

CLIMATE CHANGE

12/2024

Teilbericht

Auswirkungen von Klimaanpassung auf den Arbeitsmarkt

Eine Modellierung des zukünftigen
maßnahmeninduzierten Arbeitskräftebedarfs

von:

Florian Bernardt, Dr. Marc Ingo Wolter
Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung, Osnabrück

Dr. Friederike Rausch-Berhie
Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn

Herausgeber:
Umweltbundesamt

CLIMATE CHANGE 12/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3721 48 101 0
FB001346

Teilbericht

Auswirkungen von Klimaanpassung auf den Arbeitsmarkt

Eine Modellierung des zukünftigen
maßnahmeninduzierten Arbeitskräftebedarfs

von

Florian Bernardt, Dr. Marc Ingo Wolter
Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung,
Osnabrück

Dr. Friederike Rausch-Berhie
Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung
Heinrichstraße 30
49080 Osnabrück

Abschlussdatum:

Februar 2024

Redaktion:

Fachgebiet I 1.6 KomPass – Klimafolgen und Anpassung
Kirsten Sander

Publikationen als PDF:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, März 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Auswirkungen von Klimaanpassung auf den Arbeitsmarkt

Umso mehr der Klimawandel in Deutschland spürbar wird, desto mehr gewinnen Maßnahmen zur Anpassung an die unvermeidlichen Folgen des Klimawandels an Bedeutung. Die in diesem Bericht vorgestellten Modellrechnungen sollen helfen, jene Berufe zu identifizieren, bei denen Anpassungsmaßnahmen einerseits zu einem Mehrbedarf an Fachkräften führen und bei denen zudem davon ausgegangen werden kann, dass in den Berufen auch veränderte Kompetenzanforderungen vorliegen. Die zugrundeliegenden Modellrechnungen beruhen auf dem Modellsystem des QuBe-Projektes (siehe www.qube-projekt.de), bei welchem die volkswirtschaftlichen Wirkungen von potenziellen Anpassungsmaßnahmen auf Branchen und Berufe ermittelt werden. Im Ergebnis können Herausforderungen hinsichtlich des Bedarfs an Fachkräften in besonders von der Klimaanpassung betroffenen Branchen und der dort arbeitenden Personen für konkrete Ausbildungsberufe abgeleitet werden.

Unter der Voraussetzung, dass die im Rahmen des Szenarios getroffenen Annahmen über Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden, ist insgesamt mit ansteigenden Arbeitskräftebedarfen zu rechnen. Im Jahr 2040 ist ein Anstieg des Arbeitskräftebedarfs von rund 57 000 Erwerbstätigen im Klimaanpassungsszenario im Vergleich zum Referenzszenario zu erwarten. Es zeigt sich, dass einzelne Berufsgruppen durch die berücksichtigten Anpassungsmaßnahmen besonders gefordert sind. So können insgesamt 21 der 144 Berufsgruppen der Klassifikation der Berufe (KldB) als relevanteste Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario identifiziert werden. Für insgesamt 7 dieser 21 relevantesten Berufsgruppen ist bis zum Jahr 2040 mit einem Fachkräfteengpass zu rechnen. Hiervon besonders betroffen sind die Bereiche „Bau- und Ausbaugewerbe“ sowie „Medizinische und nicht-medizinische Gesundheitsberufe“.

Abstract: Effects of climate adaptation on the labour market

The more climate change is felt in Germany, the more important measures to adapt to the unavoidable consequences of climate change become. The model calculations presented in this report are intended to help identify those occupations for which adaptation measures will lead to an increased demand for skilled labour and for which it can also be assumed that the skills requirements in the occupations will also change. The underlying model calculations are based on the model system of the QuBe project (see www.qube-projekt.de), in which the economic effects of potential adaptation measures on sectors and occupations are determined. As a result, challenges can be derived with regard to the need for skilled labour in sectors particularly affected by climate adaptation and the people working in these sectors for specific training occupations.

On the condition that the assumptions made in the scenario regarding adaptation measures are implemented, an overall increase in labour demand can be expected. In 2040, an increase in labour demand of around 57,000 workers is expected in the climate adaptation scenario compared to the reference scenario. Individual occupational groups are particularly challenged by the adaptation measures taken into account. A total of 21 of the 144 occupational groups in the Classification of Occupations can be identified as the most relevant occupational groups in the climate adaptation scenario. For a total of 7 of these 21 most relevant occupational groups, a shortage of skilled labour can be expected by 2040. The "construction and finishing trades" and "medical and non-medical healthcare professions" are particularly affected by this.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	10
Summary.....	12
1 Einleitung.....	16
2 Modellierung und Methodik.....	18
2.1 Das QuBe-Modell.....	18
2.2 Definition der Annahmen des Klimaanpassungsszenarios.....	20
3 Annahmen im Detail.....	22
3.1 Dachbegrünung.....	23
3.2 Fassadenbegrünung.....	25
3.3 Stadtbäume.....	26
3.4 Regenwassermanagement.....	27
3.5 Hitzebedingter Arbeitsausfall.....	30
3.6 Weiterbildung für besonders anpassungsrelevante Berufsgruppen und Informationskampagne.....	33
3.7 Aufbau von Klimaanpassungsexpertise in der öffentlichen Verwaltung.....	35
3.8 Umbau der Forstwirtschaft.....	37
3.9 Bewässerung in der Landwirtschaft.....	38
3.10 Katastrophenvorsorge.....	39
3.11 Gesundheitsvorsorge für vulnerable Gruppen.....	40
3.12 Gebäudesanierung in den Bereichen Bildung, Gesundheit, Pflege und Soziales.....	42
4 Ergebnisse in der Zusammenschau.....	45
4.1 Arbeitskräftebedarfe.....	45
4.2 Relevanteste Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario.....	49
4.2.1 Bestimmung der relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario.....	49
4.2.2 Drohende Knappheiten.....	52
5 Schlussfolgerungen und Ausblick.....	57
6 Quellenverzeichnis.....	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Das QuBe-Modellsystem QINFORGE	19
Abbildung 2:	Anwendung der Szenariotechnik, schematische Darstellung ..	20
Abbildung 3:	Wirkung der Annahme „Dachbegrünung“ auf die Berufsgruppen	25
Abbildung 4:	Wirkung der „Stadtbäume“ auf die Berufsgruppen	27
Abbildung 5:	Wirkung der Annahme „Regenwassermanagement“ auf die Wirtschaftszweige	29
Abbildung 6:	Wirkung der Annahme „Regenwassermanagement“ auf die Berufsgruppen	30
Abbildung 7:	Hitzetage in Deutschland.....	31
Abbildung 8:	Veränderung des Bruttoinlandsproduktes durch „Hitzebedingten Arbeitsausfall“	32
Abbildung 9:	Wirkung der Annahme „Hitzebedingter Arbeitsausfall“ auf die Berufsgruppen	33
Abbildung 10:	Wirkung der Annahme „Weiterbildung für besonders anpassungsrelevante Berufsgruppen und Informationskampagne“ auf die Berufsgruppen.....	35
Abbildung 11:	Wirkung der Annahme „Aufbau von Klimaanpassungsexpertise im öffentlichen Sektor“ auf die Staatsausgaben für Umweltschutz.....	36
Abbildung 12:	Wirkung der Annahme „Aufbau von Klimaanpassungsexpertise im öffentlichen Sektor“ auf die Berufsgruppen	36
Abbildung 13:	Veränderung des Bruttoinlandsproduktes durch „Umbau der Forstwirtschaft“	38
Abbildung 14:	Veränderung des Bruttoinlandsproduktes durch „Bewässerung in der Landwirtschaft“	39
Abbildung 15:	Waldbrände in Deutschland 1991 bis 2021.....	40
Abbildung 16:	Wirkung der Annahme „Gesundheitsvorsorge für vulnerable Gruppen“ auf die Berufsgruppen	42
Abbildung 17:	Sensitivitäten der Annahme „Gebäudesanierung in den Bereichen Bildung, Gesundheit, Pflege und Soziales“ auf die Veränderung der Erwerbstätigenzahl	43
Abbildung 18:	Wirkung der Annahme „Gebäudesanierung in den Bereichen Bildung, Gesundheit, Pflege und Soziales“ auf die Berufsgruppen	44
Abbildung 19:	Komponenten des Bruttoinlandsproduktes	46
Abbildung 20:	Veränderung der Erwerbstätigenzahlen	48
Abbildung 21:	Absolute Veränderung der Erwerbstätigenzahlen nach Berufsgruppe	50
Abbildung 22:	Relative Veränderung der Erwerbstätigenzahlen nach Berufsgruppe	51

Abbildung 23:	Relevanteste Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario nach Berufssegmenten	52
Abbildung 24:	Suchdauern der 21 Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario 2040 nach Berufsgruppe in Tagen.....	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der Annahmen	22
Tabelle 2:	Veränderung des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes nach Annahmen.....	46
Tabelle 3:	Veränderung der Erwerbstätigenzahlen nach Annahmen	48
Tabelle 4:	„Ergänzungsindikatoren“ aus BMAS-Mittelfristprognose für die relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario....	55

Abkürzungsverzeichnis

Ang	anderweitig nicht genannt
BA	Bundesagentur für Arbeit
BBiG	Berufsbildungsgesetz
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMVI	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BuGG	Bundesverband GebäudeGrün e.V. BuGG
COFOG	Klassifikation der Aufgabenbereiche des Staates (Classification of the Functions of Government)
EBM	einheitlicher Bewertungsmaßstab
GWS	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung
HWO	Gesetz zur Ordnung des Handwerks (Handwerksordnung)
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
IÖW	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
KIdB 2010	Klassifikation der Berufe 2010
NOV	Neuordnungsverfahren
QuBe	Qualifikations- und Berufsprojektion
StBa	Statistisches Bundesamt
THW	Technisches Hilfswerk
ÜBA	Überbetriebliche Ausbildung
UBA	Umweltbundesamt
WZ 2008	Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008
ZVDH	Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks

Zusammenfassung

Umso mehr der Klimawandel in Deutschland seine Folgen zeigt, desto mehr gewinnen Maßnahmen zur Anpassung an die unvermeidlichen Folgen des Klimawandels an Bedeutung. Für die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen braucht es Fachkräfte, die über das entsprechende Wissen sowie Fähigkeiten und Kompetenzen verfügen. Diese Fachkräfte rechtzeitig zu identifizieren ist auch angesichts des herrschenden Fachkräftemangels (Maier et al. 2022) elementar. Fehlende Kenntnisse und Fachkräfteengpässe in relevanten Branchen und ihren Betrieben sowie Unternehmen könnten die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen gefährden. Gerade kleine und mittlere Unternehmen sind herausgefordert.

Vor diesem Hintergrund führt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) das Ressortforschungsprojekt „Analyse und Einsatz von Klimadiensten zum Kapazitätsaufbau, Bildung und Vernetzung zur Klimawandelanpassung“ durch, dessen Teilergebnisse in dem hier vorliegenden Bericht dargestellt werden. Im Auftrag des BMUV und Umweltbundesamtes (UBA) wird das Vorhaben vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) und dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) durchgeführt. Dabei wird u. a. untersucht, welche Branchen und Berufsgruppen besonders betroffen sind und wie sich die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen auf Berufe im Branchenkontext auswirkt.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, jene Berufe zu identifizieren, bei denen Anpassungsmaßnahmen einerseits zu einem Mehrbedarf an Fachkräften führen und bei denen zudem davon ausgegangen werden kann, dass in den Berufen auch veränderte Kompetenzanforderungen vorliegen. Die zugrundeliegenden Modellrechnungen beruhen auf dem Modellsystem des QuBe-Projektes (siehe www.qube-projekt.de), das die volkswirtschaftlichen Wirkungen von potenziellen Anpassungsmaßnahmen, die i. d. R. mit Investitionskosten einhergehen, auf Branchen und Berufe ermittelt. Die Rahmenbedingungen der Branchen werden durch ihre Produktionsweise, die durch ihren Leistungsbezug auf der Kostenseite und die Lieferverflechtung mit anderen Branchen festgelegt werden, bestimmt. Die Arbeitsweise in einer Branche bezieht sich auf die branchenspezifische Form der Beschäftigungszusammensetzung nach Berufen und den Anforderungsniveaus. Im Ergebnis können Herausforderungen hinsichtlich des Bedarfs an Fachkräften in besonders von der Klimaanpassung betroffenen Branchen und der dort arbeitenden Personen für konkrete Ausbildungsberufe abgeleitet werden.

Die Festlegung der Annahmen über umzusetzende Klimaanpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Klimawirkungs- und Risikoanalyse (Kahlenborn et al. 2021). Dabei werden vier Handlungsfelder modelliert: Die (1) Klimaanpassung in urbanen Räumen ist über die Zunahme der Dach- und Fassadenbegrünung dargestellt. Zusätzlich wird von einem Anstieg der Baumpflanzungen und einem stärkeren Fokus auf das Regenwassermanagement in den Städten ausgegangen. Die (2) Klimaanpassung in der Arbeitswelt ist über den hitzebedingten Arbeitsausfall, durch Weiterbildung in besonders anpassungsrelevanten Bereichen sowie durch den Aufbau von Klimaanpassungsexpertise in der öffentlichen Verwaltung abgebildet. Die (3) Klimaanpassung in der primären Produktion stellt sich in der Zunahme von Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft mit entsprechenden Ausrüstungsinvestitionen und in dem Umbau der Forstwirtschaft dar. Die (4) Klimaanpassung in der Vorsorge und Gesundheit ist im Modell durch eine Zunahme von Vorsorgeleistungen und Gebäudesanierungen in öffentlichen Einrichtungen berücksichtigt.

Die Annahmen über Klimaanpassungsmaßnahmen wurden zum einen durch eine Literaturrecherche und -auswertung sowie zum anderen mittels Expert:inneninterviews weiter

konkretisiert. Im Fokus der modellierten Annahmen stehen stets die Arbeitsmarkteffekte der Anpassungsmaßnahmen. Die in diesem Bericht vorgestellten Anpassungsmaßnahmen unterliegen Bedingungen (vgl. Kapitel 3) und sind nicht ausreichend, um eine für die Bevölkerung Deutschlands wünschenswerte und umfassende Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu erreichen. Vielmehr stellen die hier vorgeschlagenen Maßnahmen erste Schritte dar, um eine Anpassung an die Klimawandelfolgen zu erzielen und das Schadenspotenzial für Gesundheit und Wirtschaft zu verringern.

Die im Rahmen des Klimaanpassungsszenarios modellierten zusätzlichen Ausgaben und Investitionen würden im gesamten Projektionszeitraum (2022 bis 2040) zu einer kumulierten Steigerung der realen Wirtschaftsleistung von rund 150 Milliarden Euro im Vergleich zum Referenzszenario führen. Den Zenit erreicht dieser positive Effekt im Jahr 2030 mit einem realen BIP-Wachstum gegenüber dem Referenzszenario von 9,4 Milliarden Euro, was ungefähr 0,25 % des Bruttoinlandsproduktes im Jahr 2030 entsprechen dürfte. In den Folgejahren bleibt der positive Effekt erhalten, flaut aber aufgrund steigender Produktionskosten ab. Die steigenden Produktionskosten führen zu abnehmenden Terms-of-Trade. Die Preise in der Land- und Forstwirtschaft werden teurer, Exporte in das Ausland nehmen ab und Importe steigen.

Klimaanpassungsmaßnahmen sollten trotz projiziertem BIP-Wachstum nicht als Wachstumsprogramm, sondern vielmehr als ein vorsorgendes Programm zur Schadensvermeidung eingestuft werden. Die Mittel hätten z. B. auch für die Modernisierung der Infrastruktur verwendet werden können, was eine Produktivitätssteigerung zur Folge gehabt hätte, die nun ausbleibt.

Mittelfristig wird im Referenzszenario mit weiter ansteigenden Erwerbstätigenzahlen gerechnet. Diese Entwicklung erreicht im Jahr 2026 ihren Höhepunkt mit einer Arbeitskräftenachfrage von rund 45,7 Mio. Erwerbstätigen. In den folgenden Jahren ist ein Rückgang der Erwerbstätigenzahlen auf 44,3 Mio. im Jahr 2040 zu erwarten. Die Ursache hierfür ist das geringe Arbeitskräfteangebot. Bereits heute herrscht in vielen Regionen Deutschlands Vollbeschäftigung. Offene Stellen können teilweise nicht mehr besetzt werden und entfallen daraufhin. Die Arbeitskräftenachfrage wird durch das geringe Arbeitskräfteangebot gehemmt.

Diese Restriktionen des Arbeitskräfteangebots sind auch für die Klimaanpassung eine zentrale Herausforderung. Wie die Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes steigt die Anzahl zusätzlich benötigter Arbeitskräfte in den ersten Jahren des Betrachtungszeitraums stark an und erreicht im Jahr 2027 ihre maximale Ausprägung mit einem zusätzlichen Bedarf von rund 70 000 Erwerbstätigen im Vergleich zum Referenzszenario.

Es zeigt sich, dass einzelne Berufsgruppen durch die vordringlichen Anpassungsmaßnahmen besonders gefordert sind. Es konnten 21 der insgesamt 144 Berufsgruppen der Klassifikation der Berufe (KldB) als relevanteste Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario identifiziert werden, welche sich wiederum insgesamt 6 Berufssegmenten zuordnen lassen. Neben den „Händen“, die Anpassungen in die Tat umsetzen, sind Dienstleistungen gefragt, die die Tätigkeit begleiten. Zudem werden entsprechende Qualifikationen, Schulungen und Beratungen für Arbeitskräfte und die Bevölkerung benötigt. Hinsichtlich der veränderten Erwerbstätigenzahlen nehmen die „Bau- und Ausbauberufe“ eine Sonderrolle ein, denn ca. 20 % der Abweichungen zwischen Klimaanpassungsszenario und Referenzszenario gehen auf dieses Berufssegment zurück. Dabei liegt der Anteil des Berufssegments an den Erwerbstätigen bei unter 6 %. Bezüglich des Berufssegments „Land-, Forst- und Gartenbauberufe“ verhält es sich ähnlich. Während es für 5 % der zusätzlichen Arbeitskräftenachfrage steht, weist es gesamtwirtschaftlich lediglich einen Erwerbstätigenanteil von 2 % auf.

Für die Darstellung von Fachkräfteengpässen wird im QuBe-Projekt der Indikator der adjustierten Suchdauer abgebildet. Insgesamt erreichen 7 der 21 relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario 2040 eine kritische Ausprägung des Indikators von über 90 Tagen und weitere 2 Berufsgruppen eine Ausprägung von exakt 90 Tagen. Der stärkste Engpass wird für die Berufsgruppe „Bauplanung und -überwachung, Architektur“ erwartet, mit einer Suchdauer von 112 Tagen. Die Hälfte der Berufe mit einer kritischen Ausprägung des Indikators sind dem Berufssegment „Bau- und Ausbauberufe“ zuzuordnen, also jenem, welches im Zusammenhang mit den hier dargestellten Klimaanpassungsmaßnahmen einen besonderen Nachfrageschub nach Erwerbstätigen erwartet.

Bei insgesamt 15 der 21 relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario sinkt die berufliche Mobilität, wodurch das Arbeitskräfteangebot negativ beeinflusst wird und Fachkräfteengpässe ggf. verstärkt werden. Zudem weisen 9 Berufsgruppen einen Gender-Employment-Gap auf und haben einen geschlechterspezifischen Schwerpunkt. Auch dies ist negativ für das zukünftige Arbeitskräfteangebot. Die Jahresarbeitszeiten zeichnen insgesamt ein gemischtes Bild. In 8 Berufsgruppen liegen die Jahresarbeitszeiten im Durchschnitt, in 7 darunter und in 6 darüber.

