilnovelliert. Im Rahmen der entsprechenden Neufassung der Ausbildungsverordnung wurden wesentliche Neuerungen mit Blick auf die zunehmende Digitalisierung der industriellen Produktionsbetriebe aufgenommen. So umfassen die Ausbildungsordnungen aller industriellen Metall- und Elektroberufe nun eine zusätzliche, integrative Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“. Zudem wurden die betrieblichen Lerninhalte punktuell an die Herausforderungen einer digitalisierten und zunehmend automatisierten Produktion und Fertigung angepasst.

²⁸⁸ Gehrke und Weilage (2018).

²⁸⁹ HRForecast (2020).

Der Kern der Neufassung der Ausbildungsordnung liegt jedoch in der Aufnahme von drei kodifizierten Zusatzqualifikationen (kZQ) in den Bereichen Programmierung, IT-Sicherheit und digitale Vernetzung. Die kZQ umfassen dabei insbesondere folgende Inhalte:

- Digitale Vernetzung:
 - Analysieren von technischen Aufträgen und Entwickeln von Lösungen
 - Errichten, Ändern und Prüfen von vernetzten Systemen
 - Betreiben von vernetzten Systemen
- Programmierung:
 - Analysieren von technischen Aufträgen und Entwickeln von Lösungen
 - Anpassen von Softwaremodulen
 - Testen von Softwaremodulen im System
- IT-Sicherheit:
 - Entwickeln, Umsetzung und Überwachung von Sicherheitsmaßnahmen

Damit wurden wesentliche Anforderungen an Beschäftigte im Bereich Automatisierungstechnik in die Ausbildung aufgenommen. Mit der Aufteilung in drei verschiedene kZQ folgen die Ausbildungsinhalte auch dem verstärkten Bedarf an differenzierten digitalen Fähigkeiten und Kompetenzen, insbesondere auch unter Elektroniker/-innen.²⁹⁰ Denn der Wandel in den Ausbildungsbetrieben hängt maßgeblich auch von der Geschwindigkeit und Richtung digitaler Veränderungsprozesse ab. Hier spielen gerade die verschiedenen Entwicklungsstadien neuer Technologien eine wichtige Rolle. Aus Sicht des BIBB eröffnen die neugeschaffenen Zusatzqualifikationen den Betrieben und Auszubildenden einen gesteigerten Spielraum, um auf diese Entwicklung zu reagieren. Zudem kommt den kZQ eine Brückenfunktion auf dem Weg zu weitgehenderen Anpassungen der Ausbildungsordnung zu.²⁹¹

Gleichzeitig zeigen erste Ergebnisse zur Inanspruchnahme der kZQ jedoch, dass diese bislang nur eingeschränkt dazu beitragen, die Vermittlung von neuen Fähigkeiten und Kompetenzen in der Breite voranzutreiben. Zwar nahm die Zahl der bundesweit abgelegten Prüfungen zu den kZQ berufsübergreifend in den vergangenen Jahren stetig zu. Dennoch wurden im Ausbildungsjahr 2020/21 von den IHKs bundesweit nur 104 Prüfungen der für Elektroniker/-innen relevanten kZQ in allen elf Metall- und Elektroberufen erfasst. Die kZQ „Programmierung“ wurde dabei mit 63 Prüfungen am häufigsten abgelegt.²⁹²

Von den Ausbildungsbetrieben, die zumindest grobe Eckpunkte der modernisierten Ausbildungsordnungen in diesen Berufen kannten, gaben immerhin jeweils rund die Hälfte an, die neuen kZQ in den Bereichen Programmierung (52,7%), IT-Sicherheit (50,7%) oder digitale Vernetzung (45,0%) allen oder einzelnen Auszubildenden anzubieten.²⁹³ In einer weiteren, nicht-repräsentativen Befragung von Ausbildungsbetriebe speziell für den Ausbildungsberuf Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik gaben 2020 nur knapp 10 Prozent an, für das Jahr 2021 ihre Auszubildenden in einer kZQ ausbilden zu wollen. Rund 19 Prozent hatten dies seit der Einführung im Jahr 2018 bereits getan.²⁹⁴

²⁹⁰ Kaufmann et al. (2021).

²⁹¹ Ebd.

²⁹² EVA M+E-Studie (2022).

²⁹³ EVA M+E-Studie (2022).

²⁹⁴ Kaufmann et al. (2021).

Zwar werden die kZQ in der Ausbildungspraxis überwiegend als inhaltlich relevant eingestuft, an einer entsprechenden Prüfung durch die Kammern besteht demnach in vielen Betrieben hingegen nur geringes Interesse. Die Vermittlung der entsprechenden Fähigkeiten und Kompetenzen könnte in den Betrieben jedoch auch ohne Ausrichtung auf die Vorgaben der Ausbildungsordnung und damit nicht auf der Basis einheitlicher Standards durchgeführt werden. So zeigt eine nicht-repräsentative Ausbildungsbetriebsbefragung des BIBB, dass in den Betrieben auch außerhalb des Formats der kZQ entsprechende Inhalte vermittelt werden. Dies trifft insbesondere auf Fähigkeiten und Kompetenzen im Bereich der digitalen Vernetzung und der Erlernung von Programmiersprachen zu.²⁹⁵

Insofern gilt es kontinuierlich zu überprüfen, wie das Angebot an kZQ von den Auszubildenden und Betrieben in den kommenden Jahren angenommen wird und inwieweit weiterführender Anpassungsbedarf mit Blick auf die Ausbildungsordnung entsteht. Laut den Autor/-innen der jüngsten Evaluation der modernisierten Metall- und Elektroberufe könnte die Schaffung eines sog. binnenflexiblen Ausbildungsberufes unter dem Leitbild der Industriemechatronik die berufliche Handlungsfähigkeit und die Vereinheitlichung von beruflichen Kompetenzstandards bewirken. Eine solche Weiterentwicklung der der Metall- und Elektroberufe könnte dabei aufbauend auf gemeinsamen Kernqualifikationen berufliche Schwerpunkte in den Bereichen Instandhaltung, Produktion, Fertigung und Konstruktion setzen und damit der zunehmenden Prozessorientierung einer digitalisierten Produktion Rechnung tragen.²⁹⁶

Berufliche Fortbildung

Nach Abschluss einer einschlägigen Berufsausbildung, z.B. als Elektroniker/-in in der Automatisierungs- oder Betriebstechnik, sowie einer mehrjährigen Berufserfahrung besteht die Möglichkeit einer beruflichen Aufstiegsfortbildung zum/zur Industriemeister/-in in der Fachrichtung Elektrotechnik. Alternativ kann auch eine Fortbildung zum/zur staatlich geprüften Techniker/-in in der Fachrichtung Elektrotechnik mit einem Schwerpunkt auf Automatisierungstechnik oder zum/zur staatlich geprüften Prozessmanager/-in Elektrotechnik gewählt werden.

Die Meisterprüfungen sind dabei bundesweit einheitlich geregelt. Die entsprechende Industriemeisterverordnung besteht seit 2004, wurde seitdem jedoch mehrfach in geringerem Maß angepasst, zuletzt im Jahr 2019.²⁹⁷ Die Meisterprüfung umfasst neben Handlungsbereichen wie der Organisation, Führung und Kommunikation auch spezifische Inhalte im technischen Bereich sowie im Umweltschutz. Im Handlungsbereich „Technik“ bestehen dabei zwei Qualifikationsschwerpunkte in den Bereichen Infrastruktursysteme und Betriebstechnik sowie Automatisierungs- und Informationstechnik. Letzterer umfasst dabei etwa das Projektieren, Erweitern und Instandhalten von automatisierten Anlagen und Informationssystemen, u.a. auch im laufenden Produktionsbetrieb. Hinzu kommen spezifische Kompetenzen mit Blick auf Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik, verschiedene Komponenten der Sensorik und Aktorik und die Durchführung von Funktions- und Sicherheitsprüfungen.

Akademische Ausbildung

²⁹⁵ Ebd.

²⁹⁶ Ebd.

²⁹⁷ Verordnung über die Prüfung zum anerkannten Abschluss Geprüfter Industriemeister/Geprüfte Industriemeisterin - Fachrichtung Elektrotechnik vom 30. November 2004 (BGBl. I S. 3133), zuletzt geändert durch Artikel 29 der Verordnung vom 9. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2153).

Für die Arbeit in der Automatisierungstechnik bestehen zum einen spezifische Ingenieursstudiengänge. Diese sind sowohl als ausbildungsintegrierende wie auch als praxisintegrierende Studiengänge möglich. Ein Studium der Automatisierungstechnik kann so bspw. mit einer beruflichen Ausbildung als Mechatroniker/-in (vgl. Abschnitt 3.4.3) verbunden werden. Entsprechende Angebote bestehen insbesondere an einer Vielzahl von (Fach-)Hochschulen. Hinzu kommen jedoch auch klassische Ingenieurstudiengängen, ggf. mit einem entsprechenden Schwerpunkt in der Automatisierungstechnik, z.B. im Maschinen- und Anlagenbau. Diese werden hingegen häufig an Universitäten angeboten. So bietet etwa die RWTH Aachen am *Institute for Automation of Complex Power Systems* verschiedene Lehrveranstaltungen an, u.a. *Automation of Complex Power Systems* oder *Advanced Monitoring für Power Systems*.²⁹⁸

Zentrale Inhalte der verschiedenen einschlägigen Studiengänge sind vor allem Elektrotechnik, elektrische Antriebstechnik, industrielle Kommunikationstechnik und Prozessmess-, -steuerungs- und -regelungstechnik. Aber auch Kenntnisse der regenerativen Energien können Teil des Studiums sein. Laut Branchenexpert/-innen bedarf es in den Ingenieursstudiengängen jedoch zum Teil einer stärkeren Fokussierung auf neue technologische Möglichkeiten und industrierelevante Problemstellungen, etwa mit Blick auf die Dekarbonisierung und die Verbesserung der Energieeffizienz. Gleichzeitig sollte jedoch sichergestellt werden, dass die Flexibilität und Breite der Curricula aufrechterhalten wird.

Übergreifend ist in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung ein zunehmender Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit, Klimaneutralität und auch Rohstoff- und Energieeffizienz zu erkennen, verschiedene Universitäten und Hochschulen haben sogar ihr gesamtes Hochschulprofil auf diese Bereiche ausgerichtet, etwa in Lüneburg oder Cottbus.²⁹⁹ Neben klassischen Grundstudiengängen im Ingenieurwesen bestehen mittlerweile auch speziell ausgerichtete Angebote wie etwa die Bachelor-Studiengänge „Nachhaltige Ingenieurwissenschaften“ an der Universität Hannover³⁰⁰ oder „Sustainable Production“ an der TU Braunschweig³⁰¹. Bereits im Grundstudium sind dabei in der Regel verschiedene Kurse zu naturwissenschaftlichen Grundlagen, Elektrotechnik, Werkstoffkunde, Mathematik und Mess- und Regelungstechnik verpflichtend im Curriculum verankert. Im Masterstudium können sich die Studierenden fachlich in einer Vertiefungsrichtung spezialisieren. Zahlreiche Hochschulen und Universitäten bieten interdisziplinäre Masterstudiengänge an.

3.4.5 Berufe in der Chemie- und Pharmatechnik (4131)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Chemie- und Pharmatechnik** zählen zu den chemischen Berufen und kommen aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation und typischen beruflichen Tätigkeit bei der energieeffizienten Herstellung chemischen (Grundstoff-)Produkten wie etwa Kunststoffen, Ammoniak oder Kosmetika zum Einsatz. Aufgrund der hohen Heterogenität der Chemiebranche besteht ein breites Aufgabenspektrum, im Kontext der Energieeffizienz arbeiten

²⁹⁸ Vgl. RWTH Aachen, Link: <https://www.acs.eonerc.rwth-aachen.de/cms/~dlkd/E-ON-ERC-ACS/> (online, abgerufen am 12.04.2023)

²⁹⁹ Saleh et al. (2022).

³⁰⁰ bspw. Universität Hannover, Link: <https://www.maschinenbau.uni-hannover.de/de/studium/studienangebot-der-fakultaet/bachelorstudiengaenge/nachhaltige-ingenieurwissenschaft-b-sc> (online, abgerufen am 12.04.2023).

³⁰¹ bspw. TU Braunschweig, Link: <https://www.tu-braunschweig.de/fmb/studium/bachelor/sustainable-engineering-of-products-and-processes/sustainable-production> (online, abgerufen am 12.04.2023).

die Beschäftigten etwa an der Optimierung chemischer Reaktions- und Prozessabläufe und der Bedienung und Überwachung von Maschinen und Anlagen in chemischen Produktionsprozessen.³⁰²

Um die Klimaschutz- und Energieeffizienzziele in der Chemieindustrie zu erreichen, werden sich die Produktionsprozesse in Zukunft stark verändern müssen. Hierbei spielt zum einen der Einsatz neuer Technologien zur elektrifizierten Wärme- und Dampferzeugung, der Einsatz von Wasserstoff sowie das chemische Recycling eine Schlüsselrolle. Zum anderen kann eine steigende Bedeutung digitalisierter und automatisierter Produktionsprozesse sowie von Energie- und Umweltmanagementsystemen in der Chemieindustrie beobachtet werden.

Je nach Qualifikationsgrad übernehmen die Erwerbstätigen in der Chemie- und Pharmatechnik unterschiedliche Aufgaben und Tätigkeiten.

Produktionsplanung und -überwachung

Die Planung und Überwachung von chemietechnischen Produktionsprozessen erfordern ein hohes Maß an Kenntnissen und Kompetenzen und umfassen insbesondere die technische (Weiter-)Entwicklung, Überwachung und Steuerung von komplexen Mess- und Produktionsverfahren. Laut Branchenexpert/-innen breite Kenntnisse im Bereich Verfahrenstechnik oder der technischen Produktionsplanung mitbringen. Aufgrund der hohen Kompetenzanforderungen kommen typischerweise **Ingenieur/-innen im Bereich Chemietechnik** (ggf. auch Chemiker/-innen) zum Einsatz. Dabei werden sie häufig von beruflich fortgebildeten **Chemietechniker/-innen** unterstützt.

Mit Blick auf die Planung und Überwachung von veränderten chemietechnischen Produktionsprozessen umfassen typische Tätigkeiten und Kompetenzen in Zukunft:

- Umfassende Kenntnisse in versch. Bereichen der Verfahrenstechnik, z.B.:
 - Materialwissenschaften
 - Werkstofftechnik
 - Energie- und Umwelttechnik
 - Wasserstoffeinsatz, -transport und -speicherung
 - Chemietechnik
 - Elektro- und Batterietechnik
 - Steuerungstechnik und -elektronik
- Planung, Koordinierung und Überwachung von Produktionsprozessen auf Basis (neuer) chemischer Produktions-/Betriebstechnik:
 - Durchführung technischer Berechnungen und Projektierungsarbeiten, z.B. mit CAD-Systemen oder Prozesssimulationen
 - Erstellung von Konstruktionszeichnungen von Bauteilen, Baugruppen sowie Anlagenteilen (2-D/3-D)
 - Anfertigung von Montage-, Installations- und Fertigungsanleitungen
 - Sicherstellung einer optimalen, energieeffizienten Auslastung der Produktionsanlagen, ggf. mit Blick auf Energiemanagementanforderungen
 - Qualitätssicherung mit Blick auf Prozessstandards und Produktionsergebnisse
 - Durchführung bzw. Veranlassung von Fehler- und Mängelbehebung im Produktionsprozess
- Anleitung von fachlichem Personal bei der Bedienung der Produktionsanlagen

³⁰² Vgl. BA (2021a).

- Kenntnisse in Fragen der Wärmerückgewinnung
- Kenntnisse im Umgang mit Wasserstoff
 - Kenntnisse sicherheits- und verfahrenstechnischer Vorschriften im Betrieb (wasserstoffbasierter) Chemieanlagen
 - Überwachung von wasserstoffführenden Anlagen
- Kenntnisse in der Einrichtung, Zertifizierung und Überwachung prozessintegrierter Energie- und Umweltmanagementsystemen sowie im Energie-Contracting
- (Weiter-)Entwicklung neuer messtechnischer und produktionstechnischer Verfahren, z. B. im Bereich Nanotechnologie
- (Weiter-)Entwicklung neuer Geräte und Maschinen für die chemische (Grundstoff-)Produktion
- ggf. Durchführung entsprechender Forschungsstudien zur Entwicklung von chemischen Prozessen
- Festlegung, Überprüfung und Sicherstellung von Kontrollstandards und Sicherheitsverfahren in allen Stadien chemischer Produktionsabläufe, z.B. im Kontext von Wasserstoff (Explosionsschutz)
- Erstellung von Schätzungen der Produktionskosten und von Produktionsfortschrittsberichten, insbes. mit Blick auf Energieeffizienz und CO₂-Emissionen

Laufender Produktionsbetrieb und Instandhaltung:

Die Bedienung und Steuerung der chemietechnischen Anlagen erfordert fundierte berufsfachliche Kenntnisse und Kompetenzen. In der Chemietechnik kommen daher v.a. Fachkräfte mit einer beruflichen Ausbildung zum Einsatz, insbesondere **Chemikant/-innen** und ggf. **Pharmakant/-innen** sowie **Produktionsfachkräfte in der Chemie**. Je nach spezifischem Produktionsprozess bedienen, kontrollieren und warten sie maschinengesteuerte chemische Produktionsprozesse.

Mit Blick auf den Betrieb von chemietechnischen Anlagen umfassen typische Tätigkeiten und Kompetenzen:

- Möglichst breite Kenntnisse im sachgerechten Umgang mit Chemikalien und Gefahrstoffen, z.B. Wasserstoff
- Mischung und Zubereitung von chemischen Rezepturen, z. B. für Düngemittel, Mineralölprodukte oder Farben
- Laboruntersuchungen von chemischen Proben und digitale Auswertung der erhobenen Daten
- Einstellung und Bedienung von verfahrenstechnischen Maschinen und Anlagen für chemische bzw. pharmazeutische Produktionsprozesse
- Durchführung von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an den Produktionsanlagen, ggf. auf Basis von prädiktiver Wartung durch KI (Predictive Maintenance) und unter Mithilfe von Robotern
- Datenerfassung und -verarbeitung von digital vernetzten, automatisierten Maschinen und Produktionsanlagen
- Sicherstellung der Einhaltung von Richtlinien und Vorgaben für die Energieeffizienz, z.B. auf Basis eines Energiemanagementsystems
 - ggf. routinemäßige Stichprobenprüfungen in den einzelnen Fertigungsschritten zur Qualitätssicherung und Einhaltung von Energieeffizienzbestimmungen
- Überwachung und Analyse von Produktionsabläufen und Messergebnisse, insb. Mit Blick auf Energieeffizienz

Infobox: Digitale Schnittstellen

In der Chemieindustrie ist bereits in der Vergangenheit eine starke Digitalisierung zu beobachten gewesen.³⁰³ Es wird davon ausgegangen, dass sich diese Entwicklung in der Zukunft weiter verstärken wird. Vor allem die Nutzung von digitaler Vernetzung und Automatisierung wird demnach weiter zunehmen, etwa auf Basis von Messdaten intelligenter Sensorik, Big Data oder künstlicher Intelligenz (KI).³⁰⁴ Solchen digitalen Technologien wird gerade auch mit Blick auf die Erhöhung der Energieeffizienz und zur Dekarbonisierung eine stark wachsende Bedeutung zukommen. Für die Beschäftigten in der technischen Produktionsplanung und -überwachung gehen damit vertiefte Kompetenzanforderungen in den zugrundeliegenden digitalen Technologien einher, während die betroffenen Fachkräfte in der Produktion, wie etwa Chemikant/-innen, voraussichtlich eher mit neuen Anforderungen an die Bedienung und Auswertung der entsprechenden Produktionsanlagen konfrontiert sein werden.

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich und Qualifikationsniveau – demnach veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z.B. im Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse in der additiven Fertigung
- Kenntnisse digitaler Planungs- und Steuerungsmodelle und -software (z.B. digitaler Zwilling)
- Kenntnisse in der Planung und Nutzung digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (z.B. Sensorik, Condition Monitoring³⁰⁵)
- Kenntnisse autonom gesteuerter Produktionsprozesse auf Basis von IoT und KI
- ggf. Kenntnisse im Umgang mit Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR)

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Chemikant/-in

Die Ausbildungsordnung zur/zum Chemikant/-in sowie der zugehörige berufsschulische Rahmenlehrplan stammen aus dem Jahr 2009.³⁰⁶ Zum 1. August 2018 wurde die Ausbildungsordnung im Rahmen eines sog. agilen Ordnungsverfahrens überarbeitet und eine bundeseinheitliche Wahlqualifikation „Digitalisierung und vernetzte Produktion“ aufgenommen. Abseits der neu eingeführten Wahlqualifikation blieb die Ausbildungsordnung unverändert. Hintergrund der Anpassung war die zunehmende Vernetzung von IT-Systemen und Produktionsanlagen, der Einsatz mobiler Endgeräte und intelligenter Software sowie die Nutzung umfangreicher Datenanalysen und Simulationen, u.a. auf Basis von KI. Inhaltlich umfasst die Wahlqualifikation folgende Inhalte:

- Selbstorganisierte Arbeit in der digitalen vernetzten Produktion
- Einsatz digitaler Kommunikationsmittel; Mitwirkung in virtuellen Teams
- Digitale Datenerfassung, -prüfung, -auswertung und -sicherung

³⁰³ Gehrke und Weilage (2018).

³⁰⁴ HRForecast (2020).

³⁰⁵ Darunter wird die kontinuierliche Erfassung des Zustandes einer Maschine, Anlage oder eines Prozesses verstanden.

³⁰⁶ Verordnung über die Berufsausbildung zum Chemikanten/zur Chemikantin vom 10.06.2009 (BGBl. I S. 1360).

- Fehlererkennung und -beseitigung beim Datenaustausch zwischen digitalen Systemen
- Datenanalysen oder Simulationen für die Optimierung von Produktionsprozessen und prädiktive Wartung von Produktionsanlagen
- Einsatz von Software-Applikationen mit mobilen und stationären Arbeitsmitteln
- Eigenständige Nutzung digitaler Lernmedien im betrieblichen Alltag
- Rechtliche und betriebliche Sicherheitsvorgaben für digitale Daten im Produktionsprozess

Laut Angaben des Bundesarbeitgeberverbands Chemie e.V. (BAVC) nutzen rund 600 Auszubildende pro Einstelljahrgang die digitale Wahlqualifikation (Stand: Oktober 2022).³⁰⁷ Somit scheint die Wahlqualifikation von einigen Betrieben und Auszubildenden bereits in Anspruch genommen zu werden. Bei insgesamt mehr als 2.200 neu abgeschlossenen Ausbildungsverträgen im Jahr 2022 bleibt jedoch die Frage offen, inwieweit alle Auszubildenden nach Abschluss ihrer beruflichen Grundausbildung über die notwendigen digitalen Kompetenzen verfügen, um zukünftig in einer vernetzten und automatisierten Chemieindustrie eingesetzt werden zu können.

Produktionsfachkraft Chemie

Neben der Chemikant/-in besteht seit 2005 mit der Produktionsfachkraft Chemie eine weitere, zweijährige Ausbildungsmöglichkeit im Bereich Chemietechnik.³⁰⁸ Wesentlicher Unterschied zur/zum Chemikant/-in besteht in der kürzeren Ausbildungszeit. Inhaltlich orientieren sich die Ausbildungsinhalte an den ersten zwei Ausbildungsjahren der Berufsausbildung Chemikant/-in. Der Schwerpunkt der Ausbildung liegt vor allem auf der Bedienung chemietechnischer Produktionsanlagen sowie der Unterstützung bei Wartung und Instandhaltung.

Eine mögliche Überarbeitung der Ausbildungsordnungen in den Ausbildungsberufen Chemikant/-in und Produktionsfachkraft Chemie sollte stets an den spezifischen Anforderungen an die jeweiligen Berufsbilder orientiert werden. Mittel- bis langfristig ist das Fortschreiten der technologischen Entwicklung gerade aufgrund der starken Heterogenität in der Chemieindustrie jedoch weiterhin nur schwer abzusehen. Es bedarf daher einer kontinuierlichen Überprüfung der konkreten berufsfachlichen Anforderungen an die Beschäftigten in der Chemietechnik, um die Ausbildungsinhalte ggf. entsprechend anpassen zu können.

Berufliche Fortbildung

Trotz der in der Chemieindustrie bevorstehenden grundlegenden Transformationsprozesse sind die Beschäftigten aus Sicht von Branchenexpert/-innen aufgrund ihrer beruflichen wie akademischen Grundausbildung grundsätzlich in ausreichendem Maße auf die veränderten Anforderungen vorbereitet. Dennoch besteht auch in den Berufen der Chemietechnik grundsätzlich ein hoher Fort- und Weiterbildungsbedarf bei den Beschäftigten. Nach Abschluss einer einschlägigen Berufsausbildung (z.B. als Chemikant/-in) sowie einer mehrjährigen Berufserfahrung besteht die Möglichkeit einer beruflichen Aufstiegsfortbildung zum/zur Industriemeister/-in im Bereich Chemie, alternativ kann auch eine Fortbildung zum/zur staatlich geprüften Techniker/-in in der Fachrichtung Chemietechnik gewählt werden.

Die Meisterprüfungen sind dabei bundesweit einheitlich geregelt. Die entsprechende Industriemeisterverordnung besteht seit 2004, wurde seitdem jedoch mehrfach überarbeitet, zuletzt im Jahr 2019.³⁰⁹ Die Meisterprüfung

³⁰⁷ Vgl. Bundesarbeitgeberverbands Chemie e.V. (BAVC), Link: <https://www.elementare-vielfalt.de/unternehmen/digitalisierung/chemikant.html> (online, abgerufen 30.04.2023).

³⁰⁸ Verordnung über die Berufsausbildung zur Produktionsfachkraft Chemie vom 23.03.2005 (BGBl. I S. 906).

³⁰⁹ Verordnung über die Prüfung zum anerkannten Abschluss Geprüfter Industriemeister/Geprüfte Industriemeisterin - Fachrichtung Chemie vom 15.09.2004 (BGBl. I S. 2337), zuletzt geändert durch Artikel 28 der Verordnung vom 9. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2153).

umfasst neben Handlungsbereichen wie der Organisation, Führung und Kommunikation auch spezifische Inhalte der chemischen Produktion, insbesondere der Verfahrens- und Anlagentechnik, der chemischen Prozesse und Verfahren sowie der Prozessleittechnik. Hierbei wird u.a. ein Fokus auf das „Einleiten von Maßnahmen zur rationellen Nutzung von Energie und Ressourcen“ gelegt.

Die Meisterprüfung umfasst darüber hinaus im Handlungsbereich „Spezialisierungsgebiete“ auch eine Prüfung in einem zu wählenden Qualifikationsschwerpunkt. Im Schwerpunkt „Automatisierungs- und Prozessleittechnik“ sollen dabei etwa Fähigkeiten im Einsatz und der Optimierung von Prozessleitsystemen zur chemischen Produktion geprüft werden. Hierzu zählt etwa die Auswahl und Optimierung von Steuerungs-, Regelungs- und Prozessleitsystemen sowie die Sicherstellung einer ausreichenden Schnittstellenkommunikation zwischen Verfahrenstechnik und Prozessleitsystem. Der Schwerpunkt „Technologie“ fokussiert hingegen auf die gesamte Produktionskette vom Rohstoff bis hin zum fertigen Produkt. Wesentliche Prüfungsinhalte sind dabei die Übersetzung von Labor- in Produktionsmaßstäbe (sog. Scale Up), die Entwicklung von Verfahrensverbesserungen und Problemlösungen technologischer Prozesse sowie die Bewertung der Substitutionsmöglichkeiten verschiedener Roh- und Werkstoffe.

Akademische Ausbildung

Für die Arbeit in der Chemietechnik bestehen klassische Ingenieurstudiengängen mit einem entsprechenden Schwerpunkt in der Chemie- und Verfahrenstechnik, z.B. Chemieingenieurwesen oder chemische Verfahrenstechnik. Entsprechende Angebote bestehen an vielen Universitäten und (Fach-)Hochschulen. Als eine der zentralen Disziplinen der Ingenieurwissenschaften behandeln die Studiengänge alle Aspekte der industriellen Herstellung hochwertiger chemischer Grundstoffe und Produkte durch physikalische, chemische oder biologische Prozesse. Dabei werden im Rahmen des Studiums Kenntnisse in sehr verschiedenen Bereichen vermittelt, etwa chemischer und physikalischer Chemie, Mathematik, Physik sowie Maschinenbau. In einem gemeinsamen Positionspapier fordern die wichtigsten Chemieorganisationen jedoch noch eine stärkere Einbeziehung industrierelevanter Problemstellungen in den Chemiestudiengängen, etwa mit Blick auf die zukünftigen technologischen Herausforderungen der Dekarbonisierung.³¹⁰ Auch Branchenexpert/-innen sehen hier einen wesentlichen Anpassungsbedarf.³¹¹ Gleichzeitig sollte jedoch sichergestellt werden, dass die Flexibilität und Breite der Curricula aufrechterhalten wird.

Grundsätzlich kommen jedoch auch weitere Ingenieurstudiengänge für einen Einsatz in der Chemietechnik infrage, etwa in der Energie- und Umwelttechnik oder auch der Elektrotechnik. Übergreifend ist in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung ein zunehmender Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit, Klimaneutralität und auch Rohstoff- und Energieeffizienz zu erkennen, verschiedene Universitäten und Hochschulen haben sogar ihr gesamtes Hochschulprofil auf diese Bereiche ausgerichtet, etwa in Lüneburg oder Cottbus.³¹² Neben klassischen Grundstudiengängen im Ingenieurwesen bestehen mittlerweile auch speziell ausgerichtete Angebote wie etwa die Bachelor-Studiengänge „Nachhaltige Ingenieurwissenschaften“ an der Universität Hannover³¹³ oder „Sustainable Production“ an der TU Braunschweig³¹⁴. Bereits im Grundstudium sind dabei in der Regel verschiedene Kurse zu

³¹⁰ Chemieorganisationen (2021).

³¹¹ Priesack et al. (2019).

³¹² Saleh et al. (2022).

³¹³ bspw. Universität Hannover, Link: <https://www.maschinenbau.uni-hannover.de/de/studium/studienangebot-der-fakultaet/bachelorstudiengaenge/nachhaltige-ingenieurwissenschaft-b-sc> (online, abgerufen am 12.04.2023).

³¹⁴ bspw. TU Braunschweig, Link: <https://www.tu-braunschweig.de/fmb/studium/bachelor/sustainable-engineering-of-products-and-processes/sustainable-production> (online, abgerufen am 12.04.2023).

naturwissenschaftlichen Grundlagen, Elektrotechnik, Werkstoffkunde, Mathematik und Mess- und Regelungstechnik verpflichtend im Curriculum verankert. Im Masterstudium können sich die Studierenden fachlich in einer Vertiefungsrichtung spezialisieren. Zahlreiche Hochschulen und Universitäten bieten interdisziplinäre Masterstudiengänge an.

3.4.6 Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung (4231) / Berufe in der Unternehmensorganisation und -strategie (7138)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung** sowie die **Berufe in der Unternehmensorganisation und -strategie** umfassen im Kontext des Industriesektors insbesondere betriebsinterne **Energie-, Umwelt- und Klimamanager/-innen** (im Folgenden nur Energiemanager/-innen) sowie externe Dienstleister/-innen wie **Energie-, Umwelt- und Klimauditor/-innen** (im Folgenden nur Energieauditor/-innen). Dabei handelt es sich grundsätzlich nicht um staatlich anerkannte bzw. geschützte Berufsbezeichnungen. Vielmehr können Unternehmen entsprechend qualifizierte Beschäftigte zu Energiemanager/-innen bzw. Energiebeauftragten ernennen, die sich hauptverantwortlich um die Energieverbräuche und darauf aufbauende Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz im Unternehmen kümmern. Energiemanager/-innen analysieren und bewerten die bestehenden Produktionsprozesse, entwickeln Unternehmenskonzepte zur Einsparung von Energie und Ressourcen und führen Erfolgskontrollen durch. Damit spielen sie eine Schlüsselrolle für die **kontinuierliche Optimierung der Energieeffizienz von Produktionsanlagen und -prozessen**. Damit sind ihre Tätigkeiten eng mit denen weiterer Energiedienstleistungsberufe verbunden, wie etwa Energieberater/-innen für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme oder Contractor/-innen.

