SPECIALISTS IN
EMPIRICAL ECONOMIC
RESEARCH

GWS RESEARCH REPORT 2024/03

Quantitative Erfassung des spezifischen Fachkräftebedarfs für den EE-Ausbau im Jahr 2021

Philip Ulrich

Lisa Becker

Jan Plassenberg

Impressum

AUTOR*INNEN

Philip Ulrich, Lisa Becker, Jan Plassenberg

Tel: +49 (0) 541 40933-200, E-Mail: ulrich@gws-os.com

TITEL

Quantitative Erfassung des spezifischen Fachkräftebedarfs für den EE-Ausbau im Jahr 2021

VERÖFFENTLICHUNGSDATUM

© GWS mbH Osnabrück, September 2024

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die in diesem Papier vertretenen Auffassungen liegen ausschließlich in der Verantwortung der Verfasser/-innen und spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung der GWS mbH wider.

FÖRDERHINWEIS

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojekts 44/19 „Ökonomische Indikatoren des Energiesystems“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erarbeitet.

Bildnachweis Titelbild: © REpower Systems AG

HERAUSGEBER DER GWS RESEARCH REPORT SERIES

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH

Heinrichstr. 30

49080 Osnabrück

ISSN 2196-4262

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **IV**

Tabellenverzeichnis **V**

Abkürzungsverzeichnis **VI**

1 Einleitung **1**

2 Überblick zu bestehenden Studien und Erhebungen **3**

2.1 Datenerhebungen für spezifische Bedarfe 3

2.2 Berufe und Qualifikationen im Bereich erneuerbare Energien 5

2.3 Ergebnisse des Fachgesprächs 8

3 Daten und Modellkonzept zur Abschätzung der Beschäftigung nach Berufen **9**

3.1 Konzept und Ergebnisse für die Bruttobeschäftigung 9

3.2 Methodik 11

4 Überblick zur gesamten Bruttobeschäftigung **13**

5 Berufsstrukturen in der EE-Beschäftigung 2021 **16**

5.1 Investitionen 16

5.2 Betrieb und Wartung 19

6 Abgleich mit der Engpasssituation **23**

6.1 Fokusberufe 23

6.2 Investitionen 25

6.3 Betrieb und Wartung 26

6.4 Detailanalyse 28

7 Schlussfolgerungen und Ausblick **31**

8 Literaturverzeichnis **33**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Gliederung der Fachberufe mit Beispielen aus dem Berufsbereich „Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“ (1-Steller) bis zu den Berufsuntergruppen (4-Steller) 5

Abbildung 2: Nachfrage nach Umweltfachkräften in Deutschland 2021 7

Abbildung 3: Verteilung der Bruttobeschäftigung 2021 auf Technologiegruppen sowie auf Segmente und Aktivitäten 9

Abbildung 4: Übersicht zur Methode der Erfassung des Bedarfs des EE-Ausbaus an Berufen 11

Abbildung 5: Verteilung der direkten und indirekten EE-Beschäftigung nach EE-Segment auf die Berufssegmente sowie Vergleich mit der Gesamtwirtschaft 14

Abbildung 6: Die zehn wichtigsten Berufsgruppen im Bereich Investitionen in neue Anlagen (alle Technologiegruppen), 2021 17

Abbildung 7: Berufsgruppen, nach Anzahl der Listung in der Top-10 der 6 Technologiegruppen sowie durchschnittlicher Rangplatz, Investitionen in neue Anlagen 18

Abbildung 8: Die zehn wichtigsten Berufsgruppen im Bereich Betrieb und Wartung bestehender Anlagen (alle Technologiegruppen), 2021 20

Abbildung 9: Berufsgruppen, nach Anzahl der Listung in der Top-10 der 6 Technologiegruppen sowie durchschnittlicher Rangplatz, Betrieb und Wartung 21

Abbildung 10: Fokusberufe mit Engpässen im Jahr 2026 und Ergänzungsindikatoren (QuBe-Projekt, 7. Welle, Prognose für das BMAS, Mittelfrist) 24

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Bruttobeschäftigung 2021, nach EE-Technologien und Gruppierung	10
Tabelle 2:	Anteil der Fachkräfte unter der EE-Beschäftigung, 2021	15
Tabelle 3:	Strukturmerkmale der Beschäftigung für den Bereich Investitionen – Bedeutung der wichtigsten Berufe, Berufsbereiche und Anforderungsniveaus	19
Tabelle 4:	Strukturmerkmale der Beschäftigung für den Bereich Betrieb / Wartung – Bedeutung der wichtigsten Berufe, Berufsbereiche und Anforderungsniveaus	22
Tabelle 5:	Liste der Fokusberufe mit der größten Bedeutung im Bereich Investitionen	25
Tabelle 6:	Bedeutung der Beschäftigung in Fokusberufen für die EE-Technologiegruppen im Bereich Investitionen	26
Tabelle 7:	Liste der Fokusberufe mit der größten Bedeutung im Bereich Betrieb und Wartung	27
Tabelle 8:	Bedeutung der Beschäftigung in Fokusberufen für die EE-Technologiegruppen im Bereich Betrieb und Wartung	27
Tabelle 9:	Ergebnisse der BA-Engpassanalyse für eine Auswahl an Berufsgruppen und Einordnung der Relevanz für die Solar- und Windenergie, 2022	29

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BA	Bundesagentur für Arbeit
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
CSP	Concentrated Solar Power
EE	Erneuerbare Energien
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
KldB	Klassifikation der Berufe
PV	Photovoltaik
WZ	Wirtschaftszweige

1 EINLEITUNG

Die fehlende Verfügbarkeit qualifizierter Arbeitskräfte zur Realisierung der Energiewende wurde bereits als ein möglicher Engpass identifiziert (Lutz et al. 2018). Für die Wirtschaft allgemein gilt die Verfügbarkeit von Fachkräften bereits seit längerem als drängende Herausforderung, bereits heute, aber insbesondere für die Zukunft (Zika et al. 2019; Wolter et al. 2023) So gehört laut Mittelfristprognose für das BMAS der Ausbau erneuerbarer Energien (EE) zu den für den Arbeitsmarkt entscheidenden Transformationstrends (Zika et al. 2023). Die ökologische Transformation der Wirtschaft hat einen spezifischen Bedarf an qualifizierten Arbeitskräften, der detailliert betrachtet werden muss, um die Chancen und Risiken in diesem Kontext auszuwerten (vgl. Bauer et al. 2017, Bauer et al. 2021a).

Damit ergeben sich folgende wichtige Fragen:

1) Wie stellt sich der spezifische Bedarf an Fachkräften für die Realisierung der Energiewende dar? Wie unterscheidet er sich von allgemeinen Strukturen des Bedarfs? Was sind die kritischen Berufe für die Energiewende?
2) Wie wird sich der spezifische Bedarf angesichts der politischen Programme und Zielsetzungen zukünftig entwickeln?
3) Wie passen die spezifischen Bedarfe zum Arbeitsangebot, heute und in Zukunft? Wann und unter welchen Bedingungen kann es zu gravierenden Engpässen bei der Versorgung mit qualifizierten Arbeitskräften kommen? Welche Berufe sind besonders betroffen?

Entlang dieser Gliederung von Fragestellungen gibt es unterschiedliche Stufen einer Analyse, die aufeinander aufbauen. Wichtig ist es zu Beginn einen Überblick über bestehende Studien zu erarbeiten und die Fragestellung zu präzisieren. Nach der Erarbeitung einer Systematik und einer Bestandsaufnahme und Detaillierung der Datengrundlage sowie einer Status-quo-Berechnung der Fachkräftenachfrage verändert sich unter Einbeziehung der Zukunftsaussichten und der Perspektive politischer Zielvorstellungen und Maßnahmen der Aufwand für die Analyse. Auch erfordert eine Erfassung der gesamten Breite der Klimaschutz- und Energiewendemaßnahmen deutlich mehr Aufwand als die Betrachtung von ausgewählten Bereichen wie der Ausbau der erneuerbaren Energien oder der energetische Gebäudesanierung.

Arbeitsplätze im Zusammenhang mit der Energiewende sind nicht direkt aus der Statistik abzulesen. Entsprechend sind für die Ermittlung struktureller Informationen wie die Berufe oder Qualifikation der Beschäftigten, gesonderte Analysen und Schätzverfahren notwendig. Für diese Aufgabenstellung sind in der Vergangenheit bereits Ansätze entwickelt worden. Die energiewirtschaftliche Gesamtrechnung ist jedoch bisher nicht auf die spezifische Aufgabenstellung der Untersuchung der Fachkräftenachfrage oder möglicher Engpassbereiche fokussiert. Ausgangspunkt ist die Abschätzung der „Bruttobeschäftigung“ im ex-post-Bereich, die bereits für den Ausbau erneuerbarer Energien (Lehr et al. 2015, O'Sullivan et al. 2019, O’Sullivan & Edler 2020) und für die energetische Gebäudesanierung abgeschätzt wird (Blazejczak et al. 2021).

Die Schätzung der Bruttobeschäftigung umfasst neben der direkten Beschäftigung die indirekte Beschäftigung in den vorgelagerten Produktionsbereichen. Für die Abbildung der erneuerbaren Energien im Kontext der genutzten Analysemethode (Input-Output-Analyse) sind hierzu über die bestehenden Produktionsbereiche hinaus Vektoren abgeleitet worden, die nach EE-Technologien differenziert die jeweilige Kosten- bzw. Vorleistungsstruktur beschreiben (Lehr et al. 2015; O'Sullivan & Edler 2020). Diese Vektoren wurden im laufenden Vorhaben aktualisiert, so dass eine aktuelle Beschreibung der Produktionsbereiche zur Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energie vorliegt (O'Sullivan et al. 2023).

Abzugrenzen von der Bruttobeschäftigung ist die Nettobeschäftigung. Bei der Nettobetrachtung werden auch negative Beschäftigungseffekte (beispielsweise in fossilen Industrien) und induzierte Effekte, etwa durch Preisveränderungen, berücksichtigt. Diese Effekte ergeben sich als Ergebnis von Modellsimulationen. Ein Szenario mit (mehr) Energiewende wird mit einem Szenario mit weniger/ohne Energiewende verglichen. Um den Bedarf an qualifizierten Arbeitskräften spezifisch zu quantifizieren, ist es notwendig darzustellen, wie die Produktionsweise der Branchen mit den ausgeübten Berufen ihrer Beschäftigten zusammenhängt. Zusätzlich muss die Entwicklung des Arbeitsangebot als ein Zusammenspiel zwischen Demografie und Qualifizierung abgebildet werden. Hierfür liegt mit den QuBe-Projektionen und zugrundeliegenden Modellen (www.qube-projekt.de) eine Basis für fundierte Abschätzungen vor. Eine vollständige Verbindung der technoökonomischen Datensätze aus der Analyse von Beschäftigungswirkungen und der Arbeitsmarktmodellierung steht noch aus.

Der Ausbau erneuerbarer Energien muss deutlich beschleunigt werden, um das Ziel der Treibhausgasneutralität 2045 zu erreichen. Innerhalb der zentralen Handlungsfelder erfordert der EE-Ausbau neben der Gebäudesanierung und dem Netzausbau am meisten zusätzliche Investitionen (vgl. BCG 2021). In der vorliegenden Studie wird eine Fokussierung auf den Ausbau erneuerbarer Energien (Stromerzeugungsanlage und Gebäudetechnik) vorgenommen. Methodisch kann diese Arbeit als Pilot-Studie für die Weiterentwicklung und Übertragung auf weitere Handlungsfelder im Klimaschutz angesehen werden. Ferner konzentrieren wir uns auf den Status quo, spezifische Strukturen und quantitative (gesamtwirtschaftliche) Analysen.

Das Ziel dieser Studie ist die Ableitung eines tief disaggregierten Mengengerüsts der EE-Beschäftigung nach Berufen und Anforderungsniveaus im Jahr 2021. Dabei wird die Eignung der detaillierten Eingangsdaten zur Bruttobeschäftigung für eine Abschätzung erprobt. Ferner werden einschlägige Studien gesichtet, um bestehende Erkenntnisse zu den spezifischen Qualifikationsbedarfen des EE-Ausbaus einzubeziehen und die Ergebnisse einzuordnen. In einem Fachgespräch mit Arbeitsmarktexperten fand ein fachlicher Austausch zur Methode und ersten Ergebnissen statt. Als Teil einer Pilotstudie wird die hier dargestellte Methodik in folgenden Vorhaben weiterentwickelt, um für alle Technologien die Abschätzungen zu verbessern ggf. Unschärfen zu beheben.

2 ÜBERBLICK ZU BESTEHENDEN STUDIEN UND ERHEBUNGEN

Die Erfassung und Analyse von spezifischen Strukturen, Wirkungen und Entwicklungen, die im Zusammenhang mit allgemeinen Prozessen und Transformationen wie Energiewende und Green Economy stehen, ist Thema vieler Arbeitsmarktstudien gewesen. Da viele Tätigkeiten, Schwerpunkte und Ausrichtungen nicht spezifisch in Wirtschafts- und Arbeitsmarktstatistik erfasst werden, ist die Erhebung von Daten ein eigenes Thema. Die zentrale Frage ist dabei, welche Berufe und Qualifikationen überhaupt für die Realisierung der Energiewende oder einer Green Economy gebraucht werden und welche Bedeutung diese Aspekte heute schon für den Arbeitsmarkt haben. Im Folgenden wird zunächst dargestellt, welche Methoden es zur Erhebung solcher Informationen gibt. Im Anschluss werden zentrale Arbeiten nur für den Bereich der erneuerbaren Energien aber auch für den übergeordneten Bereich der „Green Economy“ dargestellt.

2.1 DATENERHEBUNGEN FÜR SPEZIFISCHE BEDARFE

Auswertung von Beschreibungen der Berufsbilder

Janser (2018) beschreibt ein Verfahren zur Erfassung des Grads der „Grünheit“ von Berufen. Die in der Bundesagentur für Arbeit (BA) erfassten Informationen zu mehr als 4 000 Einzelberufen (BeufeNET) werden mithilfe von Text-Mining-Methoden auf Schlüsselwörter im Zusammenhang mit Umweltschutz durchsucht. Mithilfe detaillierter Daten aus der Sozialversicherungsstatistik können anschließend Hochrechnungen für die Bedeutung von Umweltschutz für Berufe der amtlichen Klassifikation der Berufe gemacht werden. Der „Greenness-of-jobs-Index“ kann nach unterschiedlichen Merkmalen wie auch unterschiedlichen Umweltbereichen ausgewertet werden.

Analyse von Stellenausschreibungen

Helmrich et al. (2016) untersuchen anhand von Stellenanzeigen, wie sich der Fachkräftebedarf im Bereich der erneuerbaren Energien sowohl quantitativ als auch qualitativ gestaltet. Dafür erfolgen zunächst eine Einordnung der in der Stellenanzeige beschriebenen Tätigkeitsfelder in eine Berufsklassifizierung sowie eine Zuordnung der ausschreibenden Unternehmen zu Wirtschaftszweigen. Dadurch kann der quantitative Bedarf systematisiert erfasst werden. Über inhaltliche Analysen des Ausschreibungstextes werden geforderte Qualifikationen und Kompetenzen registriert, sodass ein qualitatives Gesamtbild über die Nachfrage nach Arbeitskräften entsteht. Anhand von Inserenten-Nachbefragungen haben Helmrich et al. (2016) weitere Informationen gewonnen und überprüft, inwieweit die in der Stellenausschreibung gewünschten Anforderungen erfüllt werden konnten und für die Einstellung tatsächlich entscheidend waren.