Dieser Bericht möchte vor allem darauf aufmerksam machen, dass die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen, unabhängig davon, wie diese schlussendlich konkret ausgestaltet sein werden, nur erfolgen kann, wenn einerseits genügend Arbeitskräfte zur Verfügung stehen und diese zudem über die für die Umsetzung erforderlichen Kompetenzen verfügen. In den verschiedenen Branchen und Berufen variiert sowohl die Betroffenheit von Klimawandelfolgen als auch der konkrete Bedarf an der Vermittlung neuer, für die Umsetzung von Maßnahmen erforderlichen Kompetenzen. Diese Klimaanpassungskompetenzen müssen für relevante Berufe identifiziert werden. Außerdem gilt es, Wege zu finden, die Klimaanpassungskompetenzen in die berufliche Bildung zu integrieren. Dabei sollte an verschiedenen Stellen angesetzt werden, wie z. B. bei der Neuordnung von Ausbildungen, aber auch bei der Nachqualifizierung durch Fort- und Weiterbildung. Aufgrund der Dringlichkeit der Anpassung an den Klimawandel sollte die Bedeutung dieser Aufgabe hervorgehoben werden. Die Szenarioanalysen sollen einen konkreten Beitrag dazu leisten, zukünftig zu erwartende Arbeitskräfteengpässe aufzuzeigen. Dies soll dazu beitragen, den verantwortlichen Akteur:innen in Politik und Praxis eine Wissensgrundlage zu liefern, die ihnen ermöglicht, dem Fachkräftemangel frühzeitig entgegenzuwirken.

Summary

As climate change progresses in Germany, the importance of adopting measures to adapt to its unavoidable consequences become increasingly evident. The implementation of these climate change adaptation measures requires specialists who have the relevant knowledge, skills and competences. Timely identification of these specialists is also essential in view of the prevailing shortage of skilled workers (Maier et al. 2022). A lack of knowledge and skills in relevant sectors and their businesses could jeopardize the implementation of climate adaptation measures with small and medium-sized enterprises facing particular challenges.

Against this background, the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection (BMUV) is conducting the departmental research project "Analysis and use of climate services for capacity building, education and networking for climate change adaptation", partial results of which are presented in this report. The project is being carried out by the Federal Institute for Vocational Education and Training (BIBB) on

behalf of the BMUV and the German Environment Agency (UBA) together with the Institute of Economic Structures Research (GWS) and the Institute for Ecological Economy Research (IÖW). Among other things, it examines which sectors and occupational groups are particularly affected and how the implementation of climate adaptation measures affects occupations in the sector context.

This research project aims to identify occupations where adaptation measures will increase the demand for skilled workers and for which it can also be assumed that there will be changed skills requirements.. The underlying model calculations are based on the QuBe project's model system (see <https://www.bibb.de/en/11727.php>). This system assesses the economic effects of potential adaptation measures, typically associated with investment costs, for sectors and occupations. The sector's framework conditions are determined by their mode of production, which is defined by their performance reference on the cost side and the supply interdependence with other sectors. The way of working in an industry refers to the industry-specific form of employment composition according to occupations and requirement levels. Consequently, challenges arise concerning the demand for skilled workers in sectors particularly affected by climate adaptation and for specific occupations of people working in these sectors.

The assumptions regarding the climate adaptation measures to be implemented are based on the climate impact and risk analysis (Kahlenborn et al. 2021). Four fields of action are modeled: (1) Climate adaptation in urban areas is represented by an increase in green roofs and façades. In addition, an increase in tree planting and a stronger focus on rainwater management in cities is assumed. (2) Workplace climate adaptation includes heat-related loss of working hours, further training in particularly adaptation-relevant areas as well as developing climate adaptation expertise in public administration. (3) Climate adaptation in primary production encompasses increased irrigation in agriculture with corresponding investments in equipment and in the conversion of forestry. (4) Climate adaptation in prevention and health is represented in the model by an increase in prevention services and building renovations in public facilities.

The assumptions about climate adaptation measures were further substantiated through literature research and evaluation on the one hand and interviews with experts on the other. The focus of the modeled assumptions is on the labour market effects of the adaptation measures. The adaptation measures presented in this report are not sufficient to achieve a desirable and comprehensive adaptation to the consequences of climate change for the German population. Rather, these proposed measures serve as first steps towards achieving adaptation to the consequences of climate change and reducing the potential damage to health and the economy.

The additional expenditure and investments modeled in the climate adaptation scenario would lead to a cumulative increase in real economic output of around EUR 150 billion over the entire projection period (2022 to 2040) compared to the reference scenario. The positive effect reaches its peaks in 2030 with real GDP growth of EUR 9.4 billion compared to the reference scenario, which should correspond to around 0.25 % of GDP in 2030. In the following years, the positive effect is maintained, but will slow down due to rising production costs. Rising production costs lead to declining terms of trade. Prices in agriculture and forestry become more expensive, exports abroad decrease and imports increase.

Despite projected GDP growth, climate adaptation measures should not be classified as a growth program, but rather as a precautionary programme to prevent. The funds could also have been used to modernize infrastructure, for example, which would have resulted in an increase in productivity that is now lacking.

In the medium term, the reference scenario anticipates a further increase in the employment rate. This trend peaks in 2026 with a labour demand of around 45.7 million people in employment. In the following years, the number of people in employment is expected to fall to 44.3 million in 2040. This is due to a shortage in labour supply. Full employment already prevails in many regions of Germany today. Some vacancies can no longer be filled and are therefore no longer available. The demand for labour is inhibited by the low labour supply.

These restrictions on the labour supply are also a key challenge for climate adaptation. Like the development of gross domestic product, the number of additional workers required rises sharply in the first few years of the observation period and reaches its maximum level in 2027 with an additional demand of around 70,000 workers compared to the reference scenario.

Several occupational groups are particularly challenged by the considered adaptation measures. 21 out of the 144 occupational groups of the Classification of Occupations (KldB) were identified as the most relevant in the climate adaptation scenario, which in turn can be assigned to a total of 6 occupational segments. Alongside the practical implementers of adaptation measures, services that accompany the activities are in demand. Appropriate qualifications, training and counselling are also required for the workforce and the population. Regarding the changes in employment figures, the "construction and finishing occupations" play a special role, contributing around 20 % to the differences between the climate adaptation scenario and the reference scenario. Despite comprising less than 6 % of the workforce. The situation is similar for the "agriculture, forestry and horticulture" occupational segment: While it accounts for 5 % of the additional demand for labour, it only has a 2 % share of the overall workforce.

The QuBe project employs the adjusted search duration as an indicator to illustrate shortages of skilled workers. In total, 7 of the 21 most relevant occupational groups in the 2040 climate adaptation scenario surpass a critical value of this indicator of 90 days and a further 2 occupational groups reach a value of exactly 90 days. The most significant bottleneck is expected for the occupational group "Construction planning and supervision, architecture" with a search duration of 112 days. Half of the occupations with a critical indicator level are assigned to the occupational segment "construction and finishing occupations", i.e. the occupational segment that expects a particular surge in demand for workers in connection with the climate adaptation measures presented here.

A total of 15 of the 21 most relevant occupational groups show a decline in occupational mobility. This has a negative impact on the labour supply and may exacerbate shortages of skilled workers. In addition, 9 occupational groups show a gender employment gap and have a gender-specific focus, which further hinder the future labour supply. The annual working hours show a mixed picture overall. In 8 occupational groups, the annual working hours are on average, in 7 below and in 6 above.

Above all, this report would like to draw attention to the fact that the implementation of climate adaptation measures, regardless of how they are ultimately designed, can only take place if, on the one hand, sufficient labour force is available and, on the other, if this labour force has the necessary skills for implementation. In the various sectors and professions, both the extent to which they are affected by climate change impacts and the specific need to acquire new skills required for the implementation of measures vary. These climate adaptation competences must be identified for relevant professions. Moreover, efforts should be made to integrate these competences into vocational education and training. This should be done at various points, such as in the reorganisation of training programmes, but also in post-qualification through further education and training. Due to the urgency of adapting to climate change, the importance of this task should be emphasised. The scenario analyses should make a concrete contribution to

identifying expected future labour shortages. This should help to provide the responsible actors in politics and practice with a knowledge base that will enable them to counteract the shortage of skilled workers at an early stage.

1 Einleitung

Die Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich zunehmend im Alltag. Lange Hitzeperioden und Trockenheit belasten die Gesundheit und die Umwelt. Zusätzlich führen Starkregenereignisse und Überschwemmungen zu einer schlagartigen und oftmals lokal begrenzten „Entladung“, die erhebliche Schäden nach sich ziehen. Die Städte sind von diesen Wetterereignissen in Folge des Klimawandels überdurchschnittlich belastet, da hier besonders viele Menschen von den sog. Städtischen Wärmeinseln betroffen und die Schäden durch extreme Wetterereignisse besonders hoch sind. Extremwetterereignisse und deren Folgen haben eine steigende Bedeutung für Mensch und Umwelt. Städte und Kommunen müssen sich zunehmend auf Überflutungsereignisse sowie vermehrte und längere Hitze- und Trockenperioden vorbereiten (van Rùth et al. 2023).

Umso mehr der Klimawandel in Deutschland seine Wirkungen zeigt, desto mehr gewinnen Maßnahmen zur Anpassung an die unvermeidlichen Folgen des Klimawandels an Bedeutung. Für die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen braucht es Fachkräfte, die über das entsprechende Wissen sowie spezifische Kompetenzen verfügen. Diese rechtzeitig zu identifizieren, ist auch angesichts des herrschenden Fachkräftemangels (Maier et al. 2022) elementar. Fehlende Kenntnisse und Fachkräfteengpässe in relevanten Branchen und ihren Betrieben sowie Unternehmen könnten die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen gefährden. Gerade kleine und mittlere Unternehmen sind hier herausgefordert.

Vor diesem Hintergrund führt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) das Ressortforschungsprojekt „Analyse und Einsatz von Klimadiensten zum Kapazitätsaufbau, Bildung und Vernetzung zur Klimawandelanpassung“ durch, dessen Teilergebnisse in dem hier vorliegenden Bericht dargestellt werden. Im Auftrag des BMUV und Umweltbundesamts (UBA) wird das Vorhaben vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) und dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) durchgeführt. Dabei wird u. a. untersucht, welche Branchen und Berufsgruppen besonders betroffen sind und wie sich die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen auf Berufe im Branchenkontext auswirkt. Im Projektverlauf wurden bereits erste Zwischenergebnisse (Bernardt & Rausch-Berhie 2023, Bernardt et al. 2023) und ein Poster mit zentralen Ergebnissen (Rausch-Berhie et al.) publiziert¹.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es unter Einsatz des QuBe-Modellsystems, jene Berufe zu identifizieren, bei denen die im Rahmen des Projekts definierten Annahmen über Anpassungsmaßnahmen einerseits zu einem Mehrbedarf an Fachkräften führen (Bedingung 1) und bei denen zudem davon ausgegangen werden kann, dass in den Berufen auch veränderte Kompetenzanforderungen vorliegen (Bedingung 2). Im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens soll exemplarisch für ausgewählte Berufe herausgefunden werden, welche ganz konkreten neuen Kompetenzanforderungen im Kontext der Klimaanpassung vorliegen. Weiterhin soll anhand dieser Beispiele aufgezeigt werden, wie eine Integration von Klimaanpassungswissen in das System der beruflichen Bildung aussehen könnte.

Im Rahmen dieses Teilberichts wird im folgenden Kapitel die Modellierung und Methodik eingeführt. Die projizierte Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt wird im QuBe-Modell durch ergänzende ökonomische Annahmen beeinflusst. Die projektbezogenen Annahmen über Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel werden in Kapitel 3 dargestellt. Abschließend werden die Ergebnisse im Hinblick auf den Arbeitskräftebedarf im Kontext der Arbeitsmarktlage vorgestellt.

¹ Eine Übersicht der Arbeiten im Projekt findet sich unter <https://www.bibb.de/de/165177.php>.

Die Modellrechnungen beruhen auf dem Modellsystem des QuBe-Projektes (siehe www.qube-projekt.de), bei welchem die volkswirtschaftlichen Wirkungen von potenziellen Anpassungsmaßnahmen, die i. d. R. mit Investitionskosten einhergehen, auf Branchen und Berufe ermittelt werden. Die Rahmenbedingungen der Branchen werden durch ihre Produktionsweise, die durch ihren Leistungsbezug und die Lieferverflechtung mit anderen Branchen festgelegt werden, bestimmt. Die Arbeitsweise in einer Branche bezieht sich auf die branchenspezifische Form der Beschäftigungsstruktur nach Berufen und den Anforderungsniveaus. Die Betroffenheit durch die Klimafolgenanpassung kann unmittelbar und mittelbar sein, wenn sich beispielsweise Preise für bezogene Leistungen verändern. Im Ergebnis können Herausforderungen hinsichtlich des Bedarfs an Fachkräften in besonders von der Klimaanpassung betroffenen Branchen und der dort arbeitenden Personen für konkrete Ausbildungsberufe abgeleitet werden.

Die Festlegung der Annahmen über umzusetzende Klimaanpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Klimawirkungs- und Risikoanalyse (Kahlenborn et al. 2021). Dabei werden die vier dringenden Handlungsfelder (1) Klimaanpassung in urbanen Räumen, (2) Arbeitswelt, (3) primäre Produktion sowie (4) Vorsorge und Gesundheit untersucht. Die Annahmen über Klimaanpassungsmaßnahmen wurden zum einen durch eine Literaturrecherche und -auswertung sowie zum anderen mittels Expert:inneninterviews (siehe 2.1 Interviews) weiter konkretisiert. Im Fokus der modellierten Annahmen stehen stets die Arbeitsmarkteffekte der Anpassungsmaßnahmen. An dieser Stelle ist uns der Hinweis wichtig, dass die in diesem Bericht vorgestellten Anpassungsmaßnahmen Bedingungen unterliegen (vgl. Kapitel 3) und nicht ausreichend sind, um eine für die Bevölkerung Deutschlands wünschenswerte und umfassende Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu erreichen. Die hier vorgeschlagenen Maßnahmen stellen Empfehlungen für erste Schritte dar, um eine Anpassung an die Klimawandelfolgen zu erzielen und das Schadenspotenzial für Gesundheit und Wirtschaft zu verringern.

Kapitel 3 stellt die zwölf Annahmen vor, aus denen sich das Klimaanpassungsszenario zusammensetzt. Dabei erläutert es auch die Relevanz sowie die methodische Umsetzung. Die zusammenfassende Wirkung des Klimaanpassungsszenarios ist in Kapitel 4 vorgestellt. Hierbei werden der volkswirtschaftliche Einfluss und die Wirkung auf dem Arbeitsmarkt erläutert.

Es zeigt sich, dass einzelne Berufsgruppen durch die berücksichtigten Anpassungsmaßnahmen besonders gefordert sind. Diese sind in Kapitel 4 herausgearbeitet und detailliert untersucht. Dabei wird auf die Frage eingegangen, inwiefern in diesen im Klimaanpassungsszenario als relevant identifizierten Berufsgruppen Engpässe auf dem Arbeitsmarkt zu erwarten sind und somit eine Nichterreichung aufgrund von Arbeitskräfteknappheiten droht. Zudem ist für die relevanten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario zu erwarten, dass die hohe Betroffenheit Auswirkungen auf die Berufsausübung sowie die beruflichen Tätigkeiten hat.

2 Modellierung und Methodik

2.1 Das QuBe-Modell

Die volkswirtschaftlichen Wirkungen von möglichen Klimaanpassungsmaßnahmen werden mittels Modellrechnungen, die auf dem Modellsystem des QuBe-Projektes (Qualifikations- und Berufsprojektionen Modell, siehe www.qube-projekt.de) beruhen, auf der Ebene von Branchen und Berufen ermittelt. Das QuBe-Projekt wird unter der gemeinsamen Leitung des BIBB und des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) in Zusammenarbeit mit der GWS durchgeführt. Aus dem Modell können Herausforderungen hinsichtlich des Bedarfs an Fachkräften insbesondere in von der Klimaanpassung betroffenen Branchen und den entsprechenden beruflichen Ausbildungen abgeleitet werden².

Als Datengrundlage des QuBe-Modells werden mehrere Datenquellen aufeinander abgestimmt. Der Mikrozensus liefert als amtliche Repräsentativstatistik des Statistischen Bundesamts, an der jährlich ein Prozent aller Haushalte in Deutschland beteiligt ist, Informationen über die Bevölkerung und den Arbeitsmarkt. Die volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen sind Grundlage für die Projektion der Branchenentwicklung und der Gesamtwirtschaft. Die Registerdaten der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und der ausschließlich geringfügig Beschäftigten der Bundesagentur für Arbeit (BA) liefern zusätzliche Informationen zu den Berufsstrukturen und den entsprechend gezahlten Löhnen. Die Ergebnisse werden für bis zu 144 Berufsgruppen der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010 differenziert (die Militärberufe werden zusammengefasst).

Der QuBe-Sammelband (Zika et al. 2023) beschreibt die Modelle, Module und Methoden des QuBe-Modellsystems im Detail. Aus der Abbildung 1 wird ersichtlich, dass ein maßgeblicher Treiber für die künftige Arbeitsmarktentwicklung die Demografie ist (rot). Für die Abschätzung der künftigen demografischen Entwicklung kommt ein eigenständiges Kohorten-Komponenten-Modell zum Einsatz (Studtrucker et al. 2022). Darauf baut die Bildungsgesamtrechnung als ebenfalls eigenständig geführtes Modell (hellgrün) auf, welches das künftige Neuangebot aus dem Bildungssystem differenziert nach Qualifikationen und Berufen quantifiziert (Kalinowski et al. 2021). Für das künftige Erwerbsverhalten ist neben dem Geschlecht, dem Alter und der Qualifikation auch ausschlaggebend, ob die Person die deutsche Staatsangehörigkeit innehat oder nicht.

Entscheidet sich eine Person, ihre Arbeitskraft auf dem Arbeitsmarkt anzubieten, und verfügt sie über eine formale Qualifikation in einen erlernten Beruf, wird sie als Fachkraft bezeichnet. Aber nicht immer ist eine Person in ihrem erlernten Beruf tätig, sodass sich der ausgeübte Beruf vom erlernten unterscheiden kann. Wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass eine Person mit erlerntem Beruf einen anderen Beruf ausübt, wird mithilfe von beruflichen Flexibilitätsmatrizen (orange) quantifiziert (Zika et al. 2017), welche ein Alleinstellungsmerkmal des QuBe-Projektes darstellen. Auch Erwerbspersonen ohne abgeschlossene Berufsausbildung sind einem ausübenden Beruf zugeordnet. Im Matching-Modul (gelb) werden beide Arbeitsmarktseiten gegenübergestellt und Berufslöhne bestimmt.