Externe Dienstleister/-innen wie Energieauditor/-innen führen in der Industrie Energieaudits nach DIN EN 16247-1 durch oder implementieren und beaufsichtigen dauerhafte Energiemanagementsysteme nach DIN EN ISO 50001 oder Umweltmanagementsysteme z.B. nach ISO 14001 oder auf Basis der Europäischen Umweltmanagement-Verordnung EMAS („Eco-Management and Audit Scheme“) (vgl. Abschnitt 3.2.1). Zum Teil können diese Tätigkeiten auch von betriebsinternen Energiemanager/-innen durchgeführt werden.

Personen, die ein Energieaudit gemäß EDL-G durchführen möchten, müssen sich zuvor beim BAFA registrieren und in die Energieauditorenliste aufnehmen lassen. Hierfür bestehen gewisse Voraussetzungen wie etwa eine einschlägige hochschulische oder berufliche Ausbildung sowie eine mindestens dreijährige Berufserfahrung (vgl. SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen). Eine Registrierung als Energieauditor/-in steht sowohl Akademiker/-innen in einer einschlägigen Fachrichtung der Ingenieur- oder Naturwissenschaften als auch Personen mit einer beruflichen Fortbildung zur/zum Meister/-in oder Techniker/-in in einer einschlägigen Fachrichtung (z.B. Klimatechnik, Elektrotechnik oder Umwelttechnik) offen.³¹⁵

Ein qualifiziertes Energiemanagement erfordert eine Vielzahl an unterschiedlichen Qualifikationen und Kompetenzen. Energiemanager/-innen benötigen ein besonderes Verständnis für die unternehmensweiten Energieverbräuche und dabei insbesondere das Zusammenspiel von baulichen Anlagen, Produktionsanlagen und -maschinen, den jeweiligen Arbeitsprozessen und den spezifischen Produktanforderungen. Dabei kommt der

³¹⁵ BAFA (2020a).

Beratungskompetenz – neben fachlichen Kompetenzen – eine zentrale Rolle zu. Damit ist die Tätigkeit einer Energiemanager/-in eng mit der einer Gebäudeenergieberater/-in (vgl. Sektor Gebäude) verbunden. Aufgrund der politischen, rechtlichen und technologischen Entwicklungen im Bereich der Energieeffizienz weist der Beruf insgesamt einen hohen Anteil dynamischer Wissens Elemente auf. Für Energiemanager/-innen bestehen eine Vielzahl an spezifischen Fort- und Weiterbildungen.³¹⁶

Mit Blick auf die typischen Tätigkeiten und Kompetenzen im Energiemanagement und -auditing können unterschiedliche Kompetenzbereiche unterschieden werden:

Übergreifend

- Kenntnisnahme gesetzlicher Rahmenbedingungen und Normen, insbes. mit Blick auf Energieaudits (DIN EN 16247-1) und Energiemanagementsysteme (DIN EN ISO 50001)
- Systemisches Verständnis verschiedener Produktionsprozesse
- Umfassende Kenntnisse in der digitalen (Energie-)Datenerhebung und -auswertung
- Fachkenntnisse in verschiedenen energieverbrauchsrelevanten Gebieten, insbes.
 - Wärmerückgewinnung
 - Energietransport und -einkauf
 - Produktionsprozesse und -anlagen sowie Querschnittstechnologien, z.B. Beleuchtungssystemen, Klima- und Kälteanlagen oder elektrischen Antrieben und Pumpen
 - Gebäudekonzepte (Gebäudehülle und Gebäudetechnik), z.B. mit Blick auf energetische Standards
 - Informations- und Kommunikationstechnologien
- Energetische Beschreibung, Analyse und Bewertung des IST-Zustand des Unternehmens, z.B.
 - Darstellung des Gesamtenergieverbrauchs und der Gesamtenergiekosten des Unternehmens (Strom, Wärme, Kraftstoffe, etc.)
 - Detaillierte Beschreibung der energetischen Ausgangslage (Gewerke, Systeme, Technologien)
 - Aufschlüsselung von mind. 90% des Gesamtenergieverbrauchs auf die verantwortlichen Energieverbraucher (System, Anzahl, Leistung, Betriebsstunden, Auslastung, Energieverbrauch)
 - Grafische Darstellung von Energiebilanzen bzw. der ermittelten Energieflüsse (Sankey-, Balken-, Kuchendiagramme)
 - Textliche Analyse des energetischen IST-Zustandes des Unternehmens
 - Zusammenfassung der Erkenntnisse aus der Analyse (Schwachstellenanalyse)
- Ermittlung und Darstellung von Energieeinsparmaßnahmen, z.B.
 - Entwicklung von Kriterien für die Rangfolge von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz
 - Ausführliche Beschreibung der ermittelten Energieeinsparmaßnahmen
 - Dokumentation der angewandten Berechnungsverfahren
 - Darstellung von Informationen über anwendbare Zuschüsse und Beihilfen
 - Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse für jede Maßnahme
 - Darstellung möglicher Wechselwirkungen mit anderen vorgeschlagenen Empfehlungen
 - Durchführung von unterschiedlichen Mess- und Nachweisverfahren zur Abschätzung möglicher Einsparungen
- Durchführung der im Rahmen eines Energieaudits geltenden Nachweis- und Dokumentationspflichten

³¹⁶ Vgl. TÜV Rheinland. Link: <https://akademie.tuv.com/weiterbildungen/energieauditor-tuev-473895> (online, abgerufen am 12.04.2023).

Beratung

- Kommunikations- und Überzeugungsfähigkeit in der unternehmensinternen Beratung, z.B. anschauliche Darstellung und Präsentation fachlicher Zusammenhänge der Energieeffizienz
- Sensibilisierung von Mitarbeitenden und Vorgesetzten für Themen der Energieeffizienz
- Interne Beratungsleistungen, z.B. mit Blick auf An- und Verkauf von Energie und Rohstoffen sowie energierelevanten Produkten und Dienstleistungen
- Vermittlung förderspezifischer Details, insbes. Bundesförderung durch das BAFA
- ggf. Begleitung von Förderanträgen, z.B. beim BAFA

Infobox: Digitale Schnittstellen

Die beratende und planerische Tätigkeit erfordert von Energiemanager/-innen und -auditor/-innen ein umfassendes und stetig erweitertes Verständnis digitaler Möglichkeiten zur Optimierung der unternehmensweiten Energieverbräuche. Hierzu zählen etwa digitale (Energie-)Datenerhebung und -auswertung oder die Einführung von digitalisierten Energiemanagementsystemen. Zudem müssen sie in der Lage sein, Automatisierungs- und Digitalisierungspotenziale zu erkennen, deren Effekte auf die Energieeffizienz zu quantifizieren und sie schließlich im Rahmen eines Energiekonzeptes für spätere Maßnahmen festzuhalten.³¹⁷

Bereits heute arbeiten Energiemanager/-innen und -auditor/-innen häufig mit digitalen Planungs- und Simulationsmodelle (z.B. zur Erfassung des Ist-Zustands von Endenergieverbräuchen).³¹⁸ Dies ermöglicht Effizienzsteigerungen über den gesamten Produktions- und Fertigungsprozess hinweg. Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen auch veränderte Kompetenzanforderungen einher, welche sich nicht ausschließlich auf digitale Fachkompetenzen beschränken:

- Digitale (Grund-)Kompetenzen
- Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)
- Kenntnisse digitaler Bilanzierungs- und Simulationssoftware (z.B. zur Erfassung des energetischen Ist-Zustands des Unternehmens und zur Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen)
- Hohes Maß an Lernbereitschaft und Innovationsfähigkeit im Kontext von Digitalisierung und Automatisierung

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Grundsätzlich handelt es sich bei Energiemanager/-innen und -auditor/-innen nicht um eine geschützte Berufsbezeichnung. Vielmehr bestehen unterschiedliche Möglichkeiten, um Tätigkeiten im Energiemanagement oder Energieaudits durchführen zu können. Während die Ernennung betrieblicher Energiemanager/-innen meist auf freiwilliger Basis erfolgt, sind große Unternehmen laut Energiedienstleistungsgesetz (EDL-G) grundsätzlich

³¹⁷ Maas et al. (2018).

³¹⁸ Eine umfassende Liste von durch das BAFA förderfähiger Energiemanagementssoftware findet sich hier: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul3_Energiemanagementsysteme/ems_liste_foerderfaehige_software.html.

dazu verpflichtet, alle vier Jahre ein Energieaudit nach DIN EN 16247-1 durchzuführen. Die BAFA definiert dabei spezifische Anforderungen an die Qualifikation der durchführenden Personen, welche sich gemäß §8b EDL-G aus einer einschlägigen Ausbildung sowie einem Mindestmaß an praktischer Erfahrung und Fortbildungstätigkeiten zusammensetzt. Grundsätzlich bestehen jedoch unterschiedliche Ausbildungswege, die für eine Tätigkeit als Energieauditor/-in qualifizieren.³¹⁹

Seit der Novellierung des EDL-G im Jahr 2019 sind alle Personen, die Energieaudits in einem Unternehmen durchführen möchten, dazu verpflichtet, die nötigen Qualifikationsanforderungen nachzuweisen und sich in der sog. „Energieauditorenliste“ der BAFA zu registrieren. Durch die eingeführte Registrierungspflicht wird dabei sichergestellt, dass Qualitätsstandards in der Durchführung eines Energieaudits erfüllt werden. Energieauditor/-innen können sich zudem öffentlich listen lassen, hierzu besteht allerdings keine Verpflichtung. Für Energieauditor/-innen kann eine öffentliche Listung jedoch die Möglichkeit bieten, möglichen neuen Auftraggeber/-innen detaillierte Informationen zu Leistungen und möglichen Referenzprojekten zugänglich zu machen.³²⁰

Grundqualifikation

Als erforderliche Grundqualifikation für eine Anerkennung und Registrierung durch das BAFA gelten sowohl akademische wie auch berufliche Ausbildungswege:³²¹

- **Akademische Ausbildung:**
 - Berufsqualifizierender (Fach-)Hochschulabschluss in einer einschlägigen Fachrichtung der Ingenieur- oder Naturwissenschaften, z.B. Energietechnik, Energieerzeugung, Elektrotechnik, Verfahrenstechnik, Verbrennungstechnik, Umwelttechnik, Technische Gebäudeausrüstung, Versorgungstechnik, Bauingenieurwesen, Physik, Maschinenbau oder Elektromaschinenbau
- **Berufliche Ausbildung:**
 - Berufliche Fortbildung zur/zum Meister/-in oder staatlich geprüfte/r Techniker/-in in einer einschlägigen Fachrichtung, z.B. Heizungstechnik, Lüftungstechnik, Klimatechnik, Elektrotechnik, Kältesystemtechnik, Metalltechnik, Umwelttechnik, Bautechnik, Isoliertechnik, Maschinenbautechnik, Physiklechnik

Berufserfahrung

Eine Registrierung in der Energieauditorenliste erfordert eine mindestens dreijährige hauptberufliche Tätigkeit nach Abschluss der Ausbildung, bei der praxisbezogene Kenntnisse über die betriebliche Energieberatung erworben wurden. Als Nachweis werden dabei z.B. folgende Tätigkeiten akzeptiert:

- Energieberater/-in in Beratungsunternehmen, kommunalen Unternehmen, Kammern und Verbänden, sonstigen öffentlichen Einrichtungen, Energieversorgungsunternehmen, Hersteller- und Bauunternehmen oder in selbständiger Tätigkeit
- Planungsingenieur/-in in Planungs-, Ingenieur- und Architekturbüros
- Ingenieur/-in für Energie- und Gebäudetechnik in Unternehmen
- Techniker/-in für Energie- und Gebäudetechnik in Unternehmen
- Energiebeauftragte/r oder Energiemanager/-in in Unternehmen

³¹⁹ BAFA (2020a).

³²⁰ BAFA (2020a).

³²¹ Ebd.

- Professor/-in oder Dozent/-innen an Fachhochschulen, Universitäten oder Fachschulen für Technik im Bereich Energietechnik, Energieerzeugung, Elektrotechnik, Verfahrenstechnik, Verbrennungstechnik, Umwelttechnik, Technische Gebäudeausrüstung, Versorgungstechnik, Bauingenieurwesen, Physik, Maschinenbau oder andere Fachrichtungen mit Lehrtätigkeit in den genannten Gebieten

Unabhängigkeit

Schließlich müssen Energieaudits in unabhängiger Weise durchgeführt werden, was gemäß § 8b Absatz 2 EDL-G mit Anforderungen an die Unabhängigkeit der durchführenden Personen gekoppelt ist. Grundsätzlich gilt es, mögliche Interessenskonflikte, etwa bei der Empfehlung von Energieeinsparinvestitionen, bereits im Vorfeld zu vermeiden. Daher schreibt das BAFA für die Zulassung und Registrierung als Energieauditor/-in zum einen eine hersteller-, anbieter- und vertriebsneutrale Beratung des Unternehmens vor. Zum anderen darf die/der Energieauditor/-in keine Provisionen oder sonstigen geldwerten Vorteile von einem Unternehmen fordern oder erhalten, das mit Produkten oder Anlagen in Verbindung steht, die bei Energieeinsparinvestitionen im auditierten Unternehmen verwendet werden sollen.³²²

Dennoch bietet das EDL-G grundsätzlich auch die Möglichkeit, Energieaudits von eigenen Mitarbeitenden durchführen zu lassen. Gemäß § 8b Absatz 2 Satz 3 EDL-G darf eine solche unternehmensintern beauftragte Person jedoch nicht unmittelbar an der Tätigkeit beteiligt sein, die einem Energieaudit unterzogen werden soll. Zudem dürfen nach Auffassung des BAFA auch Energiebeauftragte oder Energiemanager/-innen innerhalb ihres eigenen Unternehmens Energieaudits durchführen.³²³

Berufliche Fortbildung

Darüber hinaus weisen Energieauditor/-innen einen stetigen Weiterbildungsbedarf auf – insbesondere aufgrund des hohen Anteils sich dynamisch verändernder Wissensinhalte. Aus diesem Grund müssen die Erwerbstätigen ihre Kenntnisse und Kompetenzen regelmäßig auf den aktuellen Stand der Technik bringen. Im Zuge der Novellierung des EDL-G im Jahr 2019 wurde daher als Voraussetzung für eine Registrierung in der „Energieauditorenliste“ auch eine Pflicht zur regelmäßigen Teilnahme an Fortbildungen verankert, welche dem BAFA regelmäßig nachzuweisen ist.³²⁴

³²² BAFA (2020a).

³²³ Ebd.

³²⁴ Ebd.

4 Sektor Verkehr

4.1 Bundespolitische Ziele

Bis 2030 sollen die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen in Deutschland auf 85 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente sinken. Dies entspricht einem Rückgang von rund 48 Prozent gegenüber dem Jahr 1990. Bis zum Jahr 2045 soll gemäß novelliertem Klimaschutzgesetz der Verkehrssektor klimaneutral sein.³²⁵ Jedoch lagen die Treibhausgasemissionen im Verkehr im Jahr 2022 mit 148 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten³²⁶ nur wenig unterhalb des Niveaus von 1990 mit 163 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten.³²⁷

Wie das BMWK und BMWSB für den Gebäudesektor, musste auch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gem. § 8 Bundes-Klimaschutzgesetz infolge einer Überschreitung der zulässigen Jahresemissionsmenge im Jahr 2021 ein Sofortprogramm zur Einhaltung der Klimaziele im Verkehrsbereich vorlegen. Die Klimasonfortmaßnahmen umfassen neben einem Auf- und Ausbau der Ladeinfrastruktur u. a. auch eine Ausbauintiative für die Radverkehrsinfrastruktur sowie eine Ausbau- und Qualitätsoffensive im ÖPNV.³²⁸

Das im März 2023 von der Koalition veröffentlichte „Modernisierungspaket für Klimaschutz und Planungsbeschleunigung“ sieht jedoch eine Streichung der Sektorziele vor. Stattdessen soll die Einhaltung der Klimaschutzziele anhand einer sektorübergreifenden Gesamtrechnung überprüft werden. Somit könnten Verfehlungen im Sektor Verkehr bspw. durch die Einsparungen im Industriesektor ausglich werden.³²⁹

Ein wichtiger Hebel, um Klimaneutralität im Verkehrssektor zu erreichen, wird in der Steigerung der Energieeffizienz gesehen. So ist das Ziel der Bundesregierung, den Endenergieverbrauch im Güter- und Personenverkehr bis 2030 um 15 bis 20 Prozent gegenüber 2005 zu senken.³³⁰ Bis 2050 soll der Endenergieverbrauch um 40 Prozent gegenüber 2005 reduziert werden.³³¹ Im Jahr 2021 betrug der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor 653 TWh. Das entspricht rund 27 Prozent des gesamten deutschen Energieverbrauchs. Trotz Effizienzfortschritten durch technische Verbesserungen der Transporttechnologien ist der Endenergieverbrauch im Verkehr durch die stetig steigende Verkehrsleistung gegenüber 1990 um lediglich rund 1 Prozent zurückgegangen.³³²

Die im Verkehrssektor eingesetzten Energieträger werden fast ausschließlich genutzt, um mechanische Energie zu erzeugen, die dann für den Antrieb von Fahrzeugen verwendet werden.³³³ Während Verbrennungsmotoren neben mechanischer Energie auch viel ungewollte Wärme produzieren, erzeugen Elektromotoren fast ausschließlich mechanische Energie. Vor diesem Hintergrund wird insbesondere in der Elektrifizierung der Antriebe großes Potenzial gesehen, um Fortschritte bei der Senkung des Energieverbrauchs zu erreichen. Gemäß Koalitionsvertrag sollen in Deutschland bis 2030 mindestens 15 Millionen Elektro-PKW zugelassen sein und eine Million Ladepunkte

³²⁵ Vgl. Bundes-Klimaschutzgesetz (2021).

³²⁶ BMWK (2022).

³²⁷ Umweltbundesamt (2016a).

³²⁸ BMDV (2022).

³²⁹ Modernisierungspaket für Klimaschutz und Planungsbeschleunigung (2023).

³³⁰ Die Bundesregierung (2021).

³³¹ Umweltbundesamt (2023).

³³² Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2022).

³³³ RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung (2022).

zur Verfügung stehen.³³⁴ Insgesamt waren bei der Bundesnetzagentur 67.228 Normalladepunkte und 13.253 Schnellladepunkte gemeldet, die am 1. Januar 2023 in Betrieb waren.³³⁵ Um den Umstieg auf die Elektromobilität zu beschleunigen, fördert die Bundesregierung neben dem Ausbau der Ladeinfrastruktur auch den Kauf von Elektroautos mit einer Kaufprämie, dem sogenannten Umweltbonus.³³⁶ Darüber hinaus fließt seit 2021 für neu zugelassene Autos neben dem Hubraum auch eine Klimakomponente in die Berechnung der Kfz-Steuer mit ein.³³⁷ Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamts sind die Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen im Jahr 2022 um 32,2 Prozent im Vergleich zum Vorjahr gestiegen.³³⁸ Neue Technologien wie Elektro-, (Oberleitungs-)Hybrid-, Biogas- oder wasserstoffbasierte Antriebe stellen auch für Busflotten und den Güter- und Schienenverkehr umweltfreundliche Alternativen zu Verbrennungsmotoren dar. Ziel der Bundesregierung ist es, dass bis 2030 die Hälfte aller Stadtbusse elektrisch fährt.³³⁹

Neben der Elektromobilität bietet auch die Verkehrsverlagerung Effizienzpotenziale für den Verkehrssektor. Um eine Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) hin zu öffentlichen, geteilten und nicht motorisierten Alternativen zu schaffen, sollen laut Koalitionsvertrag intermodale Mobilitätsplattformen gestärkt und gefördert werden. Die Verkehrsleistung im Personenverkehr auf der Schiene soll bis 2030 verdoppelt werden.³⁴⁰ Auch im Güterverkehr soll eine Verlagerung von der Straße auf die Schiene stattfinden. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes entfielen im Jahr 2021 fast 80 Prozent der Gütertransportleistung auf den Straßenverkehr. Lediglich 8 Prozent der Güter wurden auf der Schiene transportiert.³⁴¹ Um auch hier Effizienzpotenziale auszuschöpfen, soll der Anteil des Schienengüterverkehrs am Modal Split gemäß Koalitionsvertrag bis 2030 auf 25 Prozent steigen; 75 Prozent des Schienennetzes sollen bis dahin elektrifiziert sein (Stand heute: rund 60 Prozent³⁴²).³⁴³ Die Steigerung des Schienenverkehrs kann u. a. mit der Einführung des European Train Control Systems (ETCS) sowie digitaler Stellwerke (DSTW) erreicht werden. So sollen die EU-Mitgliedschaften gemäß einer EU-Verordnung bis zum Jahr 2030 alle EU-Kernnetzkorridore mit ETCS ausrüsten.³⁴⁴ Die Umsetzung in Deutschland soll im Rahmen des Programms „Digitale Schiene Deutschland“ sowie des „Masterplans Schienenverkehrs“ erfolgen.³⁴⁵

Mit dem tiefgreifenden Wandel im Verkehrssektor gehen auch Kompetenzverschiebungen bei den in der Branche Beschäftigten einher. Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) hat vor diesem Hintergrund im August 2021 die Förderrichtlinie zum „Aufbau von Weiterbildungsverbänden zur Transformation der Fahrzeugindustrie“ veröffentlicht. Ziel der Förderung ist es die „Vernetzung und Kooperation zwischen Unternehmen und weiteren Arbeitsmarkt- bzw. Weiterbildungsakteuren im Bereich der Weiterbildung für Beschäftigte der Fahrzeugindustrie und daran geknüpfte Branchen“ zu stärken.³⁴⁶

³³⁴ Vgl. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP.

³³⁵ Bundesnetzagentur (2023).

³³⁶ BAFA (2022a).

³³⁷ Vgl. Die Bundesregierung (2020).

³³⁸ KBA (2023).

³³⁹ BMDV (2022a).

³⁴⁰ Vgl. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP.

³⁴¹ Statistisches Bundesamt (2023).

³⁴² BMDV (2021).

³⁴³ Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP.

³⁴⁴ Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 über Leitlinien der Union für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzes und zur Aufhebung des Beschlusses Nr. 661/2010/EU.

³⁴⁵ BMVI (2020).

³⁴⁶ Bekanntmachung: Förderrichtlinie für das Bundesprogramm „Aufbau von Weiterbildungsverbänden zur Transformation der Fahrzeugindustrie“.

4.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Verkehrssektor

Nach Angaben des BMDV entfielen mit 2,4 Exajoule rund 27,2 Prozent des gesamten End-Energieverbrauchs in Deutschland auf den Verkehrssektor.³⁴⁷ Während davon die Verkehrsbereiche Schiene und Straße zusammen 88,6 Prozent ausmachten, entfielen 11,4 Prozent auf den Luft- und Schiffsverkehr. Vor diesem Hintergrund liegt der Fokus dieser Studie auf dem Straßen- und Schienenverkehr.

Um die Klimaziele zu erreichen, soll der notwendige Verkehrsaufwand **verringert** werden. Zudem muss die Bedeutung des MIV an der alltäglichen Mobilität gesenkt werden. Der Stadt-, Raum- und Verkehrsplanung kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Durch Maßnahmen wie einer Reduzierung von Parkflächen und Fahrspuren, einer Senkung der geltenden Höchstgeschwindigkeiten sowie der Ausweisung von Umwelt- oder autofreien Zonen kann der MIV verringert werden. Eine integrierte Siedlungsplanung kann eine funktionierende Nahversorgung schaffen und somit Wegelängen und Autoabhängigkeit verringern.

Verkehr, der sich nicht vermeiden lässt, sollte nach Möglichkeit auf klimaschonendere Verkehrsmittel **verlagert** werden („Modal Shift“). Dazu zählt insbesondere der Schienenverkehr, der Öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV), aber auch Sharing-Dienste und (Elektro-)Fahrräder. Um den ÖPNV attraktiver zu machen, sind Maßnahmen wie Ausbau, Modernisierung und eine dichtere Taktung notwendig. Ebenso wichtig ist eine bessere Vernetzung zwischen den unterschiedlichen Verkehrsmitteln sowie die Förderung multimodaler Angebote und neuer, digitaler Mobilitätskonzepte wie Sharing-Diensten. Auch die Erhöhung der Kosten für Anschaffung und Besitz eines privaten Pkw kann zusätzliche Anreize bieten sich gegen die Anschaffung eines privaten Pkw zu entscheiden und damit die Verlagerung vorantreiben. Eine Verbesserung der Fahrradinfrastruktur durch den Ausbau von Fahrradwegen, der Schaffung von Fahrradschnellwegen sowie der Errichtung von Fahrradstationen an zentralen Punkten können ebenfalls zu einer verstärkten Verlagerung vom MIV zum Fahrradverkehr führen. Und auch im Güterverkehr bietet eine Verlagerung von der Straße auf die Schiene, bspw. durch einen Ausbau des Kombinierten Verkehrs, der Förderung von Gleisanschlüssen oder einen Kapazitätsausbau im Rahmen der Einführung des ETCS und DSTW, Effizienzpotenziale. Innerhalb Deutschlands stellt die Verlagerung des Verkehrs auf klimaschonendere Verkehrsmittel eines der zentralen Instrumente zur Erhöhung der Energieeffizienz im Verkehrssektor dar. Im Rahmen dieser Studie liegt der Fokus daher auf dem Straßen- und Schienenverkehr.

Der Verkehr, der sich nicht vermeiden oder verlagern lässt, muss - um klimaneutral zu werden - auf emissionsarme bzw. emissionsfreie Antriebe **umgestellt** werden. Hierbei spielt insbesondere die Elektrifizierung eine zentrale Rolle: Elektromotoren sind, sofern die eingesetzte Energie aus erneuerbaren Quellen stammt, deutlich schadstoffärmer und gleichzeitig energieeffizienter als herkömmliche Verbrennungsmotoren. Auch bieten elektrische Antriebe die Möglichkeit Bremsenergie zurückzugewinnen (Rekuperation), was ebenfalls einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz leistet.

Neben der Elektrifizierung können auch Fahrerassistenzsysteme und (teil-)autonomes Fahren für Effizienzsteigerungen im Verkehrssektor sorgen. Assistenzsysteme und die Vernetzung von Fahrzeugen ermöglichen es den Straßen- und Schienenverkehr besser zu koordinieren, die Geschwindigkeit möglichst energieeffizient anzupassen und dadurch den Verkehrsfluss und die Gesamteffizienz des Verkehrs zu optimieren.³⁴⁸

³⁴⁷ BMDV (2022b).

³⁴⁸ Deutsche Bahn (2021); Agora Verkehrswende (2020).

4.2.1 Elektromotoren als energieeffiziente Alternative zu Verbrennungsmotoren

Die Elektrifizierung von Fahrzeugen spielt zur Erreichung von Klimazielen im Verkehrssektor sowie zur Erhöhung der Energieeffizienz eine zentrale Rolle. So fahren Elektrofahrzeuge nicht nur emissionsfrei, sondern haben auch einen höheren **Wirkungsgrad** als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel der zugeführten Energie für die eigentliche Fortbewegung des Fahrzeuges eingesetzt wird und ist damit ein Maß für die Energieeffizienz. Bei einem Benzinmotor liegt der Wirkungsgrad bei rund 20 Prozent. 80 Prozent der Energie gehen somit als Abwärme weitgehend verloren. Wesentlich energieeffizienter arbeitet ein Elektromotor: Hier liegt der Wirkungsgrad, abzüglich der Verluste, die durch das Laden der Batterie entstehen, bei 64 Prozent.³⁴⁹ Bei wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenfahrzeugen, die grundsätzlich ebenfalls als Elektrofahrzeug zählen, liegt der Wirkungsgrad hingegen nur bei 27 Prozent.³⁵⁰ Damit Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge jedoch überhaupt eine Zukunft haben, müssen sowohl der Strom als auch der Wasserstoff klimaneutral produziert werden.

Der Elektromotor ist weniger komplex, umfasst aber eine Vielzahl neuer Bauteile

Obwohl sich Elektroautos von außen kaum von Fahrzeugen mit einem Verbrennungsmotor unterscheiden, unterscheidet sich das Innenleben erheblich. Viele Bauteile, die Verbrennungsmotoren zwingend benötigen, sind bei Elektromotoren obsolet: Getriebe, Kupplungen, Abgassysteme, u. v. m. werden für Elektroautos nicht mehr benötigt. Während also ein Verbrennungsmotor aus bis zu 1.400 Teilen besteht, braucht es für einen Elektromotor lediglich rund 200 Bauteile.³⁵¹ Zwar ist der Elektromotor somit deutlich weniger komplex als ein Verbrennungsmotor. Mit der Vielzahl an neuen Bauteilen verändern sich jedoch auch die erforderlichen Kompetenzen und Qualifikationen von im Automobilssektor beschäftigten Personen. Die Qualifikationsanforderungen verschieben sich dabei aus Bereichen des Maschinenbaus und der Fahrzeugtechnik hin zur Elektrotechnik.³⁵²

Das Herzstück eines Elektroautos ist die **Hochvolt-Batterie** (HV-Batterie). Diese Antriebsbatterie ist ein Akkumulator, welcher den Motor mit Energie versorgt und den Benzin- bzw. Dieseltank herkömmlicher Autos ersetzt. Aktuell werden primär Lithium-Ionen-Batterien eingesetzt. Durch chemische Prozesse wird Energie in der wiederaufladbaren HV-Batterie gespeichert und bei Bedarf in den Elektromotor eingespeist. Hier kommt die Leistungselektronik, eine weitere Schlüsselkomponente eines elektrifizierten Antriebs, ins Spiel: Sie stellt die Verbindung zwischen HV-Batterie und Elektromotor her und steuert den Elektroantrieb. Je effektiver diese Umwandlung ist, desto länger kann ein Elektroauto mit einer Ladung Batteriestrom fahren. Der Elektromotor wandelt die in der HV-Batterie gespeicherte Energie durch Erzeugung von Magnetfeldern in mechanische Kraft um.

Die Leistungselektronik ist darüber hinaus auch für die Umwandlung der beim Rekuperations-, also dem Rückgewinnungsprozess gewonnenen Energie verantwortlich. Durch die Rekuperation kann Energie, die sonst verloren gehen würde, gespeichert oder wieder genutzt werden. Rund 20 Prozent der Energie lassen sich mit der Rückgewinnung einsparen.³⁵³ Das erhöht die Reichweite und Effizienz eines Elektroautos.

³⁴⁹ BMUV (2021).

³⁵⁰ Ebd.

³⁵¹ Stan (2021).

³⁵² Saleh et al. (2022).

³⁵³ EnBW (2023).