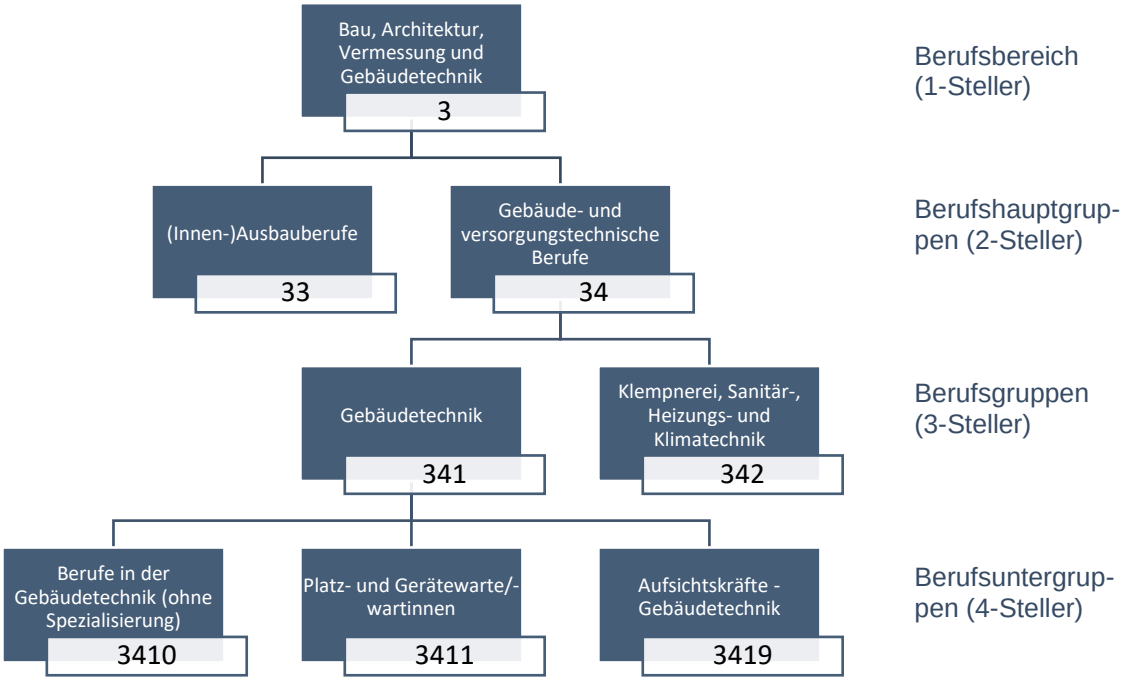
Die Analyse von Stellenausschreibungen geht auch in die Arbeiten von Bauer et al. (2017) ein. Hier erfolgt eine Bestandsaufnahme von Branchen, die von der Transformation zu einer Green Economy besonders betroffen sind. Für die Auswahl werden neben den Auswertungen der Stellenanzeigen auch Informationen zur Beschäftigung im Umweltschutz sowie zu ausgewählten Transformationsfeldern herangezogen. Mithilfe einer Bewertung anhand dieser drei Kriterien werden die „grünen“ Branchen identifiziert, für die anschließend arbeitsbezogene Merkmale wie Qualifikationsniveau und Berufsgruppen ausgewertet und mit der Gesamtwirtschaft verglichen werden.

Eine Aktualisierung und Weiterentwicklung dieser Methode werden in Bauer et al. (2021b) dargelegt: Der Auswahlprozess der Branchen wird um weitere Kriterien ergänzt, wie den Anteil der Unternehmen, die nach EMAS zertifiziert sind. Neben den Branchen werden in Bauer et al. (2021b) auch Berufe identifiziert, die in besonderem Maß für die Transformation zu einer Green Economy relevant sind. Auch hierfür werden Analysen der Stellenausschreibungen für die Bewertung herangezogen: Der Anteil der Einstellungen eines Bewerbers mit Umweltanforderungen, die Anzahl an identifizierten „grünen“ Stellenanzeigen und der Anteil der als „grün“ identifizierten Stellenanzeigen in einem Beruf an allen Stellenanzeigen des Berufs dienen als Kriterien für die Auswahl der Berufe. Für die Auswertung dieser Berufe werden arbeitsmarktrelevante Informationen analysiert, wie die Altersstruktur oder Berufsabschlüsse.

Berufsbilder und Tätigkeiten von Erwerbstätigen werden in Deutschland in der Regel entlang der Klassifikationen der amtlichen Statistik beschrieben. Übliche Berufsbezeichnungen werden dort in einem hierarchischen System auf Grundlage der Ähnlichkeit eingeordnet und gruppiert. Die sogenannte „Berufsfachlichkeit“ wird in der Klassifikation der Berufe (KldB 2010) in vier Hierarchiestufen aufgegliedert. Die oberste Ebene sind dabei die 10 Berufsbereiche, die vierte Ebene (4-Steller) unterscheidet 700 Berufsuntergruppen. Zur weiteren Untergliederung wird die Dimension des Anforderungsniveaus der Tätigkeit hinzugezogen. Dieses Merkmal beschreibt die Komplexität der Tätigkeit und bezieht nicht-formale Qualifikationen sowie Berufserfahrung mit ein (Bundesagentur für Arbeit 2023). Das Anforderungsniveau der Beschäftigten kann als eigenes Merkmal ohne berufsfachlichen Bezug ausgewertet werden und unterscheidet vier Stufen: Helfer- und Anlerntätigkeiten („Helfer“), fachlich ausgerichtete Tätigkeiten („Fachkraft“), komplexe Spezialistentätigkeiten („Spezialist“) sowie hoch komplexe Tätigkeiten („Experte“).

Zur Veranschaulichung der Gliederung der Berufsfachlichkeit zeigt Abbildung 1 die Berufe im Berufsbereich „Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“. Für die weitere Untergliederung unterhalb der 4-Steller wird, wie oben dargestellt, das Merkmal der Anforderungsniveaus einbezogen.

Abbildung 1: Gliederung der Fachberufe mit Beispielen aus dem Berufsbereich „Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“ (1-Steller) bis zu den Berufsuntergruppen (4-Steller)



Quelle: Bundesagentur für Arbeit (2020), eigene Darstellung

2.2 BERUFE UND QUALIFIKATIONEN IM BEREICH ERNEUERBARE ENERGIEN

Lehr et al. (2015) haben in einer Unternehmensbefragung erhoben wie sich Berufsabschlüsse und Qualifikation der Beschäftigten in der EE-Branche verteilen. Hier wurde bereits ein sehr hoher Anteil von Beschäftigten mit einer Berufsausbildung festgestellt. Für alle Technologien liegt dieser Anteil bei 50% und erreicht bei einzelnen Technologien bis zu 75%.

Eine umfassende Analyse zur Charakterisierung von Tätigkeiten, Qualifikationen und Berufen im Bereich des Ausbaus erneuerbarer Energien legen Helmrich et al. (2016) vor. Dabei werden verschiedene Perspektiven auf Grundlage unterschiedlicher Erhebungen erfasst. Erwerbstätige, die angeben, dass Sie in diesem Bereich arbeiten, geben als Tätigkeiten am häufigsten „Herstellen, Produzieren von Waren und Gütern“ gefolgt von „Messen und Prüfen“ an. Die Stellenausschreibungs-Analyse ergibt, dass vor allem Fachkräfte in technischen Berufen gesucht werden. Es werden kaum Stellen für Bewerber ohne Abschluss gesucht, am häufigsten ist eine Berufsausbildung gefordert. In den Stellenanzeigen werden 60% Fachkräfte gesucht, 29% „Spezialisten“ oder „Experten“. Aus Sicht der Betriebe erfüllen Bewerber meistens nicht vollständig die gestellten Anforderungen.

Koneberg et al. (2022) haben speziell für die Solar- und Windbranche die Bedarfe an Fachkräften und Berufen erhoben. Dabei wurden 19 Experteninterviews geführt. Hervorgehoben wurden Unterschiede zwischen Windenergie und Solarenergie. Im Bereich Windenergie werden mehr Akademiker benötigt, bei der Photovoltaik (PV) mehr Handwerksberufe. Elektrik-Fachkräfte werden für beide Bereiche als Flaschenhals angesehen, auch weil der Bedarf aus anderen Handlungsfeldern ebenfalls groß ist. Dies wird auch durch den Abgleich mit den Engpassberufen, wie sie aus Indikatoren der Bundesagentur für Arbeit abgeleitet werden, deutlich Einige Experten halten die duale Ausbildung für den besten Weg, um passende Fachkräfte zu

akquirieren. Andere sehen das sukzessive Anlernen von Arbeitskräften als aussichtsreicher an. Frauen sind generell unterrepräsentiert. Es gibt Probleme bei der Besetzung von Ausbildungsstellen. Es wird jedoch auch hervorgehoben, dass für die Genehmigungsprozesse Jurist*innen und Planungsberufe gebraucht werden, für die kurzfristige Maßnahmen der Aus- und Weiterbildung nicht greifen.

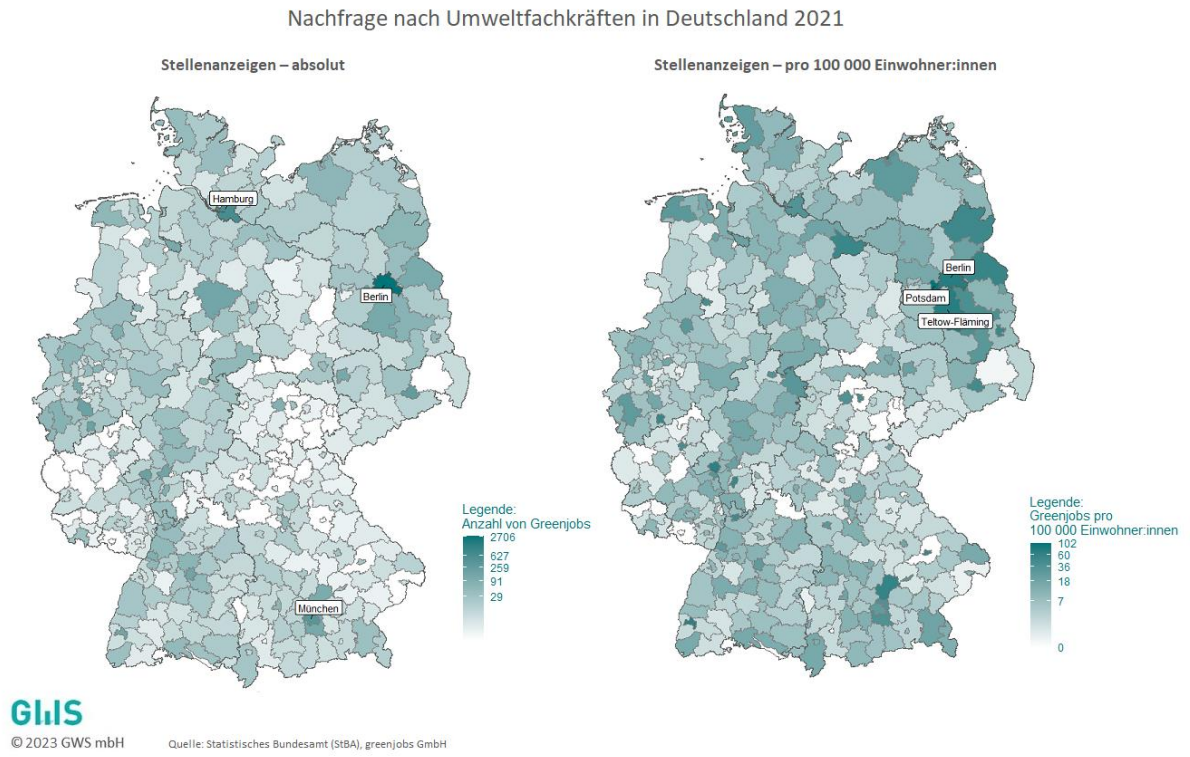
Richtet man den Blick zunächst über die Erneuerbaren hinaus, so haben Berufe, die für die Transformation hin zu einer Green Economy insgesamt benötigt werden, ihren Schwerpunkt in technischen und baugewerblichen Tätigkeiten. Berufsfelder mit einer hohen Relevanz sind alle Bauberufe, Metallerzeugung- und Metallbauberufe, Maschinentechnik-, Mechatronik-, Energie- und Elektroberufe. Hinzu kommt das Berufsfeld Geologie-, Geografie- und Umweltschutz (Bauer et al. 2021b, S. 57).

Es liegt außerdem nahe, dass die benötigten Arbeitsplätze für die grüne Transformation nicht gleichverteilt über den Bundesfläche sind. Wie auch in der Automobilbranche – mit bspw. Wolfsburg und Ingolstadt – gibt es für die EE-Branche eine Konzentration auf bestimmte Gebiete. Diese regionale Verteilung wurde mit einer Analyse der Stellenanzeigen des Online-Jobportals greenjobs.de für Umweltfachkräfte beispielhaft aufgezeigt[1]. Abbildung 2 zeigt die Verteilung der dort geschalteten Stellenanzeigen auf Ebene der Landkreise. In der absoluten Ansicht führen die Großstädte Berlin, Hamburg und München die Rangliste an. Für einen Großteil der Landkreise in Deutschland wurden 2021 eine bis dreißig „grüne“ Stellenanzeige(n) veröffentlicht. Es gib also in nahezu allen Regionen der Republik Anzeigen für grüne Jobs. In der Tendenz werden jedoch im Norden etwas mehr Anzeigen geschaltet als im Süden. Bemerkenswert ist das große Angebot in der Region Berlin und Potsdam. Auch die relative Darstellung auf der rechten Seite von Abbildung 2 unterstreicht diese Aussage. Aber auch die Hotspotregionen der Branche lassen sich mithilfe der hohen Zahlen der Landkreise Aurich und Nordfriesland ausfindig machen.

Die hier dargestellte Verteilung berücksichtigt nur die bei greenjobs.de geschalteten Anzeigen im Jahr 2021. Rund 13 000 Anzeigen wurden im Jobportal veröffentlicht. Nach Ausschluss von geografisch ungenauen Anzeigen sowie solchen aus dem Ausland konnten 87 % den Regionen innerhalb Deutschlands zugeordnet werden. Da Unternehmen Stellen auch intern besetzen bzw. ihre Anzeigen auf anderen Portalen schalten (bspw. Jobbörse der Bundesagentur für Arbeit), gibt es mehr offene Stellen für „grüne Jobs“ als die hier berücksichtigten. Im Kontext des Fachkräftebedarfs für den EE-Ausbau ist festzuhalten, dass nicht sämtliche, dort geschalteten Stellenanzeigen einen direkten Bezug zum EE-Ausbau haben. So werden beispielsweise auch Lehrende für umweltrelevante Themen über die Plattform gesucht, welche keinen unmittelbaren Einfluss auf den EE-Ausbau ausüben.

[1] Das Jobportal greenjobs.de schaltet Stellenanzeigen, für die Umweltqualifikationen gefragt sind oder die in einem Unternehmen besetzt werden sollen, dessen Hauptgeschäft im Umweltbereich betrieben wird.

Abbildung 2: Nachfrage nach Umweltfachkräften in Deutschland 2021



Quelle: Statistische Bundesamt, greenjobs GmbH, eigene Berechnungen

Zur Einordnung muss hervorgehoben werden, dass „Green Economy“ ein vergleichsweise breites Feld an Tätigkeits- und Handlungsfeldern ist, in dem der Ausbau erneuerbarer Energien nur einen Teilbereich abdeckt. Es zeigen sich jedoch ähnliche Schwerpunkte bei den Berufen. Zudem zeigen die Analysen, wie durch die Kombination unterschiedlicher Datenquellen – insbesondere die Stellenanzeigenanalyse – , ein Querschnittsbereich innerhalb der Wirtschaft abgegrenzt und seine Bedeutung quantifiziert werden kann (Bauer et al. 2017).

Generell gibt es eine Überschneidung des Handlungsfeldes Effizienz in Gebäuden mit dem Ausbau erneuerbare Energien, wie er hier betrachtet wird. In BfEE (2023) werden die Schlüsselberufe und Schlüsselkompetenzen für den Sektor „Gebäude“ identifiziert. Die Montage und die Wartung von Wärmepumpen, Biomasseheizungen und Solarthermie wird bei der qualitativen Erhebung mit einbezogen. Entsprechend zählen Berufe aus der Gebäudetechnik und Bauplanung zu den Schlüsselberufen. Insgesamt werden 17 Berufsuntergruppen im Bereich Gebäudeeffizienz identifiziert und Kernkompetenzen zusammengestellt (BfEE 2023, S. 2–3).

Blazejczak & Edler (2021) berechnen auf Grundlage von Investitionen, die zur Erreichung eines klimaneutralen Deutschlands bis zum Jahr 2050 notwendig sind, den erforderlichen Arbeitskräftebedarf. Dabei werden neben der Energieversorgung auch die Handlungsfelder Industrie, Verkehr sowie Haushalte und „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ (GHD) berücksichtigt. Für das Jahr 2035 ergibt sich ein Effekt von 767.200 direkt als auch indirekt beschäftigten Personen. Davon macht knapp die Hälfte der direkte Beschäftigungseffekt, aus, der insbesondere die Berufe im Hochbau, in der Maschinen- und Betriebstechnik, in Büros und Sekretariaten, in der Unternehmensorganisation und -strategie und in der Energietechnik betrifft. Die Transformation löst über die Vorleistungen Beschäftigungseffekte in weiteren Berufsfeldern aus, die nur indirekt zur Erfüllung der Klimaneutralität beitragen. Dazu zählen Berufe in

der Logistikbranche oder auch Reinigungsberufe. Beim Anforderungsniveau wird zwischen den vier Stufen „Helfer“, „Fachkraft“, „Spezialist“ und „Experte“ unterschieden. Mit 58 % ist der Bedarf nach dem Anforderungsniveau „Fachkraft“ am höchsten, gefolgt von der Nachfrage nach „Helfern“ (19 %), „Spezialisten“ (13 %) und „Experten“ (10 %).