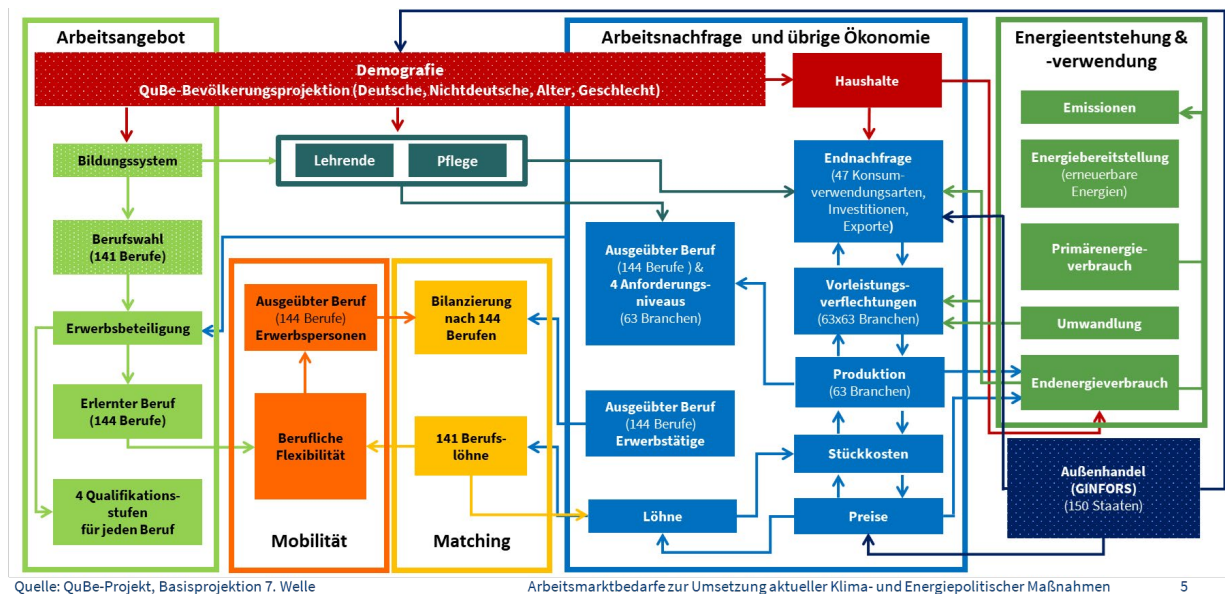
Die Arbeitsnachfrage beziehungsweise die Arbeitskräftenachfrage wird maßgeblich von der ökonomischen Entwicklung (hellblau) getrieben. Als Arbeitskräfte bzw. Erwerbstätige werden alle Personen bezeichnet, die einer Tätigkeit nachgehen. Zur Abbildung der ökonomischen Entwicklung kommt das makroökonomische INFORGE-Modell zum Einsatz (Becker et al. 2022; Ahlert et al. 2009). Bei diesem handelt es sich um ein nach Wirtschaftsbereichen,

² Die folgenden Texte sind Auszüge aus dem QuBe-Sammelband Zika et al. 2023 sowie Zika et al. 2022.

Produktionsbereichen und Gütergruppen tief disaggregiertes ökonomisches Prognose- und Simulationsmodell für Deutschland, welches mit dem eigenständigen Welthandelsmodell GINFORS (Mönnig & Wolter 2019) der GWS verknüpft ist.

Einen Sonderstatus bei der Arbeitskräftenachfrage nimmt die Zahl der benötigten Lehr- und Pflegekräfte (grau) ein. Erstere hängen von der Zahl der Kinder und Jugendlichen ab, letztere von der Zahl der Pflegebedürftigen. Dementsprechend ergeben sich beide Größen direkt aus der demografischen Entwicklung (rot).

Abbildung 1: Das QuBe-Modellsystem QINFORGE



Quelle: QuBe-Projekt, Basisprojektion 7. Welle

Arbeitsmarktbedarfe zur Umsetzung aktueller Klima- und Energiepolitischer Maßnahmen

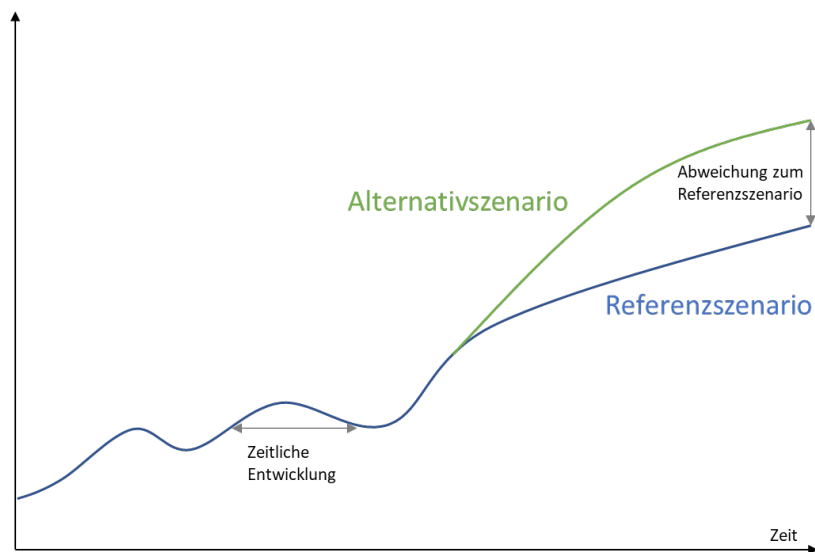
5

Weitere Informationen zum Projekt unter www.qube-projekt.de.

Die QuBe-Basisprojektion (aktuell die 7. Welle) gibt die Arbeitsmarktentwicklung wieder, wenn bestehende Trends und Verhaltensweisen im Bildungssystem und in der Ökonomie beibehalten werden. Dies gilt beispielsweise für die Themen Digitalisierung, Demografie und Strukturwandel (Abbildung 2), welche in der Vergangenheit bereits empirisch messbar waren, aber auch in Zukunft weiter Einfluss auf den Arbeitsmarkt ausüben.

Zudem werden aktuelle Entwicklungen berücksichtigt, zu welchen noch keine langfristigen Daten vorliegen sowie Auswirkungen von Maßnahmen, die sich bis zum Redaktionsschluss der Projektion (Juni 2022) in ihrer Umsetzung als wahrscheinlich erwiesen. Hierzu gehören bspw. die ökonomischen Auswirkungen des russischen Angriffskrieges in der Ukraine, die Zinswende sowie Folgen des Klimawandels. Dazu zählen u. a. höhere Kosten für die Trinkwasserversorgung, Ertragsrückgänge in der Land- und Forstwirtschaft sowie Rückstellungen bzw. Versicherungen für in Zukunft notwendige Beseitigungen von entstandenen Schäden an Infrastrukturen.

Die Effekte von bestimmten (ökonomischen, technologischen, sozialen) Entwicklungen werden üblicherweise mittels "Was-wäre-wenn"-Analysen untersucht, um die Implikationen von divergierenden Annahmen zu berechnen. Hierbei werden zwei Szenarien, nämlich das Referenzszenario und das Alternativszenario (Klimaanpassungsszenario), verglichen. Dieser Vergleich offenbart die Implikationen der verschiedenen Annahmen (Zika et al. 2022; Zika et al. 2023).

Abbildung 2: Anwendung der Szenariotechnik, schematische Darstellung

Quelle: eigene Darstellung, GWS

Im Vergleich zum Referenzszenario werden im Klimaanpassungsszenario zusätzlich Annahmen über die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen in das Modell eingespeist. Dadurch, dass die Modellzusammenhänge dabei unverändert bleiben, können Differenzen bei den Ergebnissen der beiden Szenarien ausschließlich auf die veränderten Annahmen zurückgeführt werden. Die Darstellung der Ergebnisse kann entweder für den Vergleich zweier unterschiedlicher Zeitpunkte eines Szenarios oder – wie im vorliegenden Fall – für den Vergleich zweier unterschiedlicher Szenarien zum selben Zeitpunkt (siehe Abbildung 2) erfolgen.

2.2 Definition der Annahmen des Klimaanpassungsszenarios

Für die Erstellung des Alternativszenarios (Klimaanpassungsszenarios) bedarf es der Festlegung von Annahmen über potenzielle Anpassungsmaßnahmen. Hierfür wurde zu Projektbeginn eine Literaturrecherche und -analyse durchgeführt. Diese hatte zum Ziel, für die besonders betroffenen Branchen einen Überblick über bereits in der Fachliteratur diskutierte potenzielle Anpassungsmaßnahmen zu erarbeiten und daraus Annahmen für das Forschungsvorhaben abzuleiten.

Es zeigte sich jedoch, dass dies nicht ausreicht, da die Annahmen über potenzielle Anpassungsmaßnahmen, um in das QuBe-Modell eingearbeitet werden zu können, weiter konkretisiert und insbesondere daraus resultierende Investitionskosten zur Implementierung geschätzt werden müssen. Beispielsweise genügt es nicht, als Annahme festzulegen, dass mehr Straßenbäume im urbanen Raum gepflanzt werden sollen. Vielmehr ist es für die Einspeisung in das QuBe-Modell erforderlich, für diese Annahme quantitative Angaben z. B. über die Anzahl der zu pflanzenden Straßenbäume und die entstehenden Kosten je Baum zu ergänzen.

Aus diesem Grund wurden die literaturbasiert gewonnenen Annahmen im Rahmen von qualitativen leitfadengestützten Interviews mit Expertinnen und Experten diskutiert und deren fachliche Expertise einbezogen. Insgesamt fanden zwischen Oktober 2022 und Januar 2023 fünf Interviews mit Expertinnen und Experten aus den Bereichen Landschaftsentwicklung, urbane grüne Infrastruktur, Wasserwirtschaft und Wasserbau, Gebäudebegrünung und Waldwirtschaft aus u. a. Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie von Verbänden und der kommunalen Grünflächenverwaltung statt. Mit dieser fachlichen Unterstützung konnten die

Annahmen über Anpassungsmaßnahmen weiter konkretisiert und das Klimaanpassungsszenario erstellt werden.

3 Annahmen im Detail

Im Folgenden werden die insgesamt zwölf Annahmen, die dem Klimaanpassungsszenario zugrunde liegen, detailliert erläutert und dabei der Zusammenhang zur Klimaanpassung, die Modellierung der Annahme sowie deren Wirkung beschrieben.

Die eingestellten Annahmen orientieren sich an den Handlungserfordernissen, die innerhalb der Klimawirkungs- und Risikoanalyse (Kahlenborn et al. 2021) identifiziert wurden. Daneben werden weitere Maßnahmen modelliert, wie etwa aus dem „Weißbuch Stadtgrün“ (BMUB 2017). Die Annahmen sind in Tabelle 1 aufgelistet und können vier verschiedenen Gruppen zugeordnet werden: der Klimaanpassung in urbanen Räumen (1), der Klimaanpassung in der Arbeitswelt (2), der Klimaanpassung in der primären Produktion (3) und der Klimaanpassung in der Vorsorge und Gesundheit (4).

Hinsichtlich der Annahmen zur Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen wurden drei Bedingungen zugrunde gelegt:

(1) Die Maßnahmen sollten mit einer möglichst geringen Vorlaufzeit umsetzbar sein, sodass mit einer weitreichenden Umsetzung bis 2040 gerechnet werden kann.

(2) Die Maßnahmen sollten keine lokalen Schwerpunkte haben, sondern überall in Deutschland umsetzbar sein. Maßnahmen, die nur in bestimmten Gebieten umgesetzt werden können, wie z. B. im Bereich Küstenschutz oder im Bereich Moorschutz wurden daher nicht in das Annahmenset aufgenommen.

(3) Die Maßnahmen sollten keine erheblichen Eingriffe in die Umwelt mit sich bringen. Zum einen, weil größere Baumaßnahmen, wie der Bau von Staudämmen oder die Vertiefung von Schifffahrtswegen, zu einem vermehrten Ausstoß von Treibhausgasen führen würden und damit dem Klimaschutz zuwiderlaufen. Zum anderen ist mit einem längeren Planungsvorlauf und einer entsprechend späteren Umsetzung zu rechnen.

Tabelle 1: Übersicht der Annahmen

Anpassung an klimatische Veränderungenin urbanen Räumen	...in der Arbeitswelt	...in der primären Produktion	...in Vorsorge und Gesundheit
Dachbegrünung	●			
Fassadenbegrünung	●			
Stadtbäume	●			
Regenwassermanagement	●			
Hitzebedingter Arbeitsausfall		●		
Weiterbildung für besonders anpassungsrelevante Berufsgruppen und Informationskampagne		●		
Aufbau von Klimaanpassungsexpertise im öffentlichen Sektor		●		
Umbau in der Forstwirtschaft			●	

Anpassung an klimatische Veränderungenin urbanen Räumen	...in der Arbeitswelt	...in der primären Produktion	...in Vorsorge und Gesundheit
Bewässerung in der Landwirtschaft			●	
Katastrophenvorsorge				●
Gesundheitsvorsorge für vulnerable Gruppen				●
Gebäudesanierung in den Bereichen Bildung, Gesundheit, Pflege und Soziales				●

Quelle: eigene Darstellung, GWS

3.1 Dachbegrünung

Dachbegrünungen bieten eine nachhaltige Lösung, um Gebäude energieeffizienter und umweltfreundlicher zu gestalten. Sie tragen zur Klimaanpassung bei, indem sie die Auswirkungen des Klimawandels in städtischen Gebieten mildern. Die Vegetation auf dem Dach wirkt als zusätzliche Isolierschicht und verbessert die Wärmedämmung. Zudem können Dachbegrünungen Regenwasser zurückhalten und bei Starkregen den Abfluss in die Kanalisation verzögern. Darüber hinaus können sie die Umgebungstemperatur durch Verdunstungskühlung senken und so einen Beitrag dazu leisten, den Hitzeinsel-Effekt in urbanen Räumen abzumildern. Dachbegrünungen tragen ferner zu einer verbesserten Luftqualität sowie zur Biodiversität bei (BBSR 2015, 2018). Darüber kann sie die Alterung der Dachabdichtung durch UV-Strahlung verlangsamen und schützt das Dach zudem vor mechanischen Beschädigungen sowie chemischen Einflüssen (ZVDH 2023).

Obwohl Bäume eine größere Kühlungsleistung erzielen als die bei der Dachbegrünung eingesetzten Gräser, Stauden, Büsche und Sträucher, spielt die Dachbegrünung im urbanen Raum eine wichtige Rolle. Denn im Bestand ist oft einfach nicht der Platz für mehr Straßenbäume und Parks vorhanden, während es auf den Dächern ein großes Flächenpotenzial gibt. Vor allem die Begrünung im baulichen Bestand ist daher von großer Bedeutung für die Klimaanpassung in urbanen Räumen (befragte Person 4).

Es wird zwischen intensiver und extensiver Dachbegrünung unterschieden. Intensive Dachbegrünungen erfordern zum einen eine verstärkte Dachkonstruktion, um das zusätzliche Gewicht zu tragen. Zum anderen bedarf es regelmäßiger Wartung in Form von Bewässerung, Düngung und Pflege. Die extensive Dachbegrünung hingegen stellt eine im Hinblick auf das Gewicht leichtere und zugleich pflegeextensive Form der Begrünung dar. Sie umfasst hauptsächlich eine Schicht aus flachwurzelnden Pflanzen wie Sedum, Kräutern und Gräsern, die speziell für Dachbegrünungen geeignet sind. Extensive Dachbegrünungen erfordern weniger Wartung und können auf einer Vielzahl von Dachtypen installiert werden (Mann et al. 2022).

Laut Bundesverband GebäudeGrün e.V. (BuGG) (Mann et al. 2022) hat die Fläche der begrüneten Dächer im Jahr 2021 um 8,7 Mio. m² zugenommen, sodass rund 75 Mio. m² der Dächer in Deutschland begrünt sind. Für die Frage nach der weiteren Entwicklung sind verschiedene Ansätze denkbar: Das Gründachkataster für Nordrhein-Westfalen³ kommt zu dem Fazit, dass

³ <https://www.gruendachkataster.nrw.de>

allein in Nordrhein-Westfalen von den 11,3 Mio. Gebäuden mit einer gesamten Dachfläche von ca. 1380 km² (entspricht 1,38 Mrd. m²) insgesamt ca. 440 km² Dachfläche potenziell sehr gut für eine Begrünung geeignet sind. Ausschlaggebendes Kriterium für die Eignung war dabei eine Dachneigung von 0° bis 5°.

Eine Ausschöpfung dieser Potenziale ist im Projektionszeitraum bis 2040 allerdings nicht zu erwarten. Aus einem Expert:inneninterview wurde die Einschätzung gewonnen, dass die begrünte Dachfläche bis 2040 um circa 9 Mio. m² pro Jahr steigen dürfte (befragte Person 4). Dies würde die begrünte Dachfläche in Deutschland von 75 Mio. m² im Jahr 2021 auf rund 250 Mio. m² im Jahr 2040 steigern.

Zur Modellierung dieses Anstiegs wird angenommen, dass das Verhältnis der extensiven zur intensiven Dachbegrünung konstant bei dem aktuellen Verhältnis von 4:1 bleibt. Diese Unterscheidung ist für die unterstellten Kosten der neu installierten Dachfläche relevant. Die Preise werden für extensive Begrünung auf 40 €/m² und für intensive Begrünung auf 100 €/m² beziffert (befragte Person 4; vgl. Mann et al. 2022, Freie und Hansestadt Hamburg 2017), wobei für die intensive Begrünung ein höherer Wartungsaufwand zu berücksichtigen ist. Für 2023 summieren sich die zusätzlichen Bauinvestitionen somit auf 400 Mio. € jährlich, die vom Wohnungswesen und dem öffentlichen Sektor finanziert werden. Im Wohnungswesen steigen die Bauinvestitionen dementsprechend um 0,15 % in der öffentlichen Verwaltung um 0,5 %.

Die zusätzlichen Bauinvestitionen haben eine positive Wirkung auf das produzierende Gewerbe mit Schwerpunkt Baugewerbe, der Bedarf an Arbeitseinsatz steigt branchenspezifisch an und die Zahl der Arbeitsplätze für Erwerbstätige nimmt zu. Von der Entwicklung des produzierenden Gewerbes profitieren auch die Zulieferer von Dienstleistungen, wie Architektur- und Ingenieurbüros, und Materialien, wie Hersteller von Metallerzeugnissen. Eine gesteigerte Produktion führt zu einem stärkeren Arbeitseinsatz: Das Arbeitsvolumen bzw. die Zahl der Arbeitsplätze für Erwerbstätigen steigen. Im Saldo entstehen durch diese Annahme 1700 zusätzliche Arbeitsplätze. Aus der Perspektive der Branchen ist vor allem im Baugewerbe mit einem Anstieg der Erwerbstätigen zu rechnen. Eine spürbare Wirkung ist aber auch im Bereich der Architektur- u. Ingenieurbüros zu erwarten.