Um Elektroautos mit einem hohen Wirkungsgrad betreiben zu können, muss nicht nur die Temperatur des Elektromotors und der Batterie, sondern auch die der Leistungselektronik in einem optimalen Bereich gehalten werden. Dazu ist ein leistungsstarkes **Thermomanagementsystem** erforderlich. Das System kühlt den Motor und Einzelkomponenten, minimiert dadurch energetische Verluste und reduziert gleichzeitig Verbrauch und Emissionen. Darüber hinaus können Thermomanagementsysteme zu Reichweitensteigerungen im zweistelligen Prozentbereich führen und Ladevorgänge beschleunigen. Aktuell forschen Wissenschaftler an innovativen Konzepten für ein optimiertes Thermomanagementsystem.³⁵⁴

Neben einer optimalen Temperierung forschen Wissenschaftler seit Jahren auch an Alternativen zu den aktuell primär eingesetzten Lithium-Ionen-Batterien. Zum einen soll durch neue **Batterietechnologien** die Kapazität der Batterien und dadurch die Leistung von Elektroautos erhöht werden. Die Energiedichte der Batteriezellen hat sich in den letzten 10 Jahren nahezu verdoppelt. Dennoch spielt eine Erhöhung der Batteriekapazitäten und die daraus resultierende Reichweite der Fahrzeuge insbesondere mit Blick auf die Akzeptanz der Nutzer/-innen eine zentrale Stellschraube dar.³⁵⁵ Zum anderen stehen vor dem Hintergrund eines wachsenden Umweltbewusstseins nachhaltige Fertigungsprozesse im Fokus. Denn die Produktion der Batteriezellen ist sehr energieintensiv und hat einen großen Anteil an den CO₂-Emissionen eines Elektroautos. Die Herstellung eines reinen Elektroautos verursacht dabei sogar höhere CO₂-Emissionen als die eines Verbrenners.³⁵⁶ Nachhaltige Batterietechnologien gewinnen aus diesem Grund an Relevanz. So waren bspw. Zink- und Natrium-Ionen-Systeme vermehrt Gegenstand in der Batterieforschung.³⁵⁷ Langfristig wird derzeit allerdings eine Entwicklung hin zu **Festkörperbatterien** (auch: Feststoffbatterien) erwartet.³⁵⁸ Festkörperbatterien ermöglichen neben höheren Energiedichten höhere Reichweiten und kürzere Ladezeiten als Lithium-Ionen-Batterien.³⁵⁹

Brennstoffzellenfahrzeuge und synthetische Kraftstoffe als Ergänzung

Auch **Brennstoffzellenfahrzeuge** besitzen keinen Verbrennungs- sondern einen Elektromotor. Die benötigte Energie wird in Brennstoffzellen erzeugt, als Kraftstoff dient Wasserstoff. Wird grüner Wasserstoff verwendet, ist ein Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeug klimaneutral. Obwohl wasserstoffbetriebene Fahrzeuge weitere Reichweiten und kürzere Tankzeiten ermöglichen, schneiden sie im direkten Vergleich mit reinen Batterieautos bei der Energiebilanz dennoch schlecht ab. Während bei einem Elektroauto der Strom per Ladestation direkt in die Batterie und somit auf der Straße landet, nimmt der Strom bei Brennstoffzellenfahrzeugen einen Umweg über den künstlich hergestellten Wasserstoff. Nur ein knapp über ein Viertel des verwendeten Stroms werden zum Antrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen genutzt. Damit benötigt es zwei bis dreimal so viel Strom pro Kilometer wie ein Elektroauto.³⁶⁰ Auch leidet die Attraktivität der Brennstoffzellentechnologie unter hohen Kosten und einer aktuell kaum vorhandenen Infrastruktur.³⁶¹

Sogleich Brennstoffzellenantriebe für den Personenverkehr nicht als Alternative zu Batterieantrieben angesehen werden, wird in der Technologie großes Potenzial für den **Schieneverkehr** gesehen. Derzeit sind in Deutschland

³⁵⁴ Fraunhofer ISE (2023).

³⁵⁵ Fraunhofer ISI (2020).

³⁵⁶ Volkswagen (2023).

³⁵⁷ Fraunhofer IFAM (2023a).

³⁵⁸ Volkswagen (2023), Fraunhofer IFAM (2023b).

³⁵⁹ Fraunhofer IFAM (2023b).

³⁶⁰ Umweltbundesamt (2022b).

³⁶¹ Ehrenberg-Silies et al. (2021).

rund 60 Prozent des Schienennetzes elektrifiziert, auf denen 90 Prozent der Verkehrsleistung erbracht werden.³⁶² Für eine vollständige Defossilisierung des Schienenverkehrs sind jedoch auch technische Lösungen für die verbleibenden 10 Prozent Verkehrsleistung notwendig. Für Strecken, die sich (wirtschaftlich) nicht mit Oberleitungen elektrifizieren lassen, spielen dabei Brennstoffzellen eine zentrale Rolle.³⁶³

Wie in Brennstoffzellenantrieben wird auch in **synthetischen Kraftstoffen** (auch: E-Fuels) in weiten Teilen der Forschung nur wenig Potential für den Einsatz im Personenverkehr auf der Straße gesehen. Obwohl E-Fuels klimaneutrale Kraftstoffe mit den gleichen Eigenschaften wie Benzin, Diesel oder Kerosin darstellen und somit auch für den aktuellen Fahrzeugbestand genutzt werden können, fallen bei der Herstellung hohe Wirkungsverluste an.³⁶⁴ Der Wirkungsgrad synthetischer Kraftstoffe liegt bei lediglich 13 Prozent – um ein Auto klimaneutral mit synthetischen Kraftstoffen anzutreiben, bedarf es also etwa fünfmal so viel Strom aus Erneuerbaren Energien wie für ein batterieelektrisch angetriebenes Fahrzeug. E-Fuels werden daher aktuell vor allem für die Nutzung in Flugzeugen, deren Elektrifizierung nur bedingt möglich ist, vorgesehen.

Ab 2026 muss Flugbenzin 0,5 Prozent E-Kerosin enthalten, bis 2030 steigt der Anteil auf 2 Prozent.³⁶⁵ Vor diesem Hintergrund werden synthetische Kraftstoffe insbesondere für den Luftverkehr an Bedeutung gewinnen.

Berufsbilder im Bereich der Elektrifizierung von Fahrzeugen

Mit dem tiefgreifenden Strukturwandel in der Automobilindustrie ändern sich auch die Kompetenzanforderungen der Beschäftigten. Entgegen der öffentlichen Diskussion erwarten Studien jedoch keinen, durch die Abkehr von Verbrennungsmotoren ausgelösten, massiven Stellenabbau.³⁶⁶ Insbesondere bei Betrachtung der mit der Elektromobilität einhergehenden neuen Beschäftigungsfelder erwarten Wissenschaftler/-innen sogar leichte Zuwächse in der Bruttobeschäftigung bis 2030. Allerdings fallen existierende Berufsfelder, bspw. im Zusammenhang mit Verbrennungsmotoren, zukünftig weitgehend weg. Es wird erwartet, dass die Wandlungsdynamik in der Automobilbranche zu 70.000 Stellen mit komplett neuem Berufsbild, 200.000 Stellen mit deutlich veränderten Anforderungsprofilen und 500.000 Stellen mit berufsbegleitendem Umschulungs- und Weiterbildungsbedarf (Re- und Up-Skilling) führt. Für fast die Hälfte der Beschäftigten bedeutet dies ein teilweise hoher Schulungsbedarf.³⁶⁷ So ergeben sich bspw. für Kfz-Mechatroniker/-innen durch hohe Stromspannungen bei Elektrofahrzeugen von bis zu 1.000 Volt neue technische Anforderungen und Aufgaben.³⁶⁸

Für die **Entwicklung** von Komponenten der elektrischen Antriebstechnik, der Energie- und Batterietechnik sowie der Fahrzeugelektronik sind insbesondere *Ingenieur/-innen für Elektromobilität* sowie *Ingenieur/-innen für Fahrzeugtechnik* zuständig. Aber auch *Ingenieur/-innen für Fahrzeugelektronik* entwickeln und konstruieren Bauteile für die Motorsteuerung.

Um die Fahrzeugtechnik der Elektromobilität **umzusetzen**, sind hingegen insbesondere Beschäftigte in industriellen Elektroberufen gefragt. *Elektroniker/-innen für Maschinen- und Antriebstechnik* zählen bspw. als

³⁶² BMDV (2021).

³⁶³ VDI/VDE (2022).

³⁶⁴ ADAC (2022).

³⁶⁵ BMU, BMVI, BMWi, BMZ, BDL (2021).

³⁶⁶ BMAS (2021).

³⁶⁷ Agora Verkehrswende und Boston Consulting Group (2021).

³⁶⁸ BIBB (2016b).

Spezialist/-innen für Elektromotoren und deren Steuerung. Sie bauen die Motoren zusammen und **montieren** diese.³⁶⁹ *Kraftfahrzeugmechatroniker/-innen* bauen die Systemkomponenten im Fahrzeug zusammen. Auch *Mechatroniker/-innen* können bei der Montage mitwirken.

Kraftfahrzeugtechniker/-innen sind darüber hinaus auch für die **Wartung, Reparatur und Instandhaltung** von elektrisch betriebenen Fahrzeugen verantwortlich. Teilweise sind sie auch bei Kraftwagenherstellern tätig.

Tabelle 9: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen im Bereich Elektrifizierung von Fahrzeugen

Tätigkeitsbereiche	Typische Berufsbilder
Forschung und Entwicklung	Ingenieur/-innen für Elektromobilität, Ingenieur/-innen für Fahrzeugtechnik, Ingenieur/-innen für Fahrzeugelektronik
Umsetzung und Montage	Elektroniker/-innen für Maschinen- und Antriebstechnik, Kfz-Mechatroniker/-innen teilweise: Mechatroniker/-innen
Wartung, Reparatur und Instandhaltung	Kfz-Mechatroniker/-innen

4.2.2 Vernetzung und Digitalisierung ermöglichen eine intelligente Verkehrssteuerung und neue Mobilitätskonzepte

Während der Fokus der Automobilindustrie bisher häufig auf der Steigerung von Reichweite, Schnelligkeit und Komfort lag, spielen zukünftig intelligente Systeme in Form von Connected Cars („vernetzte Fahrzeuge“) eine Schlüsselrolle. Connected Cars sind internetfähige Fahrzeuge mit Telematik-Funktionen, die sich über Netzwerke mit anderen Diensten und Geräten verbinden können und somit die Basis zum automatisierten bzw. autonomen Fahren legen. Auch im Güter- und Schienenverkehr nimmt die Vernetzung, insbesondere in Hinblick auf Effizienzsteigerungen eine zunehmend wichtigere Rolle ein.

Unter der Abkürzung „V2X“ versteht man die Vernetzung von Fahrzeugen mit ihrer Umgebung. Das „X“ kann dabei je nach Kommunikationsform ersetzt werden: V2V beschreibt bspw. den automatischen Datenaustausch zwischen Fahrzeugen (Vehicle-to-Vehicle), V2I steht für die Kommunikation zwischen einem Fahrzeug und der Infrastruktur (Vehicle-to-Infrastructure), mit V2P (Vehicle-to-Pedestrian) werden u. a. Fußgänger/-innen und Radfahrer/-innen erkannt.³⁷⁰ Solche Vernetzungen mithilfe digitaler Technologien ermöglichen es, verkehrsbezogene Daten und Informationen in Echtzeit zu übermitteln und dadurch das Verkehrssystem insgesamt intelligenter und effizienter zu machen.³⁷¹

³⁶⁹ BMWK (2023b).

³⁷⁰ Forschungs-Informations-System (2019).

³⁷¹ Agora Verkehrswende (2017).

Intelligente Verkehrssteuerung durch automatisierte und vernetzte Fahrzeuge

Bereits heute ist teilautomatisiertes Fahren zunehmend im Einsatz: Fahrer/-innen profitieren von immer intelligenter werdenden Fahrassistenzsystemen wie Abstandsregeltempomaten, Spurhalteassistenten, Überholassistenten u. v. m. Zukünftig sollen Fahrzeuge mit Hilfe intelligenter Software und leistungsfähiger Hardware sogar ganz ohne Eingriff des Fahrers/der Fahrerin fahren.

Durch automatisiertes und vernetztes Fahren (AVF) soll nicht nur die Verkehrssicherheit erhöht werden. Auch der Verkehrsfluss soll optimal koordiniert und somit die Gesamteffizienz des Verkehrs gesteigert werden. Technische Voraussetzung dafür stellen eine Vielzahl hochentwickelter Sensor- und Bildgebungstechnologien dar. Auch Kameras, die mithilfe künstlicher Intelligenz in der Lage sind, Objekte im Straßenverkehr zuverlässig zu erkennen, ermöglichen ein realitätsgetreues Abbild der Umgebung. Für die Auswertung der von den Umfoldsensoren gesammelten Datenmengen (Big Data) werden Computer mit intelligenter Software und leistungsstarker Hardware benötigt. Über Kabel leitet der Computer Signale an verschiedene Fahrzeugkomponenten wie Antrieb, Bremsen, Lenkung.³⁷²

Echtzeit-Informationen über das Verkehrsnetz sind die Voraussetzung einer **intelligenten und effizienten Verkehrssteuerung**. Eine intelligente Steuerung ermöglicht – bspw. durch eine an die aktuelle Verkehrslage angepasste Streckenführung – eine Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses. V2I-Kommunikationssysteme ermöglichen auf den Verkehrsfluss reagierende Signalanlagensteuerungen, V2V-Systeme können Gefahrenwarnungen zwischen den Fahrzeugen bei Unfällen oder Staus übermitteln. Informations- und Kommunikationstechnologien erweisen sich somit vor dem Hintergrund der Energieeffizienz im Verkehrssektor als Schlüsseltechnologien.³⁷³

Auch in der Logistik ermöglichen Vernetzung und Automatisierung Effizienzsteigerungen. Logistische Prozesse können zukünftig durch selbstlernende Systeme optimiert werden. Mittels immer präziserer Prognosen auf Basis künstlicher Intelligenz werden Auslastung und Transportflüsse optimiert. V2V-Kommunikationssysteme ermöglichen darüber hinaus auch Platooning. Unter Platooning versteht man eine Lkw-Kolonnie, in welcher mehrere Lkw automatisiert und in geringen Abständen hinter einem Führungsfahrzeug fahren.³⁷⁴ Durch ein vermindertes Staurisiko und einem reduzierten Luftwiderstand können dadurch Energieeffizienzgewinne erzielt werden.

Jedoch geht mit der zunehmenden Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen auch ein erhöhter Energieverbrauch einher. Um durch AVF mehr Energie durch einen verbesserten Verkehrsfluss zu sparen, als für den Austausch von Daten zu verbrauchen, ist es notwendig den On-Board-Energieverbrauch durch effiziente Systemkomponenten zu minimieren. Insbesondere bei batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeugen spielt die Energieeffizienz der Komponenten eine zentrale Rolle: je weniger Strom die Komponenten, die automatisiertes und vernetztes Fahren ermöglichen, verbrauchen, desto größer ist die Reichweite beim Fahren. Darüber hinaus lassen sich Effizienzvorteile bspw. durch Fahren mit einheitlichem Tempo erst bei einem hohen Anteil automatisierter Fahrzeuge sowie einer gemeinschaftlichen Nutzung und Integration in den öffentlichen Verkehr realisieren.³⁷⁵

³⁷² Bosch (2023).

³⁷³ Forschungs-Informations-System (2019).

³⁷⁴ ADAC (2019).

³⁷⁵ Agora Verkehrswende (2020a).

Alternative Mobilitätskonzepte für den Personenverkehr

Zwar kann die Energieeffizienz im Verkehrssektor durch alternative Antriebe und automatisiertes bzw. autonomes Fahren gesteigert werden. Die höchsten Effizienzgewinne lassen sich jedoch mit einer allgemeinen Verringerung des motorisierten Individualverkehrs erzielen. Um dies zu erreichen, ist eine **Verkehrsverlagerung** hin zu ÖPNV-Angeboten und Sharing-Diensten erforderlich. Die fortschreitende Digitalisierung ermöglicht die Realisierung innovativer Geschäftsmodelle.

Eine Vernetzung von öffentlichen Verkehrsmitteln, nichtmotorisiertem Verkehr und Car- und Ride-Sharing-Angeboten ermöglicht eine stärkere Nutzung der Potenziale jedes Verkehrsträgers und macht das Verkehrssystem damit insgesamt intelligenter und effizienter.³⁷⁶ Bereits heute werden die unterschiedlichen Verkehrsmittel mithilfe digitaler Dienste wie Buchungs-Apps, Navigation oder Anwendungen mit Informationen zur Verkehrslage zu multimodalen Wegeketten miteinander kombiniert. Um multimodales Mobilitätsverhalten zukünftig stärker zu fördern und Verhaltensänderungen herbeizuführen, müssen Nutzer/-innen die Dienste einfach und flexibel über eine einzige digitale Applikation buchen können (Mobility-as-a-Service, MaaS). MaaS-Konzepte verfolgen das Ziel, Nutzer/-innen eine, auf ihre individuellen Anforderungen zugeschnittene, flexible Form von Mobilität anzubieten.³⁷⁷ Dadurch soll der Transport mit eigenen Fahrzeugen ersetzt und die Effizienz im Verkehr erhöht werden. Ein wichtiger Bestandteil von MaaS ist der bedarfsgesteuerte Verkehr (DRT). Dort wo das konventionelle Transportangebot an seine Grenzen stößt, bspw. in Gebieten mit geringer Bevölkerungsdichte oder zu nachfrageschwachen Nebenzeiten, kann der DRT das Mobilitätsangebot flexibel ergänzen.³⁷⁸

Multimodale Plattformen sollen zukünftig zudem logistische Angebote verkehrsübergreifend darstellen und somit effiziente Transportleistungen gewährleisten.³⁷⁹ In der urbanen Logistik kommen auf der letzten Meile bereits heute vermehrt sogenannte Mikro-Depots zum Einsatz. Mikro-Depots sind innerstädtische Lager (z. B. Anhänger, Container oder leerstehende Immobilien), in welchen die zu liefernden Pakete zwischengelagert und anschließend häufig per (elektrischen) Lastenrad ausgeliefert werden.³⁸⁰

Digitale Systeme erhöhen die Effizienz im Bahnbetrieb

Um im Bahnbetrieb Energie zu sparen und gleichzeitig mehr Verkehr von der Straße auf die Schiene zu bringen, soll die Bahninfrastruktur in Deutschland grundlegend modernisiert und digitalisiert werden. Einen maßgeblichen Beitrag dazu leistet die netzweite Einführung des European Train Control System (ETCS), Digitaler Stellwerke (DSTW) und des integrierten Leit- und Bediensystems (iLBS).

Das ETCS ist ein einheitliches Zugbeeinflussungssystem mit teilkontinuierlicher (ETCS Level 1) und kontinuierlicher (ab ETCS Level 2) Datenübertragung für den Eisenbahnverkehr in Europa.³⁸¹ Es wurde entwickelt um die Sicherheit im Eisenbahnverkehr zu erhöhen und die Interoperabilität zwischen verschiedenen Eisenbahnsystemen zu verbessern. Bei ETCS handelt es sich um ein digitales System, das die Geschwindigkeit und

³⁷⁶ Agora Verkehrswende (2017).

³⁷⁷ Bitkom (2018).

³⁷⁸ Scheier et al. (2021).

³⁷⁹ BMVI (2019).

³⁸⁰ BMWK (2022e).

³⁸¹ McKinsey (2018).

den Standort eines Zuges überwacht und ihn bei Bedarf automatisch bremst oder stoppt. Um dies zu ermöglichen, stehen Zug und Strecke über eine verschlüsselte Funkverbindung in kontinuierlichem Austausch.

Die genaue High-Tech-Ortung der Züge mittels digitalen Zugfunks sowie die Vernetzung von Gleisen, Weichen, Stellwerken, Signalen und Zügen ermöglicht es zum einen die Energieeffizienz durch u. a. verbesserte Brems- und Anfahrkurven sowie einem **verbesserten Verkehrsfluss** zu erhöhen. Zum anderen kann durch eine engere Taktung und geringe Abstände zwischen den Zügen die Kapazität auf der Schiene erhöht werden, und das ohne neue Gleise zu bauen. Die erhöhte Kapazität und auch Qualität im Schienenverkehr haben das Potenzial die Schiene als Verkehrsträger – auch im Hinblick auf multimodale Mobilitätsangebote – attraktiver zu machen und schaffen somit die Voraussetzungen für **mehr Personen und Güter auf bestehenden Gleisen** und weniger Verkehr auf den Straßen.

Berufsbilder im Bereich Vernetzung und Digitalisierung

Für die **Entwicklung** elektronischer Schaltungen, Steuerungs- und Regelungstechnik, Sensoren und Anzeigesysteme einschließlich der zugehörigen Software sind insbesondere *Ingenieur/-innen für Fahrzeugelektronik* zuständig. Sie wirken bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und vernetzter Fahrzeugelektronik mit.

Beruflich ausgebildete *Elektroniker/-innen* aus verschiedenen Fachrichtungen **implementieren** hingegen Softwarekomponenten, konfigurieren Baugruppen und programmieren die eingebetteten Systeme. So verfügen bspw. *Elektroniker/-innen für Informations- und Systemtechnik* über elektrotechnische und softwaretechnische Kompetenzen. Sie konzentrieren sich auf die Verbindung von Hardware- und integrierten Software-Komponenten (embedded systems). Ihr Aufgabenbereich umfasst das Erstellen von softwarenaher Hardware, die Programmierung von Schnittstellen und die **Integration** in die jeweiligen Fahrzeugsysteme. Auch *Elektroniker/-innen für Geräte und Systeme* zeichnen sich, je nach gewählter Branche, durch eine umfassende Systemkompetenz in der Fahrzeugelektronik aus. Ihr Verständnis erstreckt sich detailliert auf die einzelnen Hard- und Softwarekomponenten eines Fahrzeugsystems, einschließlich ihres technischen Aufbaus und ihrer systemischen Funktionalität, sowie der dazugehörigen Sensoren und Aktoren.³⁸² *Kfz-Mechatroniker/-innen* **warten und reparieren** die mit der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung einhergehenden elektrischen Fahrzeugkomponenten.

Ingenieur/-innen für Verkehrswesen sind für die Planung verkehrsmittelübergreifender Mobilitätskonzepte sowie die Optimierung des **Verkehrsmanagements** mithilfe neuer Informations-, Steuerungs- und Sicherheitstechniken verantwortlich. Darüber hinaus entwerfen sie Pläne für den Ausbau neuer Strecken im Schienennetz sowie für vollautomatische Leitsysteme im Zugverkehr. Auch *Stadt- und Regionalplaner/-innen* können bei der Verkehrsplanung mitwirken. *Verkehrstechniker/-innen der Fachrichtungen Verkehrsmanagement* planen und entwickeln ebenfalls Verkehrssysteme im ÖPNV sowie im Güterverkehr auf der Straße und auf der Schiene. Verkehrsmanagementsysteme für den Bahnbereich werden auch von *Verkehrstechniker/-innen mit dem Schwerpunkt Eisenbahnbetrieb* geplant und entwickelt. *Eisenbahner/-innen in der Zugverkehrssteuerung* bedienen Zugbeeinflussungsanlagen und überwachen die Fahrstrecken von Personen- und Güterzügen.

³⁸² BMBF (2011).

Tabelle 10: Typische Berufsbilder nach Tätigkeitsbereichen im Bereich Vernetzung und Digitalisierung

Tätigkeitsbereiche	Typische Berufsbilder
Entwicklung	Ingenieur/-innen für Fahrzeugelektronik, Elektroniker/-innen für Informations- und Systemtechnik, Elektroniker/-innen für Geräte und Systeme
Montage	Elektroniker/-innen für Informations- und Systemtechnik, Elektroniker/-innen für Geräte und Systeme
Wartung, Reparatur und Instandhaltung	Kfz-Mechatroniker/-innen
Verkehrsplanung	Ingenieur/-innen für Verkehrswesen, Verkehrstechniker/-innen für Verkehrsmanagement, Verkehrstechniker/-innen für Eisenbahnbetrieb, Eisenbahner/-innen in der Zugverkehrssteuerung teilweise: Stadt- und Regionalplaner/-innen

4.3 Schlüsselberufe der Energieeffizienz im Sektor Verkehr im Überblick

In den vorhergehenden Abschnitten wurden Berufsbilder aufgezeigt, die im Kontext der Entwicklung, Montage und Einbau elektrischer Motoren sowie vor dem Hintergrund der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung des Verkehrssektors beteiligt sind. Die nachfolgende Tabelle fasst die Berufe zusammen.

Als Vorbereitung für die nachfolgenden Analysen der Kompetenzanforderungen werden die Berufe den dazugehörigen Berufsuntergruppen gemäß der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010 der Bundesagentur für Arbeit (BA) zugeordnet. Genutzt wird die Viersteller-Ebene, die insgesamt 702 Berufsuntergruppen umfasst. Diese statistisch eindeutige Abgrenzung bietet mehrere Vorteile. Erstens kann bei der qualitativen Analyse der Kompetenzen auf die jeweilige Tätigkeitsbeschreibung der BA zurückgegriffen werden. Zweitens geben quantitative Indikatoren Informationen über die Fachkräftesituation in den Berufsuntergruppen. Ausgewiesen werden in der Tabelle die Anzahl der Erwerbstätigen (ET) sowie Engpassindikatoren je Anforderungsprofil. Drittens kann von der KldB-Abgrenzung auf die dahinterliegenden Ausbildungsberufe geschlossen werden.

Die Tabelle ist wie folgt zu lesen: Kraftfahrzeugmechatroniker/-innen werden statistisch der Berufsuntergruppe „2521 Kraftfahrzeugtechnik“ zugeordnet. Diese Berufsuntergruppe umfasst etwa 396.000 Erwerbstätige. Innerhalb dieser Berufsuntergruppe besteht mit einem Engpassindikator in Höhe von 2,3 zudem ein Engpass an Fachkräften.

In nahezu allen Berufsuntergruppen finden sich Engpassberufe bzw. Berufe unter Beobachtung – überwiegend handelt es sich dabei um Arbeitskräfte mit dem Anforderungsprofil Fachkraft.³⁸³ In der Berufsuntergruppe „2631 Informations- und Telekommunikationstechnik“ sind bereits auf Ebene aller Anforderungsprofile Engpässe bzw. Berufe unter Beobachtung zu erkennen.

Für eine Auswahl dieser Berufe werden im folgenden Kapitel die erforderlichen Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen mit Blick auf Energieeffizienz in Form von Kompetenzsteckbriefen herausgearbeitet. Übergreifend liegt der Fokus der Untersuchung dabei auf der Elektrifizierung der Antriebsstränge und der mit der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung einhergehenden Möglichkeiten wie einer intelligenten Verkehrsplanung und der Entwicklung neuer Mobilitätskonzepte. Die Auswahl der Berufe findet zum einen mit Blick auf das Ausmaß der Veränderung von Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen statt. Ein zweites Kriterium für die Auswahl der Berufe besteht in der quantitativen Bedeutung des Berufs.

Mit Blick auf die in den einzelnen Berufsuntergruppen tätigen Ingenieur/-innen ist zudem zu beachten, dass diese nicht zwingend verschiedene Studiengänge absolviert haben. Im Rahmen der KldB werden die Erwerbstätigen den einzelnen Berufsuntergruppen vielmehr auf Basis ihrer Tätigkeiten im Rahmen der aktuellen Beschäftigung zugeordnet.

Tabelle 11: Schlüsselberufe Energieeffizienz im Verkehrssektor

Aufsteigend sortiert nach KldB-Kennziffer der zugehörigen Berufsuntergruppen

Relevante Berufsbilder (vgl. Abschnitt 4.2)	Zugehörige Berufsuntergruppe (gemäß KldB 2010)	Anzahl ET 2021 (Tsd.)	Engpassindikator je Anforderungsprofil ¹		
			Fk	Sp	Ex
Kraftfahrzeugmechatroniker/-in Ingenieur/-in – Fahrzeugtechnik	2521 Kraftfahrzeugtechnik	396	2,3	2,0	1,0
Mechatroniker/-in	2611 Mechatronik	128	2,5	1,0	1,0
Elektroniker/-in – Maschinen und Antriebstechnik	2622 Elektromaschinentechnik	20	2,2	-	-
Elektroniker/-in – Geräte und Systeme	2630 Elektrotechnik	348	1,3	2,0	3,0
Elektroniker/-in – Informations- und Systemtechnik	2631 Informations- und Telekommunikationstechnik	195	1,8	2,0	2,0
Ingenieur/-in – Fahrzeugelektronik	2633 Fahrzeugelektronik	15	1,7	-	1,0

³⁸³ *Fachkräfte* besitzen üblicherweise eine berufliche Qualifikation. *Spezialist/-innen* verfügen darauf aufbauend zumeist über eine noch tiefer gehende Fachexpertise, bspw. einen Meisterabschluss. *Experten(tätigkeiten)* werden überwiegend von Erwerbstätigen mit einem Hochschulabschluss gestellt, während *Helfer(tätigkeiten)* in der Regel von ungelernten Arbeitskräften ausgeführt werden.

Ingenieur/-in – Elektromobilität					
Stadt- und Regionalplaner/in	3112 Stadt- und Raumplanung	19	-	-	1,0
Ingenieur/-in – Verkehrswesen Techniker/in – Verkehrstechnik (Verkehrsmanagement)	5150 Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs	8	-	0,0	1,0
Eisenbahner/in – Zugverkehrssteuerung Techniker/in – Verkehrstechnik (Eisenbahnbetrieb)	5152 Überwachung und Steuerung des Eisenbahnverkehrsbetriebs	18	1,7	-	-

1: 2,0 oder höher: „Engpassberuf“; 1,5 bis unter 2,0: „Beruf unter Beobachtung“.

Quellen: Mikrozensus 2022, Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022

4.4 Schlüsselkompetenzen der Energieeffizienz im Sektor Verkehr (Kompetenzsteckbriefe)

Die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und die damit verbundenen neuen Technologien gehen für Fachkräfte im Sektor Verkehr mit veränderten oder neuen Tätigkeiten einher, die wiederum die Kompetenzanforderungen definieren. In den Kompetenzsteckbriefen werden daher veränderte Tätigkeiten wie auch Kompetenzbedarfe erfasst.

Steigende Bedeutung berufsübergreifender Schlüsselkompetenzen

Die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Verkehrssektor und die damit verbundenen neuen Technologien verlangen von Fachkräften veränderte oder gänzlich neue Kompetenzen. Dabei gewinnen neben berufsspezifischen Fach- und Methodenkompetenzen berufsübergreifende Schlüsselqualifikationen eine wachsende Bedeutung. So erfahren soziale Kompetenzen wie Kommunikations-, Team- und Führungsfähigkeit einen deutlichen Bedeutungszuwachs. Im Zuge der fortschreitenden Verkehrswende bedarf es jedoch auch zunehmend transformativer Kompetenzen, wie etwa Veränderungsbereitschaft, Innovations- und Problemlösungsfähigkeiten.

In vielen Berufen werden veränderte oder neue fachliche Kompetenzen gefordert

Mit Blick auf konkrete Energieeffizienzmaßnahmen sind aus Sicht von Expert/-innen vor allem planerische Fähigkeiten sowie Fähigkeiten in der interdisziplinären Zusammenarbeit stärker gefordert. Die Entwicklung von energieeffizienteren Fahrzeugen erfordert dabei neben einem vertieften Bewusstsein für Fragen der Energieeffizienz vor allem auch umfassende Kenntnisse in verschiedenen Bereichen der Antriebstechnik, etwa in Batteriesystemen oder Brennstoffzellentechnologien, sowie in der Vernetzung von Fahrzeugen. Die Entwicklung und Konstruktion neuer Systeme betrifft in erster Linie hochqualifizierte Fachkräfte, wie etwa Ingenieur/-innen. Aber auch auf der Ebene der Berufe in der Montage sowie der Wartung und Instandhaltung können im Zuge der Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz veränderte Arbeitsprozesse und damit auch Kompetenzanforderungen entstehen, etwa in der Wartung von Hochvoltsystemen oder der Bedienung innovativer Zugbeeinflussungsanlagen. Im Zuge der Elektrifizierung werden dabei zunehmend Fähigkeiten in der Elektronik und Elektrotechnik gefordert. Zwar ist ein Elektromotor weniger komplex aufgebaut als ein klassischer

Verbrennungsmotor, dennoch werden die mit der Elektrifizierung einhergehenden neuen Fahrzeugkomponenten die Kompetenzanforderungen auf nahezu allen Qualifikationsstufen verändern.