Gerade mit Blick auf die zukünftige Entwicklung von spezifischen Bedarfen auf dem Arbeitsmarkt sind noch die Arbeiten des QuBe-Projekts zu erwähnen. Die Arbeitsmarktprojektionen stellen Arbeitsangebot und Arbeitsnachfrage in Deutschland 10 bis 20 Jahre in die Zukunft gerichtet gegenüber. Für beide Seiten des Arbeitsmarktes werden tief disaggregierte Modelle verwendet, und in der Szenarienentwicklung integriert. Die QuBe-Arbeitsmarktprojektionen sind zudem Bestandteil des Fachkräftemonitorings für das BMAS. Hervorzuheben sind die spezifischen Szenarien, welche die Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen gezielt herausgearbeitet haben. Die Wirkungen des Klimaschutzprogramms 2030 sind mehrfach explizit in unterschiedlicher Tiefe und Vollständigkeit ausgewertet worden (Wolter et al. 2023; Zika et al. 2021; Mönnig et al. 2021; Zika et al. 2023). Im Ergebnis zeigt sich die große Bedeutung des Baugewerbes, aber auch von Teilen der Industrie und Unternehmensdienstleistungen. Ein wichtiger Unterschied zu der Studie von Blazejczak & Edler (2021) ist, dass die Wirkungen in einem integrierten, ökonomischen Kreislaufmodell abgebildet sind. Berücksichtigen werden also nicht nur zusätzlichen Bedarfe, sondern die politischen Maßnahmen werden in den Kontext aller begleitenden gesamtwirtschaftlichen Zusammenhänge gestellt. Beispielsweise werden dabei negative Effekte etwa durch höhere Preise mit einbezogen (Netto-Betrachtung).

2.3 ERGEBNISSE DES FACHGESPRÄCHS

Im Rahmen des Projektes wurde am 31.1.2023 mit ausgewählten Expert*innen ein Fachgespräch mit dem Titel “Quantitative Erfassung des spezifischen Fachkräftebedarfs für den EE-Ausbau“ durchgeführt. Ziel des Fachgesprächs war es den Einsatz der bisher angewandten Methodik bzw. der verwendeten Datenquellen zu diskutieren und zu validieren.

Nach der inhaltlichen Einführung in das Projekt wurde der Forschungsstand und die Auswahl der bestehenden Datenquellen (vgl. Kapitel 2.1 und 2.2) in der Teilnehmerrunde abgestimmt und ergänzt. Vier Expert*innen gaben einen Überblick über Datenerhebungen, die sie in der Vergangenheit zu Erfassung spezifischer Bedarfsstrukturen bei den Berufen durchgeführt hatten. Anschließend wurde das Konzept vorgestellt und erste Ergebnisse des Vorgehens dargestellt.

Insgesamt wurde das Konzept zur Abschätzung der Qualifikationsstruktur und des Bedarfs an Arbeitskräften für den Ausbau erneuerbarer Energien als adäquate Methode angesehen. In der Diskussion wurden als Stärken des Ansatzes, folgende Punkte aufgeführt:

- Abbildung des gesamten Bereichs der EE-Berufe
- Das verwendete Konzepte bietet die Möglichkeit, verschiedene Szenarien abzubilden
- Quantitative Ergebnisse können abgebildet werden, sodass eine Vorstellung möglicher Engpässe entsteht
- Der Ansatz beruht auf belastbaren Zahlen, weist keine Störgeräusche auf und sollte weiterverfolgt werden

Als Schwäche des Konzeptes wurde angemerkt, dass das bisherige Vorgehen bisher sozialversicherungspflichtig und geringfügig Beschäftigte erfasst, nicht aber die Selbstständigen und Beamten. Das Vorgehen erfasst also nur circa 80% der Beschäftigten.

3 DATEN UND MODELLKONZEPT ZUR ABSCHÄTZUNG DER BESCHÄFTIGUNG NACH BERUFEN

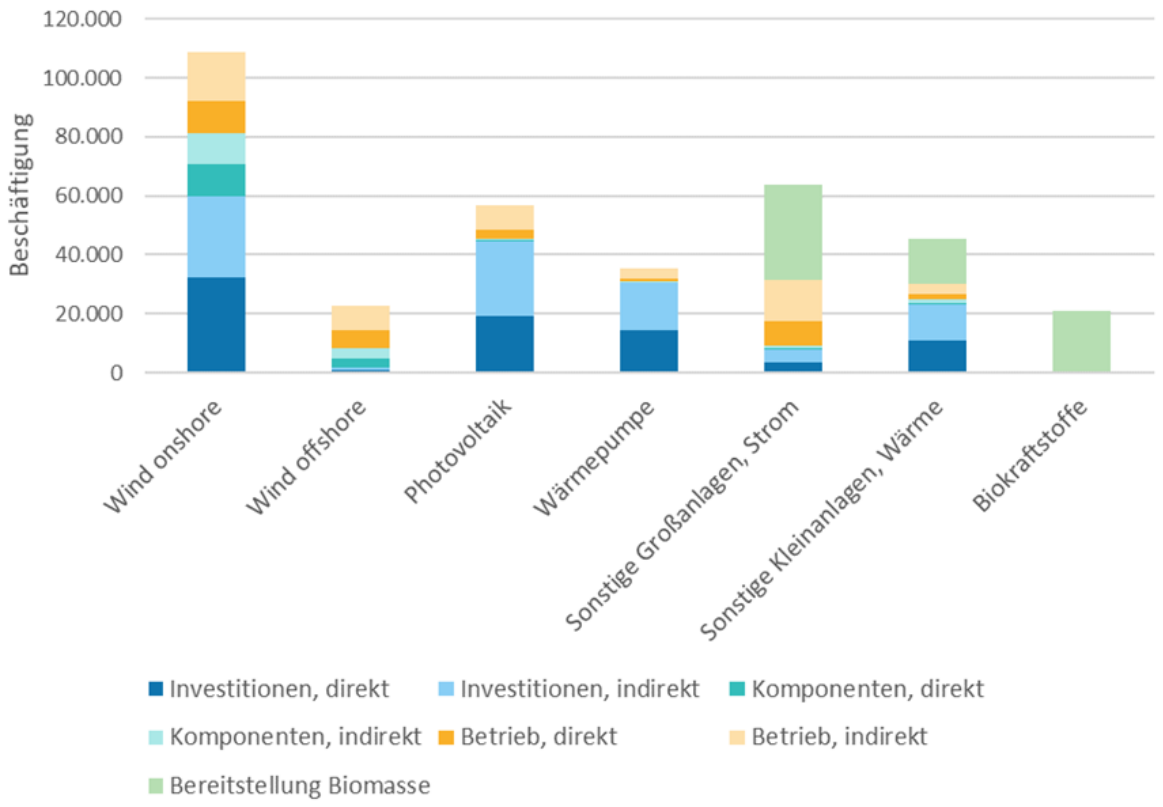
3.1 KONZEPT UND ERGEBNISSE FÜR DIE BRUTTOBESCHÄFTIGUNG

Die sogenannte Bruttobeschäftigung beobachtet seit über 15 Jahren wirtschaftliche Impulse durch den Ausbau erneuerbarer Energien. Die Bruttobeschäftigung gliedert sich in unterschiedliche Aktivitäten und Segmente.

- „Investitionen“: Alle Aktivitäten, die mit der Herstellung und Installation der Anlagen im Inland in Verbindung stehen
- „Export von Komponenten“: Ausfuhr von Anlagen und Komponenten ins Ausland (ohne Installation)
- „Betrieb und Wartung“: Aufwendungen für den Betrieb und die Wartung der Anlagen im Inland nach der Installation

Investitionen sind für fast die Hälfte der Bruttobeschäftigung 2021 verantwortlich. Neben den im Inland neu installierten Anlagen werden im Bereich Produktion auch durch Exporte wirtschaftliche Impulse generiert. Auf den Komponenten-Export entfallen etwa 9% der Bruttobeschäftigung. Im Jahr 2021 waren es etwa 24% der Beschäftigung, die dem Bereich Betrieb und Wartung zugeordnet waren. Als weiteres Segment ist noch die Beschäftigung durch Biomassebereitstellung (Brennstoffe) und Biokraftstoffe zu nennen.

Abbildung 3: Verteilung der Bruttobeschäftigung 2021 auf Technologiegruppen sowie auf Segmente und Aktivitäten



Die Bruttobeschäftigung betrachtet die gesamte Wertschöpfungskette des EE-Ausbaus. Sie ist Ergebnis einer Input-Output-Analyse. Im Rahmen einer solchen Analyse werden nicht nur

die direkten Effekte ermittelt, sondern auch die indirekten. Entsprechend gibt es eine Unterscheidung nach direkter Beschäftigung und indirekter Beschäftigung, wobei diese Unterteilung nicht Teil der Berichterstattung ist. Die direkte Beschäftigung macht im Durchschnitt etwa 45% der Bruttobeschäftigung aus.

Für die hier angestrebte Erfassung des spezifischen Fachkräftebedarfs für den EE-Ausbau werden die 11 Technologien der Bruttobeschäftigung zu 6 Gruppen zusammengefasst. Damit wird Rechnung getragen, dass einige Technologien eine sehr geringe Bedeutung haben und zugleich die entsprechenden technisch-ökonomische Datengrundlagen nicht genau genug sind, um strukturelle Unterschiede herauszuarbeiten. Die entsprechende Gliederung findet sich in Tabelle 1. Dort ist zusätzliche die Bruttobeschäftigung von insgesamt etwa 295 00 ergänzt, die für die Abschätzungen in diesem Bericht zugrunde gelegt wurden. Die Ergebnisse haben den Berechnungsstand Ende 2022, wie er in O'Sullivan et al. (2023) erfasst wurde. Die Summe der EE-Beschäftigung betrug demnach inkl. der Bereitstellung von Biobrenn- und -kraftstoffen im Jahr 2021 353 500.[2]

Tabelle 1: Bruttobeschäftigung 2021, nach EE-Technologien und Gruppierung

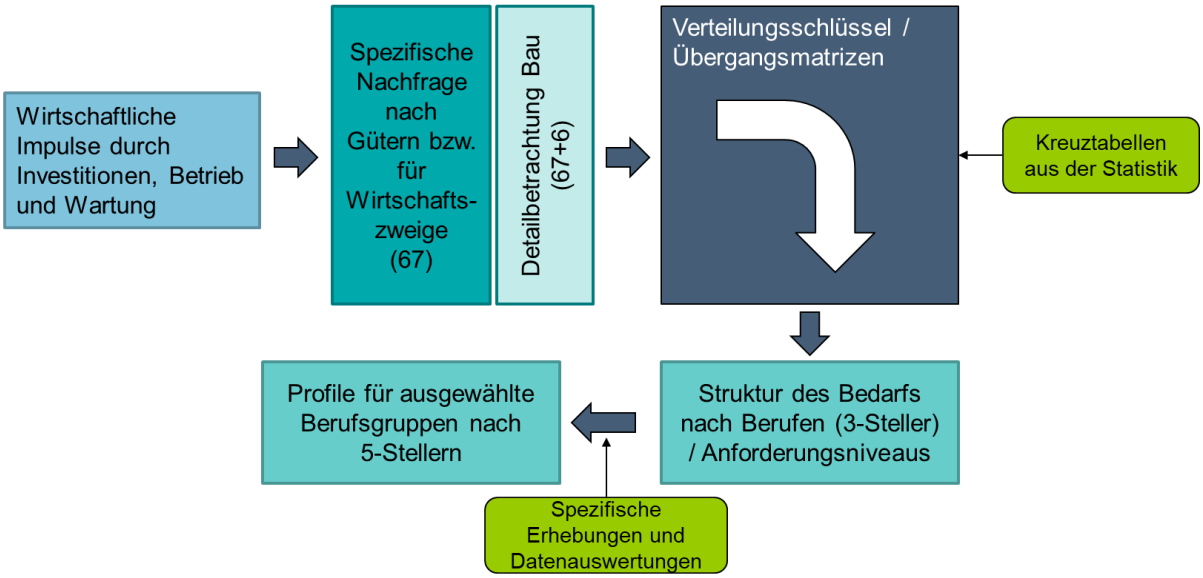
Technologien	Technologie-gruppen	Investitio-nen	Export von Komponenten	Betrieb und Wartung
Wind onshore	Wind onshore	59 900	21 200	27 400
Wind offshore	Wind offshore	1 900	6 200	14 500
Photovoltaik	Photovoltaik	44 500	900	11 500
Solarthermie (Wärme)	Sonstige Kleinan-lagen, Wärme	5 200	600	1 300
Wasser	Sonstige Großan-lagen, Strom	800	600	4 300
Biomasse groß (Strom)	Sonstige Großan-lagen, Strom	2 700	100	6 800
Biomasse klein (Wärme)	Sonstige Kleinan-lagen, Wärme	17 900	1 300	3 800
Biogas (Strom/Wärme)	Sonstige Großan-lagen, Strom	4 000	300	11 000
Geothermie tief (Strom)	Sonstige Großan-lagen, Strom	200	0	300
Wärmepumpe	Wärmepumpe	30 700	100	4 600
CSP, Solarthermische Kraftwerke	Sonstige Großan-lagen, Strom	0	300	0
Gesamt		**167 800**	**31 600**	**85 500**

[2] Im Zuge der Aktualisierung der Zeitreihe wurden die Werte für 2021 revidiert. Die neue Zeitreihe ist unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/ee-beschaeftigte-2000-2022 verfügbar.

3.2 METHODIK

Die Grundidee der Methode ist die Verknüpfung empirisch gemessener wirtschaftlicher Impulse mit dem in Personen gemessenen Bedarf auf dem Arbeitsmarkt. Für die Bedarfsabschätzungen sind die detaillierten technisch-ökonomischen Daten zum EE-Ausbau sind eine gute Ausgangsbasis. Denn sie bilden den Ausbau erneuerbare Energien bereits als Aktivität einer Querschnittsbranche ab. Eine alternative Erfassung oder Abschätzung über Branchen oder Berufe wäre immer unvollständig. Auch müssten die Aktivitäten eindeutig abgegrenzt werden, also die Frage beantwortet werden, was zum EE-Ausbau dazugehört und was.

Abbildung 4: Übersicht zur Methode der Erfassung des Bedarfs des EE-Ausbaus an Berufen



Die Methodik zur Abschätzung des Bedarfs ist angelehnt an das Vorgehen von Blazejczak & Edler (2021). Die wirtschaftlichen Impulse durch Investitionen sowie Betrieb und Wartung werden über spezifische Input-Vektoren in eine spezifische Nachfrage nach Gütern umgewandelt. Die Input-Vektoren beschreiben die Kostenstruktur der einzelnen Technologien und gliedern sich in 67 Gütergruppen (O'Sullivan et al. 2023). Nach Prüfung dieser spezifischen Nachfrage nach Gütergruppen wird die Beschäftigung für 67 Wirtschaftszweige abgeleitet. Für das Baugewerbe wurden die Wirtschaftszweige von drei auf neun aufgegliedert. Für die Erfassung des wichtigen Bereichs der Installation, so wurde in vergleichenden Analysen deutlich, führt eine detailliertere Untergliederung zu deutlich besseren Ergebnissen bei den Fachberufen. Die Disaggregation auf die 3-Steller im Baugewerbewurde mithilfe von Plausibilitätsannahmen vorgenommen. Jedoch kam es in der Regel nur zu einem Ausschluss ganz offensichtlich nicht notwendiger Bauleistungen, die auf Ebene von 11 Technologien vorgenommen wurde.