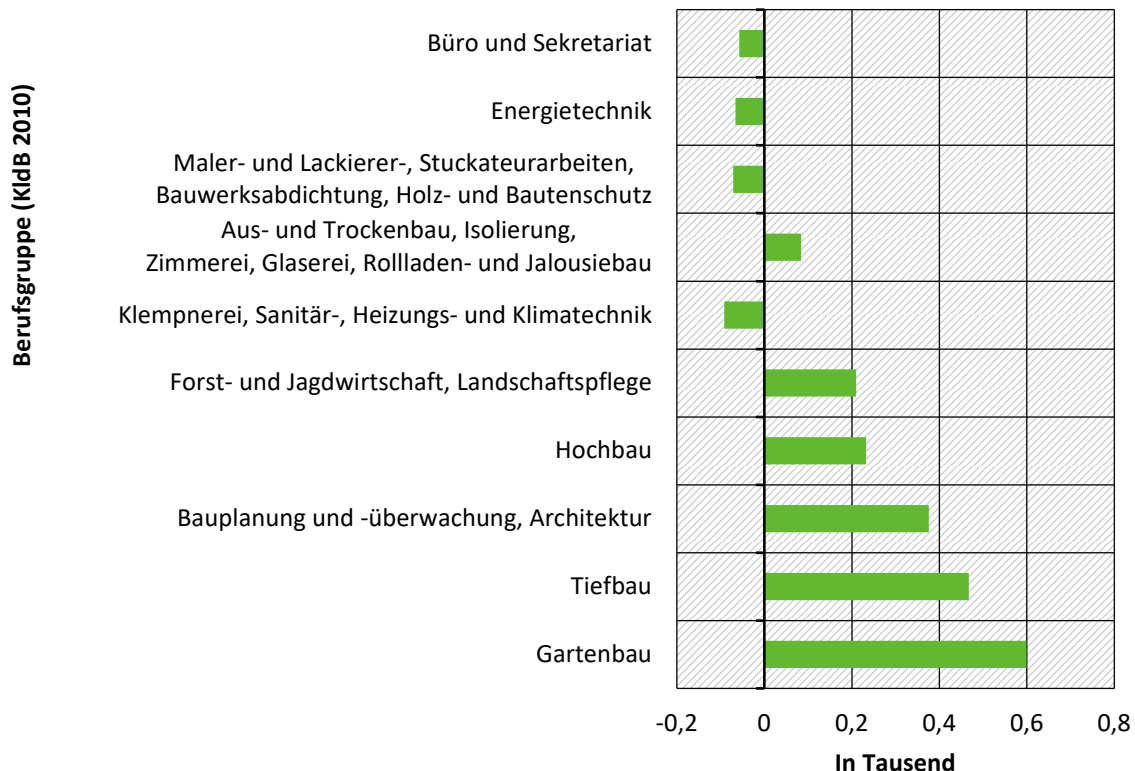
Innerhalb einer Branche üben die Erwerbstätigen unterschiedliche Berufe aus. Neben branchentypischen Berufen wie „Hochbau“ oder „Tiefbau“ in der Branche Baugewerbe gibt es auch Berufe, die in vielen Branchen benötigt werden, wie „Verwaltung“. Der jeweilige branchenspezifische Berufe-Mix liegt im Modell auf Basis des Mikrozensus vor und wird in die Zukunft projiziert. Zudem gibt es im QuBe-Modell die Möglichkeit, für einzelne Annahmen branchenspezifische Berufsschwerpunkte zu ergänzen, die durch die gegebene Strukturverschiebung nicht ausreichend abgebildet sind. Beim Beispiel der Dachbegrünung wird davon ausgegangen, dass der typische Berufe-Mix im Baugewerbe die nötigen Berufe nicht adäquat abbildet. Daher werden Teile des zusätzlichen Arbeitsvolumens im Baugewerbe auf Basis der geführten Expert:inneninterviews speziellen Berufsgruppen gezielt zugewiesen. Für diese Annahme betrifft das die Berufsgruppen Landschaftspflege, Gartenpflege, Tiefbau und Architektur.

Im Gartenbau wird für das Jahr 2040 mit rund 600 zusätzlichen Erwerbstätigen gegenüber dem Referenzszenario gerechnet (Abbildung 3). Es folgen die Berufsgruppen Tiefbau (500), Bauplanung und -überwachung, Architektur (400), Hochbau (200) und Forst-, Jagdwirtschaft, Landschaftspflege (200). Hierbei ist darauf zu verweisen, dass sich die Berufsgruppenbezeichnungen auf die Klassifikation der Berufe (KldB) der Bundesagentur für Arbeit (BA) bezieht. Projiziert werden die 144 Berufsgruppen. Als kleinste Gruppe der KldB werden die 1300 Berufsgattungen unterschieden. Beispielsweise ist die Berufsgattung

Dachdecker:in der Berufsgruppe Hochbau zugewiesen und ursächlich für den entsprechenden Anstieg im Zusammenhang mit dieser Annahme. Der starke Anstieg in der Berufsgruppe „Tiefbau“ ist auf die Berufsgattung „Rohrleitungsbauer“ zurückzuführen. Bei einer Dachbegrünung muss auch die adäquate Ableitung von überschüssigen Niederschlägen mitbedacht werden (ZVDH 2023).

Abbildung 3: Wirkung der Annahme „Dachbegrünung“ auf die Berufsgruppen

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 nach Berufsgruppe (KldB 2010) in Tausend



Quelle: eigene Darstellung, GWS

3.2 Fassadenbegrünung

Wie die Dachbegrünung kann auch die Fassadenbegrünung einen wichtigen Beitrag zur Klimaanpassung leisten, indem sie die Energienutzung der Gebäude effizienter macht, das lokale Mikroklima verbessert und die Umwelt entlastet. Fassadenbegrünung bezieht sich auf die Bepflanzung von Gebäudefassaden mit Kletterpflanzen oder anderen Pflanzenarten. Sie dienen dabei als zusätzliche Isolierschicht an Gebäuden und eignen sich dadurch sowohl zur Wärmedämmung als auch zum Schutz vor Hitze. Zudem können sie durch Verdunstungskühlung zur Temperaturreduzierung beitragen und haben einen positiven Einfluss auf die Luftqualität und die Biodiversität (BBSR 2015, 2018).

Die Flächenpotenziale für Fassadenbegrünung sind groß, da sich für Fassadenelemente sehr viele Fassadenflächen eignen. Laut Ebert et al. (2018) können Flächen, die für solare Energienutzung geeignet sind, auch für Fassadenbegrünung genutzt werden. Das theoretische Flächenpotenzial für Photovoltaik-Module lässt sich auf rund 12 000 km² Fassadenfläche

bezziffern (Behnisch et al. 2020). Zu berücksichtigen ist neben der Machbarkeit aber auch die Ausrichtung und die entsprechende Sonneneinstrahlung. Es ist wichtig zu beachten, dass eine Fassadenbegrünung sorgfältig geplant und umgesetzt werden muss, um eine effektive Klimaanpassung zu gewährleisten. Die Auswahl der richtigen Pflanzenarten, die Berücksichtigung der Statik des Gebäudes und die Pflege der Begrünung sind entscheidend, um die gewünschten Vorteile zu erzielen.

Die Erfassung der begrünten Fassaden ist schwieriger als die der Dächer. Hierzu befragt der BuGG Hersteller entsprechender Kletterhilfen, wobei sich von deren Verkaufszahlen nicht direkt auf die Fassadenbegrünung schließen lässt (befragte Person 4). Laut Mann et al. (2022) wurden 2021 insgesamt 86 000 m² Fassade begrünt. Davon waren 13 300 m² der Fassadenbegrünungen wandgebunden und 73 300 m² bodengebunden mit Kletterhilfen. Bodengebundene Fassadenbegrünung werden mit Kosten zwischen 100–300 €/m² beziffert, wandgebundene Begrünungen mit etwa 400–1.000 €/m². Für das Szenario wird unterstellt, dass die Preise mittelfristig im niedrigen Bereich bei 120 €/m² für bodengebundene und 460 €/m² für wandgebundene Fassadenbegrünung liegen. Weiterhin wird angenommen, dass das Verhältnis der beiden Begrünungsarten aufrecht erhalten bleibt (auf 1 m² wandgebundene Fassadenbegrünung kommen circa 5 m² bodengebundene) und die Begrünung der Fassaden auf 110 000 m² jährlich ansteigt. Das zusätzliche Investitionsvolumen läge demnach bei rund 44 Mio. Euro jährlich, die vom Wohnungswesen und dem Staat finanziert werden.

Analog zur Annahme „Dachbegrünung“ haben die zusätzlichen Bauinvestitionen eine positive Wirkung auf die Zahl der Erwerbstätigen. Die gesteigerte Endnachfrage führt zu einem Produktionsschub im Baugewerbe, sodass auch Zulieferer von Dienstleistungen und Materialien profitieren und das Arbeitsvolumen bzw. die Zahl der Erwerbstätigen steigen. Im Saldo entstehen durch diese Annahme 300 Arbeitsplätze bis 2040 mehr. Aufgrund der geringen Ausprägungen wird an dieser Stelle auf eine Aufschlüsselung nach Branchen und Berufen verzichtet.

3.3 Stadtbäume

Als eine weitere Maßnahme zur Verbesserung des urbanen Klimas durch Begrünungsmaßnahmen ist eine wachsende Zahl von Stadtbäumen modelliert. Ebenso wie eine gesteigerte Dach- und Fassadenbegrünung kann auch eine wachsende Begrünung mit Stadtbäumen dabei helfen, die Luftqualität zu verbessern und die Biodiversität zu fördern. Stadtbäume können zudem dazu beitragen, die Hitze in urbanen Umgebungen zu reduzieren. Durch den Baumschatten heizen sich Oberflächen z. B. von Gebäuden oder Straßen nicht so stark auf und durch die Verdunstung von Wasser tragen Bäume zusätzlich zu einer Kühlung der Umgebung bei (BBSR 2015). Laut Jungman et al. (2023) sterben in Europa jährlich etwa 6700 Menschen, weil die Temperaturen in den urbanen Wärmeinseln durchschnittlich um 1,5 °C höher liegen als in der Umgebung. Etwa 40 % dieser Todesfälle könnten laut den Autor:innen verhindert werden, wenn 30 % der Stadtfläche mit Bäumen bepflanzt würden. Zu beachten ist hierbei, dass mit einem zukünftig weiteren Anstieg der Temperatur auch ein steigender Flächenanteil von Städten begrünt werden müsste.

Zudem spielen Stadtbäume eine wichtige Rolle bei der Bewirtschaftung von Regenwasser. Sie nehmen Regenwasser auf und reduzieren die Oberflächenabflüsse, was zur Vermeidung von Überflutungen beitragen kann. Darüber hinaus fördern sie die Grundwasserneubildung und helfen bei der Verbesserung der Wasserqualität (BMUB 2023).

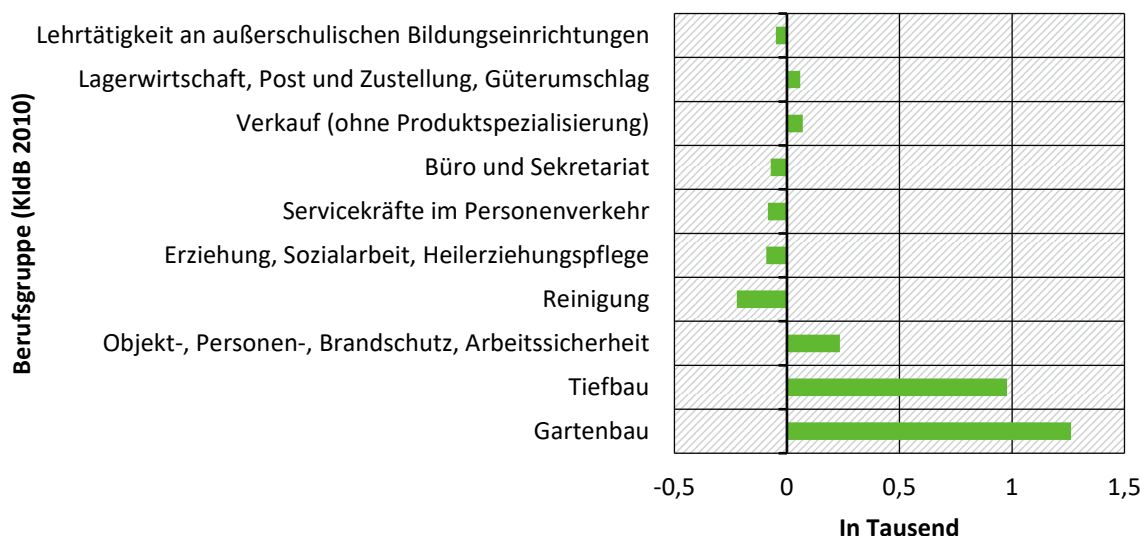
Laut dem „Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz“ (BMUB 2023) plant die Bundesregierung, Kommunen bei der Pflanzung von mindestens 150 000 zusätzlichen Bäumen bis 2030 zu

unterstützen. In Anlehnung an dieses Ziel ist für das Klimaanpassungsszenario angenommen, dass rund 300 000 zusätzliche Bäume im urbanen Raum bis 2040 gepflanzt werden. Für die eine Hälfte dieser zusätzlichen Bäume wird vermutet, dass sie in Parks und sonstigen freien Flächen verortet sein werden. Die andere Hälfte bilden Straßenbäume. Diese Unterscheidung ist vor allem wegen der anfallenden Kosten notwendig. Während Parkbäume Kosten von rund 3.000 € je Baum für Pflanzung und Pflege verursachen, verursachen Straßenbäume Kosten von rund 10.000 € je Baum. Ursächlich für die höheren Kosten bei Stadtbäumen ist dabei u. a. die Entsiegelung und vorbereitende Leitungsverlegungen (vgl. Landeshauptstadt Stuttgart 2013; Landeshauptstadt München 2020).

Im Modell sind diese zusätzlichen Ausgaben über einen Anstieg des Staatskonsums für Umweltschutz von rund 1,3 % ausgedrückt. Diese werden zu einem erhöhten Anteil für die Leistungen im Wirtschaftszweig „Garten und Landschaftsbau“ ausgegeben, wodurch die Produktion im übergeordneten Wirtschaftszweig „Unternehmensdienstleister a. n. g.“ um rund 300 Mio. € jährlich steigt. Aufgrund dieses Produktionsschubs steigt der Arbeitskräftebedarf innerhalb der Branche im Jahr 2040 um rund 1900 Erwerbstätige. Die stärkste Wirkung entfaltet diese Annahme auf die Berufsbilder Gartenbau (1300) und Tiefbau (1000). Über indirekte und induzierte Effekte folgen auch negative Reaktionen, sodass für einige Berufsbildern ein geringfügiger Rückgang der Arbeitskräftenachfrage projiziert ist.

Abbildung 4: Wirkung der „Stadtbäume“ auf die Berufsgruppen

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 nach Berufsgruppe (KldB 2010) in Tausend



Quelle: eigene Darstellung, GWS

3.4 Regenwassermanagement

Die zerstörerische Kraft von lokalen Starkregenereignissen nimmt zu. Regional begrenzte, aber starke Regenfälle überlasten die bestehende Kanalisation oder können von dieser gar nicht erst aufgenommen werden. In der Folge fließt das Regenwasser nicht kanalisiert an der Oberfläche ab und führt zu Überflutungen und massiven Schäden (BBSR 2015).

Im Kontext der Klimaanpassung ist es ein Ziel, städtische Gebiete widerstandsfähiger gegenüber Starkregenereignissen und damit einhergehenden Überschwemmungen zu machen. In diesem Zusammenhang wird häufig das Konzept der „Schwammstadt“ verwendet. Die zur

Schwammstadt gehörende grüne und blaue Infrastruktur zielt darauf ab, Regenwasser zu absorbieren, zu speichern und zu bewirtschaften und so das Risiko von Überschwemmungen, aber auch anderen Auswirkungen des Klimawandels wie Hitze und Dürre zu reduzieren (BBSR 2015, 2018).

Eine Abschätzung der nötigen Ausgaben für Infrastrukturmaßnahmen ist vergleichsweise schwierig. Die zukünftigen Ausgaben werden daher anhand mehrerer Eckwerte abgeschätzt. Auf Basis der Flächenstatistik (StBA 2020) und der regionalstatistischen Raumtypen (BMVI 2021, 9. Dezember) wurde gemittelt, dass rund ein Prozent der gesamten Bodenfläche Deutschlands aufgrund der Besiedlung als Metropolregion zu beurteilen ist. Es ist daher unterstellt, dass die grüne und blaue Infrastruktur zur Absorption von Regenwasser im Sinne einer Schwammstadt deutschlandweit in diesen rund 250 000 ha Siedlungsfläche ausgebaut werden sollte. Aus einem Expert:inneninterview wurde die Daumenregel übernommen, dass rund ein Viertel des jährlichen Niederschlags in Grünflächen wie Parkanlagen versickern sollte, anstatt in die Kanalisation eingeleitet zu werden. Bei einem deutschlandweiten jährlichen Niederschlagsdurchschnitt von ca. 800 l/m² bedeutet das, dass rund 200 l/m² von der grün-blauen Infrastruktur aufgenommen werden sollten, statt in der Kanalisation abgeleitet zu werden.

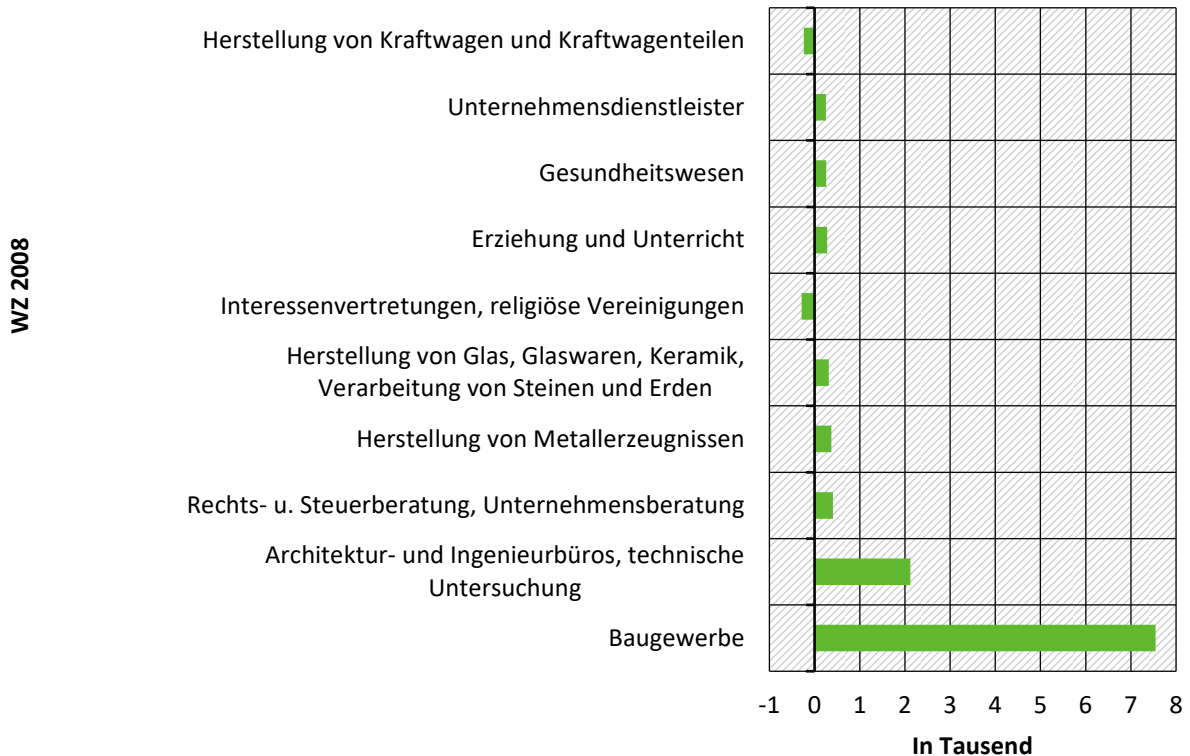
Für die Absorption der Regenwassermengen sind verschiedene Ansätze möglich, die sich u. a. nach Kosten und Wirksamkeit unterscheiden. Zudem gibt es rechtliche Einschränkungen (BBSR 2018). Verschiedene Referenzprojekte (vgl. bspw. Grünwald 2016, 6. Oktober; Schwarz 2021) zeigen, dass sich auch die Kosten für umgesetzte Projekte je Quadratmeter stark unterscheiden. Für die Berechnung der Annahme wurde auf Basis der vorliegenden Informationen ein eher niedriger Preis von rund 0,078 €/l kalkuliert. Bei 200 l/m² ergeben sich somit Kosten von 15,50 €/m². Bei rund 250 000 ha Siedlungsfläche, in der Regenwasser absorbiert werden muss, ergibt sich bis 2040 ein Investitionsvolumen von insgesamt rund 40 Milliarden Euro. An dieser Stelle sei nochmal darauf hingewiesen, dass dieses Volumen nur näherungsweise ermittelt wurde und daher lediglich eine Orientierung geben kann.