Digitale Fähigkeiten mit entscheidender Rolle für die Verbesserung der Energieeffizienz

Aufgrund des wachsenden Komplexitätsgrads digitalisierter und vernetzter Fahrzeugsysteme wird davon ausgegangen, dass die beruflichen Kernkompetenzen in nahezu allen Berufen zukünftig neben technischen Fachkenntnissen in stärkerem Maße Systemwissen und ganzheitliches Denken in Kombination mit umfassenden IT-Anwenderkenntnissen umfassen werden. Durch digitalisierte und vernetzte Fahrzeugsysteme im Sektor Verkehr werden neben technischen Fachkenntnissen in stärkerem Maße Systemwissen und ganzheitliches Denken in Kombination mit IT-Anwenderkenntnissen nachgefragt. In vielen Berufen werden dabei auch verstärkt spezifische IT-Fachkenntnisse nachgefragt, z.B. in Berufen der Fahrzeugtechnik für die Datenerfassung und -auswertung mittels digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (z.B. Sensorik, Predictive Maintenance) oder in Berufen der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs, Eisenbahnverkehrsbetrieb für die Nutzung von Big Data. Der Umgang mit bzw. der Einsatz von Augmented Reality (AR), Exoskeletten und Cobots spielt in Berufen der Fahrzeugtechnik und Fahrzeugelektronik eine zunehmend bedeutende Rolle.

4.4.1 Berufe in der Kraftfahrzeugtechnik (2521)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Kraftfahrzeugtechnik** zählen zu den Berufen der Fahrzeug-, Luft-, Raumfahrt und Schiffbautechnik. Die Berufsuntergruppe umfasst in erster Linie beruflich ausgebildete Kraftfahrzeugmechatroniker/-innen. Des Weiteren zählen auch Ingenieur/-innen für Fahrzeugtechnik zu der Gruppe. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikationen und Tätigkeiten spielen Beschäftigte in dieser Berufsgruppe eine zentrale Rolle, um die Energieeffizienzziele im Verkehrssektor zu erreichen. Im Kontext der vorliegenden Studie umfassen typische Tätigkeiten und Kompetenzen im Bereich der **Elektrifizierung** insbesondere die Montage, Wartung und Reparatur von batterieelektrischen Antrieben bzw. Fahrzeugen. Dies wird vorwiegend von Kfz-Mechatroniker/-innen mit dem Schwerpunkt System- und Hochvolttechnik durchgeführt. Kfz-Mechatroniker/-innen können jedoch auch die mit der zunehmenden **Digitalisierung und Vernetzung** einhergehenden elektrischen Fahrzeugkomponenten warten und reparieren. Ingenieur/-innen für Fahrzeugtechnik konstruieren hingegen Straßen- und Schienenfahrzeuge für den Personen- und Güterverkehr. Sie entwickeln u. a. neue und energieeffiziente Antriebstechnologien, Fahrerassistenzsysteme, elektronische Steuerungen und weitere Fahrzeugbaugruppen wie Antiblockiersysteme. Darüber hinaus überwachen sie Produktionsprozesse sowie die Montage von Fahrzeugen.

Mit Blick auf die Handlungsfelder der vorliegenden Studie umfassen die erforderlichen Tätigkeiten und Kompetenzen von Fahrzeugtechniker/-innen dabei u. a.:³⁸⁴

³⁸⁴ Vgl. BERUFENET: Ingenieur/in – Fahrzeugtechnik. Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/58717#taetigkeit>, BERUFENET: Kraftfahrzeugmechatroniker/in - System- und Hochvolttechnik. Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/122563#taetigkeit> (online, abgerufen am 12.04.2023); Verordnung über die Berufsausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker und zur Kraftfahrzeugmechatronikerin.

Entwicklung und Konstruktion

- Planung und Berechnung der Konstruktion des Fahrwerks, des Antriebs, der Auslegung der Systeme sowie der Ausstattungskomponenten von Fahrzeugen
- Konstruktion von Nutz- und Personenfahrzeugen
- Entwicklung und Ausarbeitung von Fahrzeugbaugruppen (wie bspw. Antrieb, Fahrwerk, Elektronik, Fahrerassistenzsysteme)
- Optimierung von Produktionsverfahren und Produktionsmittel (auch hinsichtlich digital vernetzter Systeme und Prozessabläufe; Einführung von Cobots)
- Prüfung der Belastbarkeit neuer Fahrzeuge mittels Simulationsverfahren
- Planung und Überwachung der Fertigung
- ggf. Berücksichtigung von Connected-Cars-Technologien beim Bau von Fahrzeugen
- ggf. Berücksichtigung von Lidar- und Sensortechnologien beim Bau von Fahrzeugen

Wartung

- Analyse und Prüfung von Antriebsaggregaten (inkl. Motormanagementsystem), Fahrerassistenzsystemen und weiterer fahrzeugtechnischer Systeme mithilfe elektronischer bzw. computergestützter Mess- und Diagnosegeräte
- Messungen unter Spannung durchführen (Isolation, Potenzialausgleich, Spannungsfall, Batteriezellenspannungen)
- Beachtung von elektrotechnischen Sicherheitsregeln beim Arbeiten an elektrischen Systemen, insbesondere an Hochvoltssystemen und Brennstoffzellen
- Prüfung der Ansteuerungssignale des Elektromotors im Fahrbetrieb
- Instandhaltung elektronischer, mechanischer, hydraulischer und pneumatischer Systeme bzw. Anlagen von Kraftfahrzeugen mit Elektro-, Hybrid- oder Verbrennungsmotoren (u. a. Hochvoltssysteme, Brennstoffzellen, Range Extender und Thermomanagement)
- Instandsetzung von Hochvoltkomponenten und Antriebskomponenten
- Reparatur von Informations- und Kommunikationssystemen sowie von elektrischen und optoelektrischen Datenkommunikationsleitungen
- Kenntnisse im Zusammenwirken verschiedener mechanischer, elektrischer und elektronischer Komponenten
- Kenntnisse über Sensoriksysteme und elektronische Komponenten vernetzter Fahrzeuge

Infobox: Digitale Schnittstellen

Neben technischen Fachkenntnissen werden die Kernkompetenzen von Beschäftigten in der Fahrzeugtechnik zukünftig vor allem Systemwissen und ganzheitliches Denken in Kombination mit umfassenden IKT-Kenntnissen sein.³⁸⁵ Darunter fallen bspw. Anwendungskennnisse zu vernetzten Systemen, Fahrerassistenzsystemen und weitere neue Technologien. So soll bspw. die Augmented-Reality-Technik zukünftig die Wartungs- und Reparaturarbeiten für Antriebs- und Steuerungssysteme

³⁸⁵ Priesack et al. (2018).

im Automobilbau erleichtern.³⁸⁶ Mithilfe mobiler Geräte (Smartphones, Tablets, Datenbrillen) können Informationen wie bspw. neue Einstellwerte für Bauteile oder spezielle Reparaturanleitungen, in das Sichtfeld der Servicemitarbeiter/-innen eingeblendet werden.³⁸⁷

Im Bereich Fahrzeugtechnik werden bereits heute vermehrt Exoskelette zur Unterstützung der Mitarbeiter/-innen eingesetzt. Mittels spezieller Sensoren und maschinellem Lernen sollen Exoskelette sich zukünftig besser an das Nutzungsverhalten der Träger/-innen anpassen. Auch der Trend hin zu automatisierten und autonomen Fahrzeugen auf Basis selbstlernender Systeme bedeutet für Fahrzeugtechniker/-innen ein hohes Maß an Weiterbildungsbedarf und -bereitschaft mit Blick auf digitale Kompetenzen.³⁸⁸

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich – demnach veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Umgang mit Exoskeletten
- Grundverständnis von automatisiertem und autonomem Fahren und der damit einhergehenden Technologien (bspw. Lidar-Technologie, Vernetzungssysteme, Künstliche Intelligenz)
- Anwendung von Augmented-Reality-Anwendungen für Wartung und Reparatur
- Kenntnisse im Umgang und in der Nutzung digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (z. B. Sensorik, Predictive Maintenance)
- Überprüfung und Wartung von mit IoT-Plattformen vernetzten Fahrzeugen
- ggf. Kenntnisse in der additiven Fertigung

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Die Ausbildungsordnung für Kfz-Mechatroniker/-innen wurde im Jahr 2013 modernisiert und u. a. an die technischen Weiterentwicklungen von Fahrzeugen und die Einführung neuer Antriebsarten angepasst. Die Ausbildungsdauer beträgt 3,5 Jahre und wird parallel im Ausbildungsbetrieb und in der Berufsschule durchgeführt.³⁸⁹

³⁸⁶ Handwerksblatt (2022).

³⁸⁷ Vgl. BERUFENET: Kraftfahrzeugmechatroniker/in - System- und Hochvolttechnik. Link: https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/122563#berufsperspektiven_beruflicheQualifizierung_digitalisierungstrends (online, abgerufen am 12.04.2023).

³⁸⁸ Vgl. BERUFENET: Ingenieur/in – Fahrzeugtechnik. Link: https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/58717#berufsperspektiven_beruflicheQualifizierung_digitalisierungstrends (online, abgerufen am 12.04.2023).

³⁸⁹ Vgl. BERUFENET: Kraftfahrzeugmechatroniker/in - System- und Hochvolttechnik. Link: https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/122563#ausbildung_ausbildungsbeschreibung_ausbildungsaufbau (online, abgerufen am 12.04.2023).

Der Rahmenlehrplan für Kfz-Mechatroniker/-innen baut auf einem einheitlichen Berufsbild auf und beinhaltet zehn gemeinsame Lernfelder, u. a. die Diagnose und Behebung von Funktionsstörungen an Bordnetz-, Ladestrom- und Startsystemen (Lernfeld 6, Zeitrictwert: 80 Stunden).

Vier weitere schwerpunktspezifische Lernfelder ergänzen die Ausbildung als Zusatzqualifikation. Die fünf Schwerpunkte sind:

- Personenkraftwagentechnik
- Nutzfahrzeugtechnik
- Motorradtechnik
- System- und Hochvolttechnik
- Karosserietechnik

Die mit batterieelektrischen Antrieben und der Hochvolttechnik einhergehenden Anforderungen werden in allen Schwerpunkten, insbesondere jedoch im Schwerpunkt System- und Hochvolttechnik, berücksichtigt. In diesem Schwerpunkt lernen die Auszubildenden u. a. vernetzte Antriebs- und Fahrerassistenzsysteme zu diagnostizieren, die Datenkommunikation zwischen Steuergeräten zu analysieren (Lernfeld 11S, Zeitrictwert: 80 Stunden) sowie Komponenten an Hybrid- und Elektrofahrzeugen (u. a. Hochvolt-Batterien, Inverter, Umrichter, Elektromotoren) zu prüfen und auch diese instand zu setzen (Lernfeld 13S, Zeitrictwert: 80 Stunden).³⁹⁰

Mit Blick auf den tiefgreifenden Wandel in der Automobilindustrie, konnten durch die frühzeitige Überarbeitung der Ausbildungsordnung notwendige Kompetenzanforderungen bereits implementiert werden. Insbesondere der Aspekt der Elektrifizierung der Antriebe sowie der Umgang mit digitalen Systemen wurde durch die Neuschaffung des Ausbildungsberufs „Kfz-Mechatroniker/-in für System- und Hochvolttechnik“ gestärkt.³⁹¹

Berufliche Fortbildung

Aufgrund der dynamischen Entwicklungen – sowohl in der Elektromobilität als auch in der zunehmenden Vernetzung von Fahrzeugen – ist es für Kfz-Mechatroniker/-innen dennoch wichtig, ihr Wissen aktuell zu halten und an neue Entwicklungen anzupassen. Zukünftige Trends wie bspw. hochautomatisiertes oder gar autonomes Fahren können sich zu wichtigen Weiterbildungsthemen entwickeln.

Kfz-Mechatroniker/-innen haben darüber hinaus u. a. die Möglichkeit sich zum/zur Kraftfahrzeugtechnikmeister/-in weiterzubilden. Auch eine Technikerweiterbildung, bspw. zum/zur Techniker/-in für Elektromobilität oder für Kraftfahrzeugtechnik stellen Aufstiegschancen dar. Techniker/-innen für Elektromobilität wirken bei der Entwicklung und der Produktion elektronischer und fahrzeugtechnischer Systeme und Komponenten für Elektrofahrzeuge sowie für das Elektroenergiemanagement mit. Sie entwickeln Komponenten der Steuerungs- und Regelungstechnik weiter, wirken bei der Herstellung von Hochvoltssystemen mit und dimensionieren Energieversorgungssysteme wie bspw. intelligente Stromnetze.³⁹²

Da Kfz-Mechatroniker/-innen bei der Arbeit an Elektrofahrzeugen hohen elektrischen Spannungen ausgesetzt sind, müssen sie entsprechend qualifiziert werden. Der Umfang der Qualifizierung hängt dabei zum einen von den Vorkenntnissen und zum anderen vom angestrebten Arbeitsbereich ab. Kfz-Mechatroniker/-innen mit dem

³⁹⁰ KMK (2013).

³⁹¹ Ehrenberg-Silies et al. (2021).

³⁹² Vgl. BERUFENET: Techniker/in - Elektromobilität. Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/126659#taetigkeit> (online, abgerufen am 12.04.2023).

Schwerpunkt System- und Hochvolttechnik besitzen mit erfolgreich abgeschlossener Ausbildung bereits die Qualifikation, um an unter Spannung stehenden Hochvolt-Komponenten zu arbeiten (Qualifikationsstufe 3S). Personen, mit einer abgeschlossenen Ausbildung zum/zur Kfz-Mechatroniker/-in mit einem der vier weiteren Schwerpunkte gemäß der Ausbildungsordnung aus dem Jahr 2013 verfügen über die Qualifikation an Hochvolt-Systemen im spannungsfreien Zustand zu arbeiten (Qualifikationsstufe 2S). Sie haben die Möglichkeit sich im Rahmen von Weiterbildungsangeboten auf Grundlage des Arbeitsschutzgesetzes, der Betriebssicherheitsverordnung sowie der der DGUV ebenfalls als fachkundige Person für die Arbeit an unter Spannung stehenden Hochvolt-Komponenten zu qualifizieren.³⁹³

Akademische Ausbildung

Der Studienbereich Fahrzeugtechnik entwickelte sich zunächst als Studienschwerpunkt innerhalb des Maschinenbaus. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Komplexität bieten jedoch immer mehr Universitäten, Hochschulen und Fachhochschulen eigenständige Studiengänge ein. An einigen Lehrstühlen wird Fahrzeugtechnik weiterhin als möglicher Schwerpunkt im Rahmen eines Maschinenbaustudiums angeboten. In der Regel umfassen mögliche Schwerpunkte im Fahrzeugtechnikstudium – je nach Universität bzw. (Fach-)Hochschule und angestrebten Abschluss – u. a. Fahrzeugkonzeption, Antriebsstrang, Energie- und Thermomanagement, Leichtbau, Fahrassistenzsysteme und Vernetzung. Im Rahmen eines dualen Studiums besteht darüber hinaus – je nach Unternehmen – die Möglichkeit neben dem Studium einen Ausbildungsabschluss zu erwerben (ausbildungsintegriertes duales Studium). Dies ermöglicht die Gewinnung von praxisnah ausgebildeten Akademiker/-innen.

Expert/-innen erachten die im Rahmen eines Fahrzeugtechnikstudiums vermittelten Inhalte im Hinblick auf die Elektromobilität als ausreichend.³⁹⁴ Dennoch erfordert der fachgerechte Einsatz von neuen Technologien auch zukünftig die Vermittlung neuer Qualifikationen, auch in angrenzenden Wissensbereichen. Diese müssen in die berufliche und akademische Ausbildung integriert werden.

Ein Studium im Fachbereich Fahrzeugtechnik ist auch für fachlich ausgebildete Kfz-Mechatroniker/-innen möglich. Der Zugang zum Studium ohne schulische Hochschulzugangsberechtigung wird in den einzelnen Bundesländern geregelt. Gleiches gilt für Studiengänge in den Fachbereichen Elektromobilität und Fahrzeuginformatik und -elektronik.

³⁹³ DGUV (2021).

³⁹⁴ Nationale Plattform Elektromobilität (2015).

4.4.2 Berufe in der Elektromaschinentechnik (2622)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Elektromaschinentechnik** zählen zu den Berufen in der Energietechnik und umfassen insbesondere Elektroniker/-innen für Maschinen- und Antriebstechnik. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation und typischen beruflichen Tätigkeiten kommt ihnen in Hinblick auf die Energieeffizienz im Verkehrssektor und insbesondere **Elektromobilität** eine zentrale Rolle zu. Elektroniker/-innen für Maschinen- und Antriebstechnik bauen Elektromotoren zusammen und installieren Wicklungen, die dafür sorgen, dass in Motoren die richtige

elektrische Spannung entsteht.³⁹⁵ Sie montieren die Antriebssysteme und verdrahten Schaltschränke einschließlich Regeleinrichtungen. Darüber hinaus führen sie Ferndiagnosen durch, warten und überwachen die Antriebssysteme und setzen sie instand.³⁹⁶

Im Hinblick auf diese Studie umfassen typische Kompetenzen und Tätigkeiten von Elektroniker/-innen für Maschinen- und Antriebstechnik u. a.:

- Herstellung von Wicklungen für Elektromotoren
- Montage von mechanischen, pneumatischen, hydraulischen, elektrischen und elektronischen Komponenten
- Konzipierung, Montage, Wartung und Instandhaltung elektrischer Maschinen und komplexer Antriebssysteme
- Installation, Verdrahtung und Anschluss von elektrischen Antriebs-, Energieerzeugungs- und Energiespeichersystemen
- Montage und Verdrahtung von Schaltschränken einschließlich Mess-, Steuer- und Regelungseinrichtungen
- Installation, Programmierung und Instandhaltung von Steuer-, Regel- und Überwachungsgeräte der Antriebs- und Versorgungstechnik
- Integration von elektrischen Maschinen und Anlagen in informationstechnischen Systemen
- Messung und Auswertung physikalischer Kennwerte an elektrischen Maschinen und Antriebssystemen
- Instandhaltung und Instandsetzung von Antriebs-, Energieerzeugungs- und Energiespeichersystemen
- Installation und Konfiguration von Betriebssystemen und Anwendungsprogrammen
- Einbindung elektrischer Anlagen und Maschinen in Netzwerke
- Einbindung von Sensoren, Erfassung und Auswertung von Daten
- Durchführung von Ferndiagnosen
- Durchführung zustandsorientierter Instandhaltung (Condition Monitoring)

³⁹⁵ Vgl. BMWK (2023b).

³⁹⁶ Vgl. IHK Ulm. Link: Elektroniker / Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach dem BBiG. Link: <https://www.ihk.de/ulm/aus-und-weiterbildung/ausbildung/ausbildungsberufe-a-z/elektroniker-in-maschinen-und-antriebstechnik-1640298> (online, abgerufen am 12.04.2023).

Infobox: Digitale Schnittstellen

Bedingt durch die fortschreitende Automatisierung und Digitalisierung haben sich die Anforderungen für Elektroniker/-innen für Maschinen- und Antriebstechnik deutlich verändert. Neben technischen Fachkenntnissen werden die Kernkompetenzen von Beschäftigten in der Elektromaschinentechnik zukünftig vor allem Systemwissen sowie ganzheitliches und vernetztes Denken in Kombination mit umfassenden IKT-Kenntnissen umfassen.³⁹⁷

So werden zukünftig u. a. Vernetzung, Sensorik und Condition Monitoring Themen sein, die im Berufsalltag von Elektroniker/-innen für Maschinen – und Antriebstechnik eine immer größere Rolle spielen³⁹⁸: Predictive-Maintenance-Lösungen ermöglichen es ungeplante Ausfälle und Reparaturen durch eine laufende Auswertung der Maschinen- und Elektrofahrzeugdaten zu minimieren. Wartungs- und Reparaturarbeiten können perspektivisch durch Wearable Technologies bzw. Augmented Reality Technologien unterstützt werden. Auch der Trend hin zu Technologien wie Automatisierungssysteme, autonome Transportanlagen oder 3D-Druck bedeutet für Elektroniker/-innen für Maschinen – und Antriebstechnik ein hohes Maß an Weiterbildungsbedarf und -bereitschaft mit Blick auf digitale Kompetenzen.³⁹⁹

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich – veränderte Kompetenzanforderungen einher:⁴⁰⁰

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Digitale Vernetzung automatisierter Anlagen mithilfe von 5G-Technologien
- Kenntnisse im Umgang mit Wearables sowie Augmented Reality Technologien
- Montage und Instandhaltung autonomer Transportsysteme
- Installation von Systemsoftware für Automatisierungssysteme
- Vernetzung von Maschinen und Antrieben über eine IoT-Plattform
- Erstellung und Überwachung von Regel- und Steuerungsprogrammen für Automatisierungssysteme
- Einrichtung digital vernetzter Fertigungsanlagen für die Herstellung von Elektromotoren und deren Komponenten
- ggf. Kenntnisse in der additiven Fertigung

³⁹⁷ Priesack et al. (2018).

³⁹⁸ BiBB (2021b).

³⁹⁹ Vgl. BERUFENET: Elektroniker/in - Maschinen und Antriebstechnik (HwO). Link:

https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/134718#berufsperspektiven_beruflicheQualifizierung_digitalisierungstrends (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴⁰⁰ Ebd.

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Der Beruf Elektroniker/-in für Maschinen- und Antriebstechnik wurde im Zuge der Neuerung der Ausbildungsordnung für die Elektroberufe im Handwerk im Jahr 2021 modernisiert und beruht nun auf doppelter Rechtsgrundlage nach BBiG und HWO.⁴⁰¹ Statt der bisherigen sieben Berufsbilder, gibt es nur noch fünf, einer davon ist der/die Elektroniker/-in für Maschinen- und Antriebstechnik.⁴⁰² Dieser Ausbildungsberuf baut auf den früheren Berufen Elektromaschinenmonteur/-in (Industrie) und Elektromaschinenbauer/-in (Handwerk) auf, welche bereits mit der Neuordnung der Elektroberufe im Jahr 2003 aufgehoben wurden.⁴⁰³ Im Vergleich zu den vorherigen Berufen liegt der Fokus nun verstärkt auf Antriebssystemen, einschließlich Steuerungs- und Regelungstechnik. Eine weitere Neuerung ist die verstärkte IT-Kompetenz, welche nun ebenfalls Bestandteil der Ausbildung ist.⁴⁰⁴

Wie auch in den weiteren neu eingeführten Elektroberufen beinhaltet auch dieser Ausbildungsberuf 50 Prozent allgemeine elektrotechnische Qualifikationen (Kernqualifikationen) sowie 50 Prozent spezifische Fachqualifikationen, die auf den Beruf zugeschnitten sind. So sind die Lernfelder 1 bis 4 im ersten Ausbildungsjahr für alle handwerklichen und industriellen Elektroberufe identisch und umfassen u. a. die Analyse von elektrotechnischen Systemen sowie von Steuerungen und Regelungen, die Planung und Installation elektrischer Systeme und die Bereitstellung Informationstechnischer Systeme (Zeitrichtwert: 80 Stunden je Lernfeld).⁴⁰⁵ Spezifische Fachqualifikationen wie u. a. die Herstellung und Instandsetzung elektrischer Maschinen (Zeitrichtwert: 60 bzw. 80 Stunden) und komplexer Antriebssysteme (Zeitrichtwert: 100 Stunden) ergänzen den Lehrplan für Elektroniker/-innen für Maschinen- und Antriebstechnik. Die Ausbildung erfolgt in der Regel dual im Ausbildungsbetrieb und in der Berufsschule und dauert 3,5 Jahre.

Insgesamt erscheint die gegenwärtige Ausbildungskonstruktion der verschiedenen elektrotechnischen Ausbildungsberufe durch die erst kürzlich stattgefundene Überarbeitung hinsichtlich der Energieeffizienzziele im Verkehrssektor als ausreichend. Insbesondere der Schwerpunkt Antriebssysteme inkl. Steuerungs- und Regelungstechnik sowie digitale Kompetenzen wurden durch die Modernisierung des Ausbildungsberufs „Elektroniker/-in für Maschinen- und Antriebstechnik“ gestärkt.

Berufliche Weiterbildung

Dennoch weisen die elektrotechnischen Berufe einen stetigen Fortbildungsbedarf auf – insbesondere aufgrund des hohen Anteils sich dynamisch verändernder Technologien. Aus diesem Grund müssen die Erwerbstätigen ihre Kenntnisse und Kompetenzen regelmäßig auf den aktuellen Stand bringen.⁴⁰⁶

⁴⁰¹ Vgl. IHK Ulm: Link: Elektroniker / Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach dem BBiG. Link: <https://www.ihk.de/ulm/aus-und-weiterbildung/ausbildung/ausbildungsberufe-a-z/elektroniker-in-maschinen-und-antriebstechnik-1640298> (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴⁰² BIBB (2021b).

⁴⁰³ Vgl. IHK Ulm (ohne Angabe): Link: Elektroniker / Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach dem BBiG. Link: <https://www.ihk.de/ulm/aus-und-weiterbildung/ausbildung/ausbildungsberufe-a-z/elektroniker-in-maschinen-und-antriebstechnik-1640298> (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴⁰⁴ KMK (2020).

⁴⁰⁵ Ebd.

⁴⁰⁶ BIBB (2021b).

Elektroniker/-innen für Maschinen- und Antriebstechnik haben die Möglichkeit, nach der abgeschlossenen Berufsausbildung eine Meisterprüfung, bspw. zum/zur Elektrotechnikmeister/-in oder Elektromaschinenbauermeister/-in abzulegen. Die Meisterprüfungen sind bundesweit einheitlich geregelt. Die Meisterprüfungsverordnung der Elektromaschinenbauer/-innen befindet sich vor dem Hintergrund identifizierter Qualifikationsbedarfe, insbesondere bei der Wartung und Instandhaltung von Fahrzeugen mit Elektromotor sowie von Verkehrsmitteln des ÖPNV, derzeit in der Neuordnung.

Alternativ kann nach der Berufsausbildung bspw. auch eine Weiterbildung zum/zur Techniker/-in der Fachrichtung Elektrotechnik mit den Schwerpunkten Energietechnik oder Automatisierungstechnik oder zum/zur Techniker/-in für Elektromaschinentechnik angestrebt werden. Die Technikerweiterbildungen sind in der Regel landesrechtlich geregelt und finden meist an Fachschulen statt.⁴⁰⁷

Akademische Ausbildung

Weitere Berufs- und Karrieremöglichkeiten kann ein Studium eröffnen. Der Zugang zum Studium ohne schulische Hochschulzugangsberechtigung wird in den einzelnen Bundesländern geregelt. Mögliche Studienfächer (und darin vermittelte Kenntnisse mit Relevanz für die Energieeffizienz im Verkehrssektor) umfassen folgende Studienschwerpunkte, welche an Universitäten, Fachhochschulen und Berufsakademien angeboten werden:

- Energietechnik (u. a. Konstruktion von Energieversorgungsanlagen, Optimierung von Energieeinsparung und -rückgewinnung in Elektromotoren)
- Elektrotechnik (u. a. Entwicklung und Konstruktion elektrotechnischer Produkte wie Steuerungs- und Regelungseinrichtungen)
- Elektromobilität (u. a. Planung und Konstruktion von Komponenten für Elektro- und Hybridfahrzeuge, Weiterentwicklung der Ladeinfrastruktur und Batterietechnik)
- Mechatronik (u. a. Planung und Produktion intelligent zusammenwirkender mechanischer, elektronischer und informationstechnischer Komponenten)
- Fahrzeugtechnik (u. a. Konstruktion von Fahrzeugen, Entwicklung energieeffizienter Antriebstechnologien)
- Automatisierungstechnik (u. a. Planung und Entwicklung automatisierter Systeme für die Automobilindustrie)
- Informations- und Kommunikationstechnik (u. a. Entwicklung von Datennetzen und Kommunikationssystemen in der Verkehrsindustrie)

⁴⁰⁷ BIBB (2021b).

4.4.3 Berufe in der Luftverkehrs-, Schiffs- und Fahrzeugelektronik (2633)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Luftverkehrs-, Schiffs- und Fahrzeugelektronik** zählen zu den Elektrotechnikberufen. In Hinblick auf die in dieser Studie betrachteten Technologien zur Erhöhung der Energieeffizienz im Verkehrsbereich, spielen insbesondere Ingenieur/-innen für Fahrzeugelektronik, Ingenieur/-innen für Elektromobilität sowie Techniker/-innen für Elektromobilität eine zentrale Rolle. Sie entwickeln neue Fahrzeugkomponenten sowie elektrische und hybride Antriebe und arbeiten an der Verbesserung der Batterietechnik.

Bereich Fahrzeugtechnik

Durch den steigenden Anteil von elektrischen, elektronischen und Software-Komponenten in Fahrzeugen und der gleichzeitigen Reduktion des Anteils an mechanischen Bauteilen, werden für Fahrzeugelektroniker/-innen Fähigkeiten im Bereich der Mechanik weniger wichtig, während Kompetenzen im Bereich der Elektronik und Software aufgebaut werden müssen.⁴⁰⁸ Dazu zählen u. a. Embedded Systems, Softwaresteuerung sowie Fahrerassistenzsysteme. Aufgrund der hohen Kompetenzanforderungen sind insbesondere akademisch ausgebildete **Ingenieur/-innen für Fahrzeugelektronik** in der Entwicklung und Konstruktion elektronischer Bauteile und -gruppen sowie der zugehörigen Software-Systeme tätig. Zu den erforderlichen Tätigkeiten und Kompetenzen von Fahrzeugelektronikingenieur/-innen zählen u. a.:⁴⁰⁹

- Fundierte Physikkenntnisse für die Entwicklung und Konstruktion elektronischer Schaltungen, Steuerungen und Bauteile für Fahrzeuge, bspw. für autonome Transportsysteme oder Fahrerassistenzsysteme
- Beherrschung von Programmiersprachen und Tools
- Entwicklung komplexer Software-Systemen (Embedded Systems) für die Vernetzung von Fahrzeugen
- Auswahl, Modifizierung und Einsatz von Bus-Systemen
- Entwicklung und Herstellung von Leiterplatten
- Entwicklung und Testung elektronischer Diagnose- und Wartungssysteme für Fahrzeuge; dazu sind Kenntnisse auf folgenden Gebieten notwendig:
 - Sensorik
 - intelligente Regelungstechniken
 - fahrzeugspezifische Hard- und Softwareentwicklung
 - Mikroprozessortechnik
 - Simulationstechnik und -software zur Erstellung digitaler Produktsimulationen

Bereich Elektromobilität

Ingenieur/-innen für Elektromobilität sind hingegen in der Entwicklung und Konstruktion von Komponenten und Systemen für Elektro- bzw. Hybridfahrzeuge, wie bspw. Antriebsstrang, Leistungselektronik, Energiespeicher, Steuerungstechnik oder Hochvoltleitungen tätig. Sie konstruieren Komponenten der elektrischen Antriebstechnik, der Energietechnik, der Batterietechnik und der Fahrzeugelektronik mit dem Ziel den Antriebsstrang und den Energieverbrauch von Fahrzeugen zu optimieren. Auch die Entwicklung der zugehörigen Software sowie die Weiterentwicklung effizienter Ladestationen fällt in ihr Aufgabengebiet. Wie Ingenieur/-innen für

⁴⁰⁸ Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg (2023).

⁴⁰⁹ Vgl. BERUFENET Ingenieur/in - Fahrzeugelektronik. Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/59355>
<https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/126659> (online, abgerufen am 12.04.2023).

Fahrzeugelektronik können auch Ingenieur/-innen für Elektromobilität an der Entwicklung vernetzter Fahrzeugtechnik mitwirken.