Die Beschäftigung, technologiespezifisch unterteilt nach Wirtschaftszweigen, wird anschließend über Verteilungsschlüssel in die Struktur des Bedarfs nach Berufen umgewandelt. Die Verteilungsschlüssel sind Übergangsmatrizen von Wirtschaftszweigen bis Dreisteller-Ebene (WZ-2008) und Berufen auf Dreisteller-Ebene (KldB 2010). Jeder Wirtschaftszweig hat eine spezifische Berufsstruktur auf Ebene der 140 Berufsgruppen. Beispielsweise werden für den Bau von Maschinen 12% Personen in Metallbauberufen beschäftigt und 4% für Büro-/Sekretariatsberufe. Zusätzlich werden Verteilungen auf Anforderungsniveaus verwendet. Damit wird die übliche Verteilung der Anforderungsniveaus der Beschäftigten einer Berufsgruppe in einem

Wirtschaftszweig unterstellt. So arbeiten von den zuvor erwähnten Beschäftigten in Metallbauberufen im Maschinenbau (12%) knapp 86% als Fachkraft. Die Kreuztabellen stammen aus der BA-Statistik. Mit der Beschäftigung nach Berufen und Anforderungsniveaus liegt das Kernergebnis der Berechnung vor.

Es erfolgt eine Evaluierung und Auswertung der vorliegenden Beschäftigungsdaten nach Berufen nach unterschiedlichen Merkmalen, zum Beispiel Technologien oder Segmenten (Aktivitäten). Da die Dreisteller-Ebene der KldB nicht immer detailliert genug ist, um die Spezifika in der Berufsstruktur darzustellen, werden für ausgewählte Berufsgruppen die Fünfsteller betrachtet. Dafür werden weitere spezifische Erhebungen und Datenauswertungen berücksichtigt. Die folgenden Datenquellen werden verwendet:

- Die sogenannten Input Vektoren beschreiben die inländischen Vorleistungen für den Ausbau erneuerbaren Energien nach 72 Produktionsbereiche und den EE-Technologien. Diese Kostenstrukturen wurden durch mehrere Unternehmensbefragungen erhoben und seit 2015 aktualisiert (Lehr et al. 2015; O'Sullivan et al. 2023).
- Ferner werden detaillierte Auswertungen zur Bruttobeschäftigung verwendet: die direkte und indirekte Beschäftigung in detaillierter Gliederung sowie Angaben zur Arbeitsintensität.
- Die Kreuztabelle der Beschäftigung ist eine Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit. Erfasst werden alle sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sowie die ausschließlich geringfügig Beschäftigten. Die Kreuztabellen haben 144 Zeilen für die Berufe mal 4 Anforderungsniveaus und 73 Wirtschaftszweige als Spalten.

4 ÜBERBLICK ZUR GESAMTEN BRUTTOBESCHÄFTIGUNG

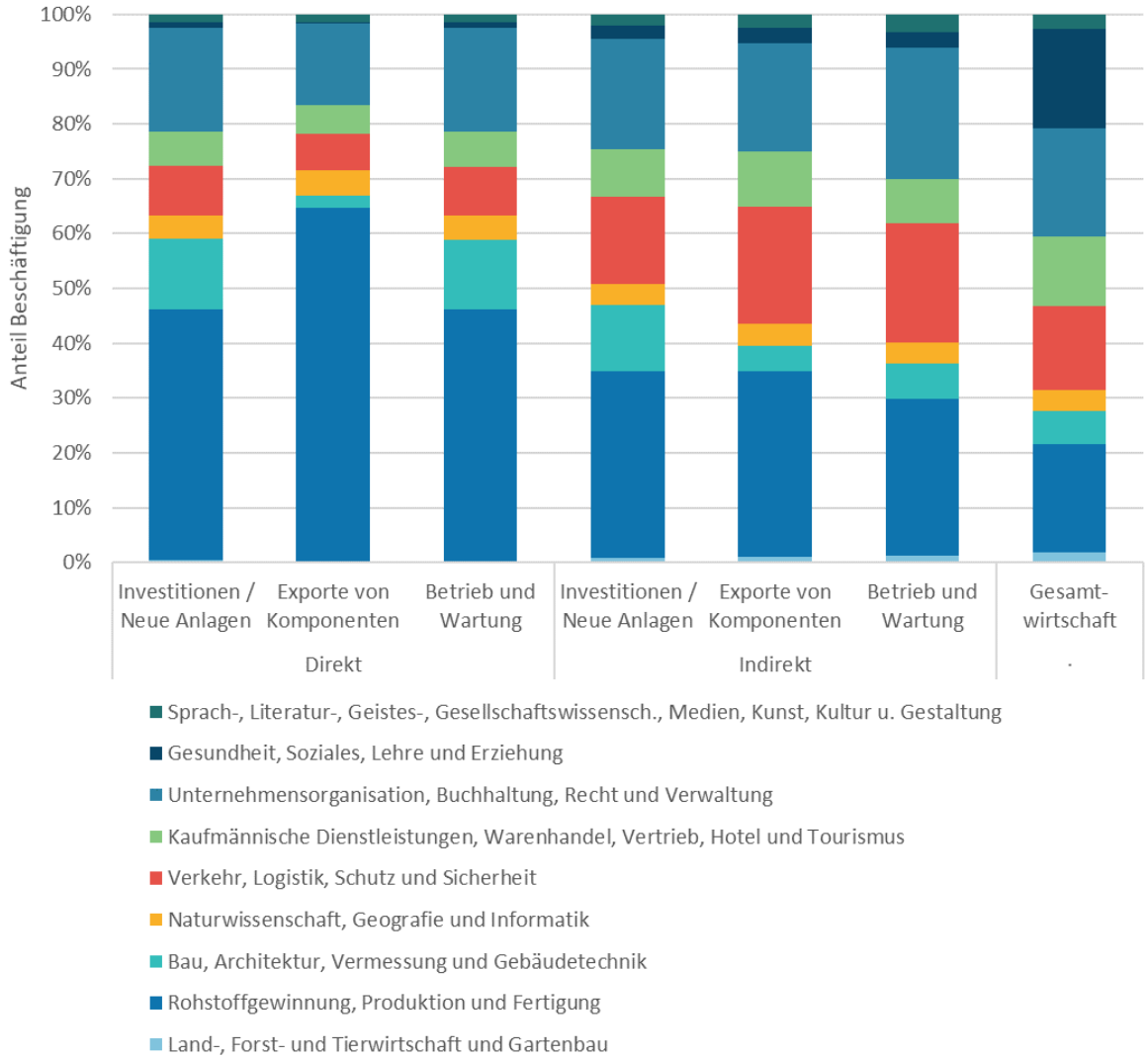
Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse zu den Berufsstrukturen in der EE-Beschäftigung für das Jahr 2021 dargestellt. Die Zahlen für die Beschäftigung sind als eine Struktur eines abgeschätzten Bestands zu interpretieren. Als Werte für 2021 können sie auf dem Arbeitsmarkt als realisierte Nachfrage angesehen werden. Sie sind eine Momentaufnahme.

Dieses Kapitel gibt zunächst einen strukturellen Überblick über die Auswertungsmerkmale „Beruf“ und „Anforderungsniveau“ innerhalb der EE-Bruttobeschäftigung. Dabei werden die Unterschiede zwischen den EE-Segmenten (Investitionen, Betrieb, Komponentenexport) und Wertschöpfungsstufe (direkt und indirekt) aufgezeigt. Für die Berufe erfolgt dabei die Zusammenfassung der 140 Berufsgruppen zu 9 Berufssegmente gemäß KldB 2010. Beschäftigung im Zusammenhang mit der Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen aus Biomasse werden nicht in die Betrachtung einbezogen.

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der EE-Beschäftigung auf diese neun Berufsbereiche nach den EE-Segmenten und Wertschöpfungsstufen (direkt, indirekt). Allgemein dominieren beim EE-Ausbau die Berufe in Produktion und Fertigung. Bis auf den Bereich der Exporte sind Berufe aus dem Bereich „Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“ überdurchschnittlich vertreten. Im Vergleich zur Verteilung in der Gesamtwirtschaft sind andere Technikberufe aus dem Bereich Naturwissenschaft, Geografie und Informatik auch etwas wichtiger. Die stärkste Konzentration bei den Berufsbereichen besteht beim Export von Komponenten und Anlagen. Hier ist fast ausschließlich die Industrie involviert.

Allgemein wird deutlich, dass die direkte Beschäftigung stark auf Produktion und Bau konzentriert ist, während bei der indirekten Beschäftigung über die gesamtwirtschaftliche Verflechtung ein etwas ausgeglichenerer Mix an Berufen (Berufsbereichen) vorliegt. Jedoch bleibt der Technikschwerpunkt im Vergleich zur Gesamtwirtschaft. Bei der indirekten Beschäftigung hat der Bereich „Verkehr, Logistik, Schutz und Sicherheit“ eine besonders große Bedeutung. Dies ergibt sich aus dem Schwerpunkt in Bau und Produktion, der als Vorleistungen überdurchschnittlich viel Transportleistungen erfordert (Güterverkehr). Nachfrage nach Konsumgütern und persönlichen Dienstleistungen fehlen in der Wertschöpfungskette des Ausbaus erneuerbarer Energien weitestgehend, wodurch diese Berufsbereiche („Gesundheit, Soziales, Lehre und Erziehung; Sprach-, Literatur-, Geistes-, Gesellschafts- und Wirtschaftswissenschaften, Medien, Kunst, Kultur und Gestaltung“) fast nicht benötigt werden.

Abbildung 5: Verteilung der direkten und indirekten EE-Beschäftigung nach EE-Segment auf die Berufssegmente sowie Vergleich mit der Gesamtwirtschaft



Aus den Kombinationen von technologiespezifischer Kostenstruktur, Technologieschwerpunkten und detaillierten Beruf-Anforderungsniveau-Konstellationen ergibt sich unterschiedliche Anteile bei den Anforderungsniveaus innerhalb der Bruttobeschäftigung. Mengenmäßig ist das Augenmerk als erstes auf den Bereich der Investitionen zu richten. Von den 168.000 Beschäftigten in diesem EE-Segment sind nach dem Schätzmodell etwa 56 % Fachkräfte. Der Bereich Betrieb und Wartung ist das zweitgrößte Segment mit 85.600. Auch hier beträgt der Anteil an Fachkräften etwa 55 %. Der Export von Komponenten und Anlagen hat einen etwas geringeren Fachkräfte-Anteil und steht für 31.600 Beschäftigte. In Tabelle 2 wird auch deutlich, dass die indirekte Beschäftigung, trotz seinem weniger technischem Bezug meistens einen im Vergleich nur wenig niedrigeren Fachkräfte-Anteil hat. Eher ist der Anteil der „Spezialisten“ und „Experten“ geringer, was entsprechend auf den höheren Anteil von Helfern zurückzuführen ist.

Tabelle 2: Anteil der Fachkräfte unter der EE-Beschäftigung, 2021

EE-Segment | direkt/indirekt		Anteil Fachkräfte	Anteil Spezialisten u. Experten	Bruttobeschäftigung
Investitionen / Neue Anlagen	Direkt	55,7%	29,5%	168 000
	Indirekt	55,1%	25,5%	
Exporte von Komponenten	Direkt	51,6%	36,1%	31 600
	Indirekt	55,2%	22,8%	
Betrieb und Wartung	Direkt	56,2%	30,7%	85 600
	Indirekt	54,0%	25,6%	
EE Insgesamt		55,0%	27,6%	285 200
Gesamtwirtschaft		55,6%	25,0%	

Insgesamt wird deutlich, dass die Fachkräfte-Anteile innerhalb der EE-Beschäftigung ähnlich hoch sind wie im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt. Jedoch werden überdurchschnittlich häufig komplexe oder hochkomplexe Tätigkeiten gefordert (Spezialisten und Experten).

5 BERUFSSTRUKTUREN IN DER EE-BESCHÄFTIGUNG 2021

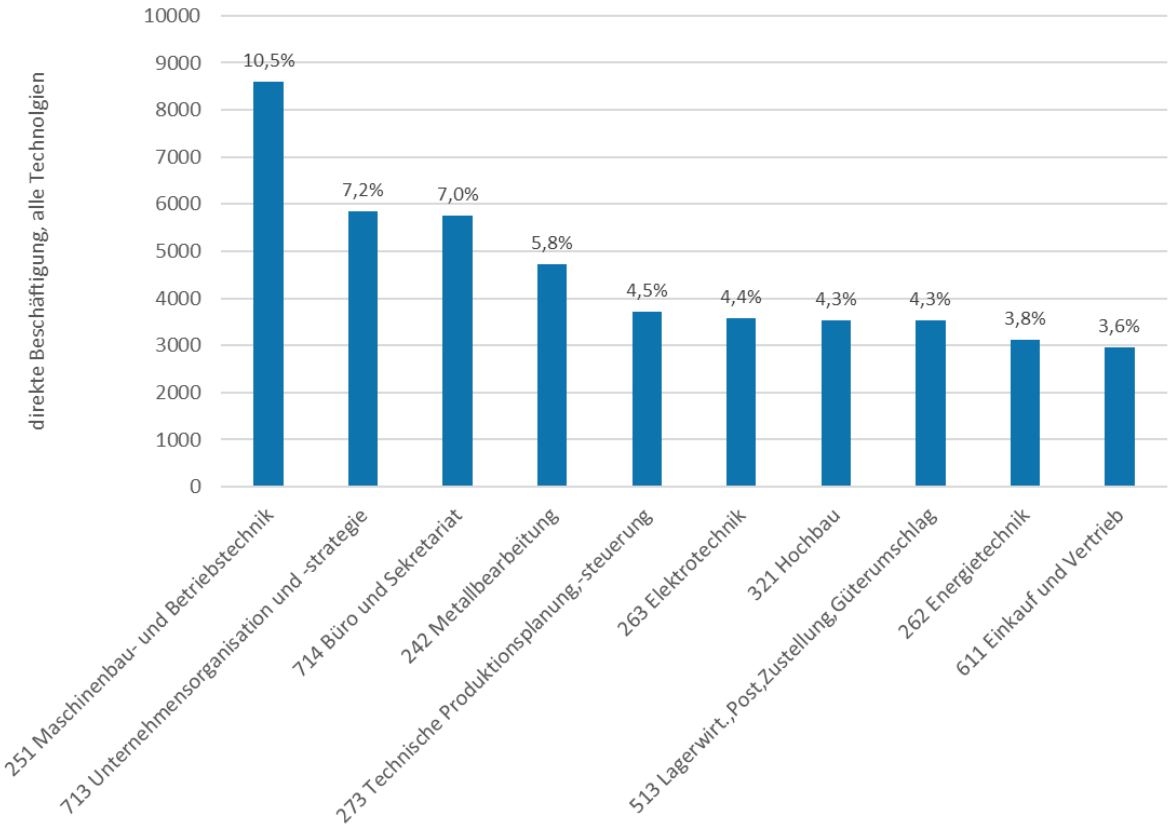
Die Berechnungen und Auswertungen erfolgen hier nur für die direkte Beschäftigung, da sie technisch-ökonomisch spezifischere Bedarfsstrukturen der einzelnen Technologien besser abbildet als die gesamte Bruttobeschäftigung inkl. der indirekten Beschäftigung in den vorgelagerten Produktionsbereichen. Für die Herstellung neuer Anlagen bzw. Investitionen waren dies 2021 etwa 81 000 beschäftigte Personen (Kapitel 5.1). Die wirtschaftlichen Impulse aus Investitionen verändern sich stark im Zeitverlauf und auch die Verteilung auf die Technologien verschiebt sich von Jahr zu Jahr. Der zweite Schwerpunkt in der Auswertung ist der Bereich Betrieb und Wartung (Kapitel 5.2), hier waren 2021 32 000 Personen der direkten Beschäftigung zugerechnet. Die Beschäftigung im Bereich Betrieb und Wartung zeigt mit dem Anlagenbestand fortlaufend steigende Beschäftigung und ist weniger volatil. Zur Abgrenzung der EE-Segmente und dem Mengengerüst sei – zur Einordnung der folgenden Kapitel – auf den Überblick verwiesen.

Die Auswertung der vorliegenden Beschäftigungsdaten nach Berufen erfolgt jeweils aus zwei Perspektiven – der Bedeutung der Berufsgruppen und Anforderungsniveaus im Durchschnitt aller EE-Technologiegruppen (vgl. Tabelle 1) sowie der Relevanz einzelner Berufsgruppen (140 insgesamt) in den einzelnen Technologiegruppen.

5.1 INVESTITIONEN

Zunächst werden die über 140 Berufsgruppen nach der beobachteten Häufigkeit in den Beschäftigungsdaten der direkten Beschäftigung durch Investitionen in neue Anlagen geordnet. In Abbildung 6 ist die Top-10 der Berufsgruppen dargestellt. Über die Hälfte der 81 000 Beschäftigten wird den 10 wichtigsten Berufsgruppen zugeordnet (55,4%, vgl. Tabelle 3). Die Berufsgruppe mit dem höchsten Anteil an der direkten Beschäftigung ist „Maschinenbau- und Betriebstechnik“ mit über 10%. Es folgen mit jeweils etwa 7% „Unternehmensorganisation und Strategie“ und „Büro und Sekretariat“. „Metallbearbeitung“ kommt auf knapp 6%.