Im Modell sind diese zusätzlichen Ausgaben durch einen Anstieg der Bauinvestitionen des Staates in den Tiefbau ausgedrückt. Das Volumen wird dabei kontinuierlich angehoben, bis es 2026 bei rund 2 Milliarden Euro liegt und damit einem Anstieg der entsprechenden Ausgaben von rund 8 % entspricht. In einem der geführten Expert:inneninterviews wurden besonders betroffene Berufe genannt (befragte Person 2). In der Modellierung sind die entsprechenden Berufsgruppen „Forst-, Jagdwirtschaft und Landschaftspflege“, „Ver- und Entsorgung“, „Bauplanung und -überwachung, Architektur“ sowie „Geologie, Geografie und Meteorologie“ berücksichtigt.

Abbildung 5 stellt die Wirkung der Annahme „Regenwassermanagement“ auf die Wirtschaftszweige dar. Der stärkste Anstieg der Arbeitskräftenachfrage ist im Baugewerbe mit rund 7500 Arbeitsplätzen für Erwerbstätige zu erwarten. Daneben steigt die Produktion im Wirtschaftszweig „Architektur- und Ingenieurbüros, technische Untersuchung“, welcher mit dem Baugewerbe eng zusammenarbeitet.

Abbildung 5: Wirkung der Annahme „Regenwassermanagement“ auf die Wirtschaftszweige

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 nach Wirtschaftszweig (WZ 2008) in Tausend

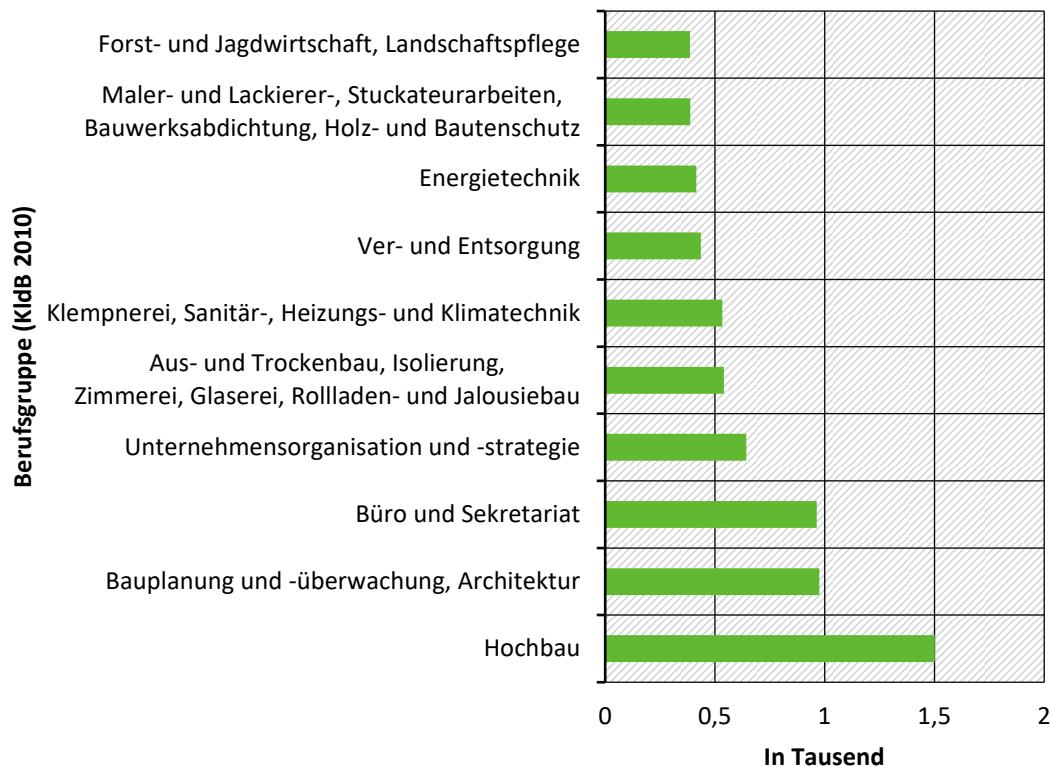


Quelle: eigene Darstellung, GWS

Die Veränderungen der Arbeitskräftebedarfe nach Berufsgruppen leiten sich aus der Veränderung in den Wirtschaftszweigen ab. Zudem ist die Expertise aus den Interviews berücksichtigt. Als am stärksten betroffene Berufsgruppen ergeben sich der Hochbau (1500 Arbeitsplätze) und die Bauplanung (1000 Arbeitsplätze). Auffällig ist auch der Anstieg der Berufsgruppe „Büro und Sekretariat“ (1000 Arbeitsplätze). Ein Anstieg der Investitionen hat auch zur Folge, dass das Arbeitsvolumen in den Verwaltungsbereichen zunimmt und auch dort zusätzliche Erwerbstätige benötigt werden. Für die abschließende Identifikation der relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario sind die Berufsgruppen, bei denen der Aufwuchs indirekt durch die Klimaanpassungsmaßnahmen verursacht ist, aber nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.2).

Abbildung 6: Wirkung der Annahme „Regenwassermanagement“ auf die Berufsgruppen

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 nach Berufsgruppe (KldB 2010) in Tausend



Quelle: eigene Darstellung, GWS

3.5 Hitzebedingter Arbeitsausfall

Watts veranschaulicht, dass der menschliche Körper ab gewissen klimatischen Bedingungen nicht mehr in der Lage ist, seine Temperatur selbst zu regulieren (Watts et al. 2018). So ist beispielsweise eine Schwelle erreicht, wenn die Lufttemperatur über 35 °C und die Luftfeuchtigkeit über 90 % beträgt. Unter diesen Bedingungen ist der Kühlgrenztemperatur-Effekt erreicht und eine Verdunstungskühlung unmöglich. Die Autor:innen verweisen darauf, dass ab diesem Zustand keine Arbeit möglich ist, ohne der eigenen Gesundheit zu schaden. Sie schätzen daher, dass 2017 weltweit rund 153 Mrd. Arbeitsstunden verloren gegangen sind.

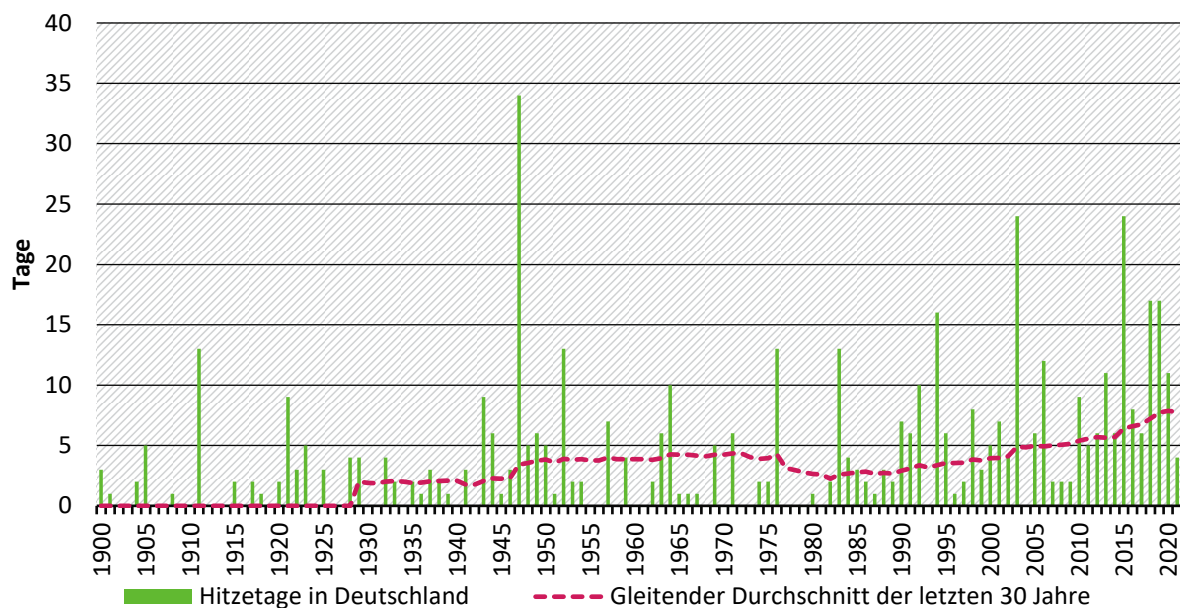
Ein Beispiel für einen möglichen zukünftigen Umgang mit Hitze in betroffenen Berufen bietet das Ausfallgeld im Dachdeckerhandwerk. Bei witterungsbedingten Ausfällen ist ein finanzieller Ausgleich für die Zeit vorgesehen, in der nicht auf der Baustelle gearbeitet werden kann (ZVDH 2020, 28. Mai). Dieses bisher saisonal begrenzte Ausfallgeld wurde zuletzt vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks und der Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt auf die Sommermonate ausgedehnt. Sollte also hitzebedingt keine Arbeit für Dachdecker:innen möglich sein, haben diese das Recht, sich einen Teil (bis zu 75 %) des Verdienstaufschlags erstatten zu lassen.

Eine Auswertung der Daten des Deutschen Wetterdienstes (Abbildung 7) macht deutlich, dass die Anzahl jener Tage mit Temperaturen über 35 °C in Deutschland im langfristigen Mittel zunimmt. Dargestellt wird die Zahl der Tage seit 1900, an denen in mindestens einer

Wetterstation in Deutschland mehr als 35 °C gemessen wurde. Ergänzend ist der gleitende Durchschnitt der letzten 30 Jahre eingefügt, welcher seit den 1980er Jahren kontinuierlich steigt. In den vorangegangenen Jahren ist der Durchschnitt von den hohen Werten des „Steppensommers“ 1947 mit insgesamt 34 Hitzetagen geprägt. Im Jahr 2021 liegt der gleitende Durchschnitt der letzten 30 Jahre bei 7,8 Tagen, wobei der gleitende Durchschnitt der Jahre 2018 bis 2020 immer zweistellige Werte aufwies. Für die Zukunft wird mit einer weiteren Zunahme der Hitzetage auf 20 Tage bis 2050 gerechnet und damit mit einem stärkeren Ausfall von Arbeitsstunden.

Abbildung 7: Hitzetage in Deutschland

Anzahl der Tage, an denen an mindestens einer Wetterstation in Deutschland 35 °C oder mehr gemessen wurde, 1900 bis 2021



Quelle: Deutscher Wetterdienst, eigene Darstellung, GWS

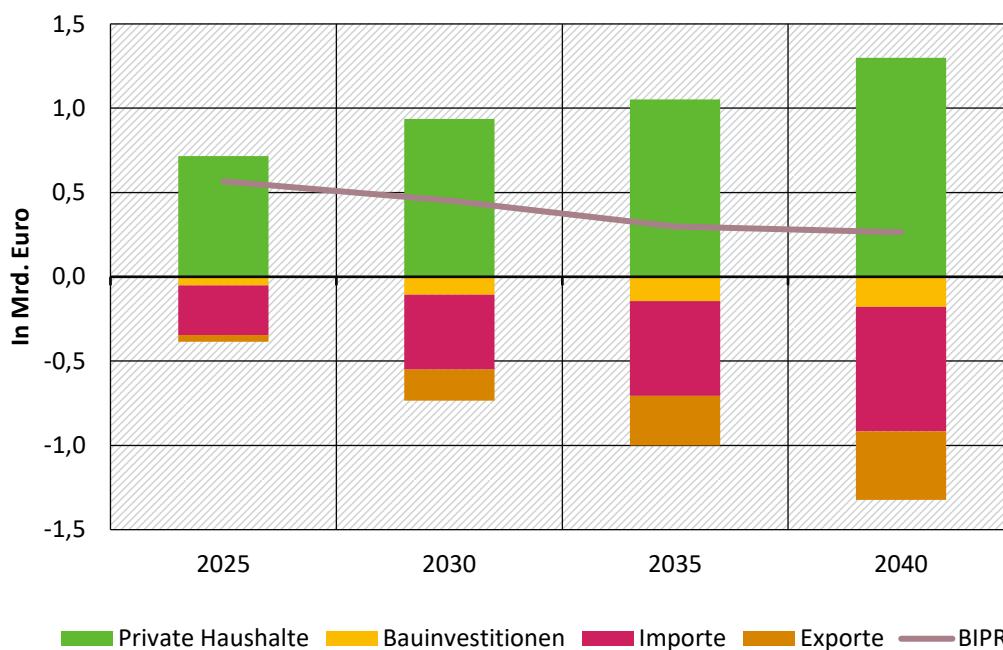
Der Einfluss von Hitzetagen auf die Ausführung der Arbeit unterscheidet sich nach Berufsgruppen – je nachdem, wie sehr diese der Witterung direkt ausgesetzt sind und ob die berufliche Tätigkeit mit körperlicher Anstrengung verbunden ist. Im Rahmen dieser Annahme sind daher nur die folgenden drei Berufsgruppen modelliert: Hoch-, Tief- und Trockenbau. Für die Modellierung wird zudem davon ausgegangen, dass die Hitzetage über das Jahr gesehen keinen Verlust des Arbeitsvolumens nach sich ziehen. Vielmehr ist aufgrund der großen Arbeitskräftenachfrage zu erwarten, dass die entfallenen Stunden im Laufe des Jahres in Form von Überstunden abgefangen werden. Folglich ist angenommen, dass eine zunehmende Zahl von Hitzetagen die ausgezahlte Jahreslohnsumme wegen der Überstunden in den betroffenen Berufen erhöht. Im Baugewerbe führt die Auszahlung der Überstunden zu einem kontinuierlichen Anstieg der Löhne, die im Jahr 2040 rund 1,5 % über dem projizierten Niveau im Referenzszenario liegen.

Die höheren Löhne ziehen aber einen Anstieg der Arbeitskosten nach sich. Die Produktionskosten als Ergebnis der Kostenkalkulation im Baugewerbe nehmen zu und aufgrund der preissensiblen Nachfrage nach Gütern aus dem Baugewerbe nimmt die preisbereinigte Produktion insgesamt ab. Über diesen Hebel führt die gestiegene Anzahl an Hitzetagen letztendlich doch zu einem Rückgang des Arbeitsvolumens und folglich zu einem Rückgang der

Bauinvestitionen (Abbildung 8). Gesamtwirtschaftlich werden dadurch aber auch positive indirekte und induzierte Effekte ausgelöst: Die Lohnanstiege führen zu höheren Konsumausgaben und andere Branchen, wie beispielsweise die Gastronomie, profitieren. Die zusätzlichen Einnahmen in anderen Branchen lösen über dort gesteigerten Konsum und gesteigertes Investitionsverhalten wiederum Mehrrundeneffekte aus. Diese Verlagerung führt allerdings auch dazu, dass vermehrt Produkte aus dem Ausland importiert werden und somit negativ in das Bruttoinlandsprodukt einfließen. Zudem führen gesteigerte Produktionskosten zu einer sinkenden Exportnachfrage. Abbildung 8 veranschaulicht diese Effekte im Zeitverlauf. Nach einer zunächst positiven Entwicklung überwiegen die negativen Wirkungen, sodass bis 2040 mit einer Verschlechterung des Bruttoinlandsproduktes gegenüber dem Referenzszenario zu rechnen ist. Die zusätzlich zu zahlenden Überstunden bilden dabei das „geringste Übel“, da andernfalls die Produktion aufgrund des geringeren Arbeitsvolumens zurückgehen würde. Ein Arbeitseinsatz trotz Hitzebelastung würde gesundheitliche Folgen nach sich ziehen und wäre für Arbeitgeber nicht durchsetzbar.

Abbildung 8: Veränderung des Bruttoinlandsproduktes durch „Hitzebedingten Arbeitsausfall“

Veränderung des Bruttoinlandsproduktes durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario in Tausend nach ausgewählten Komponenten*



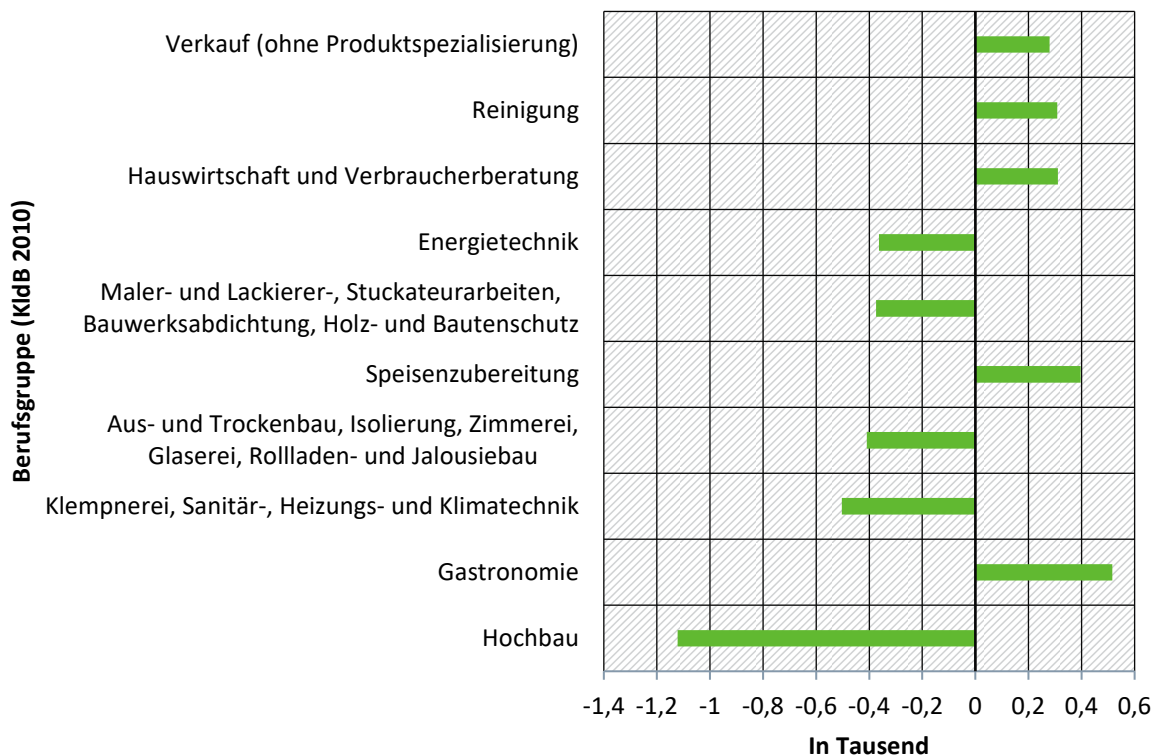
* Die Beiträge der NGOs, des Staates, der Ausrüstungsinvestitionen und der Vorratsveränderungen sind aufgrund ihrer geringen Ausprägungen nicht dargestellt.

Quelle: eigene Darstellung, GWS

Die Wirkung dieser Annahme auf den Arbeitsmarkt entspricht daher einer Umverteilung zwischen den Wirtschaftszweigen. Im Baugewerbe ist ein Rückgang bis 2040 von rund 5900 Erwerbstätigen zu erwarten. Auf Ebene der Berufsgruppen (Abbildung 9) ist der stärkste Einfluss daher bei der Berufsgruppe Hochbau mit einem Rückgang von 1100 Erwerbstätigen zu verzeichnen. Für andere Berufsgruppen wie Gastronomie (500) und Speisenzubereitung (400) steigen dagegen die Erwerbstätigenzahlen.

Abbildung 9: Wirkung der Annahme „Hitzebedingter Arbeitsausfall“ auf die Berufsgruppen

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 nach Berufsgruppe (KldB 2010) in Tausend



Quelle: eigene Darstellung, GWS

3.6 Weiterbildung für besonders anpassungsrelevante Berufsgruppen und Informationskampagne

Die Folgen des Klimawandels beeinflussen Menschen sowohl in ihrem Alltag als auch in ihrem Arbeitsleben. Als Teil des Klimaanpassungsszenarios ist daher ein steigender Aufwand für Weiterbildung in jenen Branchen angenommen, die unmittelbar oder mittelbar von Klimaanpassungen betroffen sind. Dazu gehören die vom UBA auf der Grundlage der Vulnerabilitätsanalyse 2021 (Kahlenborn et al. 2021) vorgesehenen Branchen Gesundheit, Pflege, Soziales, Bausektor, Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Wassersektor sowie Raumplanung und Bevölkerungsschutz. Auf diesen Branchen liegt für die Abbildung der Weiterbildungsbedarfe der Fokus.