Im Bereich der Entwicklung umfassen die erforderlichen Tätigkeiten und Kompetenzen u. a.:⁴¹⁰

- Planung und Konstruktion von Komponenten der elektrischen Antriebstechnik, der Energietechnik, der Batterietechnik und der Fahrzeugelektronik
- Weiterentwicklung des elektronischen Batteriemagements
- Entwicklung und Umsetzung technischer Konzepte im Hochvolt-Bereich
- Analyse und Weiterentwicklung von Komponenten der Steuerungs- und Regelungstechnik
- Entwicklung eingebetteter Systeme für Elektro- und Hybridfahrzeuge
- Weiterentwicklung der Ladeinfrastruktur
- Erstellung von Simulationen und Modellen für Fahrzeuge und Teilsysteme
- Entwicklung von Aktoren für Elektrofahrzeuge

Für Personen mit einer beruflichen Ausbildung, bspw. im Bereich der Kraftfahrzeugtechnik, besteht die Möglichkeit einer zweijährigen Weiterbildung zum/zur Techniker/-in der Fachrichtung Elektromobilität. Die Techniker/-innen arbeiten u. a. mit Ingenieur/-innen für Elektromobilität zusammen und wirken bei der Entwicklung und Produktion elektronischer sowie fahrzeugtechnischer Systeme und Komponenten für Elektrofahrzeuge sowie für das Elektroenergiemanagement mit. Darüber hinaus warten sie Hochvolt- und andere Energiesysteme und halten diese instand.

Perspektivisch werden sie verstärkt autonome Fahrsysteme, Fahrerassistenzsysteme und Sensoren in Elektrofahrzeuge einbauen. Zu ihren typischen Kompetenzen zählen u. a.:⁴¹¹

- Analyse und Weiterentwicklung von Komponenten der Steuerungs- und Regelungstechnik
- Auswahl und Integration von Systemen des Antriebs und der Energieübertragung
- Analyse von Systemen zur Signalübertragung
- Mitwirken bei der Herstellung von Hochvoltssystemen
- Bedienung, Wartung und Instandhaltung von Hochvoltssystemen
- Analyse und Anpassung der Komponenten von elektrisch bzw. hybrid betriebenen Fahrzeugen
- Analyse und Erweiterung vernetzter Systeme von Fahrzeugen
- Mitwirken beim Aufbau und der Erweiterung von Versorgungsinfrastrukturen mit Ladestationen bzw. Stromtankstellen
- Einsetzen von Batteriesystemtechnik oder Brennstoffzellentechnik
- Weiterentwicklung von Energiespeichersystemen, z. B. mittels Automatisierungs- und Regelungstechnik

⁴¹⁰ BERUFENET: Ingenieur/in - Elektromobilität. Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/132032>
<https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/126659>(online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴¹¹ Vgl. BERUFENET): Techniker/in – Elektromobilität. Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/126659#taetigkeit> (online, abgerufen am 12.04.2023).

Infobox: Digitale Schnittstellen

Die fortschreitende Digitalisierung bringt für Beschäftigte im Bereich der Fahrzeugelektronik eine Vielzahl neuer Technologien und Verfahren mit sich. Bereits heute entwickeln sie digitale Fahrzeugkomponenten und zugehörige Softwaresysteme, u. a. für Fahrerassistenzsysteme, autonomes Fahren und Elektrofahrzeuge. In der Folge werden die Kernkompetenzen von Beschäftigten in der Fahrzeugelektronik neben technischen Fachkenntnissen zukünftig vor allem Systemwissen und ganzheitliches Denken in Kombination mit umfassenden IKT-Kenntnissen umfassen.⁴¹²

Im Bereich der Entwicklung können Prototypen künftig mithilfe eines 3D-Druckers hergestellt und mittels 3D-Laserscanning zu virtuellen Testzwecken digital abgebildet werden. 3D-Simulationen ermöglichen darüber hinaus die Testung neuer Fahrzeugelektronik bzw. neuer Antriebssysteme.

Zwar gilt die Automobilbranche bereits als in hohem Maße automatisiert, der Einsatz kollaborierender Roboter (Cobots), bspw. in der Montage des Antriebsstrangs oder der Elektronik, hat jedoch das Potenzial die Effizienz weiter zu erhöhen. Predictive-Maintenance-Lösungen ermöglichen es Techniker/-innen zudem ungeplante Ausfälle und Reparaturen durch eine laufende Auswertung der Maschinen- und Elektrofahrzeugdaten zu minimieren.

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich – veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Programmierkenntnisse
- Entwicklung von 3D-Simulationen
- Kenntnisse in der additiven Fertigung
- Grundverständnis von automatisiertem und autonomem Fahren und der damit einhergehenden Technologien (Lidar-Technologie, Vernetzungssysteme, Künstliche Intelligenz)
- Entwicklung digitaler Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (z.B. Sensorik, Mikroelektronik, Predictive Maintenance)
- Umgang bzw. Zusammenarbeit mit kollaborativen Robotern (Cobots)
- Einbau von Fahrerassistenzsystemen, Connected-Cars-Technologien, autonomen Fahrsystemen und Aktoren in Fahrzeuge

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Fortbildung

Für eine Weiterbildung zum/zur Techniker/-in in der Fachrichtung Elektromobilität ist in der Regel ein Abschluss in einem einschlägig anerkannten Ausbildungsberuf, bspw. in einem Beruf der Fahrzeugtechnik, Mechatronik oder Elektrotechnik, sowie eine anschließende Berufstätigkeit von mindestens einem Jahr erforderlich. Die zweijährige Weiterbildung findet meist an Fachschulen statt. Zu den Pflichtfächern zählen üblicherweise u. a. Informatik,

⁴¹² Priesack et al. (2018).

Elektrotechnik, Elektronik, Steuerungs- und Regelungstechnik, Fahrzeugtechnische Kommunikationssysteme und Hybrid- und Elektrofahrzeuge. Als Wahlfächer werden darüber hinaus u. a. Energieerzeugung und -speicherung sowie Elektromaschinen und Leistungselektronik angeboten. Auch Grundlagen im Projektmanagement und der Projektarbeit werden den Schüler/-innen vermittelt.⁴¹³

Akademische Ausbildung

Für eine Tätigkeit in der (Weiter-)Entwicklung von elektronischen Komponenten, Software-Systemen und alternativen Antrieben ist in der Regel ein ingenieurwissenschaftliches Studium Voraussetzung. Studiengänge in den Fachbereichen Fahrzeuginformatik und -elektronik sowie Elektromobilität werden an (technischen) Fachhochschulen, Universitäten und Hochschulen angeboten. Im grundständigen Studium sind dabei sowohl ausbildungsintegrierende als auch praxisintegrierende Studiengänge möglich. Ein Studium der Elektromobilität kann beispielsweise mit der Ausbildung im anerkannten Ausbildungsberuf Elektroniker/in für Informations- und Systemtechnik kombiniert werden, ein Studium der Fahrzeugelektronik mit der Ausbildung zum/zur Kraftfahrzeugmechatiker/-in.⁴¹⁴ Darüber hinaus besteht die Möglichkeit dualer Studienmodelle. Dies ermöglicht die Gewinnung von praxisnah ausgebildeten Akademiker/-innen. Ein Studium im Fachbereich Fahrzeugelektronik ist auch mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung bzw. mit Weiterbildung zum/zur Meister/-in oder Techniker/-in möglich. Der Zugang zum Studium ohne schulische Hochschulzugangsberechtigung wird in den einzelnen Bundesländern geregelt.

Im grundständigen **Elektromobilitätsstudium** werden den Studierenden insbesondere die mathematischen, physikalischen und technischen Grundlagen elektrischer Antriebe vermittelt. Pflichtveranstaltungen umfassen in der Regel u. a. Elektrotechnik, Fahrzeugtechnik, Regelungstechnik, Sensortechnik sowie Informatik bzw. Programmieren. Wahlmodule ermöglichen Spezialisierungen bspw. in Elektromobilität, Autonomes Fahren, Verkehrstelematik oder Automotive Software. Im weiterführenden Studium können die im Grundstudium erworbenen Kenntnisse vertieft werden. In der Regel erfolgt eine weitere Spezialisierung auf einen Themenbereich, wie bspw. Batterietechnik, Energieversorgung oder Fahrzeugvernetzung. Voraussetzung für die Zulassung zu einem weiterführenden Studium ist in Regel ein erfolgreicher Abschluss eines Grundstudiums in den Fachrichtungen Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Mechatronik, Elektrotechnik, Informationstechnik oder verwandten Studiengängen.

Die Studiengangbezeichnungen im Bereich der Elektromobilität sind vielfältig: Im Grundstudium werden u. a. Vernetzte Elektromobilität, Elektromobilität, autonomes Fahren und mobile Robotik sowie Elektromobilität und regenerative Energien angeboten. Im weiterführenden Studium bspw. Alternative Antriebe in der Fahrzeugtechnik, Elektromobilität und Fahrzeugelektrifizierung und Nachhaltige Mobilität.⁴¹⁵ Die Regelstudienzeit im Grundstudium beträgt zwischen sechs und acht Semestern, im weiterführenden Studium zwei bis vier Semester.

⁴¹³ Vgl. bspw. BSZ Staatliche Fachschule Roth. Link: https://www.bsz-roth.de/assets/files/downloads/flyer_fs_fahrzeugtechnik_0.pdf; Technikerschule Ingolstadt. Link: <https://ts.ingolstadt.de/index.php/fahrzeugtechnik-und-elektromobilitaet.html>; Eckert Schulen. Link: <https://www.eckert-schulen.de/akademie/staatlich-gepruefte-techniker/weiterbildung-techniker/techniker-fuer-fahrzeugtechnik-und-elektromobilitaet-mw> (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴¹⁴ Vgl. BERUFENET: Fahrzeuginformatik, -elektronik (grundständig). Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/93708#ueberblick>; BERUFENET: Elektromobilität (grundständig). Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/120089#ueberblick> (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴¹⁵ Vgl. bspw. Hochschule Mittweida, Technische Hochschule Deggendorf, [Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften](#), [Technische Hochschule Ingolstadt](#), [Hochschule Rhein-Main](#).

Auch das **Fahrzeugelektronikstudium** ist interdisziplinär gestaltet und vereint Themen aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik. Im Grundstudium erwerben Studierende grundlegende Kenntnisse rund um elektrische und elektronische Systeme in Fahrzeugen. Verpflichtend sind in der Regel Module wie Elektrotechnik, Elektronik, Kommunikationsnetze, Mikrocomputertechnik, Informatik und Programmieren sowie teilweise auch Mechatronik und Simulation. Im weiterführenden Studium besteht die Möglichkeit Kenntnisse und Kompetenzen bspw. in der Bordnetzarchitektur, Embedded Systems oder Automotive Software Technology zu vertiefen. Die Vielzahl der verschiedenen Studiengänge im Bereich Fahrzeugelektronik verdeutlichen die zunehmende Bedeutung der für einen energieeffizienten Verkehrssektor relevanten Technologien. So werden als Grundstudium u. a. folgende Studiengänge angeboten: Intelligente Mobilitätssysteme, Elektrotechnik mit Schwerpunkt Fahrzeugelektronik oder Information Management Automotive. Im weiterführenden Studium umfasst das Angebot u. a. Automotive Electronics, Automotive Software Engineering und Bordnetzentwicklung.⁴¹⁶ Die Regelstudienzeit beträgt im Grundstudium üblicherweise zwischen sechs und acht Semestern, im weiterführenden Studium zwei bis vier Semester.

Expert/-innen erachten die im Rahmen eines Studiums im Bereich der Fahrzeugelektronik vermittelten Inhalte im Hinblick auf die in dieser Studie betrachteten Technologien zur Erhöhung der Energieeffizienz im Verkehrsbereich als ausreichend.⁴¹⁷ Dennoch erfordert der fachgerechte Einsatz von neuen Technologien auch zukünftig die Vermittlung neuer Qualifikationen, auch in angrenzenden Wissensbereichen. Diese müssen in die berufliche und akademische Ausbildung integriert werden.

4.4.4 Berufe in der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs (5150)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs** umfassen insbesondere Ingenieur/-innen für Verkehrswesen sowie Techniker/-innen der Fachrichtung Verkehrstechnik mit dem Schwerpunkt Verkehrsmanagement. Aufgrund ihrer beruflichen Qualifikationen und Tätigkeiten spielen Verkehrsingenieur/-innen eine zentrale Rolle, um die Energieeffizienzziele im Verkehrssektor zu erreichen. Verkehrsingenieur/-innen sind u. a. in der Verkehrsplanung und dem Verkehrsbetrieb tätig. Damit nehmen sie nicht nur hinsichtlich einer **intelligenten Verkehrssteuerung**, sondern auch im Hinblick auf **neue Mobilitätskonzepte** eine Schlüsselrolle ein. Das Aufgabenspektrum reicht von Planung und Umsetzung von verkehrsmittelübergreifenden Mobilitätskonzepten, über die Koordination und Optimierung des Verkehrsflusses, bis hin zum Entwurf und Bau von Verkehrsanlagen. Darüber hinaus beraten sie Entscheidungsträger in allen verkehrsplanerischen Fragestellungen.⁴¹⁸ Auch Stadt- und Regionalplaner/-innen können bei der Verkehrsplanung mitwirken. Verkehrstechniker/-innen für Verkehrsmanagement widmen sich hingegen insbesondere der Planung und Koordinierung verschiedener Verkehrssysteme und -abläufe. Dazu werten sie u. a. durch vernetzte Fahrzeuge erhobene Daten aus. Mit der Optimierung von Verkehrsströmen leisten damit ebenfalls einen Beitrag zur intelligenten Verkehrssteuerung und zur Verkehrsverlagerung.

⁴¹⁶ Vgl. bspw. Hochschule Konstanz, Duale Hochschule Baden-Württemberg, Hochschule Neu-Ulm, Technische Hochschule Deggendorf, Technische Universität Chemnitz, Hochschule Landshut.

⁴¹⁷ Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2015).

⁴¹⁸ BSVI (2021).

Mit Blick auf die Handlungsfelder der vorliegenden Studie umfassen die erforderlichen Tätigkeiten und Kompetenzen von Verkehrsingenieur/-innen u. a.:⁴¹⁹

Neue Mobilitätskonzepte

- Planung, Gestaltung und Weiterentwicklung städtischer und regionaler Mobilitätssysteme mit Fokus auf Verkehrsträger und Infrastruktur
- Weiterentwicklung von Strategien für eine sinnvolle Arbeitsteilung zwischen öffentlichem Verkehr, MIV, Fahrrad- und Fußgängerverkehr (Modal Split)
- Integration von neuen bzw. alternativen Verkehrsformen (wie Sharing-Angebote, automatisiertes und autonomes Fahren)
- Integration neuer Antriebstechniken und der damit verbundenen Infrastruktur, wie bspw. Ladeinfrastruktur im Kontext Elektromobilität
- Planung, Entwicklung und Koordination von Fahrplänen, Fahrplananpassungen und Fahrgastinformationskonzepten (Modal Shift, Optimierung des Verkehrsflusses)
- Beratung von Entscheidungsträgern hinsichtlich neuer Mobilitätskonzepte

Intelligente Verkehrssteuerung

- Optimierung des Verkehrsmanagements mit neuen Informations-, Steuerungs- und Sicherheitstechniken (Verkehrstelematik)
- Entwicklung verkehrsmittelübergreifender Konzepte zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur
- Implementierung ingenieurwissenschaftlicher Grundlagen für digitalbasierte Steuerungssysteme
- Schaffung von Voraussetzungen für automatisiertes und autonomes Fahren
- Erforschung und Nutzung der Lidar-Technik für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge
- Planung und Umsetzung der Vernetzung von Fahrzeugen zur Optimierung und Effizienzsteigerung
- Aufbau von vernetzten Verkehrs- und Mobilitätsstrukturen
- Auswertung und Nutzung verschiedener Bewegungsdaten
- Organisation und Steuerung von Verkehrsleit- und Verkehrsführungssystemen
- Beratung von Entscheidungsträger hinsichtlich intelligenter Verkehrssteuerungssysteme und Transportkonzepte

Typische Tätigkeiten und Kompetenzen von Verkehrstechniker/-innen für Verkehrsmanagement umfassen hingegen u. a.:

- Projektion und Koordination verschiedener Verkehrssysteme und -abläufe (z. B. Bahn, Bus, Lkw)
- Entwicklung von Verkehrskonzepten und -plänen
- Erarbeitung von Lösungen für Probleme der Verkehrskonzeption, der Verkehrsplanung und des Verkehrsmanagements, um Fahrzeuge effizient und umweltfreundlich einzusetzen
- Ermittlung von Anforderungen an ein Verkehrssystem auf Basis von Daten bspw. zu Pendlerzahlen
- Analyse von aktuellen Daten zu Fahrzeugen und der Fahrsituation zur Optimierung des Fahrzeug- und Personaleinsatzes
- Auswertung von Daten von Fahrerassistenzsystemen zur Optimierung der Taktzeiten von bspw. Bussen

⁴¹⁹ BSVI (2013); BSVI (2021).

Infobox: Digitale Schnittstellen

Die fortschreitende Digitalisierung bringt für Verkehrsingenieur/-innen eine Vielzahl neuer Technologien und Verfahren mit sich. Bereits heute arbeiten Verkehrsingenieur/-innen überwiegend mit digitalen Werkzeugen wie Informations-, Kommunikations- und Leittechnologien. Dies wird sich zukünftig noch weiter verstärken. Der Einsatz von Virtual Prototyping oder Predictive Maintenance sowie die Entwicklung von 3D-Simulationen oder Platooning ermöglichen eine intelligente Verkehrssteuerung sowie die Realisierung innovativer Mobilitätskonzepte. Damit können Effizienzsteigerungen im Verkehrssektor erzielt werden.

Auch für Techniker/-innen für Verkehrsmanagement eröffnen digitale Entwicklungen neue Möglichkeiten. Vernetzte Fahrzeuge ermöglichen es ihnen bspw. aktuelle Positions- und Zustandsdaten über Fahrer/-innen, Fahrzeuge und Fahrsituationen zur Optimierung des Fahrzeugeinsatzes zu analysieren. Mit der Auswertung von Daten von Fahrerassistenzsystemen können sie bspw. die Taktzeiten von Bussen optimieren.

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich – demnach veränderte Kompetenzanforderungen einher:

- Entwicklung von 3D-Simulation von Verkehrsleitsystemen bzw. Verkehrssituationen
- Vernetzung von Kraftfahrzeugen zur Optimierung und Effizienzsteigerung planen und umsetzen
- Planung digitaler Verkehrs- und Parkleitsysteme
- Entwicklung digitaler Zwillinge für Transportautomatisierungssysteme
- Nutzung von Drohnen zur Vermessung und Erfassung von Verkehrsdaten
- Lidar-Technik für die Entwicklung autonomer Kraftfahrzeuge nutzen und erforschen
- Entwicklung von Fahrzeugkolonnen planen und umsetzen (Platooning)
- Berechnung und Analyse von Verkehrsflüssen mithilfe numerischer Simulation
- Mithilfe von Predictive-Analytics-Vorhersagen über das zukünftige Verkehrsaufkommen treffen
- Planung der Verwendung von Sensoren für Verkehrsleitsysteme
- Früherkennung von Fehlern in der Verkehrssystementwicklung mittels Virtual Prototyping
- Einsatz von Big Data zur Simulation und optimalen Steuerung des Verkehrs
- Auswertung von Daten von Fahrerassistenzsystemen zur Optimierung des Verkehrsflusses
- Analyse von aktuellen Positions- und Zustandsdaten über Fahrer/-innen, Fahrzeuge und die Fahrsituationen zur Optimierung des Fahrzeug- und Personaleinsatzes
- ggf. Einsatz von Building Information Modeling im Verkehrswegebau

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Fortbildung

Für eine Weiterbildung zum/zur Techniker/-in der Fachrichtung Verkehrstechnik mit dem Schwerpunkt Verkehrsmanagement ist in der Regel ein Abschluss in einem einschlägig anerkannten Ausbildungsberuf, bspw. im Fahrbetrieb oder in der Zugverkehrssteuerung, sowie eine anschließende Berufstätigkeit von mindestens einem Jahr erforderlich. Die zweijährige Weiterbildung (Vollzeit) findet meist an Fachschulen statt. Zu den Pflichtfächern zählen üblicherweise u. a. Verkehrsmanagement, Verkehrsplanung, Verkehrstechnik und Personenverkehr. Als Wahlfächer werden je nach Fachschule darüber hinaus Module u. a. zu Verkehrsanlagentechnik, Disposition

(Personenverkehr) und Fahrplanprogrammen angeboten. Auch Grundlagen im Projektmanagement, der Projektarbeit werden den Schüler/-innen vermittelt.⁴²⁰

Akademische Ausbildung

Der Studienbereich Verkehrsingenieurwesen entwickelte sich zunächst als Studienrichtung im Rahmen des Bauingenieurwesens bzw. des Maschinenbaus. Bis zur Einführung gestufter Bachelor- und Masterstudiengänge gab es abgesehen von der 1952 gegründeten Hochschule für Verkehrswesen in Dresden keine eigenständigen Studiengänge im Bereich Verkehrsingenieurwesen, die nicht als Studienrichtung oder Schwerpunkt innerhalb eines anderen Studiengangs absolviert wurden.⁴²¹ Heute gibt es eine Reihe an Studiengängen, die sowohl an Universitäten als auch an (technischen) (Fach-)Hochschulen angeboten werden. Die Studiengangbezeichnungen sind dabei vielfältig: Im Grundstudium werden u. a. Mobilitätsmanagement⁴²², Verkehrssystemtechnik, Verkehrsingenieurwesen und Mobilität angeboten. Im weiterführenden Studium bspw. Urbane Mobilität⁴²³, Transportation Systemen und Road Traffic Engineering. Die Regelstudienzeit im Grundstudium beträgt zwischen sechs und acht Semestern, im weiterführenden Studium zwei bis vier Semester.

Im Grundstudium sind häufig sowohl ausbildungsintegrierende als auch praxisintegrierende Studiengänge möglich. So besteht die Möglichkeit ein Studium im Fachbereich Verkehrsingenieurwesen mit einem technischen Ausbildungsberuf zu kombinieren.⁴²⁴

Im Rahmen des Grundstudiums werden die grundlegenden Fähigkeiten und Kompetenzen vermittelt. Im Masterstudium werden die Fachkompetenzen vertieft und ausgebaut. Zu den behandelten Themen im Studium zählen u. a. die Wechselwirkung von Raum- und Verkehrsplanung, die Verkehrsentwicklungsplanung mit den Komponenten MIV, ÖPNV, Fußgänger und Radfahrer und neue Entwicklungen in der Straßenverkehrstechnik, dem Verkehrsmanagement und der Verkehrsbeeinflussung. Dabei werden den Studierenden nicht nur naturwissenschaftlich und technisch geprägte Fähigkeiten vermittelt, sie werden auch auf die Befähigung zur Kommunikation und auf das Erkennen und Moderieren von Interessenskonflikten vorbereitet.⁴²⁵

Da sich erst mit dem Bologna-Prozess eigenständige Studiengänge im Bereich Verkehrsingenieurwesen etablierten, sind die meisten im Verkehrswesen tätigen Ingenieur/-innen Bauingenieur/-innen mit dem

⁴²⁰ Vgl. Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur. Lehrplan für die Fachschule. https://www.fs-gotha.de/wp-content/uploads/2017/10/FS_Verkehrstechnik_Verkehrsmanagement.pdf (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴²¹ Vgl. BERUFENET: Verkehrsingenieurwesen (grundständig). Link: https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/93762#studium_studienfachbeschreibung_historischeentwicklung (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴²² Vgl. Hochschule Rhein-Main, Link: <https://www.hs-rm.de/de/fachbereiche/architektur-und-bauingenieurwesen/studiengaenge/mobilitaetsmanagement-beng>; Technische Hochschule Wildau, Link: <https://www.th-wildau.de/studieren-weiterbilden/studiengaenge/verkehrssystemtechnik-b-eng/>; RWTH Aachen, Link: <https://www.rwth-aachen.de/cms/root/studium/Vor-dem-Studium/Studiengaenge/Liste-Aktuelle-Studiengaenge/Studiengangbeschreibung/~bldj/Verkehrsingenieurwesen-und-Mobilitaet-B-/> (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴²³ Vgl. Technische Hochschule Nürnberg, Link: <https://www.th-nuernberg.de/fakultaeten/bi/studium/masterstudiengang-urbane-mobilitaet/>; Technische Universität München, Link: <https://www.tum.de/studium/studienangebot/detail/transportation-systems-master-of-science-msc>; Westsächsische Hochschule Zwickau, Link: <https://www.fh-zwickau.de/studium/studieninteressenten/studienangebot/road-traffic-engineering-master/> (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴²⁴ Vgl. BERUFENET: Verkehrsingenieurwesen (grundständig). Link: https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/93762#studium_studienfachbeschreibung_historischeentwicklung (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴²⁵ Vgl. BSVI (2013).

Schwerpunkt Verkehrswesen. Aber auch akademisch ausgebildete Stadt- und Raumplaner/-innen, Umweltingenieur/-innen und Geograph/-innen sind häufig als Verkehrsingenieur/-innen tätig.⁴²⁶

Themen wie Smart Cities und Smart Regions, aber auch das Thema Nachhaltigkeit in der Transport- und Logistikbranche stellen für Verkehrsingenieur/-innen zentrale Weiterbildungsthemen dar. Durch die dynamischen Entwicklungen, getrieben von der fortschreitenden Digitalisierung und Vernetzung können sich Kompetenzanforderungen an Verkehrsingenieur/-innen ändern. Dies ist in den Curricula der Hochschulen und Universitäten zu berücksichtigen.

4.4.5 Berufe in der Überwachung und Steuerung des Eisenbahnverkehrs (5152)

SOLL-Anforderungen: Berufliche Kompetenzen

Die **Berufe in der Überwachung und Steuerung des Eisenbahnverkehrs** zählen zu den Berufen in der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs und umfassen u. a. beruflich ausgebildete Eisenbahner/-innen in der Zugverkehrssteuerung sowie Personen mit einer Weiterbildung zum/zur Techniker/-in der Fachrichtung Verkehrstechnik mit dem Schwerpunkt Eisenbahnbetrieb. Aufgrund ihrer Kompetenzen und Fähigkeiten spielen Beschäftigte dieser Berufsgruppe eine zentrale Rolle um die Effizienzziele im Verkehrs- bzw. im Bahnsektor zu erreichen. Eisenbahner/-innen in der Zugverkehrssteuerung sind für die Einstellung von Fahrstraßen verantwortlich. Sie kennen sich mit verschiedenen **Stellwerkstechniken sowie Zugbeeinflussungssystemen** aus und sind über Funk in Kontakt mit den Lokführer/-innen. Mit ihren Kenntnissen und Tätigkeiten ermöglichen sie einen effizienten und reibungslosen Verkehrsfluss und damit einhergehend eine höhere Taktung, was eine Voraussetzung für eine stärkere Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene darstellt. Verkehrstechniker/-innen für den Eisenbahnbetrieb entwickeln hingegen **Netzkonzepte und Verkehrsmanagementsysteme für den Bahnbetrieb**. Sie planen Verkehrsabläufe mit dem Ziel die Bahnfahrzeuge effizient und umweltverträglich einzusetzen. Dazu ermitteln sie u. a. den Verkehrsbedarf und das Verkehrsaufkommen, erstellen Verkehrssimulationen und stellen den optimalen Einsatz von Signalanlagen sicher. Beim Ausbau und der Modernisierung von Schienenwegen übernehmen sie Aufgaben in der Bauaufsicht.⁴²⁷

Im Hinblick auf diese Studie umfassen typische Kompetenzen und Tätigkeiten von **Eisenbahner/-innen in der Zugverkehrssteuerung** u. a.:⁴²⁸

- Überwachung der Fahrstrecken von Personen- und Güterzügen
- Bedienung von Zugbeeinflussungsanlagen zur Optimierung des Schienenverkehrs
- Kenntnisse über Aufbau und Funktion der Sicherungstechnik von (elektrischen) Stellwerken, wie
 - Blockeinrichtungen
 - Gleisfreimeldeanlagen

⁴²⁶ Ebd.

⁴²⁷ Vgl. BERUFENET: Techniker/in - Verkehrstechnik (Eisenbahnbetrieb); Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/6020> (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴²⁸ Vgl. BERUFENET: Eisenbahner/in – Zugverkehrssteuerung; Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/136199> (online, abgerufen am 12.04.2023).

- Fahrstraßeneinrichtung
- Bedienung von Fahrwegelementen mittels unterschiedlicher Stellwerkstechniken
- Einstellung von Fahrstraßen (Fahrweg, Weichen, Signalen)
- Steuerung und Sicherung von Zugfolge und -abständen
- Kommunikation mit Mitarbeiter/-innen im Stellwerk, Lokführer/-innen und Leitstellen
- Analyse von Betriebsstellen wie Anlagen der freien Strecke
- Durchführung von Soll-Ist-Vergleichen mit Planungsdaten, bspw. hinsichtlich des Energieeinsatzes
- Kenntnisse in der Bedienung von mechanischen, elektromechanischen und elektronischen Anlagen, wie bspw. leit- und sicherungstechnische Anlagen oder Telekommunikationsanlagen

- Zu den typischen Tätigkeiten und Kompetenzen von Beschäftigten mit einer Weiterbildung zum/zur **Techniker/-in der Fachrichtung Verkehrstechnik mit dem Schwerpunkt Eisenbahnbetrieb** zählen im Hinblick auf die Energieeffizienz im Verkehrssektor u. a.:⁴²⁹
- Planung, Entwicklung und Betreiben von Netzkonzepten und Verkehrsmanagementsystemen für den Bahnbetrieb
- Erarbeitung von Verkehrsbedarf und -aufkommensentwicklungen
- Entwicklung und Abstimmung von Verkehrswegen bzw. einzelnen Komponenten und ihre Vernetzung untereinander sowie mit anderen Verkehrssystemen
- Ermittlung von Taktzahlen
- Kenntnisse in den Möglichkeiten der Kombination von Verkehrsträgern (kombinierter multimodale Transportketten)
- Kenntnisse über Funktion sowie Fähigkeit zur Bedienung elektronischer Stellwerke sowie Zugbeeinflussungsanlagen
- Erstellung von Fahrplänen unter Einsatz entsprechender Software
- Entwerfen von Verkehrsleitsystemen
- Mitwirken bei der Aufrechterhaltung des technischen Betriebs, bspw. in der rechnergestützten Zugüberwachung oder im elektronischen Stellwerk
- Entwicklung von Verbesserungsmaßnahmen, bspw. bei häufigen Verspätungen
- Bauaufsicht bei Gleisneubau sowie bei Instandhaltungsarbeiten am bestehenden Schienennetz
- Grundkenntnisse in der allgemeinen Baustoffkunde (bspw. Baustoffe des Verkehrsbaus)
- Grundkenntnisse in der Fahrphysik, der Weichengeometrie und der Fahrbahnkonstruktion

Infobox: Digitale Schnittstellen

Im Rahmen des Projekts „Digitale Schiene Deutschland“ sollen Gleise, Weichen, Stellwerke, Signale und Züge in einem digitalen Bahnnetz miteinander vernetzt werden.⁴³⁰ Stand heute sind in Deutschland vor allem Relaisstellwerke und elektronische Stellwerke im Einsatz. Aber es existieren auch immer noch mechanische Stellwerke aus der Kaiserzeit.⁴³¹ Die netzweite Einführung digitaler Stellwerke (DSTW) sowie des European Train Control Systems (ETCS) eröffnet eine Vielzahl neuer Steuerungs-, Planungs- und Diagnosemöglichkeiten und führt damit zu teilweise tiefgreifenden Änderungen der Kompetenzanforderungen an Eisenbahner/-innen in der Zugverkehrssteuerung sowie Techniker/-innen der Fachrichtung Verkehrstechnik mit dem Schwerpunkt Eisenbahnbetrieb.