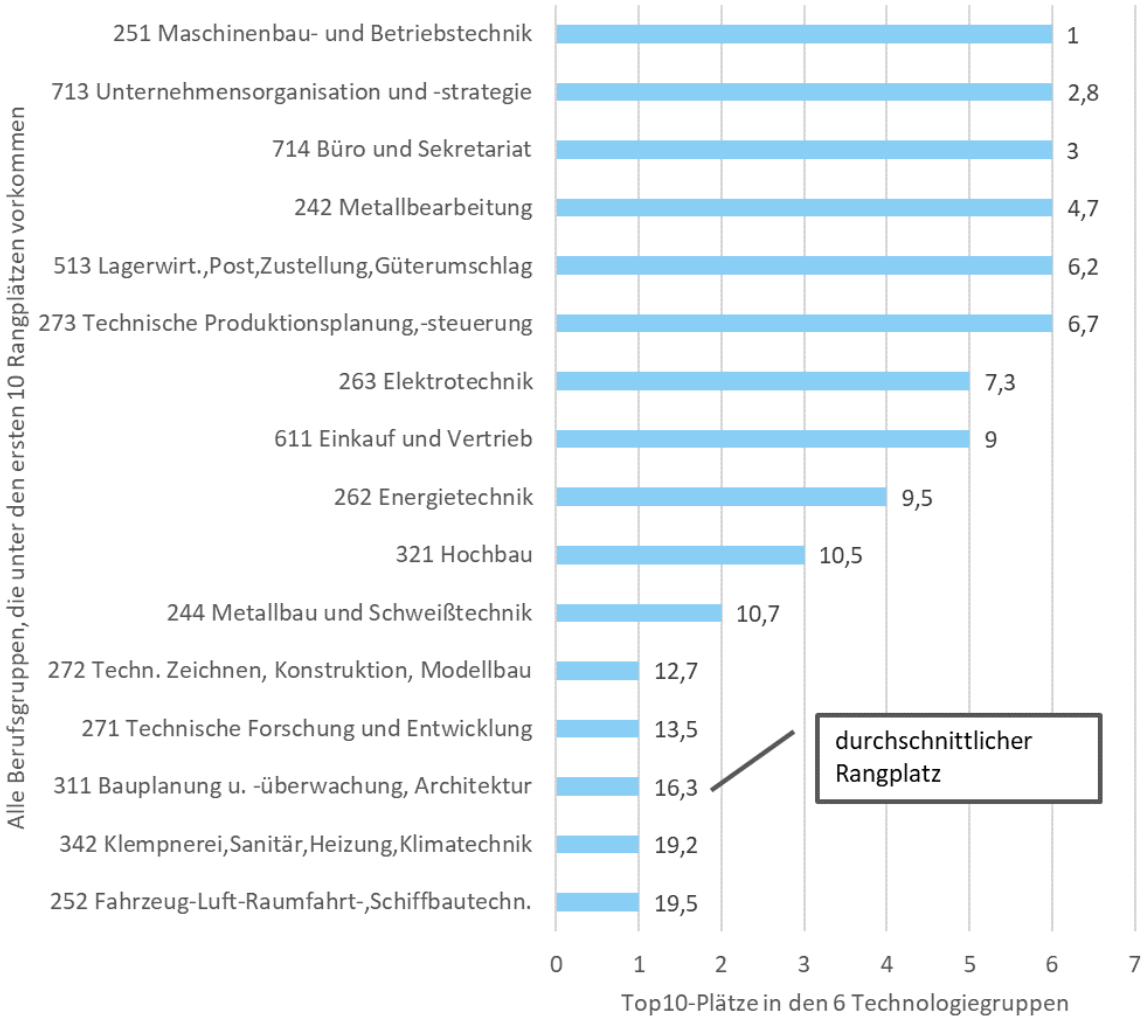
Abbildung 6: Die zehn wichtigsten Berufsgruppen im Bereich Investitionen in neue Anlagen (alle Technologiegruppen), 2021



Der Blick auf die 6 Technologiegruppen im Bereich Investitionen richtet sich auf die relevanten Berufe innerhalb dieser Technologien. Die Berufsgruppen werden jeweils innerhalb der einzelnen Technologiegruppen nach ihrer Häufigkeit sortiert. Im Weiteren werden nur die 10 häufigsten Berufsgruppen (Top 10) innerhalb der einzelnen Technologien betrachtet.

Abbildung 7 zeigt alle Berufsgruppen, die in den Top-10-Berufsgruppen der Technologiegruppen vorkommen. Diese Liste der wichtigsten Berufsgruppen ist mit 16 Berufsgruppen länger als die Zusammenstellung für den Durchschnitt (Abbildung 6). Die Balkendarstellung zeigt, wie häufig eine Berufsgruppe in den Top Ten der 6 Technologiegruppen vertreten ist. Der Rangwert zeigt die durchschnittliche Position innerhalb der Top 10 an (je höher der Wert, desto geringer der Rang). Dabei steht „Maschinenbau- und Betriebstechnik“ bei allen Technologien an erster Stelle der Top 10, „Büro und Sekretariat“ rangiert immer unter den Top 5. Die Berufsgruppe „Elektrotechnik“ ist bei Stromtechnologien immer in den Top 10, „Energietechnik“ immer bei den Wärmetechnologien.

Abbildung 7: Berufsgruppen, nach Anzahl der Listung in der Top-10 der 6 Technologiegruppen sowie durchschnittlicher Rangplatz, Investitionen in neue Anlagen



Die beiden Abbildungen verdeutlichen, dass sich die direkte Beschäftigung aus Investitionen Angesichts von über 140 Berufsgruppen auf relativ wenige Berufsgruppen konzentriert. Im Vergleich der Abbildungen wird deutlich, dass es große Unterschiede in den Ranglisten der einzelnen Technologiegruppen gibt. Einige Berufsgruppen zählen nur in einzelnen Technologiegruppen zu den zehn wichtigsten Berufen. Zu nennen sind bautechnische und bauplanende Berufe, Forschungs- und Entwicklungsarbeit sowie Gebäude- und Fahrzeug/Schiffbautechnik. Es wird entsprechend deutlich, dass prinzipiell ein Blick auf die Technologiegruppen notwendig ist, um den Arbeitskräftebedarf genauer einzuordnen. Da die Auflistung von Fachberufslisten für sechs Technologiegruppen den Rahmen dieses Berichts sprengen würden, werden im Folgenden zusammenfassende Indikatoren dargestellt.

Tabelle 3 beschreibt die Strukturmerkmale der Beschäftigung für den Bereich der EE-Investitionen genauer. Die Top10-Berufsgruppen decken je nach Technologiegruppe 43 bis 60% der gesamten direkten Beschäftigung ab (erste Spalte in der Tabelle). In der Windenergie entfallen 53% auf die Top10-Berufe, für die Wärmepumpe ist die Konzentration höher mit 59,5%. Ferner ist in Spalte 3 zu sehen, dass der Anteil an Fertigungsberufen (Berufsbereich „Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“) in allen Technologiegruppen über 40% beträgt. Zum Ver-

gleich in der Gesamtwirtschaft entfallen nur etwa 20% auf Fertigungsberufe. Auf dem Berufsbereich „Bau Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“ (Spalte 4) entfallen unterschiedlich hohe Anteile, zwischen 8 und 15% (Gesamtwirtschaft 6%).

Tabelle 3: Strukturmerkmale der Beschäftigung für den Bereich Investitionen – Bedeutung der wichtigsten Berufe, Berufsbereiche und Anforderungsniveaus

	Anteil der Top 10-Berufe	Berufsbereiche		Anforderungsniveau		
		Anteil "Fertigung"[3]	Anteil "Bau"[4]	Anteil "Helfer"	Anteil "Fachkraft"	Anteil "Spezialist/Experte"
Wind onshore	52,9%	41,0%	14,2%	13,8%	53,9%	32,3%
Wind offshore	52,7%	40,6%	9,3%	13,8%	51,0%	35,2%
Photovoltaik	59,0%	45,0%	14,7%	16,8%	54,9%	28,3%
Wärmepumpe	59,5%	54,5%	7,8%	15,0%	58,9%	26,1%
Sonstige Großanlagen, Strom	58,4%	50,4%	7,9%	14,0%	52,8%	33,2%
Sonstige Kleinanlagen, Wärme	58,8%	48,9%	13,4%	14,4%	59,7%	25,9%
EE, gesamt	55,4%	45,8%	12,8%	14,8%	55,7%	29,5%
Gesamtwirtschaft	42,5%	19,7%	6,1%	19,4%	55,6%	25,0%

Nach Aufteilung der Beschäftigung im Bereich Investitionen auf Anforderungsniveaus zeigen sich deutliche Unterschiede zum gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt. Der Anteil der Fachkräfte beträgt in allen Technologien über 50%. Für Wärmepumpen und sonstige Kleinanlagen für Wärme haben die höchsten Anteile mit etwa 60%. Der Anteil des Anforderungsniveaus „Helfer “beträgt meist unter 15% und liegt damit deutlich unter dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt. Am Ende entfällt etwa ein Drittel auf „Spezialisten“ und „Experten“. Hier liegt der höchste Anteil bei den großen Stromerzeugungsanlagen (inkl. Windenergie).

5.2 BETRIEB UND WARTUNG

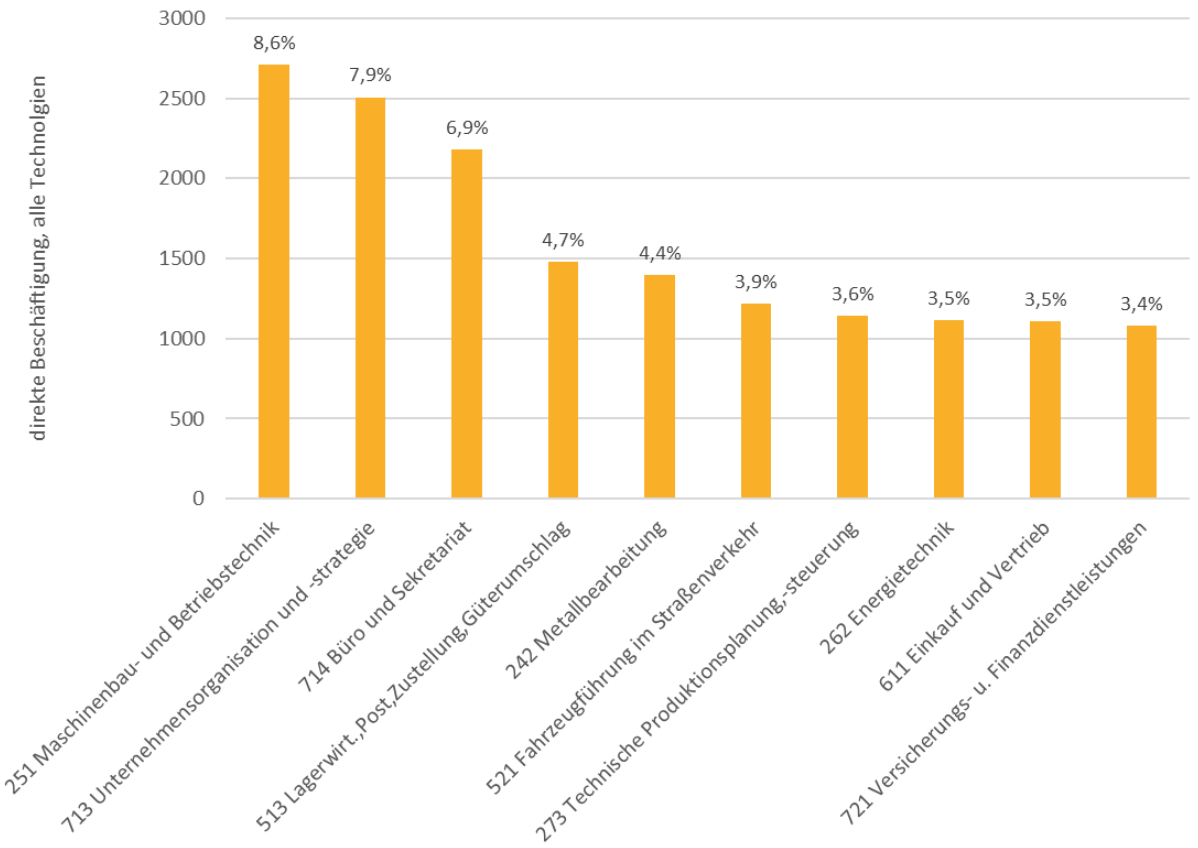
Für die Beschreibung der direkten Beschäftigung bei Betrieb und Wartung wird analog vorgegangen: Zunächst werden die Berufsgruppen nach der beobachteten Häufigkeit in den Beschäftigungsdaten der 32.0000 Personen geordnet. In Abbildung 7 ist die Top 10 der Berufsgruppen dargestellt. Die Berufsgruppe mit dem höchsten Anteil ist „Maschinenbau- und Betriebstechnik“ mit über 8%. Es folgen mit knapp 8% bzw. knapp 7 % „Unternehmensorganisation und Strategie“ und „Büro und Sekretariat “. „Lagerwirt und Güterumschlag“ und „Metallbearbeitung“ kommen auf um 5%. Auch hier wird über die Hälfte der Beschäftigten den 10 wichtigsten Berufsgruppen zugeordnet.

[3] KldB2010: 2 „Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“

[4] KldB2010: 3 „Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“

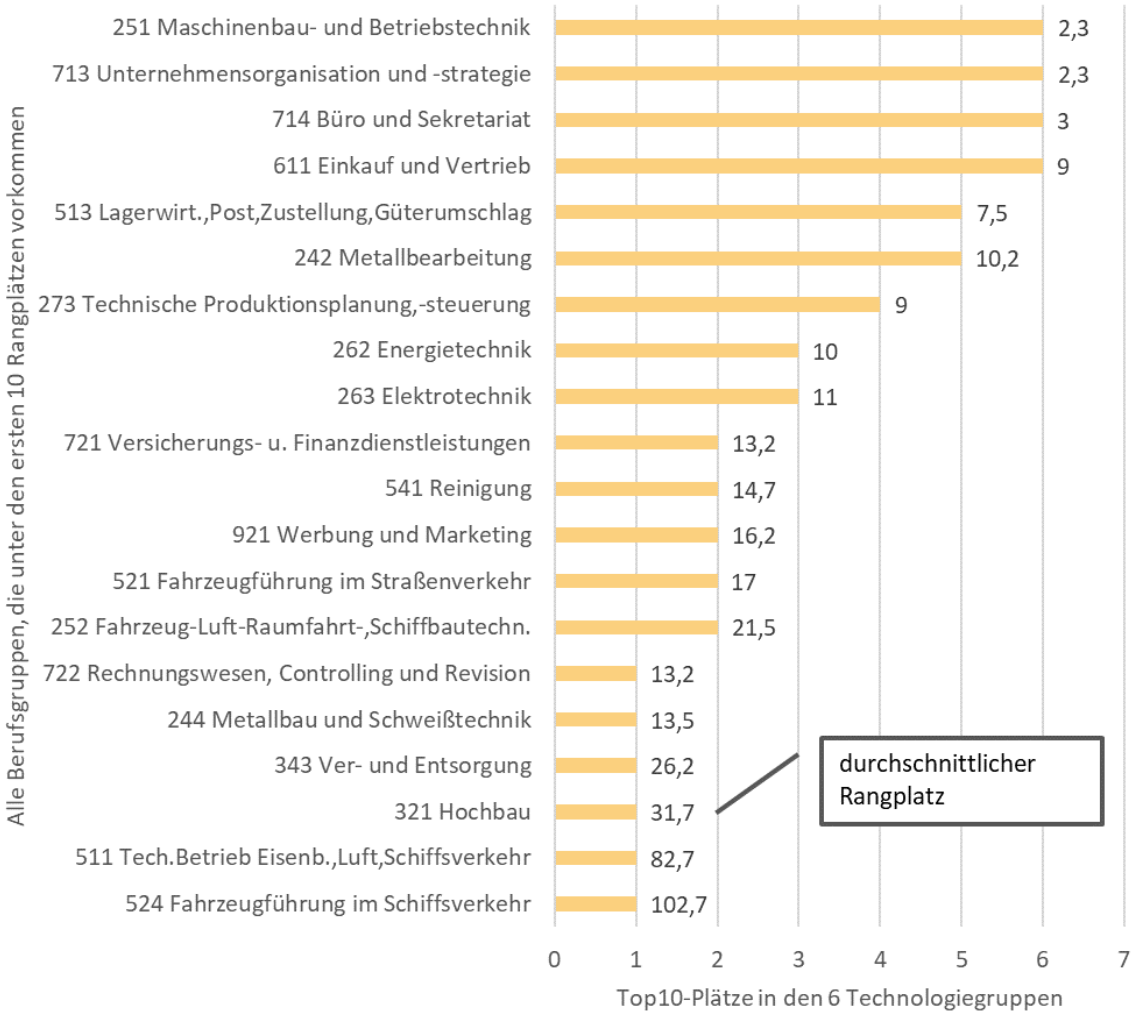
Allgemein ist die Berufsstruktur im Bereich Betrieb und Wartung sehr ähnlich wie bei Investition bzw. der Herstellung der Anlagen. Logistik- und Verwaltungstätigkeiten sind jedoch stärker vertreten.