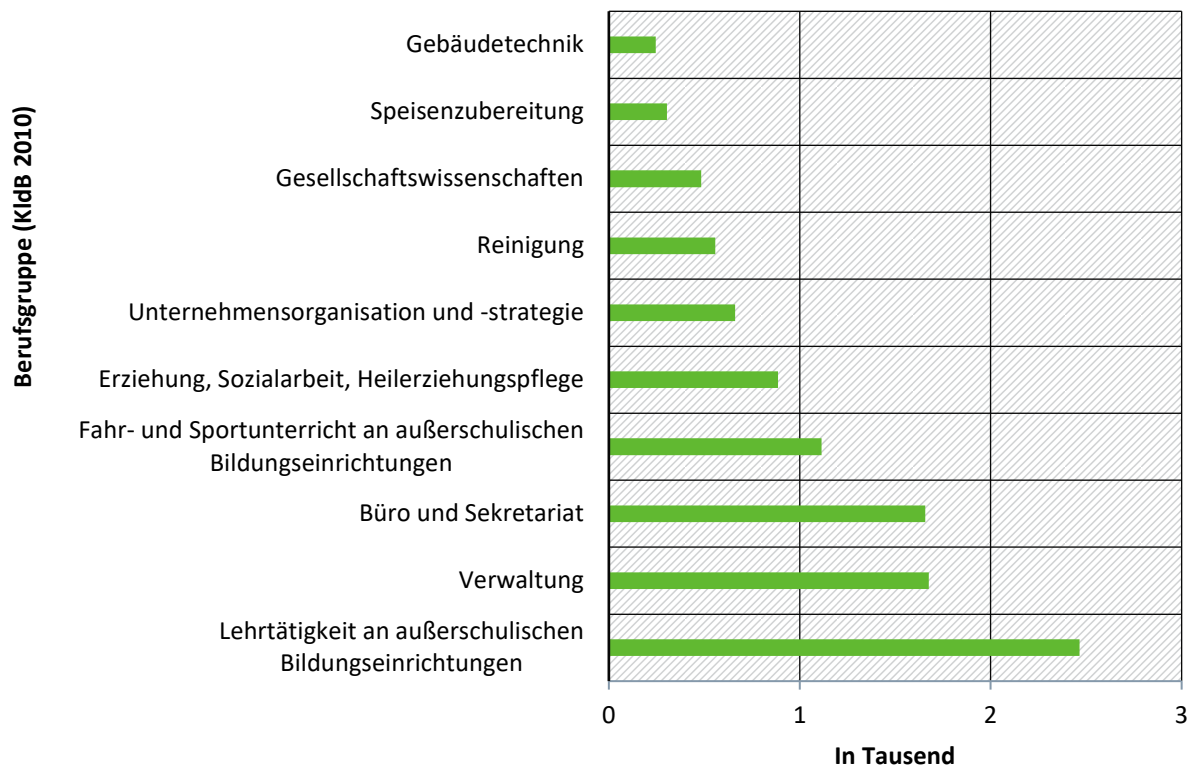
Es wird in Bezug auf diese Branchen davon ausgegangen, dass jährlich 2 % der jeweiligen Erwerbstätigen geschult werden. Die zusätzlichen Schulungen sind als Vorleistungseinsatz für die Produktion interpretiert und erhöhen somit den Vorleistungsaufwand. Für die Kalkulation der Schulungskosten wurden die Ergebnisse der fünften europäischen Erhebung über die berufliche Weiterbildung in Unternehmen (StBA 2017) herangezogen. Demnach kostet eine Lehrveranstaltung rund 1.800 € je Teilnehmer:in. In der Summe führen die Schulungen zu zusätzlichen Ausgaben von rund 500 Mio. €, die jährlich von den entsprechenden Branchen für Unterrichtsdienstleistungen ausgegeben werden. Darüber hinaus wird angenommen, dass vom Staat jährlich rund 5 Mio. € für Informationskampagnen zum Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlichen Belastungen von Klimafolgen investiert werden. Diese Maßnahme leitet sich

u. a. aus den Diskussionen um den nationalen Hitzeschutzplan ab, in denen sie gefordert ist (BMG 2023).

Die Branche „Erziehung und Unterricht“ ist direkt von dieser Annahme betroffen. Es ist zu erwarten, dass durch diese zusätzliche Bildungsnachfrage die Zahl der Arbeitsplätze für Erwerbstätige gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 um rund 13 800 höher liegt. Diese hohe Wirkung im Verhältnis zu den zusätzlichen Ausgaben von rund 500 Mio. Euro liegt auch darin begründet, dass die Personalaufwandsquote in der Branche besonders hoch ist und gleichzeitig die Arbeitszeiten aufgrund der häufig vertretenen Teilzeit geringer sind. Zudem sind die durchschnittlichen Arbeitszeiten je Erwerbstätigen im branchenübergreifenden Vergleich gering. Der Anstieg der Arbeitskräftenachfrage ist in der Berufsgruppe „Lehrtätigkeit in außerschulischen Bildungseinrichtungen“ mit zusätzlich 2 500 Stellen am stärksten. Die zusätzlichen Einnahmen führen aber auch dazu, dass mehr Erwerbstätige für Verwaltung (1 700) sowie für Büro und Sekretariat (1 700) eingesetzt werden. Für Material wird nur ein vergleichsweise kleiner Anteil des Umsatzes benötigt. Die Eigenschaften des Modells führen dazu, dass die empirisch gemessenen Verteilungsmuster der Berufsgruppen innerhalb einer Branche Einfluss auf die Projektionen haben. Daher wird durch diese Annahme beispielsweise auch die Berufsgruppe „Fahr- und Sportunterricht an außerschulischen Bildungseinrichtungen“ beeinflusst. Von den Autor:innen wird aber nicht erwartet, dass es sich hierbei um eine typische Berufsgruppe im Rahmen der Klimaanpassungen handelt. In Kapitel 4.2 wird daher noch eine Auswahl der Berufe für die gebündelten Wirkungen aller Annahmen vorgenommen und erläutert.

Abbildung 10: Wirkung der Annahme „Weiterbildung für besonders anpassungsrelevante Berufsgruppen und Informationskampagne“ auf die Berufsgruppen

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 nach Berufsgruppe (KldB 2010) in Tausend



Quelle: eigene Darstellung, GWS

3.7 Aufbau von Klimaanpassungsexpertise in der öffentlichen Verwaltung

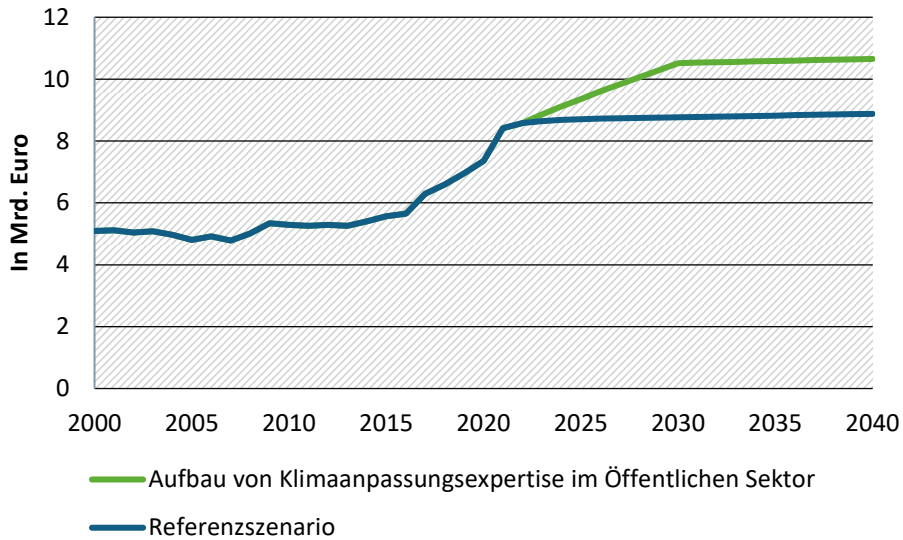
Auf der 99. Umweltministerkonferenz am 25. November 2022 (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz 2022) wurde für die Länder und Kommunen ein Bedarf von rund 16.200 zusätzlichen Stellen in den Bereichen Klimaanpassung, Naturschutz und natürlicher Klimaschutz bis zum Jahr 2030 formuliert. Ein Teil dieser Gruppe sind Klimaanpassungsmanager:innen. Diese sollen die Erstellung eines Klimaanpassungskonzepts für ihre Kommune koordinieren und das Konzept umsetzen. Zu der Frage nach dem fachlichen Hintergrund von Klimaanpassungsmanager:innen hat das BMUV eine kurze Zusammenfassung (BMUV 2022, 19. April) veröffentlicht, die als Orientierung für die zusätzliche Arbeitskräftenachfrage im Kontext dieser Annahme herangezogen wird.

Die Integration dieser Annahme in das Modell erfolgt über einen kontinuierlichen Anstieg der Konsumausgaben des Staats für Umweltschutz um 20 % bis zum Jahr 2030. Anschließend wird dieser Anstieg konstant gehalten (Abbildung 11). Vergleichbar zu der Annahme „Dachbegrünung“ wurde für diese Annahme Berufsschwerpunkte eingestellt, die sich an der Zusammenfassung des BMUV orientieren, wodurch die Berufsgruppen Bauplanung, Bauüberwachung und Architektur (300), Umweltschutztechnik (300) sowie Umweltmanagement und -beratung (200) stärkere Anstiege in der Arbeitskräftenachfrage vorweisen. Der stärkste Ausschlag ist aber in der Berufsgruppe „Büro und Sekretariat“ (400) zu

erwarten (Abbildung 12), wobei auch dieser Aufwuchs nicht direkt durch die Klimaanpassungsmaßnahmen verursacht wird (vgl. Kapitel 4.2).

Abbildung 11: Wirkung der Annahme „Aufbau von Klimaanpassungsexpertise im öffentlichen Sektor“ auf die Staatsausgaben für Umweltschutz

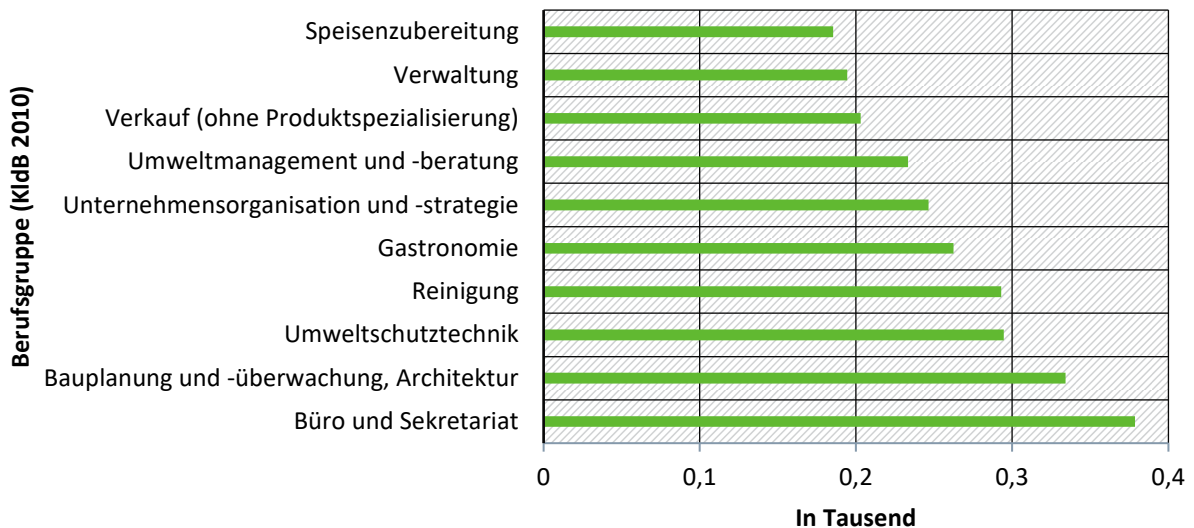
Veränderung der Konsumausgaben des Staats im Aufgabenbereich Umweltschutz (COFOG-Gliederung) durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 in Mrd. Euro



Quelle: eigene Darstellung, GWS

Abbildung 12: Wirkung der Annahme „Aufbau von Klimaanpassungsexpertise im öffentlichen Sektor“ auf die Berufsgruppen

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 nach Berufsgruppe (KldB 2010) in Tausend



Quelle: eigene Darstellung, GWS

3.8 Umbau der Forstwirtschaft

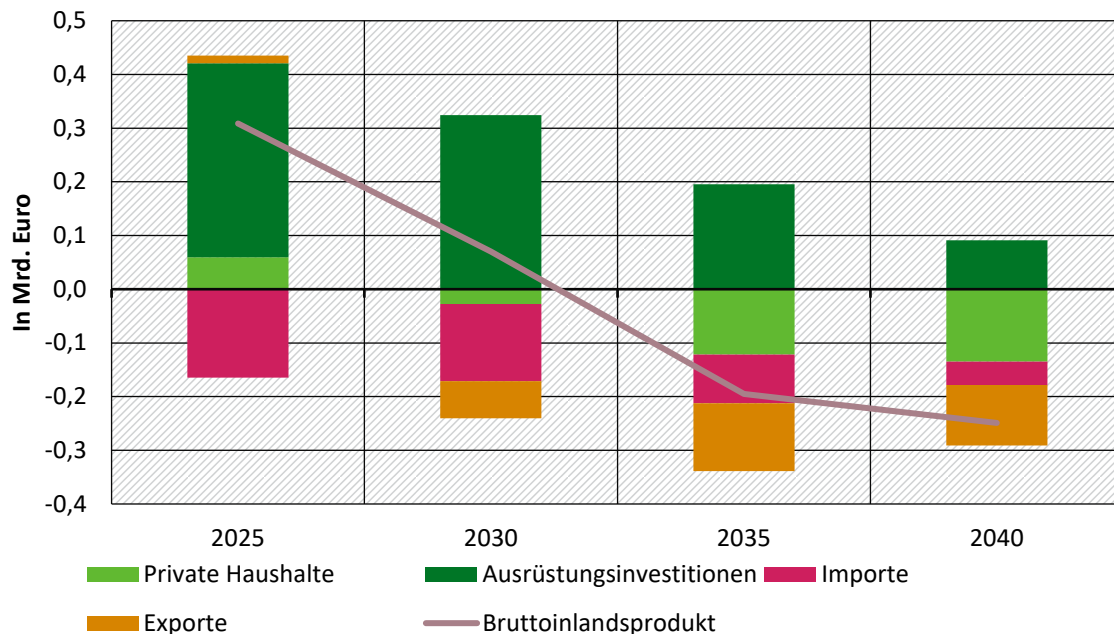
Laut Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2023) hatten 2022 35 % der Bäume über alle Baumarten hinweg „deutliche Schäden“. Mit den Folgen des Klimawandels haben die Wälder mit verschiedenen Herausforderungen wie höheren Temperaturen, längeren Trockenperioden und dem Auftreten neuer Schädlinge und Krankheiten zu kämpfen, sodass sich der Anteil der Bäume mit Schäden noch vergrößern dürfte, sofern es in diesem Bereich keine Anpassung gibt. Die geführten Expert:inneninterviews (befragte Person 3; befragte Person 5) haben herausgestellt, dass die Neupflanzung klimaresistenter Baumarten vielerorts im Wald, aber auch in den Parkanlagen unumgänglich ist. Dies betrifft vor allem Wälder mit den führenden Baumarten Fichte und Buche, welche ca. ein Viertel der Gesamtwaldfläche Deutschlands und damit etwa 2,85 Mio. Hektar ausmachen (befragte Person 5; Bolte et al. 2021). Ein Umbau dieser Flächen würde bedeuten, dass für die nächsten 30 Jahre jährlich ca. 95 000 Hektar gerodet und neu bepflanzt werden (befragte Person 5; Bolte et al. 2021). Dies entspricht ungefähr dem Vierfachen, was derzeit (nämlich ca. 22 000 ha jährlich im Zeitraum 2000 bis 2017) im Rahmen der Forstwirtschaft umgebaut wird (Bolte et al. 2021). Um dies leisten zu können, müssten laut der interviewten Person (befragte Person 5) vor allem die Forstbaumschulen die Produktion von Staat- und Pflanzgut steigern. Die Quantifizierung der Ausgaben eines solchen Umbaus in der Forstwirtschaft ist nicht eindeutig zu beziffern. Aus dem hierzu geführten Expert:inneninterview wie auch der Literatur ist ein Volumen von 14 bis 43 Milliarden in den nächsten 30 Jahren abzuleiten (befragte Person 5; Johann Heinrich von Thünen-Institut 2023; Bolte et al. 2021).

Für die Modellierung wird angenommen, dass die Investitionen in Baumschulen (sonstige Anlagen) durch die Forstwirtschaft um rund 300 Mio. Euro jährlich ansteigen, da zukünftig vermehrt neue Sorten angebaut werden müssen, die im bisherigen Bestand nicht vorhanden sind. Für den Umbau der Wälder bedarf es vor allem zu Beginn der künstlichen Verjüngung. Zudem ist aber auch mit einer verstärkten Abholzung des Bestands zu rechnen. Bereits gepflanzte, weniger resiliente Baumarten müssen teilweise früher abgeholzt werden, da beispielsweise in Trockenperioden ein nicht revidierbarer Schaden der angezuchteten Bäume droht. Für diese gesteigerte Abholzungstätigkeit werden auch die Vorleistungen für Logistik (preisbereinigt rund 130 Mio. jährlich) und die Investitionen für neue Ausrüstungen für Abholzung und Transport (preisbereinigt rund 40 Mio. jährlich) um jeweils 25 % angehoben. Summiert ergeben sich also jährlich 470 Mio. Mehrausgaben, die über 30 Jahre dem Volumen von ca. 14 Mrd. Euro entsprechen.

In Abbildung 13 wird die Wirkung der im Rahmen des Klimaanpassungsszenarios eingestellten Annahmen gegenüber dem Referenzszenario auf das Bruttoinlandsprodukt dargestellt. Es wird erkennbar, dass die Wirkung in der mittleren Frist aufgrund der Ausrüstungsinvestitionen einen positiven Einfluss auf das Bruttoinlandsprodukt in der Gesamtwirtschaft hat. In der langen Frist überwiegen aber die negativen Effekte durch die gestiegenen Preise in der Forstwirtschaft. Als Resultat werden weniger Bäume als Exportgüter verkauft und im Gegenzug mehr importiert. Auf die Berufsgruppen hat die Annahme insgesamt nur geringe Auswirkungen, die vornehmlich mit der (geringen) konjunkturellen Eintrübung zusammenhängen. Die Berufsgruppe Forst-, Jagdwirtschaft, Landschaftspflege baut durch diese Annahme aufgrund der rückläufigen Produktion in der Landwirtschaft rund 100 Stellen ab.

Abbildung 13: Veränderung des Bruttoinlandsproduktes durch „Umbau der Forstwirtschaft“

Veränderung des Bruttoinlandsproduktes durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario in Tausend nach ausgewählten Komponenten*



* Die Beiträge der NGOs, der Bauinvestitionen und der Vorratsveränderungen werden wegen ihrer geringen Ausprägungen in der Grafik nicht dargestellt.