⁴²⁹ Vgl. BERUFENET: Techniker/in - Verkehrstechnik (Eisenbahnbetrieb); Link: <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/6020>; Thüringer Kultusministerium (2005).

⁴³⁰ Müller (2021).

⁴³¹ Digitale Schiene Deutschland (2023).

Mit den veränderten digitalen Möglichkeiten gehen – je nach Tätigkeitsbereich – demnach veränderte Kompetenzanforderungen einher:⁴³²

- digitale (Grund-)Kompetenzen
- Planung des Einsatzes autonomer Transportsysteme
- Überwachung autonom fahrender Züge in der Leitstelle
- Entwicklung digitaler Verkehrsleitsysteme
- Optimierung von Verkehrsabläufen mithilfe des ETCS und DSTW
- Übermittlung und Bereitstellung von Zugmeldungen mittels ETCS
- Überwachung des Zustands von Bahnanlagen mithilfe vernetzter Systeme (Narrow-Band-IoT)
- Optimierung der Taktzeiten durch die Auswertung von Daten von Fahrerassistenzsystemen
- Erhalten und Überwachen automatisierter Streckenzustandmeldungen mittels digitaler Sensortechnik
- Kenntnisse in der Anwendung von digitalen Mobilitätsplattformen, bspw. Freigabe von Tickets und Anschlussverbindungen über vernetzte Plattformen

SOLL-IST-Abgleich: Ausbildungs- & Studienordnungen

Berufliche Ausbildung

Die bisherige Ausbildung zum/zur Eisenbahner/-in im Betriebsdienst wurde im Jahr 2022 neu geordnet und in die zwei Ausbildungsberufe Eisenbahner/-in in der Zugverkehrssteuerung und Eisenbahner/-in im Betriebsdienst Lokführer/in und Transport aufgeteilt.⁴³³ Neben der inhaltlichen Neuausrichtung spielen nun die Digitalisierung und der Einsatz neuer Technologien eine größere Rolle.

Die Ausbildung zum/zur Eisenbahner/-in in der Zugverkehrssteuerung dauert in der Regel drei Jahre und wird parallel im Ausbildungsbetrieb und in der Berufsschule durchgeführt. Die erste Ausbildungsphase, welche dem ersten Ausbildungsjahr entspricht, ist für beide Ausbildungsberufe für Eisenbahner/-innen identisch. Die Schüler/-innen erlangen die grundlegenden Kompetenzen im Kontext typisch beruflicher und berufsübergreifender Handlungsabläufe des Eisenbahnbetriebes.⁴³⁴ Darauf aufbauend werden in der zweiten Ausbildungsphase berufsspezifische Kompetenzen vermittelt. Im Lernfeld 5 „Fahrweegelemente bedienen und sichern“ lernen Eisenbahner/-innen in der Zugverkehrssteuerung bspw. Fahrweegelemente mittels unterschiedlicher Stellwerkstechniken zu bedienen (Zeitrichtwert: 40 Stunden). Die Kompetenz Zugfahrten im Regelbetrieb zu leiten wird den Auszubildenden im Lernfeld 6 vermittelt (Zeitrichtwert: 80 Stunden). Dazu zählt u. a. die Bedienung von

⁴³² Vgl. BERUFENET: Techniker/in - Verkehrstechnik (Eisenbahnbetrieb), Link: https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/6020#berufsperspektiven_beruflicheQualifizierung_digitalisierungstrends; BERUFENET: Eisenbahner/in – Zugverkehrssteuerung, Link: https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/136199#berufsperspektiven_beruflicheQualifizierung_digitalisierungstrends (online, abgerufen am 12.04.2023).

⁴³³ Vgl. Bundesanzeiger (2022).

⁴³⁴ Vgl. KMK (2021).

Signalsystemen und Zugbeeinflussungssystemen.⁴³⁵ Technikneutrale Formulierungen wie „Zugbeeinflussungssysteme“ oder „Stellwerktechniken“ erlauben es dabei auch ohne konkrete Nennung den Umgang mit und Einsatz von neuen Technologien wie ETCS oder DSTW zu vermitteln.

Im Hinblick auf die Erreichung der Energieeffizienzziele im Verkehrssektor durch einen Kapazitätsausbau im Schienenverkehr, erscheint die gegenwärtige Ausbildungskonstruktion durch die erst kürzlich stattgefundene Neuordnung als ausreichend.

Berufliche Fortbildung

Eisenbahner/-innen haben die Möglichkeit, nach der abgeschlossenen Berufsausbildung eine Weiterbildung zum/zur Techniker/-in der Fachrichtung Verkehrstechnik mit dem Schwerpunkt Eisenbahnbetrieb abzulegen. Die Weiterbildung ist landesrechtlich geregelt und findet meist an Fachschulen statt. Im Rahmen der Weiterbildung gliedert sich in der Regel in einen fachrichtungsübergreifenden und einen fachrichtungsbezogenen Lernbereich. Im fachrichtungsbezogenen Bereich können bspw. Kenntnisse zu den Methoden und Verfahren der Verkehrsplanung, zu Möglichkeiten der multimodalen Kombination von Verkehrsträgern sowie zur Optimierung von Transportprozessen und Serviceleistungen vermittelt werden. Auch die Formulierung von sicherungstechnischen Anforderungen für den Um- und Ausbau von Bahnanlagen sowie allgemeine Kenntnisse zur Sicherungs- und Betriebsleittechnik können Teil der Technikerweiterbildung sein.⁴³⁶

Akademische Ausbildung

Weitere Berufs- und Karrieremöglichkeiten kann ein Studium eröffnen. Der Zugang zum Studium ohne schulische Hochschulzugangsberechtigung wird in den einzelnen Bundesländern geregelt. Mögliche Studienfächer (und darin vermittelte Kenntnisse mit Relevanz für die Energieeffizienz im Verkehrs- bzw. Bahnsektor) umfassen folgende Studienschwerpunkte, welche an Universitäten, Fachhochschulen und Berufsakademien angeboten werden:

- Verkehrsingenieurwesen (u. a. Verkehrsentwicklungsplanung, Verkehrsmanagement, Verkehrsbeeinflussung)
- Verkehrsbetriebswirtschaft (u. a. Informatik im Transportwesen, Ökologische Transportlogistik, Personenverkehrsmanagement)

⁴³⁵ Ebd.

⁴³⁶ Vgl. Thüringer Kultusministerium (2005).

5 Potentialberufe für einen Wechsel in die Energieeffizienz

Bei den in den vorangegangenen Kapiteln ausgearbeiteten Schlüsselberufen bestehen zum Teil bereits heute Fachkräfteengpässe (vgl. Tabellen in den Abschnitten 2.3, 3.3, 4.3). Es ist davon auszugehen, dass sich diese Engpässe künftig aufgrund der demografisch ungünstigen Entwicklungen weiter verschärfen werden. Die Grundausbildung von Nachwuchsfachkräften und die Weiterbildung der Beschäftigten in den Schlüsselberufen der Energieeffizienz sind zentrale Hebel der Fachkräftesicherung, werden aber allein nicht ausreichen, um die Fachkräftebedarfe zu decken. Um die klimapolitischen Ziele in den Sektoren Gebäude, Verkehr und Industrie zu erreichen, müssen daher weitere Fachkräftepotenziale erschlossen werden.

Eine Möglichkeit besteht darin, Personen, die in anderen Sektoren oder Branchen aufgrund des Strukturwandels nicht mehr im heutigen Umfang beschäftigt werden, für die Schlüsselberufe im Bereich der Energieeffizienz zu gewinnen. Dies können Erwerbstätige mit der gleichen Berufsausbildung sein, also Branchenwechsler/-innen, die ggf. eine Anpassungsqualifizierung bräuchten. Dies können aber auch Erwerbstätige in „verwandten“ Berufen mit einem ähnlichen Kompetenzprofil sein, die für einen Quereinstieg in einen der Schlüsselberufe entsprechend nach-/umqualifiziert werden müssten. Im Folgenden wird auf die zweite Gruppe fokussiert⁴³⁷.

Aufgrund der Vielzahl der in der Statistik differenzierten Berufsuntergruppen erfolgt dabei zunächst eine Vorauswahl anhand der folgenden Kriterien:

- Erstens werden solche Berufe priorisiert, bei denen die empirische Wahrscheinlichkeit für einen Wechsel in einen der Schlüsselberufe mindestens ein Prozent beträgt und damit überdurchschnittlich hoch ist. Hierfür wird auf die Daten der beruflichen Flexibilitätsmatrix des Instituts für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB) und des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) zurückgegriffen. In dieser finden sich entsprechende Wahrscheinlichkeiten auf Ebene von Berufshauptgruppen (siehe Infobox).
- Zweites Kriterium für die Vorauswahl ist die Anzahl der aktuell in den jeweiligen Berufsuntergruppen Erwerbstätigen. Hier werden lediglich Berufsuntergruppen betrachtet, die eine Größenordnung von etwa 10.000 Erwerbstätigen nicht unterschreitet.

Infobox: Berufliche Flexibilitätsmatrix

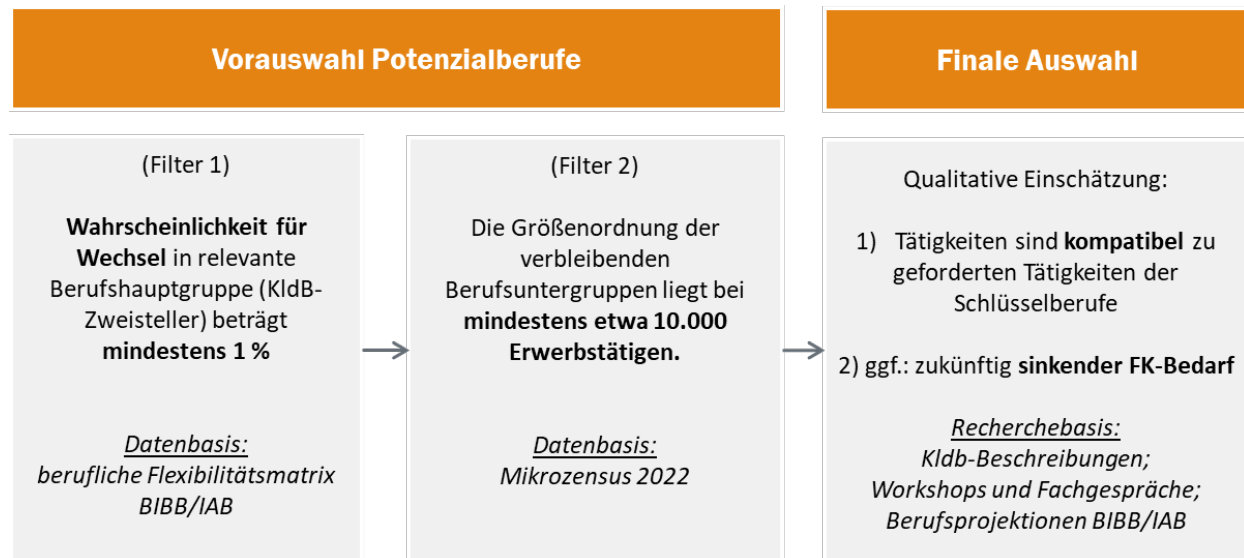
Die berufliche Flexibilitätsmatrix wurde vom Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB) empirisch ermittelt, zuletzt für das Jahr 2019⁴³⁸. Für jede Berufshauptgruppe zeigt die Flexibilitätsmatrix erstens, welcher Anteil der Erwerbstätigen im jeweils erlernten Beruf arbeitet. Zweitens wird dargestellt, wie hoch die Wahrscheinlichkeit für einen Wechsel in andere Berufshauptgruppen ist.

Ist die Wahrscheinlichkeit eines Wechsels zwischen zwei bestimmten Berufshauptgruppen überdurchschnittlich hoch, deutet dies auf eine relativ hohe qualifikatorische Nähe und größere Schnittmengen bezüglich der ausgeübten Tätigkeiten und Anforderungen hin. Entsprechend kann anhand dieser Wahrscheinlichkeiten eine systematische erste Vorauswahl für eine detailliertere qualitative Recherche getroffen werden.⁴³⁹

Für diese Vorauswahl an Berufsuntergruppen werden deren Tätigkeitsbeschreibungen, wie sie in der Klassifikation der Berufe der Bundesagentur für Arbeit hinterlegt sind, mit den in dieser Studie ausgearbeiteten Steckbriefen der Schlüsselberufe abgeglichen. Weiterhin werden Hinweise der Expert/-innen in den Workshops oder Fachgesprächen berücksichtigt. Bei der finalen Auswahl der möglichen Potenzialberufe werden solche Berufe höher gewichtet, in denen die Nachfrage nach Erwerbstätigen zukünftig voraussichtlich sinken wird.

Das Vorgehen zur Auswahl der Potenzialberufe ist in nachstehender Abbildung dargestellt.

Abbildung 2: Vorgehen zur Auswahl der Potenzialberufe



Eigene Darstellung Prognos AG

Bei der Interpretation der Auswahl der Potenzialberufe und der aufgeführten Schnittmengen muss beachtet werden, dass die in der vorliegenden Studie dargestellten Ergebnisse einen ersten Indikator darstellen. Um darauf aufbauend bspw. Instrumente auszugestalten, sind weitere Recherchen und Analysen notwendig. So können weitere Aspekte wie z.B. Gehaltsunterschiede zwischen den Potenzial- und Schlüsselberufen Herausforderungen für einen Wechsel darstellen. Dies gilt ebenfalls für rechtliche Rahmenbedingungen.

⁴³⁷ Dabei ist zu beachten, dass in den vorhergehenden Kompetenzsteckbriefen bereits einige „verwandte“ Berufsgruppen mit ähnlichen Tätigkeitsprofilen aufgeführt wurden. So können Tätigkeiten von Zimmerer/-innen auch teilweise von Tischler/-innen durchgeführt werden. Diese bereits konkret aufgeführten Berufe könnten somit zwar ebenfalls als Potenzialberufe interpretiert werden. Der Fokus der Analyse soll hier jedoch auf weiteren, nicht bereits genannten Berufsgruppen liegen.

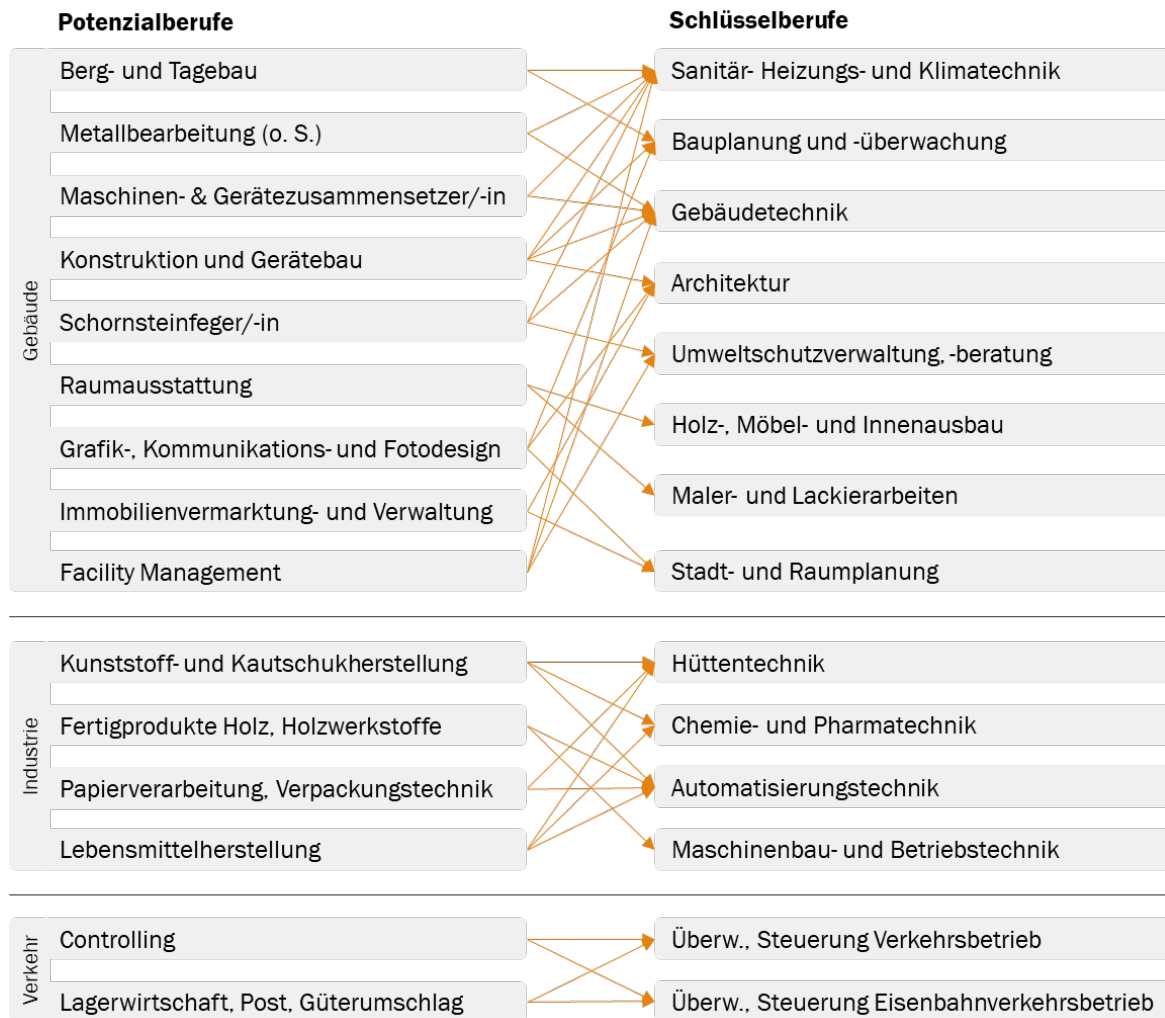
⁴³⁸ BIBB/IAB (2022): BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsprojektionen. 7. Welle, Basisprojektion. Berufliche Flexibilitätsmatrix nach Berufshauptgruppen im Jahr 2019.

⁴³⁹ Grund dafür, dass diese Analyse nur für eine erste Vorauswahl verwendet werden kann, ist die Differenzierung der Flexibilitätsmatrix auf Ebene von Berufshauptgruppen (Zweisteller der KldB 2010). Der hohe Detaillierungsgrad der Ebene der Steckbriefe (Berufsuntergruppen bzw. Viersteller der KldB 2010) kann somit nicht direkt abgebildet werden.

5.1 Ausgewählte Potenzialberufe

Nachstehende Abbildung zeigt auf einen Blick, welche 15 Potenzialberufe anhand des eingangs beschriebenen Vorgehens ausgewählt wurden und welchem Sektor diese zugeordnet sind. Die Pfeile zeigen für welche Schlüsselberufe die Potenzialberufe in Frage kommen bzw. wo sich miteinander korrespondierende Tätigkeiten und Kompetenzen finden.

Abbildung 3: Überblick: Auswahl der Potenzialberufe sowie zugehöriger Schlüsselberufe



Eigene Darstellung Prognos AG

Die Übersicht macht deutlich, dass die meisten der ausgewählten Potenzialberufe auf den Gebäudesektor abzielen. Vor dem Hintergrund, dass die Mehrheit der in der vorliegenden Studie analysierten Schlüsselberufe ebenfalls auf den Sektor Gebäude entfällt, ist diese Gewichtung sinnvoll. Ebenfalls wird sichtbar, dass jeder der betrachteten Potenzialberufe für mindestens zwei Schlüsselberufe in Betracht kommt – in einigen wenigen Fällen finden sich sogar Schnittmengen in bis zu vier Schlüsselberufen. Im nachstehenden Abschnitt werden die einzelnen Potenzialberufe detailliert dargestellt und deren korrespondierenden Kompetenzen zu den jeweiligen Schlüsselberufen erläutert.

5.1.1 Wechsel in Schlüsselberufe des Sektors Gebäude

Berufe im Berg- und Tagebau (2111)

Die Berufe im Berg- und Tagebau sind der Berufshauptgruppe Rohstoffgewinnung und -aufbereitung, Glas- und Keramikherstellung und -verarbeitung zugeordnet. Überdurchschnittlich statistische Wechselwahrscheinlichkeiten bestehen laut der beruflichen Flexibilitätsmatrix sowohl in Hoch- und Tiefbauberufe, (Innen-)Ausbauberufe, Gebäude- und versorgungstechnische Berufe sowie Mechatronik-, Energie- und Elektroberufe. Damit handelt es sich um Berufshauptgruppen, denen gleich mehrere Schlüsselberufe zugeordnet sind. Die Anzahl der Erwerbstätigen in den Berufen im Berg- und Tagebau umfasst etwa 31.000 Personen und ist damit vergleichsweise gering. Da ein Großteil der Beschäftigten im (Kohle-)Bergbau tätig ist, erscheint es plausibel, dass die Nachfrage nach Beschäftigten dieser Berufsuntergruppe zukünftig rückläufig ist. So weisen die Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB für die zugehörige Berufsgruppe einen zukünftig rückläufigen Bedarf aus.⁴⁴⁰

Zu den durchzuführenden **Tätigkeiten** der in dieser Berufsuntergruppe Beschäftigten gehört unter anderem die Durchführung der bergbaulichen Bohrungen zur Erschließung von Lagerstätten. Darüber hinaus verlegen sie Rohr-, Schlauch- und Kabelleitungen für die Frischluft-, Wasser- und Energieversorgung und entwickeln die hierfür erforderlichen Systeme. Das Installieren und Warten von Pumpen und Gebläsen gehört ebenfalls zum Tätigkeitsfeld. Aufgrund dieser Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen finden sich teilweise Gemeinsamkeiten zu den Anforderungen an Teilbereiche der **Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)**.⁴⁴¹

Bei den in dieser Berufsgruppe tätigen Experten, die die Förderstätten im Hinblick auf Stabilität und Abnutzung der Konstruktionen fachlich überwachen und kontrollieren, bestehen Schnittmengen zu den Berufen in der **Bauplanung und -überwachung (3110)** bestehen. In der nachfolgenden Tabelle sind die zugehörigen Schlüsselberufe und die korrespondierenden Kompetenzen zu den Berufen im Berg- und Tagebau aufgeführt.

Tabelle 12: Übersicht Berufe im Berg- und Tagebau (2111): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)	Einbau, Austausch und Optimierung von Klima- und Raumlüftungsanlagen; ggf. Planung und Überwachung von (Tiefen-)Bohrungen, z.B. im Zusammenhang mit einer Sole/Wasser-Wärmepumpe; Dimensionierung von Rohrleitungen, Pumpen und Heizkörpern; Abdichtung, Dämmung und Isolierung von Rohrleitungen; Kenntnisse über gesetzliche Regelungen zu Genehmigungen; Arbeits- und Umweltschutz; Instandhaltung und Wartung von Anlagen und Maschinen
Bauplanung und -überwachung (3110)	Planung energieeffizienter Wärme- bzw. Kälteversorgung; Darstellung von Planungen in Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplänen; Grundlegendes Verständnis zu wesentlichen mechanischen, physikalischen

⁴⁴⁰ BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsprojektionen: 7. Welle (Basisprojektion). Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich die Angaben zu den zukünftigen Bedarfen auch bei den übrigen Potenzialberufen auf diese Quelle.

⁴⁴¹ Darüber hinaus sind die mit der Planung und Überwachung von (Tiefen-)Bohrungen einhergehenden Kompetenzen im Zusammenhang mit der Installation einer Sole/Wasser-Wärmepumpe relevant – und damit auch für eine für den SHK-Bereich wichtige „vorleistende“ Funktion.

	und chemischen Eigenschaften verschiedener Baustoffe sowie zu deren Herstellung (Baustoffkunde); arbeiten eng mit weiteren in der Planung von Bauvorhaben beteiligten Gewerken zusammen und überprüfen bspw., ob der Entwurf von Architekt/-innen auch konstruktiv eine standsichere Lösung darstellt
--	---

Berufe in der Metallbearbeitung (ohne Spezialisierung) (2420)

Die Berufe in der Metallbearbeitung zählen zur Berufshauptgruppe Metallerzeugung und -bearbeitung, Metallbauberufe. Diese weisen gemäß der beruflichen Flexibilitätsmatrix mit 4,4 Prozent eine vergleichsweise hohe statistische Wechselwahrscheinlichkeit in die Gebäude- und versorgungstechnischen Berufe auf. Darüber hinaus handelt es sich bei den Berufen in der Metallbearbeitung mit gut 220.000 Erwerbstätigen um eine Berufsgruppe mit einem hohen quantitativen Potenzial. Dafür spricht ebenfalls, dass diese Berufsgruppe in der aktuellen Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit nicht als Engpassberuf eingestuft wird und die Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB für die zugehörige Berufsgruppe einen zukünftig rückläufigen Bedarf ausweisen.

Da es sich bei dieser Berufsuntergruppe um eine recht heterogene Gruppe handelt, unterscheiden sich auch die **Tätigkeiten** und Kompetenzen der Beschäftigten je nach betrachtetem Teilbereich. So gehören u.a. Maschineneinrichter/-innen (allgemein), Teilezurichter/-innen oder Maschinen- und Anlagenführer/-innen (Fachrichtung Metall-, Kunststofftechnik) zu dieser Berufsuntergruppe. Die Kerntätigkeiten umfassen dabei das Einrichten von Fertigungsanlagen und Werkzeugmaschinen der Metallbearbeitung, sowie die Überwachung des Fertigungsablaufs und das Beheben von Störungen. Entsprechend erfordert die Durchführung dieser Tätigkeiten ein hohes Maß an Sorgfalt, Gewissenhaftigkeit und technischem Verständnis. Verantwortungsbewusstsein und das Einhalten von Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften zählen dabei ebenfalls zu den benötigten Kompetenzen. Diese Tätigkeits- und Kompetenzanforderungen korrespondieren in Teilen mit denjenigen der Schlüsselberufe in der **Gebäudetechnik (3410)** und Teilbereichen der **Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)**.

Tabelle 13: Übersicht Berufe in der Metallbearbeitung (ohne Spezialisierung) (2420): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)	Handwerkliches Verständnis beim Befestigen und Justieren von Anlagen und Systemen; Metallrohre, Bleche und Profile manuell oder mit maschineller Unterstützung zuschneiden, umformen, verschweißen; Verständnis für technische Zeichnungen und die Fähigkeit, diese ggf. selbst anfertigen und umsetzen.
Gebäudetechnik (3410)	Anwendung von Mess- und Prüfgeräten zur Überwachung von Produktionsprozessen; Ausführung handwerklicher Tätigkeiten beim Befestigen und Justieren von Anlagen; Grundkenntnisse im Bereich Werkstoffe der Technik; Programmierungsgrundlagen und digitale Schnittstellen im Planungsbereich; Verständnis für technische Zeichnungen und die Fähigkeit, diese zu interpretieren und umzusetzen.

Maschinen- und Gerätezusammensetzer/-innen (2511)

Maschinen- und Gerätezusammensetzer/-innen werden statistisch der Berufshauptgruppe Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe zugeordnet. Auch für diese Berufshauptgruppe ist die statistische Wechselwahrscheinlichkeit in die Gebäude- und versorgungstechnischen Berufe gemäß der beruflichen Flexibilitätsmatrix mit 3,3 Prozent überdurchschnittlich hoch. Ebenfalls gilt, dass es sich mit 213.000 Erwerbstätigen um eine bedeutende Berufsuntergruppe handelt, für die laut Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit aktuell noch keine Engpässe zu beobachten sind. Die Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB weisen für die zugehörige Berufsgruppe (Maschinenbau- und Betriebstechnik) darüber hinaus einen zukünftig rückläufigen Bedarf aus.

Zu den **Tätigkeiten** dieser Beschäftigten gehört das Montieren kompletter Maschinen aus Einzelbestandteilen. Dabei folgen die Beschäftigten genauen Montageanleitungen und verschrauben, verlöten, vernieten, verkleben oder verschweißen Maschinenbestandteile. Ebenfalls prüfen die Beschäftigten die Funktionalität und das Erreichen der den Arbeitsblättern entnommen Sollwerte, beseitigen Fehler und führen produktbezogene Reparaturen durch. Analog zu den zuvor betrachteten Berufen der Metallbearbeitung wird von den Beschäftigten ein entsprechend hohes Maß an Sorgfalt, Gewissenhaftigkeit und technischem Verständnis verlangt. Demzufolge bestehen auch in dieser Berufsgruppe Schnittmengen zu den Schlüsselberufen in der **Gebäudetechnik (3410)** und zu Teilbereichen der **Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)** (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14: Übersicht Maschinen- und Gerätezusammensetzer/-innen (2511): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)	Technisches Verständnis für Funktionspläne und konkrete Umsetzung bzw. Montage von sanitär-, heizungs- oder klimatechnischen Anlagen; handwerkliche Fähigkeiten manuell und mit maschineller Unterstützung; Löten, Kleben, Verschweißen im Zusammenhang mit Rohrleitungen.
Gebäudetechnik (3410)	Grundlagen über handwerkliche Tätigkeiten im Zusammenhang mit Montage und Installation von gebäudetechnischen Anlagen; Durchführungen von Systemtests und Messungen; Anlagen prüfen, abnehmen und in Betrieb nehmen; Interpretation und Umsetzung von Montageanleitungen ggf. Löten, Kleben und Schweißen von Maschinenbestandteilen.

Berufe in der Konstruktion und im Gerätebau (2722)

Die knapp 110.000 Erwerbstätigen in der Konstruktion und im Gerätebau stellen einen Teilbereich der Berufshauptgruppe Technische Forschungs-, Entwicklungs-, Konstruktions- und Produktionssteuerungsberufe dar. Abgesehen von den (Innen-)Ausbauberufen bestehen durchgängig überdurchschnittlich hohe statistische Wechselwahrscheinlichkeiten in jede der für den Gebäudesektor relevanten Berufshauptgruppen. Die Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB weisen für die zugehörige Berufsgruppe darüber hinaus einen zukünftig rückläufigen Bedarf aus.

Die **Tätigkeiten** umfassen in der Regel die Planung und Konstruktion von Geräten, Anlagen und anderen Produkten. Für die Konzept- und Entwurfsentwicklung, aber auch um Konstruktionsvorgaben in vorlagefähige Pläne und Zeichnungen umzusetzen, kommen CAD- oder andere Konstruktionssysteme zum Einsatz. In dieser Berufsuntergruppe tätige Spezialisten erstellen so bspw. Bauzeichnungen und Pläne, Grundrisse, Ansichten und Schnitte für Wohn- und Geschäftsgebäude oder öffentliche Bauvorhaben. Auch die Anpassung der für die Vernetzung von Konstruktion, Produktionsplanung und -steuerung benötigten Software fällt in den Tätigkeitsbereich der Experten dieser Berufsuntergruppe. Schnittmengen bzgl. der ausgeführten Tätigkeiten zu den Schlüsselberufen im Gebäudesektor finden sich so für die Berufe in der **Bauplanung und -überwachung (3110)** sowie für Berufe in der **Architektur (3111)** (vgl. Tabelle 15). Aufgrund der mit dem Tätigkeitsprofil einhergehenden technischen Kompetenzen bestehen darüber hinaus Schnittmengen zu den Berufen in der **Gebäudetechnik (3410)** und den Berufen in der **Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (3421)** (vgl. Tabelle 15).