Abbildung 8: Die zehn wichtigsten Berufsgruppen im Bereich Betrieb und Wartung bestehender Anlagen (alle Technologiegruppen), 2021



Mit Blick auf die 6 Technologiegruppen werden analog zu den Investitionen die relevanten Berufe innerhalb dieser Technologien bei Betrieb und Wartung beschrieben. Auch hier werden die Top10-Listen aller sechs Technologien zusammengeführt und durchschnittliche Rangplätze ermittelt. Dabei ergibt sich eine Liste von 20 Berufsgruppen (vgl. Abbildung 9). Hier gibt es 7 Berufsgruppen, die mindestens in 3 der 6 Technologiegruppen unter den 10 wichtigsten sind. Darunter sind jedoch nur zwei technische Fertigungsberufe („Maschinenbau und Betriebstechnik“ und „Metallbearbeitung“). Kaufmännische Berufe, Verwaltungsberufe und Logistikberufe sind stärker vertreten. „Energietechnik“ und „Elektrotechnik“ sind in 3 der 6 Technologien unter den wichtigsten zehn Berufsgruppen vertreten. Die übrige Auswahl von Berufsgruppen, die mindestens in einer Top-10 auftauchen, ist weniger den Handwerks- oder Fertigungsberufen zugeordnet. Hier dominieren die Bereiche Verwaltung, Management, Logistik.

Abbildung 9: Berufsgruppen, nach Anzahl der Listung in der Top-10 der 6 Technologiegruppen sowie durchschnittlicher Rangplatz, Betrieb und Wartung



Auch im Bereich Betrieb decken die wichtigsten 10 Berufsgruppen über die Hälfte der Beschäftigung ab (vgl. Tabelle 4). Meist liegen die Anteile unter 60%, die Konzentration auf die wichtigsten zehn Berufsgruppen ist für Wärmepumpen mit 75% am höchsten.

Tabelle 4: Strukturmerkmale der Beschäftigung für den Bereich Betrieb / Wartung – Bedeutung der wichtigsten Berufe, Berufsbereiche und Anforderungsniveaus

	Anteil der Top 10-Berufe	Berufsbereiche		Anforderungsniveau		
		Anteil "Fertigung"	Anteil "Bau"	Anteil "Helfer"	Anteil "Fachkraft"	Anteil "Spezialist/Experte"
Wind onshore	55,4%	40,0%	5,2%	12,3%	57,2%	30,4%
Wind offshore	53,6%	34,4%	2,6%	8,9%	56,2%	34,9%
Photovoltaik	56,0%	31,0%	3,0%	19,3%	49,2%	31,5%
Wärmepumpe	74,5%	37,1%	8,9%	4,5%	57,8%	37,7%
Sonstige Großanlagen, Strom	54,1%	42,5%	8,4%	13,9%	57,5%	28,6%
Sonstige Kleinanlagen, Wärme	52,8%	34,0%	13,4%	22,5%	55,7%	21,8%
EE, gesamt	50,5%	38,2%	5,9%	13,1%	56,2%	30,7%
Gesamtwirtschaft	42,5%	19,7%	6,1%	19,4%	55,6%	25,0%

Der Anteil der Fertigungsberufe ist für Betrieb und Wartung jeweils deutlich höher als in der Gesamtwirtschaft. Am höchsten sind die Anteile für Großanlagen im Bereich Strom mit um die 40%. Auf Fachkräfte (Anforderungsniveau) entfallen auch hier mit Abstand am meisten Beschäftigte. Der Anteil schwankt um die 56 % und ist nur für die Photovoltaik etwas niedriger. Dort ist der Anteil an Helfertätigkeiten am höchsten, aber immer noch geringer als in der Gesamtwirtschaft. Etwas mehr als jeder Zehnte hat das Anforderungsniveau „Helfer“, etwa jeder Dritte ist „Spezialist“ oder „Experte“.

6 ABGLEICH MIT DER ENGPASSSITUATION

Je nach Beruf und Anforderungsniveau ist die Situation für die erfolgreiche Besetzung von Stellen sehr unterschiedlich. Für die Beurteilung dieser spezifischen Situation gibt es verschiedene Berichts- und Monitoringsysteme, die für wissenschaftlichen Studien aber auch in der öffentlichen Debatte zum „Fachkräftemangel“ herangezogen werden. Den Abgleich der EE-Beschäftigung mit der spezifischen Stellenbesetzungs-Situation wird im Folgenden anhand zwei unterschiedlichen Datenquellen vorgenommen. Beide Berichtssysteme beruhen jedoch auf einem ähnlichen Konzept und statistischen Kennzahlen.

Die Fokusberufe stammen aus dem Fachkräftemonitoring für das BMAS und bestehen aus einer Auswahl aus 140 Berufen. Die Fokusberufe stimmen damit mit der Gliederungsebene unserer EE-Berufe-Abschätzung überein und berücksichtigen auch zukünftige Entwicklungen. Daher wird nach einer allgemeinen Vorstellung in Kapitel 6.1 der Abgleich mit dieser Liste vorgenommen (Kapitel 6.2 und Kapitel 6.3). Wie auch in Kapitel 5 werden nur die Ergebnisse der direkten Beschäftigung dargestellt.

Die Detailanalyse (Kapitel 6.4) wurde anschließend mithilfe der Ergebnisse der Engpassanalyse der BA vorgenommen. Sie enthält Informationen zu Berufsuntergruppen beruht jedoch vollständig auf aktuellen Daten und nicht auf prognostischen Elementen.

6.1 FOKUSBERUFE

Das Fachkräftemonitoring für das BMAS identifiziert 36 Fokusberufe mit Engpässen im Jahr 2026. Dafür werden vier Indikatoren betrachtet, die angelehnt sind an die BA-Engpassanalyse (Zika et al. 2022). Die Besonderheit ist, dass sich ein Teil der Indikatoren auf die zukünftige Entwicklung bis 2026 bezieht. Die Fokusberufe werden auf Ebene von 140 Berufen (3-Steller) identifiziert. Die Indikatoren sind (a) voraussichtliche, adjustierte Suchdauer von Betrieben in 5 Jahren, (b) Veränderung der Suchdauer in Tagen, (c) Neuangebots-Neubedarfs-Relation und (d) die erwartete berufsspezifische Erwerbslosenquote in 5 Jahren. Das Fachkräftemonitoring erstellt im jährlichen Turnus eine Liste von Fokusberufen mit den beschriebenen Indikatoren. Per Definition ist ein Beruf ein Fokusberuf, wenn:

1. Die Suchdauern sehr hoch oder sehr niedrig sind.
2. Sehr viel mehr oder weniger Arbeitskräfte gesucht werden als zur Verfügung stehen und
3. Die Substituierbarkeit durch andere Berufe klein oder groß ist.

Demnach ergeben sich unterschiedliche Arten von Fokusberufen. Zum einen die Berufsgruppen, welche bei der aus Sicht der Arbeitgeber die derzeitige Lage entspannt ist. Hier sind die Suchdauern niedrig, es stehen viele Arbeitskräfte zur Verfügung und eine Substituierbarkeit ist gegeben. In Abbildung 10 wird nur auf die zweite Art der Fokusberufe, die „Fokusberufe mit Engpässen“, geschaut. In diesem umgekehrten Fall ist die derzeitige Lage aus Sicht der Arbeitgeber schwierig, da die Suchdauern hoch sind, es wenig adäquate Arbeitskräfte gibt und eine Substituierbarkeit nur bedingt möglich ist. Die Einteilung in Frauen- oder Männerberufe erfolgt auf Grundlage des „Gender-employment-gap“ und gibt als Indikator im Abgleich mit der Jahresarbeitszeit Hinweise darauf, ob es Potenziale zur Verbesserung der Fachkräftesituation in Bezug auf die bessere Vereinbarkeit von Familie und Beruf gibt.

Abbildung 10: Fokusberufe mit Engpässen im Jahr 2026 und Ergänzungsindikatoren (QuBe-Projekt, 7. Welle, Prognose für das BMAS, Mittelfrist)

Fokusberuf	Zahl der Erwerbstätigen in 2021	Berufliche Mobilität	Frauen-/Männer-/Mischberufe	Jahres-arbeitszeit	Suchdauer 2040
46 Hochbau*	Über 150.000	gewinnt	Männerberuf	überdurchschn.	↗
62 IT-Systemanalyse, Anwenderberatung, IT-Vertrieb	Über 150.000	gewinnt	Männerberuf	überdurchschn.	↗
63 IT-Netzwerkt.,-Koord.,-Administr.,-Organisation	Über 150.000	gewinnt	Männerberuf	überdurchschn.	↗
106 Human- und Zahnmedizin	Über 150.000	verliert	Mischberuf	überdurchschn.	↗
44 Bauplanung und -überwachung, Architektur*	Über 150.000	verliert	Männerberuf	überdurchschn.	↗
50 Aus-,Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rolladenbau*	Über 150.000	verliert	Männerberuf	überdurchschn.	↗
52 Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik	Über 150.000	verliert	Männerberuf	überdurchschn.	○
33 Energietechnik	Über 150.000	verliert	Männerberuf	überdurchschn.	↘
18 Kunststoff, Kautschukherstellung, verarbeitung*	Über 150.000	gewinnt	Männerberuf	im Durchschnitt	↗
30 Maschinenbau- und Betriebstechnik*	Über 150.000	gewinnt	Männerberuf	im Durchschnitt	↗
35 Technische Forschung und Entwicklung*	Über 150.000	gewinnt	Männerberuf	im Durchschnitt	↗
64 Softwareentwicklung und Programmierung	Über 150.000	gewinnt	Männerberuf	im Durchschnitt	↗
76 Objekt-, Personen-, Brandschutz, Arbeitssicherheit	Über 150.000	gewinnt	Männerberuf	im Durchschnitt	↗
36 Techn. Zeichnen, Konstruktion, Modellbau*	Über 150.000	gewinnt	Mischberuf	im Durchschnitt	○
20 Holzbe- und -verarbeitung*	Über 150.000	verliert	Männerberuf	im Durchschnitt	↗
28 Metallbau und Schweißtechnik	Über 150.000	verliert	Männerberuf	im Durchschnitt	↗
89 Hotellerie	Über 150.000	verliert	Frauenberuf	im Durchschnitt	↗
34 Elektrotechnik	Über 150.000	verliert	Männerberuf	im Durchschnitt	○
119 Lehrtätigkeit an allgemeinbildenden Schulen*	Über 150.000	verliert	Frauenberuf	im Durchschnitt	↘
111 Altenpflege	Über 150.000	gewinnt	Frauenberuf	unterdurchschn.	↗
116 Erziehung, Sozialarbeit, Heilerziehungspflege	Über 150.000	gewinnt	Frauenberuf	unterdurchschn.	↗
122 Lehrtätigkeit außerschulische Bildungseinrichtungen	Über 150.000	gewinnt	Mischberuf	unterdurchschn.	↗
51 Gebäudetechnik	Über 150.000	gewinnt	Männerberuf	unterdurchschn.	↗
105 Gesundheits, Krankenpflege, Rettungsdienst, Geburtshilfe	Über 150.000	gewinnt	Frauenberuf	unterdurchschn.	↘
109 Nicht ärztliche Therapie und Heilkunde	Über 150.000	verliert	Frauenberuf	unterdurchschn.	↗
48 Bodenverlegung*	Über 50.000	verliert	Mischberuf	überdurchschn.	↗
57 Physik*	Über 50.000	verliert	Mischberuf	im Durchschnitt	↗
88 Tourismus und Sport	Über 50.000	verliert	Mischberuf	im Durchschnitt	○
68 Servicekräfte im Personenverkehr*	Über 50.000	gewinnt	Mischberuf	unterdurchschn.	○
108 Psychologie, nichtärztl. Psychotherapie	Über 50.000	verliert	Mischberuf	unterdurchschn.	↗
123 Fahr-, Sportunterricht außerschul. Bildungseinricht.	Über 50.000	verliert	Mischberuf	unterdurchschn.	↗
72 Fahrzeugführung im Eisenbahnverkehr	Unter 50.000	gewinnt	Mischberuf	überdurchschn.	○
114 Bestattungswesen	Unter 50.000	gewinnt	Mischberuf	im Durchschnitt	↗
129 Öffentlichkeitsarbeit*	Unter 50.000	gewinnt	Mischberuf	im Durchschnitt	↗
140 Moderation und Unterhaltung*	Unter 50.000	gewinnt	Mischberuf	im Durchschnitt	↗
65 Technischer Betrieb Eisenbahn, Luft-, Schiffsverkehr*	Unter 50.000	verliert	Mischberuf	im Durchschnitt	↗

Legende: ↗ Nimmt zu; ○ bleibt gleich; ↘ nimmt ab

gewinnt: Es wechseln mehr Fachfremde in diesen Beruf als Fachkräfte in andere Berufe wechseln.

verliert: Es wechseln weniger Fachfremde in diesen Beruf als Fachkräfte in andere Berufe wechseln.* Neue Fokusberufe mit Engpässen im Vergleich zur Prognose in 2021.

Quelle: Zika et al. (2022)

Im Folgenden wird ausgewertet, in welchem Umfang die direkte EE-Beschäftigung auf die Fokusberufe mit Engpässen entfällt.

6.2 INVESTITIONEN

In der Liste der zehn wichtigsten Berufsgruppen im Bereich Investitionen (vgl. Abbildung 6) befinden sich vier Fokusberufe: „Maschinenbau- und Betriebstechnik“, „Elektrotechnik“, „Hochbau“ und „Energietechnik“. Tabelle 5 zeigt die sieben Fokusberufe mit der größten Bedeutung für den Ausbau erneuerbarer Energien im Bereich Investitionen, die erwähnten drei sowie vier weitere. Die Bedeutung ist messbar in absoluten Beträgen zur Beschäftigung oder relativ im Verhältnis zur Beschäftigung in der Gesamtwirtschaft für die jeweilige Berufsgruppe. Auf 1 000 Beschäftigte in der Berufsgruppe Elektrotechnik entfallen etwa 7 EE-Beschäftigte. Dieser Indikator dient der Einordung dem Vergleich zwischen den Berufsgruppen und nicht zur Beurteilung der gesamtwirtschaftlichen Relevanz. In der Liste der Fokusberufe in Tabelle 5 befinden sich alle Berufsgruppen, für die dieser relativer Indikator höher als 6,2 ist. Im Vergleich der Berufsgruppen bei EE-Investitionen zeigt sich vor allem ein Engpass bei „Elektrotechnik“, „Energietechnik“, „Metallbau und Schweißtechnik“, da sie sowohl absolut und relativ deutlich ins Gewicht fallen. Kritischer Engpass ist ferner „Technisches Zeichnen, Konstruktion, Modellbau“ als etwas seltener Beruf, was sich am vergleichsweise hohen, relativen Wert bemerkbar macht.

Tabelle 5: Liste der Fokusberufe mit der größten Bedeutung im Bereich Investitionen

Rang absolut	Rang relativ	Fokusberuf	EE-Beschäftigung, 2021	Verhältnis zur Gesamtbeschäftigung (Personen pro 1 000 Beschäftigte)
1	7	251 Maschinenbau- und Betriebstechnik	8 600	6,3
2	4	263 Elektrotechnik	3 600	7,0
3	6	321 Hochbau	3 500	6,5
4	3	262 Energietechnik	3 100	7,1
5	2	244 Metallbau und Schweißtechnik	2 500	7,1
6	1	272 Techn. Zeichnen, Konstruktion, Modellbau	1 900	8,1
7	5	342 Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik	1 800	6,9

Insgesamt entfallen 42% der EE-Beschäftigten bei Investitionen auf die 36 Fokusberufe mit Engpässen. Zwischen den Technologiegruppen bestehen Unterschiede bei der Bedeutung der Beschäftigung, die auf Fokusberufe entfallen (vgl. Tabelle 6). Von der Beschäftigung, die mit der Produktion und Installation von PV-Anlagen in Verbindung steht, entfallen etwa 47 % auf Fokusberufe. Für den Bereich Windenergie sind es hingegen 39 %. Für die übrigen Technologiegruppen liegt der Anteil der Fokusberufe-Beschäftigung nur etwas höher (um 41 %). Tabelle 6 zeigt zudem, dass bei der Photovoltaik unter den zehn wichtigsten Berufsgruppen fünf auf Fokusberufe entfallen. Bei der Produktion und Installation von Windenergieanlagen an Land sind es nur drei.