Quelle: eigene Darstellung, GWS

3.9 Bewässerung in der Landwirtschaft

Ausbleibende Niederschläge und Hitzewellen erhöhen das Risiko von Ernteaufschlägen. Dieser Bedrohung können Landwirte durch vermehrte Bewässerung entgegenwirken (BMEL 2019, 2020). Durch eine effiziente Gestaltung der Bewässerungssysteme kann dabei der Verbrauch von Energie und Wasser möglichst geringgehalten werden.

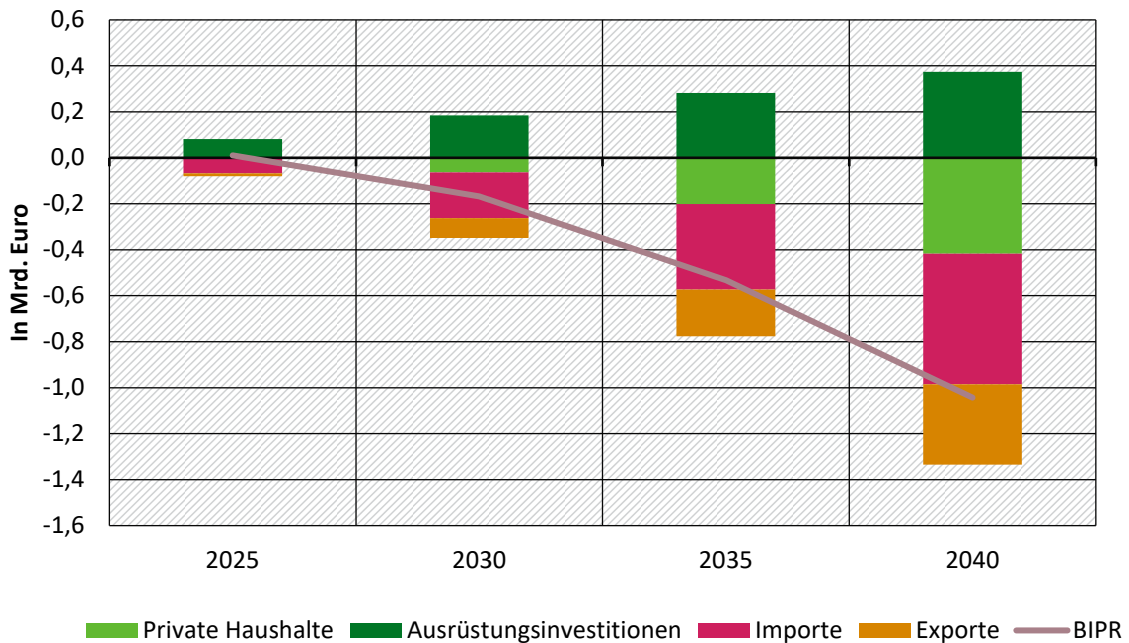
Für die Setzung der Annahme wird auf den Arbeiten von Flaute et al. (2022) aufgebaut. Die Studie geht davon aus, dass die Investitionen für neue Ausrüstungen und sonstige Anlagen in den nächsten Jahren kontinuierlich gesteigert werden müssen, um die Felder in Trockenperioden zu bewässern. Dieser stetige Anstieg führt zu einem Investitionsvolumen von nominal 700 Mio. Euro für Bewässerungsanlagen in der Landwirtschaft im Jahr 2040. Neben der nationalen Landwirtschaft wird auch eine Reaktion auf den Weltmarkt modelliert. Es ist davon auszugehen, dass es zu stärkeren Preisschwankungen in Folge von Ernteaufschlägen in betroffenen Regionen kommt und weiter, dass die Lagerhaltung von Lebensmitteln zunimmt, um für Engpässe vorbereitet zu sein und eine Preisstabilität zu erhalten.

Die Wirkung der zusätzlichen Investitionen und Vorleistungen auf das Bruttoinlandsprodukt ist in Abbildung 14 dargestellt und ist vergleichbar zur Annahme „Umbau der Forstwirtschaft“. Die Investitionen allein haben positive Auswirkungen auf das Bruttoinlandsprodukt. Allerdings fließen diese zusätzlichen Ausgaben teilweise ins Ausland ab. Zudem werden die Kosten über Preissteigerungen weitergegeben, was zu einem Nachteil auf den Weltmarkt führt: Die Einnahmen aus Exporten sinken, Importe steigen. Das Bruttoinlandsprodukt entwickelt sich infolgedessen negativ. Auf dem Arbeitsmarkt führt die Annahme zu Umverteilungen: Es werden zwar rund 400 Stellen aufgebaut, aber an anderer Stelle aufgrund der konjunkturellen

Eintrübung auch 1900 abgebaut. Der Nettoverlust von 1500 Arbeitsplätzen bis 2040 verteilt sich auf viele Berufsgruppen. Eine positive Entwicklung ist bei den Logistikberufen zu erwarten.

Abbildung 14: Veränderung des Bruttoinlandsproduktes durch „Bewässerung in der Landwirtschaft“

Veränderung des Bruttoinlandsproduktes durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario in Tausend nach ausgewählten Komponenten*



* Die Beiträge der NGOs, des Staates, der Bauinvestitionen und der Vorratsveränderungen werden wegen ihrer geringen Ausprägungen in der Grafik nicht dargestellt.

Quelle: eigene Darstellung, GWS

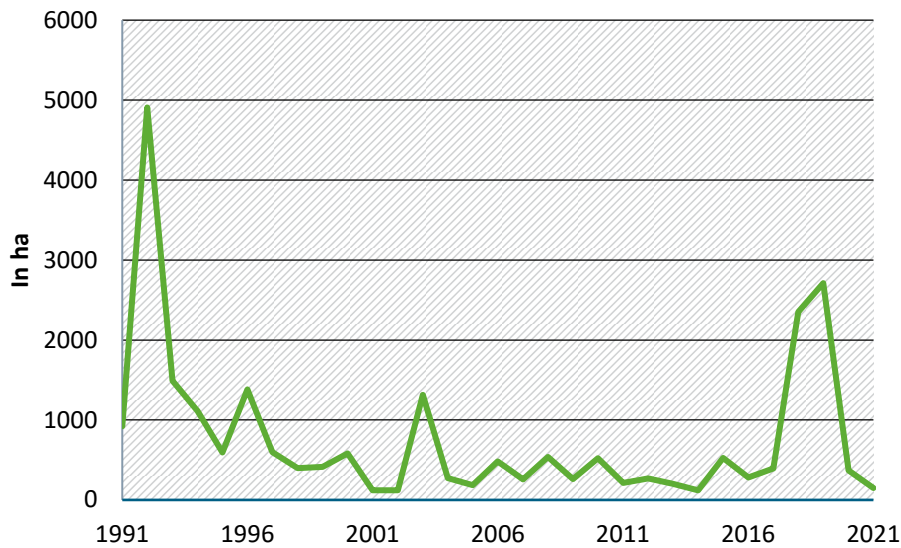
3.10 Katastrophenvorsorge

Wie bereits beschrieben, ist zu erwarten, dass die Häufigkeit und Intensivität von Extremwetterkatastrophen mit dem Klimawandel weiter ansteigen. Der Bevölkerungsschutz wird in der Folge immer wichtiger und ist ein zentrales Element der deutschen Anpassungsstrategie (Die Bundesregierung 2008). Die Erhebungen des Technischen Hilfswerkes zeigen bereits für 2021, dass die Zahl der Einsatzstunden auf ein neues Rekordniveau von 3,7 Mio. Stunden gestiegen ist. Rund 2,6 Mio. davon wurden aufgrund des Hochwassereinsatzes im Juli 2021 und den darauffolgenden Aufräumarbeiten nötig (THW 2022).

Auch die Gefahr von Waldbränden dürfte mit dem Klimawandel ansteigen, da die Hitze- und Trockenperioden häufiger auftreten und länger werden. In Abbildung 15 sind die gemessenen Schäden in Deutschland in den Jahren 1991 bis 2021 aus der Waldbrandstatistik aufgeführt (BLE 2022). In den östlichen Bundesländern wurden in den 1990iger Jahren die Waldbrandprävention und -bekämpfung umstrukturiert, sodass die anfangs hohen Zahlen hinsichtlich der zerstörten Waldfläche gesenkt werden konnten. In den heißen Jahren 2018 und 2019 kam es aber zu größeren Schäden von rund 2500 ha Fläche.

Abbildung 15: Waldbrände in Deutschland 1991 bis 2021

Schadensfläche durch Waldbrände in Deutschland von 1991 bis 2021 in ha



Quelle: Waldbrandstatistik 2019, eigene Darstellung, GWS

In Katastrophensituationen ist oft die Bereitschaft von freiwilligen Helfer:innen ausschlaggebend. 2020 waren in Deutschland rund eine Millionen Personen in den Freiwilligen Feuerwehren organisiert, während in den Berufsfeuerwehren nur rund 35 000 Personen angestellt waren. Im Modell ist daher unterstellt, dass Investitionen im Zusammenhang mit Katastrophen in erster Linie das Equipment betreffen. Im Jahr 2021 hat allein das Technische Hilfswerk 83 Millionen Euro in den eigenen Fuhrpark investiert (THW 2022). Bei den Feuerwehren ist mit einem nochmal höheren Investitionsvolumen zu rechnen. Leider sind keine Schätzungen bzgl. des nötigen zukünftigen Investitionsvolumens oder entsprechende Projektionen bekannt. Daher wird das preisbereinigte Investitionsvolumen für Ausrüstungen, Bauten und sonstigen Anlagen für die Annahme im Modell kontinuierlich gesteigert. Im Jahr 2040 liegt das Investitionsvolumen für Bevölkerungsschutz dann rund 1,5 Mrd. Euro über dem des Referenzszenarios.

Die Wirkung auf die Arbeitskräftenachfrage ist wie beschrieben im Wesentlichen durch indirekte Effekte abgebildet: Die Arbeitskräftenachfrage verändert sich durch die getätigten Investitionen aus dem öffentlichen Sektor heraus. Ein Anstieg der Anzahl bspw. der Brandschützer:innen ist aber nicht explizit modelliert. Da ein Großteil der Investitionen in Ausrüstungen fließen, werden verschiedene Bereiche angesprochen. Die Wirkung der Annahme streut dementsprechend über viele Berufsgruppen hinweg. Insgesamt werden 6500 Arbeitsplätze aufgebaut.

3.11 Gesundheitsvorsorge für vulnerable Gruppen

Die sich verändernden klimatischen Bedingungen führen zu höheren gesundheitlichen Belastungen und gleichzeitig steigt die Sensitivität der Bevölkerung im Zuge des demografischen Wandels: Menschen im Alter von 75 Jahren und älter gelten als besonders sensitiv gegenüber Hitze, ebenso wie Menschen mit Vorerkrankungen. Laut RKI zeigen sich die gesundheitsgefährdenden Auswirkungen hoher Temperaturen besonders drastisch in der Mortalitätsstatistik. In heißen Wochen steigt die Gesamtmortalität üblicherweise deutlich an (Winklmayer et al. 2023).

Um die gesundheitlichen Folgen extremer Hitze abzumildern, ist es u. a. nötig, Patientinnen und Patienten, die besonders gefährdet sind, regelmäßig präventiv anzusprechen. Ein solcher Anstieg der präventiven Maßnahmen zieht einen Anstieg der Gesundheitsausgaben nach sich. Die Kalkulation dieser Kosten erfolgt anhand des EBM-Katalogs⁴. Der einheitliche Bewertungsmaßstab (EBM) bildet die Grundlage für die Abrechnung der vertragsärztlichen Leistungen. Für eine Beratung à 10 Minuten (Ziffer 01435) ist ein Betrag von 9,91 € veranschlagt. Für die Annahme ist vereinfacht unterstellt, dass die Beratung regelmäßig für Menschen im Alter von 65 Jahren und älter erfolgt und circa 20 Minuten beansprucht. Zudem ist zu berücksichtigen, dass teilweise Hausbesuche und Online-Sprechstunden nötig sind und zusätzliche Leistungen abgerechnet werden.

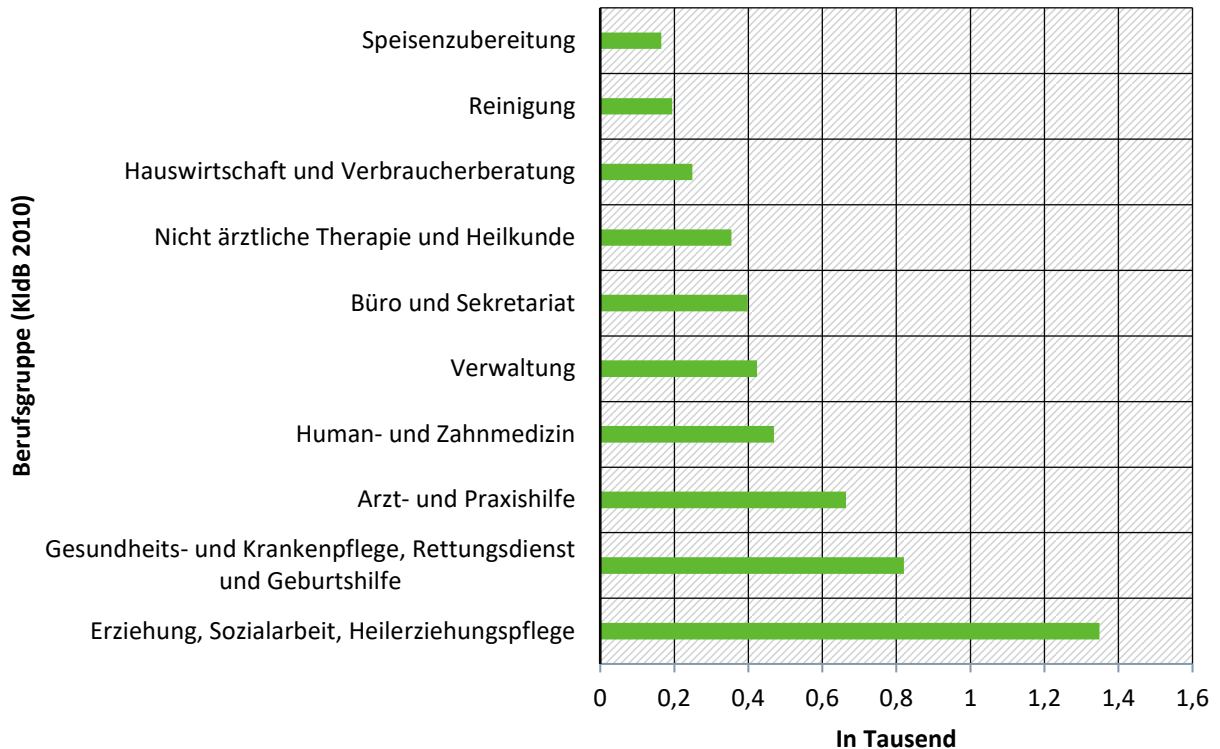
Für die Personen unter 65 Jahre ist unterstellt, dass „Kranke“ (laut Mikrozensus) regelmäßig eine entsprechende Beratung erhalten. Eine Krankheit liegt demnach vor, wenn sich eine Person während des Berichtszeitraums in ihrem Gesundheitszustand so beeinträchtigt gefühlt hat, dass sie ihre übliche Beschäftigung nicht voll ausüben konnte. Darüber hinaus werden Personen als „krank“ eingestuft, wenn sie ein angeborenes bzw. langfristiges Leiden haben oder sich gerade in einer Behandlung befinden. Laut Mikrozensus sind demnach rund 10–12 % der Personen im Alter zwischen 15 und 65 erkrankt. Darüber hinaus ist aufgrund der besonderen Vulnerabilität für Neugeborene eine zusätzliche „Aufsuchende Wochenbettbetreuung beim Kind“ vorgesehen, die im Vergütungsverzeichnis mit rund 38,50 € veranschlagt ist.

Zusammengenommen führen diese Annahmen dazu, dass die Gesundheitsausgaben im Jahr 2040 rund 900 Mio. € über denen im Referenzszenario liegen und im Saldo rund 7300 zusätzliche Erwerbstätige benötigt werden. Es ist davon auszugehen, dass ein Teil der Beratung auch auf niedrigschwelligem Niveau durchgeführt werden kann und nicht immer die Expertise von Ärzt:innen erforderlich ist. Daher wird die Gruppe aufbauender Berufe von der Berufsgruppe „Erziehung, Sozialarbeit, Heilerziehungspflege“ (+1300) und „Gesundheit, Krankenpflege, Rettungsdienst und Geburtshilfe“ (+800) angeführt. Ärzt:innen sind der Gruppe „Human- und Zahnmedizin“ zugeordnet, welche weiterhin um 500 Erwerbstätige wächst.

⁴ <https://www.kbv.de/html/online-ebm.php>

Abbildung 16: Wirkung der Annahme „Gesundheitsvorsorge für vulnerable Gruppen“ auf die Berufsgruppen

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 nach Berufsgruppe (KldB 2010) in Tausend



Quelle: eigene Darstellung, GWS

3.12 Gebäudesanierung in den Bereichen Bildung, Gesundheit, Pflege und Soziales

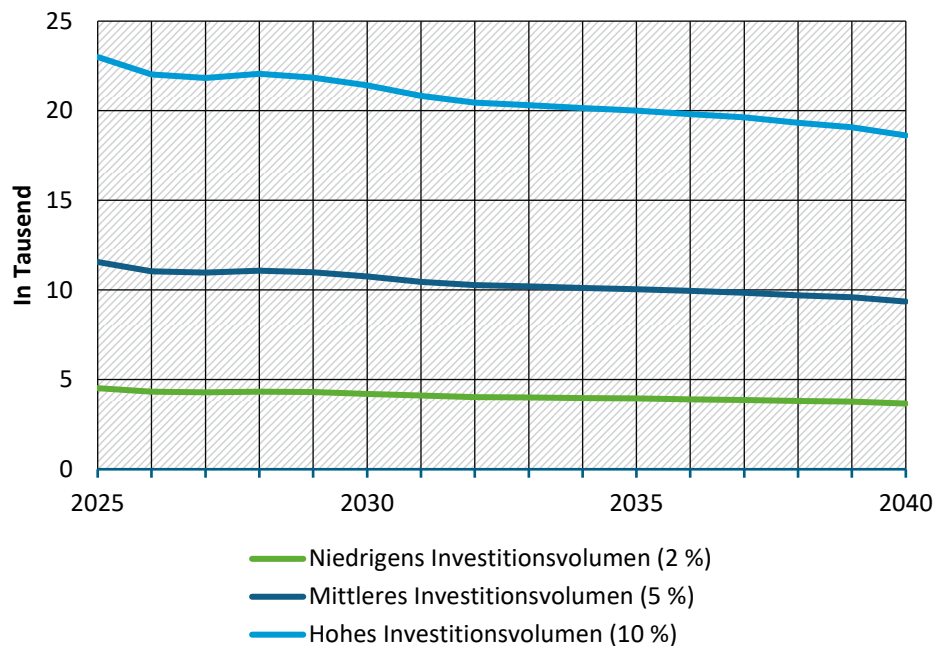
Angesichts der sich häufenden Extremwetterereignisse und steigender Temperaturen wird die Sanierung bestehender Gebäude zur zentralen Zukunftsaufgabe. Gebäude, die nicht ausreichend an diese neuen klimatischen Herausforderungen angepasst sind, können zu Hitzefällen werden und vor allem für vulnerable Gruppen eine gesundheitliche Belastung darstellen. Durch den Einsatz innovativer Baumaterialien, intelligenter Gebäudetechnik und durchdachter Raumplanung können Hitzeschutzmaßnahmen, verbesserte Belüftungssysteme und wirksame Regenwassermanagement-Systeme integriert werden. Dies wiederum trägt dazu bei, die Gesundheit der Bewohner:innen zu schützen.