Tabelle 15: Übersicht Berufe in der Konstruktion und im Gerätebau (2722): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)	Entwicklung und Konstruktion von Systemen unter Berücksichtigung von technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten und Normen z.B. im Zusammenhang mit Klima- und Raumlüftungsanlagen; Erstellung von Konstruktion- und Ausführungszeichnung; Prüfung und Optimierung von Konstruktionen.
Bauplanung und -überwachung (3110)	Konzeption, Planung und Berechnung von Bauvorhaben und Baukonstruktionen unter Berücksichtigung von bautechnischen Grundsätzen und behördlichen Vorschriften; Grundlegendes Verständnis zu wesentlichen mechanischen, physikalischen und chemischen Bautechniken, Interpretation von Ausführungs- und Bauplänen und die Fähigkeit, diese ggf. selbst anfertigen.
Gebäudetechnik (3410)	Planung, Montage und Prüfung von Anlagen unter wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten ggf. Optimierung; technische Grundverständnisse insbesondere bauphysikalischer Art; enge Koordination mit gebäudetechnisch relevanten Gewerken und insbesondere kundenorientierte Zusammenarbeit und Beratung; Erstellung von technischen Unterlagen.
Architektur (3111)	Kundenorientierte Planung; Erstellung detaillierter Dokumentation inklusive Materialien, Modellen, Design, Bau- und Konstruktionsplänen; Grundlegendes Verständnis zu wesentlichen mechanischen, physikalischen

Schornsteinfeger/-innen (4221)

Der Beruf Schornsteinfeger/in zählt zu den Berufen der Umweltschutztechnik und umfasst etwa 13.000 Erwerbstätige. Damit handelt es sich um eine vergleichsweise kleine Berufsuntergruppe. Die statistische Wechselwahrscheinlichkeit der zugehörigen Berufshauptgruppe etwa in die Gebäude- und versorgungstechnischen Berufe liegt bei gut 2 Prozent. Jedoch bestehen auch in dieser Berufsgruppe bereits Engpässe, was eine Wechselwahrscheinlichkeit reduziert. Für die zugehörige Berufsgruppe (Umweltschutztechnik) wird gemäß der Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB zudem mit zukünftig nahezu konstanten Beschäftigungsbedarfen gerechnet, was ebenfalls gegen eine erhöhte Wechselwahrscheinlichkeit spricht. Dennoch lässt sich argumentieren, dass sich das klassische Tätigkeitsfeld der Schornsteinfeger/innen mit der Umstellung und Weiterentwicklung der Feuerungs- und Lüftungsanlagen deutlich verändern könnte.

Zu den **Tätigkeiten** von Schornsteinfeger/innen gehören unter anderem die Kontrolle und Reinigung von Feuerungs- und Lüftungsanlagen. Darüber hinaus messen und prüfen sie Abgase und sorgen für eine störungsfreie und umweltgerechte Funktionalität der Anlagen. Die Beratung von Kunden zu den Themen Energieeffizienz und Brandschutz gehört ebenfalls zu den Tätigkeitsfeldern. Darüber hinaus wurde in den Workshops und Fachgesprächen die Passung für andere Berufe und das hohe Potenzial, sich mittels Weiterbildung für die Energieberatung zu qualifizieren, mehrmals betont. So seien viele Schornsteinfeger/-innen bereits bei der dena als Energieberater gelistet. Aufgrund dieser Tätigkeiten und der für die Ausübung des Berufs benötigten Kompetenzen bspw. mit Blick auf die Energieberatung, Energiespar- und Heizungstechnik bestehen größere Gemeinsamkeiten zu den Schlüsselberufen in der **Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)** sowie zu den Berufen in der **Gebäudetechnik (3410)** (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 16: Übersicht Schornsteinfeger/-innen (4221): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)	Beratung zur effizienten Energie, Lüftungs- und Heizungstechnik; Kenntnisse über Richtlinien und Standards von Anlagen; Wartung und Sicherheitsüberprüfung mit Mess-, Steuer- und Regelungssystemen inklusive Dokumentation für Energie, Lüftungs- und Heizungstechnik.
Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung (4231)	Beratung von Privatpersonen und Unternehmen zur energetischen Gebäudesanierung (durch Gebäudeenergieberater/-innen); Beantwortung zu Fragen der Energietechnik und -effizienz; (Energetische) Bewertung und Auswahl der Heizungsanlage und Warmwasserversorgungssystem;
Gebäudetechnik (3410)	Installation, Instandhaltung und Überprüfung von Lüftungs-, Abgas- und Heizungstechnik inklusive Dokumentation; Beratung und Optimierung zur Energieeffizienz von Anlagen, z.B. bezüglich der Isolierung oder Verwendung von erneuerbaren Energien; Durchsetzung von Vorschriften insbesondere in Bezug auf Feuer- und Umweltschutz.

Berufe in der Raumausstattung (9323)

In den Berufen in der Raumausstattung sind 23.000 Personen erwerbstätig. Damit handelt es sich um einen der größten Teilbereiche der zugehörigen Berufshauptgruppe Produktdesign und handwerkliche Berufe, Bildende

Kunst, Musikinstrumentenbau. Die statistische Wechselwahrscheinlichkeit in (Innen-)Ausbauberufe, Gebäude- und versorgungstechnische Berufe sowie Bauplanungs-, Architektur- und Vermessungsberufe ist mit bis zu 2,1 Prozent für diese Berufshauptgruppe überdurchschnittlich hoch. Für die zugehörige Berufsgruppe (Innenarchitektur, visuelles Marketing, Raumausstattung) werden in den Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB darüber hinaus rückläufige Bedarfe ausgewiesen.

Die **Tätigkeiten** der Beschäftigten sind insbesondere handwerklicher Art. So verlegen sie Böden, bekleiden Wände und Decken oder montieren Raum- und Fensterdekorationen nach Kundenanforderungen. Bei den Spezialisten gehört hierzu ebenfalls die Beratung der Kundinnen und Kunden, auch mit Hinblick auf wirtschaftliche, ökologische und gesundheitliche Aspekte. Insbesondere aufgrund des erforderlichen handwerklichen Geschicks und der während der Ausbildung erworbenen Kernkompetenzen, wie bspw. das Anstreichen, Tapezieren, verlegen von Bodenbelägen und Anbringen von Wand- und Deckenverkleidungen, bestehen Schnittmengen zu einigen Schlüsselberufen des Gebäudesektors. Hierzu gehören insbesondere die Berufe im **Holz-, Möbel- und Innenausbau (2234)** sowie die Berufe für **Maler- und Lackierarbeiten (3321)** (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 17: Übersicht Berufe in der Raumausstattung (9323): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Holz-, Möbel- und Innenausbau (2234)	Handwerkliche Fähigkeiten z.B. Schrauben, Nageln, Klammern, Leimen und Dübeln; Restaurierung von Holzobjekten; kundenorientierte Beratung und Planung inklusive Konzeptzeichnungen; Kenntnisse über Innenausstattung besonders in Bezug auf Materialien, Design, Farben und Textur.
Maler- und Lackierarbeiten (3321).	Kundenorientierte Planung und Beratung der Ausstattung besonders in Bezug auf Farben und Materialien; Bestandsaufnahme inklusive der Durchführung von Messungen, Ermittlung von Materialbedarf; handwerkliche Tätigkeit z.B. Lackieren, Tapezieren, Oberflächenvorbereitung und Restauration; Vorgänge koordinieren und zeichnerisch oder fotografisch dokumentieren.

Berufe im Grafik-, Kommunikations- und Fotodesign (2322)

Zu den Berufen im Grafik-, Kommunikations- und Fotodesign gehören etwa 147.000 Erwerbstätige. Die statistische Wechselwahrscheinlichkeit von Beschäftigten der übergeordneten Berufshauptgruppe in für den Gebäudesektor relevante Berufshauptgruppen liegt in wenigen Kombinationen knapp über einem Prozent und ist damit zwar eher gering. Da die Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB jedoch keine steigenden Bedarfe für die zugehörige Berufsgruppe (Technische Mediengestaltung) ausweisen und aufgrund der teilweise bestehenden Schnittmengen bzgl. der Tätigkeiten wird diese Berufsuntergruppe dennoch als Potenzialberuf betrachtet.

Übergreifend bestehen die **Tätigkeiten** der Berufsuntergruppe darin Illustrationen, Fotografien, Animationen oder 3DDarstellungen oder VR-/AR-Anwendungen zu entwerfen und gestalten. Einige Spezialisten entwickeln darüber hinaus Visualisierungstechniken und Computerprogramme bspw. für die Herstellung von fotorealistischen Bildern oder eingängigen, intuitiven Darstellungen aus abstrakten Daten. Zu den Expertentätigkeiten gehört zudem, auf Basis von CAD-Daten Architekturentwürfe, Küchenplanungen oder archäologische Bauwerke am Bildschirm zu veranschaulichen. Mit diesen Tätigkeiten einher gehen die entsprechenden digitalen Kompetenzen. Ebenfalls ist ein sehr ausgeprägtes räumliches Vorstellungsvermögen Grundlage für deren Ausübung. Entsprechend finden sich

Schnittstellen zu den **Berufen in der Stadt- und Raumplanung (3112)**, **Berufen in der Architektur (3111)** und **Berufen in der Bauplanung- und Überwachung (3110)** (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18: Übersicht Berufe im Grafik-, Kommunikations- und Fotodesign (2322): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Berufe in der Stadt- und Raumplanung (3112)	Erarbeiten und Erstellen von Plänen für die räumliche, kulturelle, wirtschaftliche und soziale Entwicklung von Ortsteilen, Städten oder Regionen; Kenntnisse in digitalen Planungsprozessen; Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten); Kenntnisse von BIM-Software zur gewerkeübergreifenden Planung von Gebäuden
Berufe in der Architektur (3111)	(Ausbildungs-)Schwerpunkte und Kompetenzen bei Entwurf und Gestaltung; Kenntnisse in der 3D- oder 4D-Gebäudemodellbearbeitung, BIM; Erstellung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen
Berufe in der Bauplanung- und Überwachung (3110)	Darstellung von Planungen in Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplänen; Informations- und Datenkompetenzen (z. B. Umgang mit 3-D-CAD-Daten)

Berufe in der Immobilienvermarktung und -verwaltung (6131)

In den Berufen der Immobilienvermarktung- und -verwaltung arbeiten etwa 184.000 Erwerbstätige. Mit lediglich knapp einem Prozent ist die statistische Wahrscheinlichkeit für einen Wechsel in eine der für den Gebäudesektor relevanten Berufshauptgruppen zwar gering. Dafür wird für den zugehörigen Bedarf an Beschäftigten der übergeordneten Berufsgruppe (Immobilienwirtschaft und Facility Management) seitens der Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB in den kommenden Jahren mit einem leichten Rückgang gerechnet.

Zu den übergreifenden **Tätigkeiten** der Beschäftigten gehört das Bewerten bspw. von Grundstücken und Gebäuden oder die Ermittlung und Beurteilung der Angemessenheit von Mietpreisen. Darüber hinaus erledigen die Beschäftigten die im Zusammenhang mit Immobilienverkäufen anfallenden Formalitäten und besitzen entsprechende Kenntnisse bzgl. der rechtlichen Rahmenbedingungen. Einige der in dieser Berufsuntergruppe tätigen Experten erheben und beobachten darüber hinaus aktuelle Kundenvorlieben und sich verändernde Bedürfnisse, um zukünftige Trends antizipieren zu können. Für diese Tätigkeiten werden sowohl Kompetenzen bzgl. der Einschätzung und Bewertung der Gebäudestandorte und deren Umgebung, als auch zu den Gebäuden selbst und deren Ausgestaltungsmöglichkeiten benötigt. Entsprechend bestehen Schnittmengen zu den Schlüsselberufen **Berufe in der Stadt- und Raumplanung (3112)** sowie **Berufen in der Architektur (3111)** (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19: Übersicht Berufe in der Immobilienvermarktung und -verwaltung (6131): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Berufe in der Stadt- und Raumplanung (3112)	Erstellung von Struktur- und Standortanalysen; Erarbeiten und Erstellen von Plänen für die (räumliche, kulturelle, wirtschaftliche und soziale) Entwicklung von Ortsteilen, Städten oder Regionen; Initiierung und Koordination von Sanierungs- und Modernisierungsprojekten; Erhebung von Daten zu ökologischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen
Berufe in der Architektur (3111)	Bestandsaufnahme und Mitwirkung bei der Bedarfsplanung; Grundlegendes Verständnis verschiedener Baustoffe auch mit Blick auf Nachhaltigkeit, Dämmeigenschaften, Wiederverwertung; Kenntnisse über das Baukonzept Passivhaus; Grundlegendes Verständnis unterschiedlicher Heizungs- und Klimatechnikanlagen auf Basis erneuerbarer (z. B. Wärmepumpen in Verbindung mit PV-Anlage, Solarthermie, Fernwärme), fossiler (z. B. Gasheizungsanlagen) oder hybrider Energieträger (bspw. Kombination mit Photovoltaik-Anlagen und Solarthermie-Anlagen) sowie zur Heizverteilung; Abschätzung jährlicher Bedarfswerte (z. B. Nutz-, End- und Primärenergieverbrauch);

Berufe im Facility Management (6132)

Die Berufe im Facility Management werden von etwa 18.000 Erwerbstätigen ausgeübt. Analog zu den Berufen in der Immobilienvermarktung und -verwaltung (s.o.) ist diese Berufsgruppe ebenfalls eine Unterkategorie der übergeordneten Berufsgruppe (Immobilienwirtschaft und Facility Management). Entsprechend liegt die statistische Wechselwahrscheinlichkeit in eine der für den Gebäudesektor relevanten Berufshauptgruppen ebenfalls bei knapp einem Prozent. Für die kommenden Jahre ist gemäß der Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB mit einem leichten Rückgang der Nachfrage nach Beschäftigten der zugehörigen Berufsgruppe zu rechnen, sodass hier potenziell Arbeitskräfte für einen Wechsel in die Schlüsselberufe des Sektors Gebäude zur Verfügung stehen könnten.

Die **Tätigkeiten** umfassen u.a. die Sicherstellung, dass sowohl Gebäude als auch Betriebsanlagen wirtschaftlich optimal betrieben und genutzt werden können. So planen und führen die Beschäftigten Gebäude und Anlagen nach kaufmännischen Gesichtspunkten und stellen im Zuge dessen u. a. Investitionspläne oder Rentabilitätsberechnungen auf. Spezialisten innerhalb dieser Berufsgruppe verfügen ebenfalls über Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich effizienter Energienutzung, sodass die Funktionstüchtigkeit der Anlagen überwacht und auf eine optimale Auslastung sichergestellt werden kann. Darüber hinaus gehören ebenfalls beratende und informatorische Tätigkeiten zu den Aufgaben – bspw. wenn Reparaturen oder Modernisierungsmaßnahmen anstehen und die Mieter/-innen beraten und informiert werden müssen. Demzufolge finden sich deutliche Schnittmengen zu den Schlüsselberufen **Gebäudetechnik (3410)**, **Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (3421)** sowie den **Berufen in der Umweltschutzverwaltung und -beratung (4231)** (vgl. Tabelle 20) - insbesondere aufgrund der durch die Verantwortung für den laufenden Betrieb der Anlagen erworbenen Kenntnisse.

Tabelle 20: Übersicht Berufe im Facility Management (6132): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Gebäudetechnik (3410)	Durchführung von Kostenschätzungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen; Planung und Organisation von Einrichtung und Wartung gebäudetechnischer Anlagen; Optimieren und warten der technischen Ausstattung in Bestandsimmobilien; Beratung von Kund/-innen hinsichtlich energetischer Sanierungsmaßnahmen bzw. bei der Anschaffung neuer gebäudetechnischer Anlagen.
Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik (3421)	Beratung zur effizienten Energie, Lüftungs- und Heizungstechnik; Kommunikation in der Kundenberatung; Beratung zu möglichen Förderungen; Grundlegendes Verständnis unterschiedlicher Heizungs- und Klimatechikanlagen auf Basis erneuerbarer (z.B. Wärmepumpe, ggf. Fernwärme), fossiler (z.B. Gasheizungsanlage) oder hybrider Energieträger; Kenntnisse über Richtlinien und Standards von Anlagen; Wartung und Sicherheitsüberprüfung mit Mess-, Steuer- und Regelungssystemen; Überprüfung von Funktionsweise und Steuerungseinstellungen.
Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung (4231)	Beratung von Privatpersonen und Unternehmen zur energetischen Gebäudesanierung (durch Gebäudeenergieberater/-innen); Beantwortung zu Fragen der Energietechnik und -effizienz; (Energetische) Bewertung und Auswahl der Heizungsanlage und Warmwasserversorgungssystem; Bewertung

5.1.2 Wechsel in Schlüsselberufe des Sektors Industrie

Berufe in der Kunststoff- und Kautschukherstellung (ohne Spezialisierung) (2210)

Die Berufe in der Kunststoff- und Kautschukherstellung stellen mit 120.000 Erwerbstätigen eine der größeren Berufsuntergruppen dar. Die statistische Wechselwahrscheinlichkeit der zugehörigen Berufshauptgruppe in die relevanten Berufshauptgruppen der Schlüsselberufe der Industrie ist mit bis zu fünf Prozent überdurchschnittlich hoch. Die Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB weisen für die zugehörige Berufsgruppe (Kunststoff- und Kautschukherstellung und -verarbeitung) darüber hinaus einen zukünftig leicht rückläufigen Bedarf aus.

Die **Tätigkeiten** der in dieser Berufsgruppe Beschäftigten umfassen unter anderem das Festlegen, Planen und Überwachen der Herstellungsverfahren für Kunststoffteile. Darüber hinaus bestimmen und steuern sie Prozessparameter wie beispielsweise die Temperatur und Werkstoffzufuhr für die Fertigungsanlagen. Zum Tätigkeitsfeld gehören ebenfalls das Erproben und Umsetzen neuer Anwendungs- und Verarbeitungstechniken sowie neuer Rohstoffe und chemischer Rohmaterialien. Entsprechend bestehen Schnittmengen zu den Schlüsselberufen **Berufe in der Hüttentechnik (2411)** und **Berufe in der Chemie- und Pharmatechnik (4131)** sowie teilweise zu den **Berufen in der Automatisierungstechnik (2612)** (vgl. Tabelle 21).

Tabelle 21: Übersicht Berufe in der Kunststoff- und Kautschukherstellung (ohne Spezialisierung) (2210): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Berufe in der Hüttentechnik (2411)	Technische und handwerkliche Kompetenzen für die Rohstoffherstellung und -verarbeitung inklusive der Steuerung von Prozessparametern wie z.B. Temperatur und Werkstoffzufuhr; Qualitätskontrollen anhand von Proben und Messgeräten; Planung Betriebsabläufe; Produktionsschritte unter den Gesichtspunkten des Umweltschutzes, der Arbeitssicherheit und gesetzlichen Normen kontrollieren und optimieren.
Berufe in der Chemie- und Pharmatechnik (4131)	Planung, Koordination, Durchführung und Kontrolle der Herstellung chemischer und pharmazeutischer Produkte – auch in der Kunststoffherstellung; Grundlegendes Verständnis zu wesentlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften; Qualitätskontrolle der Produkte unter Berücksichtigung variabler Faktoren wie Dichte, Temperatur und Gewicht; Kenntnisse und Durchsetzung von Arbeitssicherheitsstandards und rechtlichen Rahmenbedingungen; Planung Betriebsabläufe.
Berufe in der Automatisierungstechnik (2612)	Grundlegende technische und handwerkliche Fähigkeiten; Kenntnisse über Maschinen- und Prozesssteuerungen; Verständnis und Durchsetzung von Arbeitssicherheitsstandards und rechtlichen Rahmenbedingungen; Produktions- und Maschinenabläufe konzeptionieren, durchführen, kontrollieren und ggf. optimieren.

Berufe in der Produktion von Fertigprodukten aus Holz und Holzwerkstoffen (2233)

Die Berufe in der Produktion von Fertigprodukten aus Holz und Holzwerkstoffen werden statistisch der gleichen Berufshauptgruppe zugeordnet wie die Berufe in der Kunststoff- und Kautschukherstellung. Die statistische Wechselwahrscheinlichkeit der zugehörigen Berufshauptgruppe in die relevanten Berufshauptgruppen der Schlüsselberufe der Industrie beträgt entsprechend ebenfalls fünf Prozent und ist überdurchschnittlich hoch. Mit etwa 23.000 Erwerbstätigen handelt es sich allerdings um eine Berufsuntergruppe mit einer deutlich geringeren Anzahl an Erwerbstätigen. Die zukünftige Entwicklung des Bedarfs für die zugehörige Berufsgruppe (Holzbe- und Verarbeitung) ist gemäß der Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB deutlich rückläufig.

Zu den **Tätigkeiten** der Fachkräfte dieser Berufsuntergruppe gehört bspw. die Herstellung von Holzbauteilen wie Türen und Fenstern oder Holzpackmitteln wie Kisten oder Paletten. Zu diesen Fachkräften gehören etwa Holzmechaniker/innen der Fachrichtung Bauzubehörindustrie. Spezialisierte Fachkräfte wie etwa Techniker/-innen mit Fachrichtung Holztechnik (Automatisierungstechnik) hingegen warten automatisierte Fertigungsanlagen und untersuchen und beheben Störungen. Dabei wirken sie auch mit in der Entwicklung und Konstruktion von elektronisch gesteuerten Holzbe- und -verarbeitungsanlagen sowie Fertigungsverfahren. Gesetzliche Bestimmungen einzuhalten und zu überwachen gehört ebenfalls zu den Tätigkeitsfeldern – auch im Bereich Umweltschutz. Aufgrund dieser Tätigkeiten und damit einhergehenden Kompetenzanforderungen bestehen mit Blick auf die Schlüsselberufe im Sektor Industrie Schnittmengen zu den **Berufen in der Automatisierungstechnik (2612)** und den Berufen in der **Maschinenbau- und Betriebstechnik (2501)** (vgl. Tabelle 22).

Tabelle 22: Übersicht Berufe in der Produktion von Fertigprodukten aus Holz und Holzwerkstoffen (2233): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Berufe in der Automatisierungstechnik (2612)	Technische und handwerkliche Fähigkeiten; Kenntnisse über Maschinen- und Prozesssteuerungen; Verständnis und Durchsetzung von Arbeitssicherheitsstandards und rechtlichen Rahmenbedingungen; Konzeption, Durchführung, Kontrolle und ggf. Optimierung von Produktions- und Maschinenabläufe.
Berufe in der Maschinenbau- und Betriebstechnik (2501)	Unterstützung der betrieblichen Produktionsprozesse; energieeffizienten Entwicklung, Konstruktion und Herstellung von Geräteteilen, Baugruppen für Maschinen und Anlagen sowie ganzer Produktionsmaschinen; Wartung und Instandhaltung durch die Analyse, Überwachung und Optimierung von Abläufen in der Betriebstechnik; Kenntnisse in Fragen der Wärmerückgewinnung der Anlagen.

Berufe in der Papierverarbeitungs- und Verpackungstechnik (2312)

Etwa 30.000 Personen sind in den Berufen der Papierverarbeitungs- und Verpackungstechnik erwerbstätig. Für die zugehörige Berufshauptgruppe beträgt die statistische Wechselwahrscheinlichkeit in die relevanten Berufshauptgruppen der Schlüsselberufe der Industrie bis zu zwei Prozent. Für die Zukunft wird gemäß der Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB ein rückläufiger Bedarf für die zugehörige Berufsgruppe (Papier- und Verpackungstechnik) ausgewiesen.

Zu den **Tätigkeiten** gehört unter anderem das Bedienen von Papierverarbeitungs- und Verpackungsanlagen. Darüber hinaus steuern sie Arbeitsprozesse und entwickeln bzw. optimieren Verpackungen und Verpackungsprozesse. Die Mitarbeit bei der Planung, Entwicklung und Konstruktion von Produktionsanlagen unter Berücksichtigung fertigungstechnischer und kostentechnischer Gesichtspunkte ist ebenfalls ein Teil des Aufgabenspektrums. Schnittmengen zu den Schlüsselberufen bestehen in den **Berufen in der Hüttentechnik (2411)** und den **Berufen in der Automatisierungstechnik (2612)**.

Tabelle 23: Übersicht Berufe in der Papierverarbeitungs- und Verpackungstechnik (2312): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Berufe in der Hüttentechnik (2411)	Durchsetzung der Umwelt- und Arbeitsschutzmaßnahmen; Verständnis für Baustoffe; Kontrolle und Wartung von Maschinen; Qualitätskontrolle und ggf. Optimierung der Fertigungsabläufe; betriebswirtschaftliche Planung
Berufe in der Automatisierungstechnik (2612)	Grundlegendes Verständnis zu wesentlichen mechanischen, physikalischen und technischen Aspekten; Einrichtung, Bedienung, Überwachung und Wartung von Automatisierungssystemen; Entwicklung, Konstruktion, Kontrolle und Optimierung von Produktionsanlagen unter den Gesichtspunkten des Umweltschutzes, der Arbeitssicherheit, der Kosten und

	der gesetzlichen Normen; handwerkliche Fähigkeiten z.B. bei der Montage von Maschinen
--	---

Berufe in der Lebensmittelherstellung (ohne Spezialisierung) (2920)

Die Berufe in der Lebensmittelherstellung (ohne Spezialisierung) werden von gut 97.000 Erwerbstätigen ausgeführt. Die statistische Wechselwahrscheinlichkeit der zugehörigen Berufshauptgruppe in die relevanten Berufshauptgruppen der Schlüsselberufe der Industrie beträgt bis zu drei Prozent. Die Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB weisen einen sinkenden Bedarf für die zugehörige Berufsgruppe (Lebensmittel – und Genussmittelherstellung) aus.

Einige Beschäftigte dieser Berufsgruppe üben Tätigkeiten mit Schnittstellen zu den Schlüsselberufen der Industrie aus. Dies trifft insbesondere auf Beschäftigte in der industriellen Lebensmittelherstellung zu. Da dieser Bereich einen vergleichsweise hohen thermischen Energieverbrauch aufweist, sind Expert/-innen aus der Lebensmittelherstellung bereits für dieses Thema sensibilisiert. Die Lebensmittelherstellung ist ein wettbewerbsintensiver Bereich mit hohem Kostendruck, weshalb (Energie-)Effizienz ebenfalls eine wichtige Rolle spielt. So bedienen und überwachen die Beschäftigten lebensmitteltechnische Produktionsanlagen, steuern und kontrollieren Prozessabläufe, greifen bei Störungen ein und müssen verschiedene Qualitäts- und Umweltstandards einhalten. Ein hohes Bewusstsein für Normen und Qualitätsstandards sowie ein ausgeprägtes technisches Verständnis ist für diese Tätigkeiten somit unerlässlich. Aufgrund dieser Tätigkeiten und der damit verbundenen Qualifikationsanforderungen bestehen Schnittmengen zu den Schlüsselberufen **in der Hüttentechnik (2411)**, **Automatisierungstechnik (2612)** und den **Berufen in der Chemie- und Pharmatechnik (4131)** (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 24: Übersicht Berufe in der Lebensmittelherstellung (ohne Spezialisierung) (2920): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Berufe in der Hüttentechnik (2411)	Aufbereitung von Rohstoffen, Betrieb von thermischen Anlagen, Einhaltung von Qualitäts- und Umweltstandards sowie Wartung von Anlagen, Planung des Einsatzes von Rohstoffmengen, Steuern und Kontrollieren der Prozessabläufe und Eingreifen bei Störungen, Technische Beratung und Mitwirkung an der Prozessentwicklung
Berufe in der Automatisierungstechnik (2612)	Auf Effizienz abzielendes Arbeiten, Einweisung und Anleitung von Technikern/-innen, Einsatz von Robotern in der Industrieproduktion, Hohe Vertrautheit mit automatisierten Anlagen, Leistungsüberwachung und Prozessfehlerbehebung, Steuern und kontrollieren der Prozessabläufe, Überwachung und Wartung von Produktionssystemen, Wartung und Instandhaltung von Industrieanlagen und -systemen, Zusammenarbeit und Abstimmung mit anderen betriebstechnischen Managern
Berufe in der Chemie- und Pharmatechnik (4131)	Anleitung des Personals bei der Bedienung der Anlagen, Betrieb von thermischen Anlagen, Einsatz von Robotern in der Industrieproduktion, Fehler- und Mängelbehebung im Produktionsprozess, Instandhaltung und Wartung der Produktionsanlagen, intensives Wissen zu Materialien und Zusammensetzungen, Kenntnisse in Verfahrenstechnik und technischer Produktionsplanung, Planung und Überwachung der Produktion, Qualitätssicherung und Prozessstandards, Sensibilisierung für energieeffiziente

	Auslastung der Produktionsanlagen, Vertrautheit mit Steuerungstechnik und Elektronik für die Produktionsanlagen
--	---

5.1.3 Wechsel in Schlüsselberufe des Sektors Verkehr

Berufe im Controlling (7223)

Die Berufe im Controlling umfassen 149.000 Erwerbstätige und werden statistisch der Berufshauptgruppe Finanzdienstleistungen, Rechnungswesen und Steuerberatung zugeordnet. Die zugehörige rechnerische Wechselwahrscheinlichkeit in die für die Schlüsselberufe des Sektors Verkehr relevante Berufshauptgruppe Verkehrs- und Logistikberufe ist mit 2,4 Prozent überdurchschnittlich hoch. Für die dem Controlling zugehörige Berufsgruppe (Rechnungswesen, Controlling und Revision) weisen die Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB bis zum Jahr 2040 darüber hinaus einen sinkenden Bedarf rückläufigen Bedarf aus.

Die **Tätigkeiten** der Beschäftigten umfassen dabei unter anderem die Entwicklung und Einführung verschiedener Planungs-, Kontroll- und Informationsversorgungssystemen. Darüber hinaus passen sie die Systeme je nach Bedarf weiter an und optimieren diese. Die laufende Kontrolle und der Planungsziele und Überprüfung der für die Zielerreichung wichtigsten Prozess- und Steuerungsgrößen gehört ebenfalls zu den Aufgaben. Zusätzlich führen sie Soll-Ist-Vergleiche (Abweichungsanalysen) im Rahmen der Kosten- und Leistungsrechnung aus und leiten Verbesserungsvorschläge anhand von Zustands-, Verfahrens- und Schwachstellenanalysen ab. Mit den Tätigkeiten geht in vielen Fällen auch eine hohe Verantwortung einher, da die Beschäftigten auch im Geschäftsverlauf steuernd Einfluss nehmen und Prognosen über den erwarteten Geschäftsverlauf erstellen. Voraussetzung für die Durchführung der Tätigkeiten sind eine hohe planerische Affinität, strategisches Denken sowie ausgeprägte Fähigkeiten bei der analytischen, datenbasierten Arbeit. Daher bestehen Schnittmengen zu den Schlüsselberufen **Berufe in der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs (5150)** und **Berufen in der Überwachung und Steuerung des Eisenbahnverkehrsbetriebs (5152)** (vgl. Tabelle 25).

Tabelle 25: Übersicht Berufe im Controlling (7223): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Berufe in der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs (5150)	Koordination und Optimierung des Verkehrsflusses; Planung und Koordinierung verschiedener Verkehrssysteme und -abläufe; Planung, Entwicklung und Koordination von Fahrplänen, Fahrplananpassungen und Fahrgastinformationskonzepten; Organisation und Steuerung von Verkehrsleit- und Verkehrsführungssystemen; Analyse von aktuellen Daten zu Fahrzeugen und der Fahrsituation zur Optimierung des Fahrzeug- und Personaleinsatzes.
Berufe in der Überwachung und Steuerung des Eisenbahnverkehrsbetriebs (5152)	Überwachung der Fahrstrecken von Personen- und Güterzügen; ermitteln des Verkehrsbedarfs und des Verkehrsaufkommens; Notfall- und Krisenmanagementpläne im Bereich des Schienenverkehrs ausarbeiten; Bedienung von Zugbeeinflussungsanlagen; Steuerung und Sicherung von Zugfolge und -abständen; Kommunikation mit Mitarbeiter/-innen im Stellwerk, Lokführer/-innen und Leitstellen;

Aufsichts- und Führungskräfte - Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag (5139)

Die Berufsuntergruppe Aufsichts- und Führungskräfte der Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag umfasst gut 35.000 Erwerbstätige und ist der gleichen Berufshauptgruppe zugeordnet wie zwei der Schlüsselberufe des Verkehrssektors. Die Betrachtung der statistischen Wechselwahrscheinlichkeit ist in diesem Fall (Wechsel innerhalb einer Berufshauptgruppe) naturgemäß sehr hoch. Die Qualifikations- und Berufsprojektionen des BIBB und IAB weisen für die zugehörige Berufsgruppe (Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag) einen rückläufigen Bedarf aus.