Tabelle 6: Bedeutung der Beschäftigung in Fokusberufen für die EE-Technologiegruppen im Bereich Investitionen

Technologie	Beschäftigung in Fokusberufen, direkt	Anteil	Anzahl der Fokusberufe in der Top 10
Wind onshore	12 700	39,2%	3
Wind offshore	300	39,3%	4
Photovoltaik	9 200	47,3%	5
Wärmepumpe	5 900	41,1%	4
Sonstige Großanlagen, Strom	1 500	41,3%	4
Sonstige Kleinanlagen, Wärme	4 700	42,4%	4
Insgesamt	34 300	42,0%	4

In der Gesamtwirtschaft (Vergleichswert der abhängig Beschäftigten) entfielen im Jahr 2021 31 % der Beschäftigung auf Fokusberufe und in der Liste der zehn wichtigsten Berufsgruppen befinden sich drei Fokusberufe. Im Bereich der erneuerbaren Energien ist demnach mehr Bedarf nach Berufsgruppen, die als Fokusberufe eingestuft sind und in denen aktuell und in naher Zukunft Engpasssituationen bestehen oder bestehen werden.

6.3 BETRIEB UND WARTUNG

Nach der Betrachtung der Fokusberufe mit der größten Bedeutung im Bereich Investitionen zeigt Tabelle 7 diese Fokusberufe entsprechend für den Bereich Betrieb und Wartung. In dieser Liste von sieben Berufsgruppen befinden sich die sechs wichtigsten Berufsgruppen in absoluter als auch in relativer Hinsicht. Die relative Bedeutung liegt mit Werten zwischen 1,7 und 2,5 EE-Beschäftigten je 1.000 Beschäftigte insgesamt im sehr niedrigen Bereich. „Technischer Betrieb im Eisenbahn-, Luft- und Schiffsverkehr“ hat als Fokusberuf hingegen einen sehr hohen Wert von 14,0. In dieser Liste finden sich sechs Berufsgruppen in den Fokusberufen mit Engpässen (vgl. Abbildung 10) wieder.

Tabelle 7: Liste der Fokusberufe mit der größten Bedeutung im Bereich Betrieb und Wartung

Rang absolut	Rang relativ	Fokusberuf	EE-Beschäftigung 2021, direkt	Verhältnis zur Gesamtbeschäftigung
1	5	251 Maschinenbau- und Betriebstechnik	2 708	2,0
2	3	262 Energietechnik	1 113	2,5
3	2	244 Metallbau und Schweißtechnik	900	2,6
4	6	263 Elektrotechnik	886	1,7
5	4	272 Techn. Zeichnen, Konstruktion, Modellbau	489	2,1
6	9	271 Technische Forschung und Entwicklung	474	1,6
11	1	511 Tech. Betrieb Eisenb., Luft, Schiffsverkehr	274	14,0

Insgesamt entfallen für Betrieb und Wartung knapp 32 % der 81.000 Beschäftigten auf Fokusberufe mit Engpassen (vgl. Tabelle 8). Auch im Bereich Betrieb und Wartung zeigen sich zwischen den Technologiegruppen Unterschiede bei der Bedeutung der Beschäftigung, die auf Fokusberufe entfallen. Auch hier ist die Spannbreite des Beschäftigtenanteils von Fokusberufen deutlich. Im Bereich der Wärmepumpen liegt ihr Anteil bei 39% (absolut gesehen jedoch ein niedriger Betrag von 400 Personen) während er im Bereich Photovoltaik bei knapp 27% liegt. Für die übrigen Technologien ordnet sich der Anteil zwischen knapp 30 und 35%. In der Liste der zehn wichtigsten Berufsgruppen entfallen bei den sechs Technologiegruppen zwischen zwei und drei auf Fokusberufe.

Tabelle 8: Bedeutung der Beschäftigung in Fokusberufen für die EE-Technologiegruppen im Bereich Betrieb und Wartung

	Beschäftigung in Fokusberufen, direkt	Anteil	Anzahl der Fokusberufe in der Top 10
Wind onshore	3 400	30,9%	2
Wind offshore	1 800	29,8%	2
Photovoltaik	900	26,9%	2
Wärmepumpe	400	39,1%	3
Sonstige Großanlagen, Strom	2 900	34,2%	3
Sonstige Kleinanlagen, Wärme	600	35,0%	3
Insgesamt	10 000	31,7%	2

Insgesamt liegt die absolute Beschäftigung über alle Fokusberufe hinweg im Bereich der Investitionen mit über 34.000 knapp 3,5-mal höher als im Bereich Betrieb und Wartung. Auffällig ist zudem die Technologie Photovoltaik, da im Bereich der Investitionen der Beschäftigungsanteil an Fokusberufen mit 47% das Tableau anführt, wohingegen sich im Bereich Betrieb und Wartung ein umgekehrtes Bild zeigt. Hier zeigt die Branche einen Beschäftigungsanteil von

unter 27% und somit den niedrigsten. Bestätigt wird diese Beobachtung bei der Anzahl der zehn wichtigsten Berufsgruppen für PV im Vergleich zwischen den Bereichen Investition und Betrieb / Wartung (fünf gegenüber zwei Fokusberufe).

6.4 DETAILANALYSE

Die bisherige Analyse konnte nur auf Ebene der 140 Berufsgruppen vorgenommen werden. Für die bessere Beurteilung der Engpasssituation bei der Besetzung von Arbeitsplätzen und der spezifischen Ausrichtung und Qualifikation der Tätigkeit ist der Einbezug detaillierterer Berufsabgrenzungen notwendig. Im Folgenden werden jene Berufsgruppen, die in der vorherigen Analyse (Kapitel 6.2 und 6.3) als besonders wichtig herausgearbeitet wurden, auf Ebene der 4-Steller der KldB genauer betrachtet. Dies sind sowohl für den Bereichen Investitionen als auch Betrieb und Wartung die folgenden sechs Gruppen:

- 251 Maschinenbau- und Betriebstechnik (Gesamtbewertung 1,3)
- 244 Metallbau und Schweißtechnik (Gesamtbewertung 2,0)
- 263 Elektrotechnik (Gesamtbewertung 2,2)
- 272 Technische Zeichner*innen (Gesamtbewertung 2,0)
- 262 Energietechnik (Gesamtbewertung 2,4)
- 342 Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik (Gesamtbewertung 2,8)

Für die Detailanalyse wird die Bewertung der BA-Engpassanalyse herangezogen. In der BA-Engpassanalyse werden für insgesamt fünf Indikatoren nummerische Bewertungen von 1 bis 3 vergeben. Die Gesamtbewertung ergibt sich als Durchschnitt aus diesen Werten. Als Berufe mit Engpass gelten jene mit einer Gesamtbewertung über oder gleich 2. Berufe „unter Beobachtung“ haben eine Gesamtbewertung zwischen 1,5 und kleiner 2,0 (Bundesagentur für Arbeit 2021).

In Tabelle 9 sind alle Werte mit rot markiert, die einen Wert von mindestens 2,0 haben, mit gelb die Werte zwischen 1,5 und 2,0. Ferner ist die Relevanz für die Solar- und Windenergie ergänzt, wie sie in der Studie von Koneberg et al. (2022) mithilfe von Experteninterviews erhoben wurden. Die Liste von insgesamt 190 Berufsgattungen, wurde aus denen in den Interviews genannten Tätigkeiten und Berufen abgeleitet.

Alle sechs Berufsuntergruppen haben Bewertungen von 2,3 und mehr. Unter den ausgewählten Berufsgruppen hat „Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik“ (342) die höchsten Engpass-Bewertungsnoten. Berufe in der Klempnerei sowie für die Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik zählen zudem zu den Berufen, die nach Koneberg et al. (2022) explizit als wichtig für die Solarenergie eingestuft sind. Letztlich dürften die genannten Berufe und zusätzlich jene im Ofen- und Luftheizungsbau in den EE-Wärme-Kleinanlagen (feste Biomasse) hochrelevant sein (vgl. BA_BerufeNet). Zwar gibt es einige Berufsgruppen auf die eine höhere EE-Beschäftigung entfällt, dennoch sind die Berufe der Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik als Engpass für den EE-Ausbau besonders in den Blick zu nehmen.

Die Berufsgruppe mit der zweithöchsten Gesamtbewertung ist die „Elektrotechnik“ (262). Alle Berufsuntergruppen hierin werden als hochrelevant sowohl für die Solar- und Windenergie eingestuft. Für die Berufe der „Energie- und Kraftwerkstechnik“ und der „regenerativen Energietechnik“ liegen keine Einzelbewertungen vor. Für diese im Bereich der EE-Stromerzeugungsanlagen besonders wichtigen Berufe, dürfte der Wert angesichts des Durchschnittswertes von 2,4 auch über 2 liegen. Es zeigen sich also besonders große Herausforderungen bei

der Stellenbesetzung beim EE-Ausbau im Bereich der Energietechnik, da hierauf auch besonders viele EE-Beschäftigte entfallen.

In der Berufsgruppe „Elektrotechnik“ (263) gibt es ebenfalls sehr viele Engpassberufe und fast alle sind relevant entweder für die Solar- oder Windenergie oder beide. Unter den berichteten Bewertungen fällt jener für die Elektrotechnik (ohne Spezialisierung) am höchsten aus. Auch wenn die mengenmäßige Verteilung auf die Berufsuntergruppen aktuell nicht vorliegt, so ist die Elektrotechnik auf jeden Fall ein Bereich mit hohen Engpässen und mit hoher Relevanz, insbesondere für die Stromerzeugungsanlagen (Photovoltaik und Windenergie).

Tabelle 9: Ergebnisse der BA-Engpassanalyse für eine Auswahl an Berufsgruppen und Einordnung der Relevanz für die Solar- und Windenergie, 2022

KldB	Bezeichnung	Gesamt-bewertung*	Vakanzzeit	Arbeitsuchenden-Stellen-Relation	Berufsspez. Arbeitslosen-quote	Koneberg et al. 2022, Fachkraft
2441	Berufe im Metallbau	2,2	3	3	2	S / W
2442	Berufe i.d. Schweiß-, Verbindungstechnik	1,8	3	1	2	W
2443	Industrietaucher/innen u.a.Taucherberufe	X	X	X	X	W
2449	Aufsicht - Metallbau und Schweißtechnik	X	X	X	X	
2510	Berufe Maschinenbau-, Betriebstechn.(oS)	1,7	3	2	2	S / W
2511	Maschinen-, Gerätezusammensetzer/innen	1	1	0	2	
2512	Maschinen- und Anlagenführer/innen	1,3	3	0	2	
2513	Tech.ServicekräfteWartung,Instandhaltung	1,8	3	3	2	S / W
2518	Berufe Maschinenbau,Betriebstechn.(ssT)	X	X	X	X	S / W
2519	Aufsicht,Führung-Maschinenbau,Betriebst.	X	X	X	X	S / W
2621	Berufe in der Bauelektrik	2,7	3	3	3	S / W
2622	Berufe in der Elektromaschinentechnik	2	3	3	3	S / W
2623	Berufe i.d. Energie-, Kraftwerkstechnik	X	X	X	X	S / W
2624	Berufe i.d. regenerativen Energietechnik	X	X	X	X	S / W
2625	Berufe i.d. elektrischen Betriebstechnik	2	3	3	3	S / W
2626	Berufe Leitungsinstallation,-wartung	2,5	3	3	3	S / W
2629	Aufsicht - Energietechnik	X	X	X	X	S / W
2630	Berufe in der Elektrotechnik (o.S.)	2,3	3	3	3	S / W
2631	Berufe Informations,Telekommunikationst.	2	3	2	3	S / W
2632	Berufe in der Mikrosystemtechnik	X	X	X	X	W
2633	Berufe Luftver.,Schiff,Fahrzeugelektron.	2	3	2	3	
2638	Berufe in der Elektrotechnik (s.s.T.)	X	X	X	X	W
2639	Aufsicht - Elektrotechnik	X	X	X	X	S / W
2721	Technische Zeichner/innen	2	3	2	3	S / W
2722	Berufe i.d. Konstruktion u. im Gerätebau	X	X	X	X	S
2723	Berufe im Modellbau	X	X	X	X	
2728	Techn.Zeichnen, Konstrukt.,Modellb.(ssT)	X	X	X	X	
2729	Aufsicht,Führung-TechZeich.Konstr.Modell	X	X	X	X	
3420	Berufe in der Klempnerei (o.S.)	2,5	3	3	3	S
3421	Berufe Sanitär-, Heizungs-, Klimatechnik	2,8	3	3	3	S
3422	Berufe im Ofen- und Luftheizungsbau	2,3	3	3	X	
3423	Berufe in der Kältetechnik	2,7	3	3	3	
3429	Aufsicht-Klemp.Sanitär,Heizung,Klimatech	X	X	X	X	

X = Wert nicht vorhanden; S = Solarenergie; W = Windenergie; S / W = Solar- und Windenergie; * Gesamtergebnis inkl. zwei weiterer Indikatoren

Quelle: Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit (2023)

„Technische Zeichner*innen“ zählen zu den Berufsuntergruppen „unter Beobachtung“ (2,0) und gelten als wichtig für die Solar- und Windenergie. Für die gleichnamige Berufsgruppe (272) liegen für die übrigen Berufe keine Engpassindikatoren vor. Die Berufsgruppe hat einen breiten

Einsatzbereich und kommt seltener vor als die anderen hier betrachteten Berufsgruppen. Die Engpasssituation ist vermutlich für alle EE-Technologien von Relevanz, insbesondere in der Fertigung und Planung von Großanlagen.

Etwas uneinheitlicher fällt das Bild in der „Metallbau- und Schweißtechnik“ (244) aus. Für die Untergruppe „Berufe im Metallbau“, die als wichtig für die Solar- und Windenergie eingestuft ist, zeigt sich eine hohe Engpassbewertung von 2,2. Andere Berufsuntergruppen sind vor allem für die Windenergie relevant. Für die Berufe in der Schweiß- und Verbindungstechnik liegen noch Informationen zur Engpasssituation vor, wo die Situation aktuell nicht angespannt ist. Insgesamt ist der Bedarf im Bereich erneuerbare Energien hoch, so dass die Situation insgesamt relevant erscheint.

„Maschinenbau- und Betriebstechnik“ (251) hat unter den sechs betrachteten Berufsgruppen die geringste Gesamtbewertung. Auf sie entfällt jedoch ein großer Teil der (industriellen) Beschäftigung. Unter den berichteten Gesamtbewertungen zeigt die Untergruppe „Technische Servicekräfte, Wartung, Instandhaltung“ die höchste Engpassbewertung. Diese Berufe werden als relevante Fachkräfte für die Wind- und Solarenergie bei Koneberg et al. (2022) genannt, so wie andere Berufsuntergruppen in diesem Bereich. „Maschinenbau- und Betriebstechnik“ hat ein hohes Gewicht beim EE-Ausbau und die Engpässe bei Wartungsberufen sind zu beobachten.

Die detailliertere Betrachtung der Berufe entlang der Klassifikation ist vor allem dann sinnvoll, wenn sich entweder (a) die Relevanz für den Bereich erneuerbarer Energien oder aber (b) die Engpasssituation innerhalb der Berufsgruppen stark unterscheidet. In der Auswahl der sechs Berufsgruppen in Tabelle 9 tauchen „Wind- und Solarenergieberufe“ mit ähnlicher Häufigkeit auf. In der Regel kann auf dieser Ebene auch nicht unterschieden werden, ob es eher Wind- oder Solarenergie ist. Allerdings könnte das Bild differenzierter werden, wenn weitere Technologien Berücksichtigung finden. Mit den bestehenden Informationen zeigt sich in den ausgewählten sechs Berufsgruppen ein eher einheitliches Bild bei der Engpassanalyse. Nur bei der Maschinen- und Betriebstechnik gibt es Berufe sowohl mit als auch ohne Engpässe. Ansonsten gibt es immer mindestens eine Berufsuntergruppe mit Engpässen. Besonders angespannt ist demnach die Lage bei „Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik“, wo Berufe für Solarenergie zugeordnet sind. Bei der Beurteilung der Engpasssituation macht sich vor allem bemerkbar, dass für viele Berufsuntergruppen (4-Steller) keine Informationen verfügbar sind. Gerade in der Energietechnik (263) und Elektrotechnik (262) fehlen Daten zur Situation bei der Stellenbesetzung. Der Grund ist häufig, dass zu wenig Fälle bei der statistischen Erfassung vorliegen, was häufig eher auf „seltene“ Berufe hindeutet.

Die bestehende Analyse ermöglicht prinzipiell eine Einschätzung zur Heterogenität innerhalb der Berufsgruppen im vorliegenden Kontext. Für eine umfassende Einschätzung müssten die Informationsgrundlagen sowohl bei der Zuordnung der EE-Beschäftigung (für eine Gewichtung) als auch bei der Engpassanalyse deutlich verbessert werden. Eine Detailanalyse auf 4-Steller-Ebene ist für die quantitative Beurteilung der „Engpasslage“ vor allem dann sinnvoll, wenn diese Verbesserungen erreicht werden.

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Bisherige Studien haben gezeigt, dass die ökologische Transformation mit einem spezifischen Bedarf an Berufen und Qualifikationen verbunden ist. Technische Berufe und Bauberufe sind dabei wichtige Schwerpunkte. Speziell für den Bereich erneuerbare Energien wurde in wenigen Studien die hohe Bedeutung der Elektro- und Gebäudetechnik hervorgehoben. Die Ergebnisse anderer Studien decken sich weitgehend mit den hier vorgestellten Befunden. Insgesamt wird jedoch deutlich, dass die Auswahl an wichtigen Berufen für die Realisierung des Ausbaus erneuerbarer Energien deutlich breiter ist. Der Bedarf geht weit über die häufig in der Öffentlichkeit diskutierten Installations- und Wartungsberufe hinaus. Auch bei unseren Ergebnissen liegt der Schwerpunkt des Bedarfs auf den technischen Berufen in Fertigung und Bau (um 60 %). Unsere Auswertung macht deutlich, dass industrielle Fertigungsberufe mengenmäßig zu den wichtigsten Berufsgruppen gehören. Die Fertigung der EE-Anlagen wurde in bisherigen Studien häufig nicht explizit berücksichtigt. Auch sind für die Gesamtheit der Bruttobeschäftigung die kaufmännischen Berufe, sowie Planung und Logistik (um 30 %) ebenso von hoher Bedeutung. All diese Aspekte werden erst deutlich, wenn die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet wird, die integraler Bestandteil der Bruttobeschäftigung ist.

Mit Blick auf das Anforderungsprofil ist der Anteil der Fachkräfte an der EE-Beschäftigung nach unseren Ergebnissen ähnlich hoch wie in der Gesamtwirtschaft. Deutlich höher ist der Anteil der „Experten“ und „Spezialisten“. Mit Blick auf die Berufsgruppen ist die EE-Beschäftigung relativ konzentriert verteilt (die Hälfte der EE-Beschäftigten entfällt auf weniger als 10 Berufe). Es gibt zudem Unterschiede zwischen den Segmenten: Im Bereich Investitionen entfallen etwas mehr Arbeitsplätze auf Bauberufe. Für den Bereich Betrieb und Wartung zeigen sich häufiger Transport- und Logistikberufe unter den wichtigsten Berufen. Für beide Segmente dominieren die Fertigungsberufe und der Anteil der Fachkräfte ist gleich.

Der Abgleich der Bedarfsstruktur mit der Situation auf dem Arbeitsmarkt zeigt, dass für sehr viele wichtige Berufe für den EE-Ausbau Engpässe bei der Besetzung von Stellen zu erwarten sind. Insbesondere bei der Herstellung und Installation von EE-Anlagen fällt der Bedarf auf überdurchschnittlich viele Fokusberufe mit Engpässen (42 % der direkten Beschäftigung). Für den Bereich Betrieb und Wartung entfallen 32 % der direkten Beschäftigten auf Fokusberufe, ein ähnlich hoher Anteil wie in der Gesamtwirtschaft.

Die Berufsgruppen, die nach diesen Ergebnissen besonders in den Blick genommen werden müssen, sind:

- 263 Elektrotechnik (wichtiger EE-Schwerpunkt mit Engpässen)
- 262 Energietechnik (wichtiger EE-Schwerpunkt mit Engpässen)
- 342 Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik (besonders hohe Engpässe)
- 251 Maschinenbau und Betriebstechnik (mengenmäßig wichtigste Berufsgruppe)
- 272 Techn. Zeichnen, Konstruktion, Modellbau (wichtiger EE-Schwerpunkt, mit Engpässen)
- 244 Metallbau und Schweißtechnik (wichtiger EE-Schwerpunkt, mittlere Engpasssituation)

Die Bruttobeschäftigung ist ein etablierter Indikator, der die gesamtwirtschaftliche Bedeutung des EE-Ausbaus anzeigt. Im vorgestellten Ansatz werden die detaillierten Datengrundlagen genutzt, die jährlich aktualisierbar sind. Die Abschätzung der Berufsstruktur der Bruttobeschäf-

tigung legt eine wichtige Grundlage für die Analyse des Zusammenhangs zwischen EE-Ausbau und der Situation auf dem Arbeitsmarkt und ermöglicht auch Rückschlüsse zu Qualifikationsbedarfen.

Gleichwohl gibt es Grenzen in der Aussagekraft. Die technisch-ökonomischen Kostenstrukturen, wie sie zur Abschätzung der Bruttobeschäftigung genutzt werden, repräsentieren nicht genau die Struktur der direkten Beschäftigung nach Wirtschaftszweigen. Sie kann bis auf weiteres nur als Annäherung fungieren. Dem kann entgegengehalten werden, dass sich im Vergleich zu anderen Erhebungen insgesamt ein vollständigeres Bild ergibt, da aus technisch-ökonomischer Sicht nicht nur die spezialisierten Bereiche der Fertigung und Montage abgedeckt werden.

Ein wesentlicher Kritikpunkt ist, dass die verwendeten Verteilungsmatrizen (Wirtschaftszweige zu Berufen) nur Arbeitnehmer repräsentieren. Der Bedarf für Berufe, die überwiegend von Beamten und Selbstständigen ausgeübt werden, wird daher unterschätzt. Dieses Argument kann man jedoch relativieren. Die technisch-ökonomische Nachfragestruktur spricht fast nur Wirtschaftszweige an, die kaum Beamte und wenig Selbstständige haben. Gewichtet man die detaillierten, nach Wirtschaftszweigen gegliederten Daten zur Anzahl Erwerbstätigen (Quelle: Volkwirtschaftliche Gesamtrechnungen) mit der EE-Beschäftigung und vergleicht diese mit den hier verwendeten Beschäftigungsdaten, lässt sich die Untererfassung abschätzen. Die gewichtete Erfassungsquote dürfte bei über 90 % liegen. Eine Darstellung der Übergänge für Erwerbstätige ist prinzipiell möglich. Im QuBe-Projekt werden Kreuztabellen (63 Wirtschaftszweige zu 140 Berufsgruppen zu Anforderungsniveaus) für Erwerbstätige verwendet. Diese ist jedoch nicht frei verfügbar.

Die primäre Auswertungsebene für 140 Berufsgruppen könnte als zu grob angesehen werden. Die Unterschiede in der Relevanz für die EE-Branche sowie auch die Engpasssituation kann innerhalb der Berufsgruppen groß ausfallen. Auch die Analyse zeigt, dass die Engpassbewertungen sich innerhalb der Berufsgruppen unterscheiden kann. Insgesamt überwiegen aber einheitliche Bilder, oder unvollständige aufgrund fehlender Daten. Ähnlich verhält es sich bei der Relevanz der erneuerbaren Energien. Innerhalb einer Berufsgruppe kommt sie selten punktuell vor. Es kann also durchaus Gründe geben, die 3-Steller-Berufe (140) als einzige Analyse-Ebene beizubehalten. Zum einen sind die Daten der Engpassanalyse der BA auf Ebene der Berufsuntergruppen lückenhaft. Zum anderen gibt es eine Flexibilität bei den ausgeübten Berufen, denn Beschäftigte können den ausgeübten Beruf wechseln, wenn sie die passende Qualifikation haben. So können Arbeitsmarktströme innerhalb von Berufsgruppen leichter ausgeglichen werden (vgl. Zika et al. 2023). Unterhalb der 3-Steller-Ebene verschwimmen die Grenzen zwischen erlerntem und ausgeübtem Beruf nochmals deutlich.

Für die Weiterentwicklung und Validierung des Vorgehens sollten diese Aspekte weiter analysiert werden. Inzwischen gibt es eine aktualisierte Liste der Fokusberufe aus dem Fachkräftemonitoring, die berücksichtigt werden sollte (Zika et al. 2023). Die Unterschiede zwischen den Fokusberufen und den Ergebnissen der Engpassanalyse (BA) sollten im Kontext der Fragestellung weiter herausgearbeitet werden. Ziel sollte sein, sich hier auf ein Konzept zu konzentrieren, um mehr Transparenz und Übersichtlichkeit zu bekommen.

Der zukünftige Bedarf an Fachkräften und Berufen im Kontext der Ziele Ausbaus erneuerbarer Energien ist eine drängende Fragestellung, die in einer weiteren Studie (Ulrich et al. 2024) untersucht wird.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Bauer, S., Thobe, I., Wolter, M. I., Helmrich, R., Schandock, M., Röttger, C., Zika, G. & Mohaupt, F. (2017): Qualifikationen, Berufe und Branchen für den Übergang in eine Green Economy – eine Bestandsaufnahme. Umwelt, Innovation, Beschäftigung 01/2017, Dessau-Roßlau.

Bauer, S., Thobe, I., Wolter, M. I., Röttger, C., Zika, G., Helmrich, R., Schandock, M., Mohaupt, F. & Müller, R. (2021a): Grüne Karrieren – Berufe und Branchen mit Green-Economy-Relevanz. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Umwelt, Innovation, Beschäftigung 11/2021.

Bauer, S., Thobe, I., Wolter, M. I., Zika, G., Röttger, C., Helmrich, R., Schandock, M., Mohaupt, F. & Müller, R. (2021b): Branchen und Berufe für den Übergang in eine Green Economy – Eine aktualisierte Bestandsaufnahme. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Umwelt, Innovation, Beschäftigung 03/2021.

Blazejczak, J. & Edler, D. (2021): Arbeitskräftebedarf nach Sektoren, Qualifikationen und Berufen zur Umsetzung der Investitionen für ein klimaneutrales Deutschland – Kurzstudie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen, Berlin. https://www.gruenebundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/klimaschutz/pdf/2105_Kurzstudie_Arbeitskra__ftebedarf_Klimaneutralitaet.pdf, abgerufen am 21.11.2022.

Blazejczak, J., Edler, D., Gornig, M., Gehrke, B., Schasse, U. & Kaiser, C. (2021): Ökonomische Indikatoren von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz – Aktualisierung 2021: Investitionen, Produktion und Beschäftigung in ausgewählten Bereichen. Hg. v. Umwelbundesamt. Umwelt, Innovation, Beschäftigung 04/2021.

Boston Consulting Group (BCG) (2021): Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft – Gutachten im Auftrag des BDI – Bundesverband der Industrie.

Bundesagentur für Arbeit (2020): Klassifikation der Berufe 2010 – überarbeitete Fassung 2020 – Systematisches Verzeichnis. https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Grundlagen/Klassifikationen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010-Fassung2020/Systematik-Verzeichnisse/Generische-Publikationen/Systematisches-Verzeichnis-KldB-2020.xlsx?__blob=publicationFile&v=11.

Bundesagentur für Arbeit (2021): Engpassanalyse. https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Fachkraeftebedarf/Engpassanalyse-Nav.html.

Bundesagentur für Arbeit (2023): Anforderungsniveau der Berufe. https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Grundlagen/Methodik-Qualitaet/Methodische-Hinweise/uebergreifend-MethHinweise/Anforderungsniveau-Berufe.html, zuletzt aktualisiert am 10.05.2024.

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (Hg.) (2023): Schlüsselberufe und Schlüsselkompetenzen in der Energieeffizienz. – Analyse für die Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr. BfEE 02/2023, Eschborn.

Helmrich, R., Bott, P., Güntürk-Kuhl, B., Krampe, M., Leppelmeier, I., Lewalder, A. C., Neuber-Pohl, C. & Tiemann, M. (2016): Ausbau Erneuerbarer Energien und die Auswirkungen auf die deutsche Berufsbildung und den deutschen Arbeitsmarkt – Abschlussbericht. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung. Forschungsprojekt 2.1.308 (JFP 2013), Bonn.

Janser, M. (2018): The greening of jobs in Germany – First evidence from a text mining based index and employment register data. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB). IAB-Discussion Paper 14/2018, Nürnberg. http://doku.iab.de/discussionpapers/2018/dp1418.pdf.

Koneberg, F., Jansen, A. & Kutz, V. (2022): Energie aus Wind und Sonne – Welche Fachkräfte brauchen wir? Hg. v. Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V, Köln.

Lehr, U., Ulrich, P., Lutz, C., Thobe, I., Edler, D., O'Sullivan, M., Simon, S., Naegler, T., Pfenning, U., Frank, P., Sakowski, F. & Bickel, P. (2015): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland – Ausbau und Betrieb, heute und morgen. Politikberatung kompakt 101. DIW, Berlin. http://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw_01.c.510579.de.

Lutz, C., Becker, L. & Lehr, U. (2018): Mögliche Engpässe für die Energiewende. GWS Research Report 2018/08, Osnabrück. http://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-8.pdf.

Mönnig, A., Lutz, C., Becker, L., Maier, T. & Zika, G. (2021): Arbeitsmarkteffekte eines klimaneutralen Langfristpfads bis 2030 – Zusammenfassung der Ergebnisse. Hg. v. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS). https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2021/05/2021-05-18_Arbeitsmarkteffekte_KNDE.pdf, abgerufen am 25.04.2023.

O’Sullivan, M. & Edler, D. (2020): Gross Employment Effects in the Renewable Energy Industry in Germany—An Input–Output Analysis from 2000 to 2018. Sustainability 12 (15), S. 6163. DOI: 10.3390/su12156163.

O'Sullivan, M., Edler, D. & Lehr, U. (2019): Ökonomische Indikatoren der Energiebereitstellung – Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000-2017 : Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. DIW Berlin 135, Berlin.

O'Sullivan, M., Eschmann, J., Edler, D. & Ulrich, P. (2023): Ökonomische Indikatoren des Energiesystems – Produktion, Investitionen und Beschäftigung. GWS Research Report 2023/04, Osnabrück.

Ulrich, P., Edler, D. & Ahlert, G. (2024): Fachkräftebedarf für den zukünftigen EE-Ausbau – Quantitative Abschätzungen bis zum Jahr 2030. GWS Research Report 2024/4. Im Erscheinen.

Wolter, M. I., Helmrich, R., Zika, G. & Maier, T. (2023): Auswirkungen der sozial-ökologischen Transformation auf Arbeitsplätze – Abgrenzungen und Überlegungen zu dem Indikator „Arbeitsplätze im Transformationsfokus“ (ATF). QuBe-Essay 1/2023.

Zika, G., Hummel, M., Schneemann, C., Studtrucker, M., Kalinowski, M., Maier, T., Krebs, B., Steeg, S., Bernardt, F., Krinitz, J., Mönnig, A., Parton, F., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2021): Die Auswirkungen der Klimaschutzmaßnahmen auf den Arbeitsmarkt und die Wirtschaft. Forschungsbericht 526/5.

Zika, G., Schneemann, C., Kalinowski, M., Maier, T., Winnige, S., Großmann, A., Mönnig, A., Parton, F. & Wolter, M. I. (2019): BMAS-Prognose "Digitalisierte Arbeitswelt" – Forschungsbericht 526/1K des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.

Zika, G., Schneemann, C., Zenk, J., Kalinowski, M., Maier, T., Bernardt, F., Krinitz, J., Mönnig, A., Parton, F., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2022): Fachkräftemonitoring für das BMAS – Mittelfristprognose. Forschungsbericht 602.

Zika, G., Schneemann, C., Zenk, J., Maier, T., Kalinowski, M., Schnur, A., Krinitz, J., Mönnig, A. & Wolter, M. I. (2023): Fachkräftemonitoring für das BMAS – Mittelfristprognose bis 2027. Forschungsbericht 625.