Zu den übergreifenden **Tätigkeiten** gehören Aufsichts- und Führungsaufgaben in der Lagerwirtschaft, Post und Zustellung sowie im Güterumschlag. Aufsichtskräfte wie beispielsweise Logistikmeister/-innen planen, organisieren und kontrollieren dabei ebenso den Personal- und Geräteeinsatz bzw. den sachgemäßen Transport und Versand. Darüber hinaus verwalten sie die Budgets, kontrollieren Ausgaben und stellen einen effizienten Ressourceneinsatz sicher. Einige der Beschäftigten führen ebenfalls die Aufzeichnungssysteme zur Verfolgung aller Warenbewegungen mit dem Ziel, optimierte Nachbestellungen und Lagerauffüllungen sicherzustellen. Diese Tätigkeiten und damit verbundenen Kompetenzen korrespondieren in Teilen mit den Schlüsselberufen **Berufe in der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs (5150)** und **Berufe in der Überwachung und Steuerung des Eisenbahnverkehrsbetriebs (5152)** (vgl. Tabelle 26).

Tabelle 26: Übersicht Aufsichts- und Führungskräfte - Lagerwirtschaft, Post und Zustellung, Güterumschlag (5139): Auswahl zugehöriger Schlüsselberufe und korrespondierender Kompetenzen

Zugehöriger Schlüsselberuf	Korrespondierende Kompetenzen des Schlüsselberufs (Auswahl)
Berufe in der Überwachung und Steuerung des Verkehrsbetriebs (5150)	Koordination und Optimierung des Verkehrsflusses; Planung und Koordinierung verschiedener Verkehrssysteme und -abläufe; Planung, Entwicklung und Koordination von Fahrplänen und Fahrplananpassungen; Organisation und Steuerung von Verkehrsleit- und Verkehrsführungssystemen; Analyse von aktuellen Daten zu Fahrzeugen und der Fahrsituation zur Optimierung des Fahrzeug- und Personaleinsatzes; Implementierung ingenieurwissenschaftlicher Grundlagen für digitalbasierte Steuerungssysteme; Auswertung und Nutzung verschiedener Bewegungsdaten
Berufe in der Überwachung und Steuerung des Eisenbahnverkehrsbetriebs (5152)	Überwachung der Fahrstrecken von Personen- und Güterzügen; Kommunikation mit Mitarbeiter/-innen im Stellwerk, Lokführer/-innen und Leitstellen; Kenntnisse in der Bedienung von bspw. leit- und sicherungstechnischen Anlagen oder Telekommunikationsanlagen

6 Ausblick: Handlungsfelder zur Weiterentwicklung von Qualifizierungsangeboten

Veränderte Kompetenzanforderungen in den Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr erfordern die Anpassung oder Schaffung von passenden Qualifizierungs- und Weiterbildungsangeboten. Die vorliegende Studie soll eine Grundlage zur Ableitung entsprechender Maßnahmen bieten. Mögliche Handlungsfelder, die im Rahmen der Workshops diskutiert wurden, werden im Folgenden dargestellt.

Handlungsfeld 1: Regelmäßiges Kompetenzmonitoring

Das vorliegende Gutachten zeigt abgeleitet von den relevanten Technologien und Verfahren Kompetenzbedarfe für ausgewählte Berufe der Energieeffizienz auf. Dies ist jedoch nur eine Gegenwartsaufnahme – die Technologien werden sich weiterentwickeln bzw. neue entstehen. Damit werden sich auch die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen kontinuierlich verändern.

Um die zukünftig notwendigen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen in der Energieeffizienz systematisch zu erfassen, braucht es daher ein regelmäßiges Kompetenzmonitoring, in dem Veränderungen der beruflichen Anforderungen kontinuierlich beobachtet und damit einhergehende Anpassungsbedarfe von Aus- und Weiterbildung bewertet werden können.

Um diesen Prozess institutionell zu verankern, kann die Einrichtung einer verantwortlichen Stelle oder Plattform hilfreich sein. Wichtig ist dabei vor allem die Einbindung und Vernetzung aller relevanten beteiligten Akteure, wie etwa den Kammern, den Branchen- bzw. Berufsverbänden, den Sozialpartnern sowie wissenschaftlichen Expert/-innen. Auch gilt es Doppelstrukturen zu vermeiden, indem eine enge Einbindung der Verantwortlichen für Ausbildungsordnungen und Studiencurricula sichergestellt wird. Für den Bereich der beruflichen Ausbildung entwickelt das BIBB gegenwärtig Indikatoren, die im Rahmen einer systematischen Dauerbeobachtung von Qualifikations- und Kompetenzanforderungen genutzt werden könnten.⁴⁴²

Auf Basis der jeweiligen Fach- und Berufsperspektiven können konkrete Handlungsbedarfe abgeleitet und weiterführende Aktivitäten zur Anpassung von Studien- sowie Aus- und Weiterbildungsinhalten initiiert werden.

Handlungsfeld 2: Anpassung von Ausbildungs- und Studiencurricula

Im Zuge der Transformation zur Klimaneutralität und Energieeffizienz müssen Ausbildungs- und Studieninhalte den veränderten Qualifikations- und Kompetenzbedarfen Rechnung tragen. Möglichkeiten zur Aneignung von Wissen und Fertigkeiten für die Energieeffizienz sollten innerhalb staatlich anerkannter Ausbildungsgänge und innerhalb technischer Studiengänge ausgebaut werden.

Auf Basis von Handlungsfeld 1 kann ein systematischer SOLL-IST-Abgleich zwischen Qualifikations- und Kompetenzanforderungen für die Energieeffizienz einerseits und den im Rahmen der Ausbildung bzw. eines Studiums vermittelten Fähigkeiten andererseits erfolgen. Sofern dabei relevante Kompetenzlücken identifiziert

⁴⁴² Im Rahmen des Forschungsprojekts „Systematische Beobachtung der Veränderung von Kompetenzanforderungen für die Gestaltung von Aus- und Fortbildungsberufen“ (kurz: Monitoring) soll untersucht werden, wie eine Früherkennung von sich verändernden Kompetenz- und Qualifikationsbedarfen im Rahmen einer ordnungsbezogenen Dauerbeobachtung von Berufen implementiert werden kann. Weitere Informationen finde sich unter: https://www.bibb.de/dienst/dapro/daprodocs/pdf/ab_22386.pdf.

werden, kann bspw. eine Modernisierung oder Neuordnung des betroffenen Berufsbildes von den verantwortlichen Akteuren angestoßen werden.

Die Verantwortlichkeit für die Weiterentwicklung bestehender Ausbildungsordnungen obliegt dabei grundsätzlich den Sozialpartnern sowie in institutioneller Hinsicht dem BIBB (vgl. Infobox). Für die Modernisierung und Neuordnung von Ausbildungsberufen bestehen hier bereits institutionell fest verankerte und erprobte Verfahren sowie aktuell laufende Initiativen.

Infobox: Entstehung und Weiterentwicklung von Ausbildungsordnungen

In der Regel stoßen Fachverbände, Spitzenorganisationen der Arbeitgeber, Gewerkschaften oder das BIBB den Prozess an, wenn sie Bedarf für die Modernisierung oder Neuentstehung einer Ausbildungsordnung sehen. Zur wissenschaftlichen Bewertung des Anliegens erstellt das BIBB häufig zunächst ein Gutachten oder führt bei größeren Reformvorhaben ein Forschungsprojekt durch. Das zuständige Bundesministerium entscheidet anschließend gemeinsam mit den Ländern über die Umsetzung des Vorhabens. Im Anschluss beginnt schließlich die konkrete Arbeit zur Ausbildungsordnung, welche max. 12 Monate dauern soll. Dabei werden zunächst Eckwerte festgelegt, die konkrete Ausbildungsverordnung erarbeitet und abgestimmt sowie anschließend erlassen werden.

Neben einer Anpassung von einschlägigen Curricula in der Breite besteht auch die Möglichkeit, durch die Schaffung neuer Zusatz- und Wahlqualifikationen oder konkreter Spezialisierungen und Fachrichtungen einen Kompetenzerwerb in der Tiefe zu ermöglichen. Im Rahmen der Teilnovellierung der beruflichen Ausbildung der industriellen Metall- und Elektroberufe wurde 2018 unter anderem eine neue, integrative Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“ (Berufsbildposition Nr. 5 in der Ausbildungsordnung) sowie sieben jeweils auf die einzelnen Ausbildungsberufe zugeschnittene kodifizierte Zusatzqualifikationen (kZQ) eingeführt, um die entsprechenden Berufe an den digitalen Wandel anzupassen. Auch in der akademischen Ausbildung werden entsprechende Möglichkeiten diskutiert. So könnten bspw. im Architekturstudium aus Sicht der befragten Expert/-innen zukünftig erweiterte Kenntnisse und Kompetenzen im Bereich der technischen Gebäudeplanung oder der Energieberatung im Rahmen entsprechender Fort- und Weiterbildungen bereits während des Studiums gefördert werden.

Grundsätzlich sind bei der Weiterentwicklung von Ausbildungs- und Studiencurricula unterschiedliche Kontextfaktoren der jeweiligen Berufslandschaft zu analysieren und angemessen zu berücksichtigen:

- In den betrachteten Sektoren gibt es jeweils eng verwandte Berufsbilder mit ähnlichen oder komplementären Studien- und Ausbildungsinhalten. Insofern gilt es im Rahmen von Weiterentwicklungen auch immer Kompetenzportfolios benachbarter Berufsbilder zu berücksichtigen, die über ein ähnliches Berufsprofil verfügen.
- In der beruflichen wie auch der akademischen Ausbildung ist aus Sicht der befragten Expert/-innen eine stärkere Integration und Verzahnung der verschiedenen Gewerke und Berufe (gewerke-/berufsübergreifendes Arbeiten) notwendig. Damit einher geht auch ein wachsender Bedarf an Kenntnissen und Kompetenzen in benachbarten Berufsbildern.
- Bei der Bewertung von Inhalten beruflicher Ausbildungen sollte stets berücksichtigt werden, dass Ausbildungsordnungen grundsätzlich technologieoffen angelegt sind, um Raum für Weiterentwicklungen in der betrieblichen Ausbildungspraxis zu ermöglichen. Für die Ausbildungsbetriebe bedeutet dies, dass technologie- und verfahrensspezifische Kompetenzen auch ohne eine entsprechende Anpassung der Ausbildungsordnungen im Rahmen der Ausbildung vermittelt werden können, ggf. auch im Rahmen einer

überbetrieblichen Lehrlingsunterweisung (ÜLU). Dies setzt voraus, dass das Ausbildungspersonal über die entsprechenden Kompetenzen bezüglich neuer Technologien verfügt, nach Einschätzung der Expert/-innen besteht hier teilweise Handlungsbedarf.

- Nach Einschätzung von Branchenexpert/-innen können die oben beschriebenen Transformationsprozesse künftig auch zu gänzlich neuen Berufsbildern oder der Verzahnung verschiedener Berufsbilder führen, was eine fortlaufende Beobachtung der Entwicklungen in den unterschiedlichen Sektoren erforderlich macht.
- Der Erfolg bestehender sowie neu entwickelter Angebote sollte stets mit Blick auf die Breitenwirkung bewertet werden. In der Vergangenheit bestand aus Sicht einiger Branchenexpert/-innen das Problem, dass bestehende Angebote von den Erwerbstätigen und Betrieben häufig nur in begrenztem Maße in Anspruch genommen wurden, u.a. weil der Bedarf an neuen technologischen Möglichkeiten von den Betrieben noch nicht ausreichend wahrgenommen wird.

Bei der Weiterentwicklung der beruflichen Bildung wird in Gesprächen mit Branchenexpert/-innen teils formuliert, dass Auszubildende im Rahmen der beruflichen Grundausbildung nicht überfordert werden sollten. Bereits heute weisen viele Ausbildungsberufe eine zunehmende Komplexität der Tätigkeiten und damit einen steigenden Qualifikations- und Kompetenzbedarf auf. Dies deutet auf einen bestehenden Zielkonflikt zwischen einer steigenden Komplexität und der Vermittelbarkeit im Rahmen beruflicher Grundausbildungszeiten hin. Vor diesem Hintergrund wird diskutiert, inwieweit Spezialisierungen mit Blick auf neue und komplexe technologische Arbeitsprozesse in Form von Fort- und Weiterbildungen im Anschluss an die berufliche Grundausbildung vermittelt werden können (vgl. Handlungsfeld 3).

Handlungsfeld 3: (Weiter-)Entwicklung von Fort- und Weiterbildungen

Neben der Vermittlung von Qualifikationen und Kompetenzen in Erstausbildung und Studium ist die Fort- und Weiterbildung eine zentrale Strategie der Fachkräftesicherung. Wichtig ist dabei die Schaffung passgerechter Angebote und Instrumente mit Blick auf unterschiedliche Zielgruppen. Neben aktuell in Berufen der Energieeffizienz Beschäftigten, umfassen Zielgruppen unter anderem An- und Ungelernte sowie Quereinsteigende.

Entwicklung passgerechter Qualifizierungsangebote für Beschäftigte

Aus Sicht der Branchenexpert/-innen besteht aktuell bereits ein breites Angebot relevanter Fort- und Weiterbildungen für Beschäftigte im Bereich Energieeffizienz. Unklar ist vielmehr, inwieweit die Angebote in der Praxis auch angenommen werden bzw. warum nicht. Laut Branchenexpert/-innen fällt es Beschäftigten und Betrieben teils schwer, individuell passende Angebote am Markt zu finden (Matching-Problem). Dies kann etwa mit Blick auf die Verbreitung von Wärmepumpen oder PV und Solarthermie im Gebäudesektor beobachtet werden. Hinzu kommt, dass die gegenwärtig hohe Auftragslage den Betrieben und Beschäftigten nur wenig Raum für Fort- und Weiterbildungen lässt.

Der Erfolg entsprechender Angebote kann insofern nur mit einem vertieften Blick auf die Breitenwirkung bewertet werden. Aufbauend auf einer systematischen Überprüfung der bestehenden Angebotslandschaft können neue und innovative Fort- und Weiterbildungsangebote unter Einbeziehung der relevanten Akteure entwickelt werden. Bei der Gestaltung zu beachten sind dabei folgende Punkte:

- Fort- und Weiterbildung findet zum größten Teil im betrieblichen Kontext statt – am Arbeitsplatz können Arbeit und Kompetenzaufbau unmittelbar miteinander verbunden werden. Aus diesem Grund sollten Qualifizierungsangebote stets eng an die betriebliche Praxis andockt werden.
- Gerade in kleinen und mittleren Unternehmen können alltagstaugliche, arbeitsplatzbezogene und ggf. modularisierte Angebote für Beschäftigte wie Betriebe bestehende Hürden, wie etwa mangelnde zeitliche und finanzielle Ressourcen, abschwächen. Für Beschäftigtengruppen, die sich eher seltener an klassischen, institutionalisierten Fort- und Weiterbildungsangeboten beteiligen, können auch informelle

Lerngelegenheiten im Austausch mit Kolleg/-innen geschaffen werden, z.B. in Form von Coachings oder Gruppen- und Projektarbeit.

- Betriebliche Kooperationen bieten zudem eine Möglichkeit, übergreifende Weiterbildungskapazitäten aufzubauen. Hierbei können auch überbetriebliche Qualifizierungsangebote in Zusammenarbeit mit Kammern oder Verbänden eine wichtige Rolle spielen. Der Transfer von guten Beispielen in bereits bestehenden Netzwerken kann dabei förderlich sein.

Potenzial An- und Ungelernter durch Teilqualifizierungen heben

Um das Potenzial An- und Ungelernter zu heben, sollte überprüft werden, inwiefern energieeffizienz- und klimarelevante Arbeiten dieser Zielgruppe durch Teilqualifizierungen ermöglicht werden können. Diskutiert wird dies aktuell insbesondere im Gebäudesektor aufgrund des hohen Fachkräftemangels, etwa beim Einbau einzelner Komponenten im Heizungsbau (inkl. Wärmepumpe) und PV-Anschluss. Teilqualifikationen richten sich als bereits bestehendes Instrument explizit an Erwachsene ohne einen anerkannten Berufsabschluss, die aufgrund ihrer persönlichen Situation (z.B. sprachliche Hürden, Lernschwierigkeiten) keine klassische Ausbildung oder Umschulung machen können. Gerade mit Blick auf energiewende-relevante Technologien wie die Wärmepumpe oder Photovoltaik bestehen bereits entsprechende Initiativen einzelner Betriebe und Hersteller sowie entsprechende Brancheninitiativen (vgl. Infobox).

Um eine umfängliche berufliche Handlungsfähigkeit zu erreichen, sollte das Ziel von Teilqualifizierungen stets im Erreichen eines vollwertigen Berufsabschlusses liegen.

Infobox: Regionale und bundesweite Initiativen für Teilqualifizierungen

Mittlerweile gibt es viele verschiedene Initiativen zur Teilqualifizierung in Deutschland (s.u.). Eine zentrale Herausforderung mit Blick auf Teilqualifikationen besteht aktuell darin, dass bislang nicht für alle energieeffizienz- und klimarelevanten Ausbildungsberufe entsprechende Angebote zur Verfügung stehen. Hinzu kommt, dass die Ansätze nicht flächendeckend in Deutschland verfügbar und Module verschiedener Ansätze nicht zwingend anschlussfähig sind. Darüber hinaus wird noch zu selten ein vollständiger Berufsabschluss durch Teilqualifikationen erreicht.

Berufsabschlussfähige Teilqualifikationen: Neben der Förderung von Teilqualifizierungen im Rahmen abschlussorientierter Weiterbildungsmaßnahmen fördert die Bundesagentur für Arbeit (BA) auch die Entwicklung von Teilqualifikationen. Aktuell bietet sie Teilqualifikationen in insgesamt sechs Ausbildungsberufen an.

Jobstarter-Connect: Das Programm „Jobstarter Connect“ des BMBF fördert die Erprobung bundeseinheitlicher Teilqualifikationen in der Praxis. Bislang hat das Bundesinstitut für Berufsbildung Teilqualifikationen in 22 Ausbildungsberufen entwickelt und in 40 regionalen Pilotprojekten erprobt.

Arbeitgeberinitiative Teilqualifizierung „Eine TQ besser!“: Die Initiative bietet Teilqualifikationen in 30 unterschiedlichen Ausbildungsberufen mit bundesweit einheitlichen Standards an. Die deutschen Arbeitgeberverbände, vertreten durch die Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA), kooperieren dabei mit der Arbeitsgemeinschaft der Bildungswerke der Deutschen Wirtschaft (ADBW e. V.).

CHANCEN NUTZEN! – Mit Teilqualifikationen Richtung Berufsabschluss: Das Projekt der Deutschen Industrie- und Handelskammer (DIHK) unterstützt die Entwicklung und Umsetzung eines bundeseinheitlichen Angebots an Teilqualifikationen und wird vom Bundesministerium für Bildung und

Forschung (BMBF) finanziell unterstützt. Bislang wurden für 12 Ausbildungsberufe Teilqualifikationen entwickelt.

MY-TQ: Die Initiative verschiedener Bildungsträger wird vom Bundesverband der Träger beruflicher Bildung e. V. (BBB) gefördert und bietet trägerübergreifende Teilqualifizierungen an. Damit sind alle Angebote der Initiative bundesweit anschlussfähig. Im Rahmen des Projekts werden aktuell Teilqualifikationen für 17 Ausbildungsberufe angeboten.

ETAPP – bundesweit einheitliche Standards in der Teilqualifizierung: Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt erarbeitet Teilqualifikationen auf Grundlage bundesweit einheitlicher Qualitätsstandards. Bislang wurden Teilqualifikationen für zehn Ausbildungsberufe entwickelt.

Kölner Bildungsmodell: Als Initiative des Kommunalen Bündnisses für Arbeit in Köln besteht das Kölner Bildungsmodell seit 2014 als Projekt zur modularen Qualifizierung von jungen Erwachsenen ab 25. Aktuell bietet es insgesamt sieben Ausbildungsberufe in Form von Teilqualifikationen an.

Brancheninitiative OHKW – Ohne Hände keine Wende: Der Zusammenschluss aus Start-ups, Herstellern, Energieversorgern und Bildungsträgern hat das Ziel, Fachkräften und Quereinsteiger/-innen mithilfe modularer Qualifizierungen den Einstieg in Berufe der Energiewende zu erleichtern. Auf einer Branchenplattform sollen die verschiedenen Akteure vernetzt und so eine flächendeckende und leicht zugängliche Schulungsinfrastruktur aufgebaut werden.

Passgenaue Qualifizierungsangebote für Quereinsteiger/-innen

In allen identifizierten Schlüsselberufen besteht in den kommenden Jahren ein hoher Bedarf an ausreichend qualifizierten Fachkräften auf. Neben der Erstausbildung von Nachwuchsfachkräften und Weiterbildung bestehender Beschäftigter, ist die Rekrutierung von Quereinsteiger/-innen eine bedeutende Strategie der Fachkräftesicherung.

Im Zentrum sollten dabei Personen stehen, die aufgrund des Strukturwandels in anderen Sektoren oder Branchen auf absehbare Zeit nicht mehr im heutigen Umfang beschäftigt werden können. Dabei kommen zum einen sogenannte Branchenwechsler/-innen infrage, die bereits über eine einschlägige Berufsausbildung im entsprechenden Schlüsselberuf verfügen und somit ggf. nur eine Anpassungsqualifizierung benötigen. Zum anderen können aber auch Beschäftigte in „verwandten“ Potenzialberufen für einen Quereinstieg qualifiziert werden. Der Fokus sollte dabei auf ausgewählten Berufen mit für die Energieeffizienz und Klimaneutralität relevanten (Teil-)Kompetenzen liegen. Im Gebäudesektor bringen etwa Schornsteinfeger/-innen im Zuge des Umstiegs auf moderne Heizungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger ein hohes Potenzial für bestimmte Tätigkeiten im Handwerk mit, z.B. im Bereich der Energieberatung oder der Heizungs- und Klimatechnik.

Diese Fachkräfte werden nicht „automatisch“ den Beruf wechseln. Für die Förderung beruflicher Mobilität sind vielmehr passgenaue Qualifizierungsangebote sowie begleitende Unterstützungsmaßnahmen notwendig. In Abhängigkeit von der Nähe der bisherigen Ausbildung und Tätigkeiten sowie der persönlichen Situation der Person können hierfür mit Blick auf die Breite und Tiefe der Kompetenzvermittlung unterschiedliche Qualifizierungsangebote in Betracht gezogen werden. Grundsätzlich bedarf es für Quereinsteiger/-innen individuell zugeschnittener Qualifizierungs- und Umschulungsangebote auf Grundlage ihrer Vorkenntnisse und -Erfahrungen. Entsprechende Angebote sollten dabei vor allem auch die Bedarfe verschiedener Zielgruppen sowie individuelle Lebenslagen berücksichtigen.

Insbesondere in größeren Unternehmen mit einem hohen Fachkräftebedarf kann es sich anbieten, betriebsinterne oder zumindest betriebsnahe Umschulungsprogramme zu konzipieren, um potenzielle Quereinsteiger/-innen unmittelbar in die betrieblichen Prozesse im Unternehmen bzw. Betrieb einzubinden und den Start in das neue Berufsfeld zu erleichtern (vgl. Infobox).

Infobox: Quereinstiegsprogramm zur Spezialist/-in für Wärmepumpen bei Vaillant⁴⁴³

Im Rahmen eines Auswahlkonzeptes hat das Unternehmen Vaillant 12 Ausbildungsberufe identifiziert, die für einen Quereinstieg als Spezialist/-in für Wärmepumpen infrage kommen (z.B. KFZ- und Industrieanlagenmechaniker/-innen, Elektroniker/-innen verschiedener Fachrichtungen). Voraussetzung dabei ist, dass die schulischen Ausbildungsinhalte zu mindestens 40 Prozent der Ausbildung zur Anlagenmechaniker/-in SHK entsprechen. Mithilfe eines neu entwickelten Schulungskonzeptes können Interessierte aus den identifizierten Berufen innerhalb von 4,5 Monaten für eine Tätigkeit im Wärmepumpen-Handwerk qualifiziert werden. Das Schulungskonzept sieht dabei sowohl einen theoretischen Teil in den unternehmenseigenen Schulungszentren (3 Monate) sowie einen praktischen Teil in einem teilnehmenden Betrieb vor Ort (1,5 Monate) vor.

Derzeit befindet sich das Projekt in einer Pilotphase: Aus insgesamt über 400 Bewerbungen wurden acht Personen ausgewählt, die ab Juli 2023 in teilnehmenden Betrieben erste Praxiserfahrungen sammeln. Für die kommenden Jahre ist ein Ausbau des Programms sowie eine stärkere Abstimmung mit Bildungsträgern und Verbänden geplant, etwa mit Blick auf eine offizielle Anerkennung als beruflicher Abschluss.

Brancheninitiative #OHKW - Ohne Hände keine Wende⁴⁴⁴

Der Zusammenschluss aus Start-ups, Herstellern, Energieversorgern und Bildungsträgern hat das Ziel, Fachkräften und Quereinsteiger/-innen mithilfe modularer Qualifizierungen den Einstieg in Berufe der Energiewende zu erleichtern. Auf einer Branchenplattform sollen die verschiedenen Akteure vernetzt und so eine flächendeckende und leicht zugängliche Schulungsinfrastruktur aufgebaut werden.

Kleinere Unternehmen und Betriebe verfügen in der Regel nicht über die Ressourcen für solch umfangreiche Programme. Für diese Bedarfslagen sollte daher vor allem die überbetriebliche Zusammenarbeit von Unternehmen gestärkt werden. Ähnlich zum Konzept der überbetrieblichen Ausbildung könnten überbetriebliche Weiterbildungs- und Umschulungsprogramme entworfen werden, in denen die vermittelten Inhalte unter den beteiligten Unternehmen aufgeteilt und somit ressourcenschonend an Quereinsteigende vermittelt werden können. Neben interessierten Unternehmen können dabei auch Bildungsträger eine wichtige Rolle spielen, um die Qualifizierungsbedarfe zu bedienen. Zur Unterstützung insbesondere von kleineren Unternehmen und Betrieben bei der Umsetzung von Nachqualifizierungen für Quereinsteigende sind Maßnahmen zur finanziellen Förderung notwendig.

⁴⁴³ KOFA (2023).

⁴⁴⁴ Weiterführende Informationen: <https://ohkw.de/>.

Ein weiterer Fokus könnte auf der Entwicklung von Qualifizierungsprogrammen für Beschäftigte in körperlich anspruchsvollen Berufen abzielen. Diese können häufig nicht bis zum regulären Renteneintrittsalter ausgeübt werden. Eine mögliche Maßnahme wäre die Umschulung von Handwerker/-innen für entsprechende Tätigkeiten im Bereich der Energieeffizienz. So könnten etwa Maurer/-innen eine Fortbildung erhalten, um die Überwachung und Installation von seriell gefertigten Fassadenelementen durchzuführen.

Unterstützungsstrukturen für Quereinstiege

Um das Interesse an einem Quereinstieg in einen Potenzialberuf zu steigern, sollte gezielt über die Möglichkeiten und Vorteile eines solchen Berufswechsels informiert werden. Dies kann mittels einer Informationskampagne unter Einbindung der relevanten Akteure (z.B. Kammern, Agenturen für Arbeit, (Weiter-)Bildungsträger, Gewerkschaften und Betriebsräte sowie Unternehmen und Unternehmensverbände) umgesetzt werden, die über verschiedene Wege die Zielgruppe adressiert. Neben Beschäftigten können auch Unternehmen adressiert werden, die im Zuge des Strukturwandels in den identifizierten Schlüsselberufen neue Fachkräfte suchen oder Fachkräfte aus den Potenzialberufen freistellen wollen.

Für einen erfolgreichen Quereinstieg braucht es darüber hinaus weitere Unterstützungsstrukturen. Zum einen geht es dabei um individuelle Beratungsangebote. Mit einer Potenzialanalyse können bspw. für interessierte Beschäftigte die vorhandenen Qualifikationen und Fähigkeiten sowie alternative Berufe identifiziert werden. Davon ausgehend können individuelle Weiterbildungs- und ggf. Umschulungsbedarfe ermittelt werden. Spezifische Beratungsangebote für den Bereich Energieeffizienz und Klimaneutralität sollten dabei eng an die vorhandenen Strukturen angedockt werden, etwa die lebensbegleitende Berufsberatung (LBB) der Agenturen für Arbeit. Um den Aufwand für die Zielgruppe so gering wie möglich zu halten, sollten die Beratungsangebote niedrigschwellig angelegt sein (z.B. in Kooperation mit vom Strukturwandel betroffenen Unternehmen) und regionale Besonderheiten (z.B. mit Blick auf den Arbeitsmarkt) berücksichtigen.

Zum anderen sollten auch potenziell hemmende Rahmenbedingungen, die den Quereinstiegsprozess erschweren, adressiert werden. Wichtige Faktoren sind hierbei Gehalt, Arbeitszeit und Mobilität. Daher ist z.B. zu prüfen, inwiefern möglichen Gehaltsgefällen zwischen den Berufen entgegengewirkt werden kann. Zusätzlich sollten eventuell notwendige Transferleistungen, wie Umzugskosten bei einem Ortswechsel oder Reisekosten für Weiterbildungen ermittelt werden.

Nachqualifizierungsangebote für Zugewanderte

Schließlich können auch Zugewanderte eine wichtige Zielgruppe für die Integration in energieeffizienz- und klimarelevante Berufe darstellen. Mit der Reform des Fachkräfteeinwanderungsgesetzes im Sommer 2023 wurden bestehende Zugangsvoraussetzungen für Arbeits- und Fachkräfte aus dem Ausland reduziert und neue Zugangsmöglichkeiten geschaffen. Mit der sog. „Chancenkarte“ besteht künftig ein Aufenthaltstitel, der auf einem Punktesystem basiert und eine Einreise zur Arbeitsplatzsuche ermöglicht.⁴⁴⁵

In der Praxis bestehen jedoch oftmals Schwierigkeiten bei der Einschätzung und Anerkennung bestehender Qualifikationen aus dem Ausland. Wenn Nachqualifizierungsangebote im Bereich beruflicher Qualifikationen

⁴⁴⁵ Eine Übersicht über die wesentlichen Inhalte der Gesetzesreform findet sich hier: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/arbeit-und-soziales/fachkraefteeinwanderungsgesetz-2182168>.

geschaffen werden, kann dies daher auch für diese Zielgruppe eine Möglichkeit darstellen, den Berufseinstieg in einem energieeffizienz- und klimarelevanten Beruf zu schaffen.

Dabei benötigen die Zugewanderten jedoch eine enge Begleitung – vom beruflichen Anerkennungsprozess über die Qualifizierungsberatung bis hin zu konkreten und passgenauen Qualifizierungsangeboten. Aktuell besteht hier bereits ein bundesweites Angebot verschiedener Bildungsträger, etwa der Industrie- und Handwerkskammern. Häufig werden die entsprechenden Angebote im Rahmen des bundesweiten Förderprogramms „Integration durch Qualifizierung (IQ)“ gefördert.⁴⁴⁶ Das bestehende Angebot sollte weiter ausgebaut werden, um allen Interessierten ein hochwertiges Beratungs- und Qualifizierungsangebot machen zu können. Zudem sollte ein stärkerer Schwerpunkt auf spezifische Angebote für energieeffizienzrelevante Berufe gelegt werden, dies gilt insbesondere für das Handwerk.

⁴⁴⁶ Eine Übersicht aller Projekte im Förderprogramm findet sich hier: https://www.netzwerk-ig.de/fileadmin/Redaktion/Downloads/IQ_Publikationen/IQ_Liste/IQ_Liste.pdf.