Es gibt verschiedene Förderprogramme, die entsprechende Sanierungen fördern sollen. Da ein tatsächlicher Umfang der zu erwartenden Bauinvestitionen aber für nicht ausreichend ableitbar eingeschätzt wird, werden für diese Annahme drei unterschiedliche Sensitivitäten gerechnet. Dabei ist angenommen, dass die Bauinvestitionen in den Wirtschaftsbereichen Bildung, Gesundheit und Pflege ab 2022 steigen. Diese Wirtschaftsbereiche wurden ausgewählt, um gezielt Gebäude wie Krankenhäuser, Pflegeheime, Kitas und Schulen zu sanieren, in denen sich vulnerable Gruppen aufhalten. Im Basisfall ist ein Anstieg um 5 % gegenüber dem Ausgangsniveau unterstellt und zur Überprüfung der Sensitivitäten werden zudem Anstiege von

2 bzw. 10 % gerechnet. Bei einem Anstieg der Investitionsvolumina um 5 % ist mit einem Anstieg der Erwerbstätigenzahl um rund 9 000 Arbeitsplätze zu rechnen. Im Falle von vergleichsweise niedrigen Investitionen von 2 % ist ein Anstieg von 3 700 Erwerbstätigen zu erwarten. Bei einem hohen Investitionsvolumen von 10 % ergibt sich wiederum ein Anstieg von 18 600.

Abbildung 17: Sensitivitäten der Annahme „Gebäudesanierung in den Bereichen Bildung, Gesundheit, Pflege und Soziales“ auf die Veränderung der Erwerbstätigenzahl

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch Zunahme der Investitionsvolumen um 2 %, 5 % und 10 % in den Bereichen Bildung, Gesundheit, Pflege und Soziales in Tausend



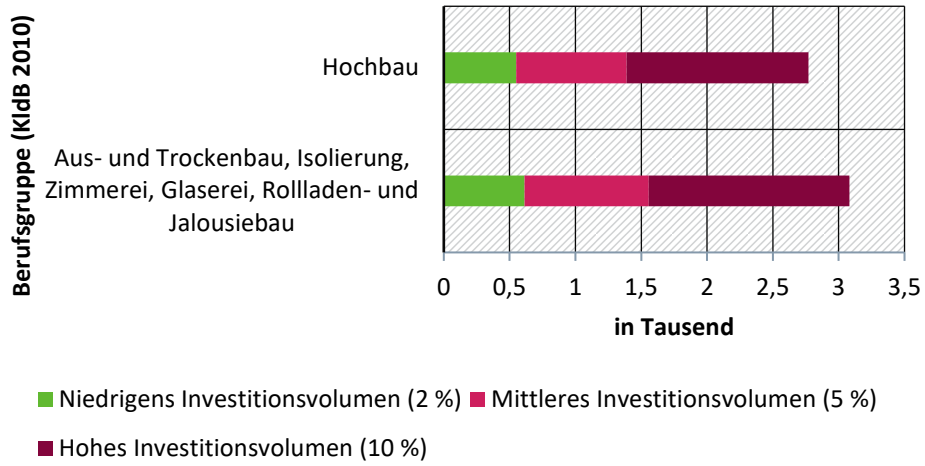
Quelle: eigene Darstellung, GWS

In Abbildung 18 sind die beiden Berufsgruppen mit den stärksten Veränderungen im Zusammenhang mit den Änderungen der Investitionen in den Wirtschaftsbereichen Bildung, Gesundheit, Pflege und Soziales dargestellt. Für die Berufsgruppe „Aus- und Trockenbau, Isolierung Zimmer-, Glas- sowie Rollladenbau“ ist ein Aufbau der Erwerbstätigenzahlen zwischen 600 (bei 2 % Investitionsanstieg) und 3100 (bei 10 %) Erwerbstätigen geschätzt. Ähnlich hoch sind die erwarteten Veränderungen in der Berufsgruppe „Hochbau“ mit zwischen 600 (bei 2 % Investitionsanstieg) und 2800 (bei 10 %).

Für die zusammengefassten Ergebnisse in Kapitel 4 wird für diese Annahme das mittlere Investitionsvolumen unterstellt.

Abbildung 18: Wirkung der Annahme „Gebäudesanierung in den Bereichen Bildung, Gesundheit, Pflege und Soziales“ auf die Berufsgruppen

Veränderung der Erwerbstätigenzahl durch die Annahme gegenüber dem Referenzszenario im Jahr 2040 nach Berufsgruppe (KldB 2010) für Steigerungen der Investitionsvolumina um 2 %, 5 % und 10 % in Tausend



Quelle: eigene Darstellung, GWS

4 Ergebnisse in der Zusammenschau

Das Klimaanpassungsszenario setzt sich aus den oben vorgestellten Annahmen über die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen zusammen. Es sei hervorgehoben, dass die vorgestellten Annahmen bei Weitem keine vollständige Anpassung an den Klimawandel ermöglichen, sondern lediglich erste niedrigschwellige Schritte zur Verbesserung der Klimaresilienz aufzeigen. Innerhalb des Projektes wurde der Fokus auf Teilaspekte gelegt, die sich aus der Klimawirkungs- und Risikoanalyse (Kahlenborn et al. 2021) ableiten.

4.1 Arbeitskräftebedarfe

Die im Rahmen des Klimaanpassungsszenarios modellierten zusätzlichen Ausgaben und Investitionen würden im gesamten Projektionszeitraum (2022 bis 2040) zu einer kumulierten Steigerung der realen Wirtschaftsleistung von rund 150 Milliarden Euro im Vergleich zum Referenzszenario führen. Den Zenit erreicht der positive Effekt im Jahr 2030 mit einem realen BIP-Wachstum gegenüber dem Referenzszenario von 9,4 Milliarden Euro, was ungefähr 0,25 % des Bruttoinlandsproduktes im Jahr 2030 entsprechen dürfte (Abbildung 19). In den Folgejahren bleibt der positive Effekt erhalten, flaut aber aufgrund stärker werdender negativer Effekte ab. Steigende Produktionskosten führen zu abnehmenden Terms-of-Trade. Die Preise in der Land- und Forstwirtschaft werden teurer, Exporte in das Ausland nehmen ab und Importe steigen.

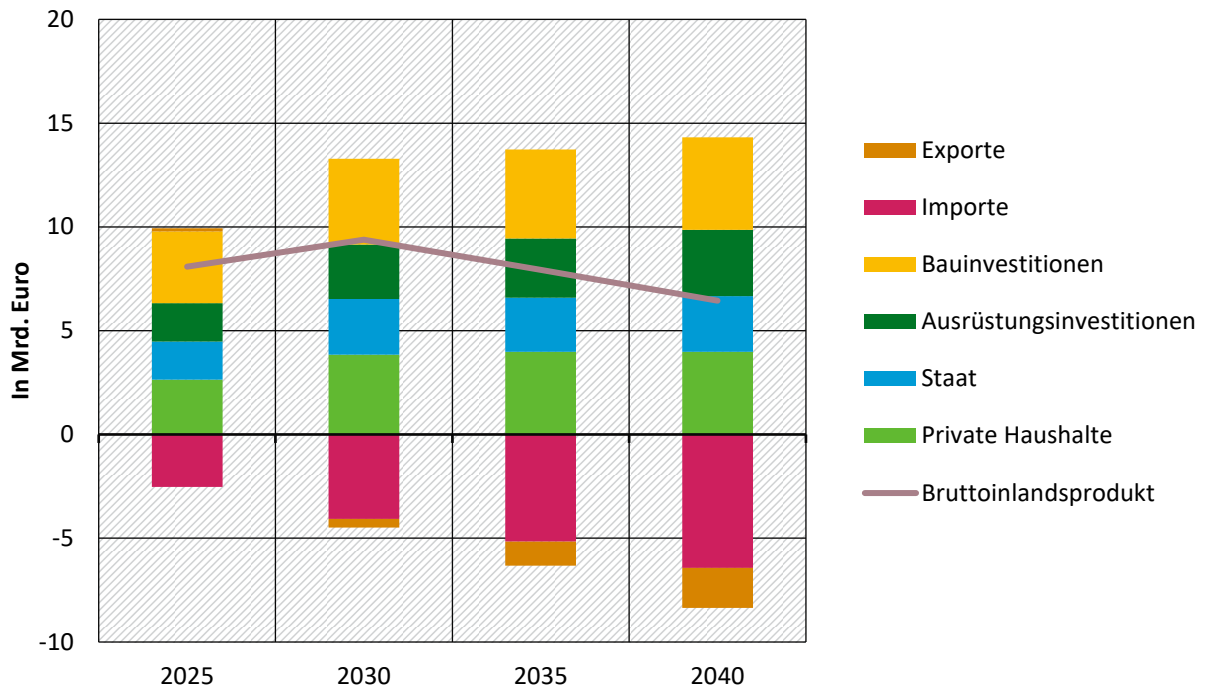
An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass das Bruttoinlandsprodukt keine Auskunft über das Wohlbefinden der Bevölkerung, sondern über die wirtschaftliche Aktivität eines Landes gibt. Ohne eine Umsetzung der in diesem Bericht dargestellten Klimaanpassungsmaßnahmen würde es für viele Menschen zu deutlichen Beeinträchtigungen ihrer Lebensumstände kommen. In diesem Sinne sollen die für die Anpassungsmaßnahmen eingesetzten Mittel Schäden vermeiden. Damit handelt es sich nicht um ein Wachstumsprogramm, sondern vielmehr um ein Programm zur Schadensvermeidung. Die Mittel hätten z. B. auch für die Modernisierung der Infrastruktur verwendet werden können, was eine Produktivitätssteigerung zur Folge gehabt hätte, die nun ausbleibt.

Die Bau- und Ausrüstungsinvestitionen aus der Wirtschaft sind im Jahr 2040 für einen Anstieg des BIPs von rund 7,7 Milliarden Euro verantwortlich, zu denen die zusätzlichen Konsumausgaben des Staats von rund 2,7 Milliarden Euro hinzukommen. Über indirekte und induzierte Effekte steigt auch der Konsum der privaten Haushalte um rund 4 Milliarden Euro gegenüber dem Referenzszenario.

Aus Tabelle 2 ist abzulesen, welche Wirkung die einzelnen Annahmen zur Veränderung des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes haben. Die stärksten positiven Einflüsse sind von den Maßnahmen zum „Regenwassermanagement“ (+1,7 Mrd. Euro), dem „Ausbau von Expertise im öffentlichen Sektor“ (+1,5 Mrd. Euro), „Gebäudesanierung“ (+1,3 Mrd. Euro) und den Ausgaben zur „Katastrophenvorsorge“ (+1,2 Mrd. Euro) zu erwarten. Eine negative Wirkung ist nur für die Annahmen bzgl. der Anpassung der Land- und Forstwirtschaft unterstellt, sprich „Bewässerung und Lagerung“ und „Waldanpassung“. Die weitreichenden negativen Folgen des Klimawandels sind in diesem Szenario nicht berücksichtigt, da sich das Projekt auf die Identifikation von Arbeitskräftebedarfen bezieht. Eine Gegenüberstellung der positiven und negativen Effekte durch Klimafolgen und Klimaanpassung im QuBe-Modell ist in (Wolter et al. 2023) behandelt.

Abbildung 19: Komponenten des Bruttoinlandsproduktes

Veränderung des Bruttoinlandsproduktes in Deutschland im Klimaanpassungsszenario gegenüber dem Basisszenario nach einzelnen Komponenten* in Mrd. Euro



* Die Beiträge der NGOs und der Vorratsveränderungen werden wegen ihrer geringen Ausprägungen in der Grafik nicht mit dargestellt.

Quelle: eigene Darstellung, GWS

Tabelle 2: Veränderung des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes nach Annahmen

Veränderung des Bruttoinlandsproduktes in Deutschland im Klimaanpassungsszenario gegenüber dem Basisszenario nach Annahmen in Milliarden Euro

Annahme	2025	2030	2035	2040
Dachbegrünung	0,4	0,4	0,3	0,2
Fassadenbegrünung	0,1	0,1	0,1	0,0
Zusätzliche Bäume	0,3	0,4	0,4	0,4
Regenwassermanagement	2,0	2,5	2,1	1,7
Ausfall an Hitzetagen	0,6	0,5	0,3	0,3
Weiterbildung und Qualifikation	0,9	0,6	0,4	0,3
Bewässerung und Lagerung	0,0	-0,2	-0,5	-1,0
Katastrophenvorsorge	0,3	0,7	1,0	1,2
Ausbau von Expertise im öffentlichen Sektor	0,8	2,0	1,8	1,5
Waldanpassung	0,3	0,1	-0,2	-0,2
Gesundheit	0,8	0,8	0,8	0,8
Gebäudesanierung	1,6	1,5	1,4	1,3
Ergebnis	8,1	9,4	7,9	6,4

Quelle: eigene Darstellung, GWS

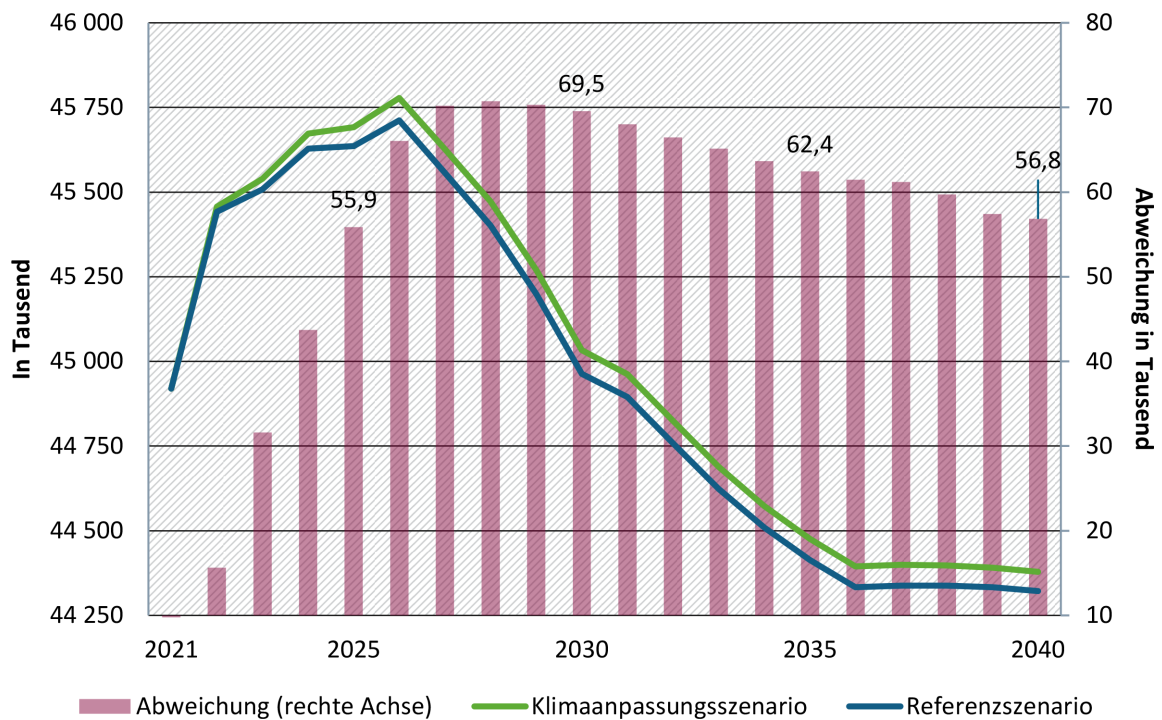
Abbildung 20 zeigt die Entwicklung der Erwerbstätigenzahlen. Mittelfristig wird für das Referenzszenario mit weiter ansteigenden Erwerbstätigenzahlen gerechnet. Im Jahr 2026 erreicht diese Entwicklung ihren Höhepunkt mit einer Arbeitskräftenachfrage von rund 45,7 Mio. Erwerbstätigen und in den folgenden Jahren ist ein Rückgang der Erwerbstätigenzahlen auf 44,3 Mio. im Jahr 2040 zu erwarten. Die zentrale Ursache hierfür ist das geringe Arbeitskräfteangebot. Bereits heute herrscht in vielen Regionen Deutschlands Vollbeschäftigung. Offene Stellen können teilweise nicht mehr besetzt werden und entfallen daraufhin, sodass die Arbeitskräftenachfrage durch das geringe Arbeitskräfteangebot gehemmt ist.

Diese Restriktionen des Arbeitskräfteangebots sind auch für die Klimaanpassung eine zentrale Herausforderung. In den Säulen von Abbildung 20 ist die Differenz hinsichtlich des Arbeitskräftebedarfes von Klimaszenario und Referenzszenario dargestellt. Wie die Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes steigt die Anzahl zusätzlich benötigter Arbeitskräfte in den ersten Jahren des Betrachtungszeitraums stark an und erreicht im Jahr 2027 ihre maximale Ausprägung mit einem zusätzlichen Bedarf von rund 70 000 Erwerbstätigen im Vergleich zum Referenzszenario. In den folgenden Jahren verursachen die Annahmen „Bewässerung und Lagerung“ und „Waldanpassung“ negative Effekte (vgl. Tabelle 3).

In ihrer zeitlichen Entwicklung sind die Annahmen aufgrund der festgelegten Ausformulierung sehr unterschiedlich. So gibt es einerseits Annahmen wie die „Dachbegrünung“, für die zu Beginn des Betrachtungszeitraums starke Anstiege zu erwarten sind, die dann aber in der Folgezeit langsam abnehmen. Der Grund hierfür sind z. B. Effizienzsteigerungen, die zu einem geringeren Arbeitseinsatz führen. Dagegen ist die Annahme „Regenwassermanagement“ so konzipiert, dass viele Maßnahmen schon bis 2030 umgesetzt und die Investitionskosten deshalb auch bis dahin überdurchschnittlich angefallen sind. Ein vergleichbarer Verlauf wird für die Anpassungsmaßnahme „Ausbau von Expertise im öffentlichen Sektor“ erwartet. Im Bereich „Katastrophenvorsorge“ steigen dagegen die Erwerbstätigenzahlen kontinuierlich und verzeichnen 2040 einen Aufbau von 5400 Arbeitsplätzen gegenüber dem Referenzszenario.

Abbildung 20: Veränderung der Erwerbstätigenzahlen

Veränderung des Erwerbstätigenzahlen in Deutschland im Klimaanpassungsszenario gegenüber dem Basisszenario in Tausend*



* Die linke Achse stellt die Erwerbstätigenzahlen in den beiden Szenarien in Tausend dar und die rechte Achse die Abweichung der beiden Szenarien zueinander in Tausend.

Quelle: eigene Darstellung, GWS

Tabelle 3: Veränderung der Erwerbstätigenzahlen nach Annahmen

Veränderung des Erwerbstätigenzahlen in Deutschland im Klimaanpassungsszenario gegenüber dem Basisszenario nach Annahmen in Tausend

Annahme	2025	2030	2035	2040
Dachbegrünung	2,8	2,5	2,0	1,7
Fassadenbegrünung	0,4	0,4	0,4	0,3
Zusätzliche Bäume	1,9	1,7	1,6	1,4
Regenwassermanagement	12,0	17,4	15,2	12,8
Ausfall an Hitzetagen	1,6	1,1	0,4	0,5
Weiterbildung und Qualifikation	13,1	15,3	14,1	13,8
Bewässerung und Lagerung	0,4	0,1	-0,6	-1,5
Katastrophenvorsorge	1,3	3,3	4,5	5,4
Ausbau von Expertise im öffentlichen Sektor	3,3	9,1	8,1	6,5
Waldanpassung	1,2	0,4	-0,6	-0,7

Annahme	2025	2030	2035	2040
Gesundheit	6,3	7,6	7,5	7,3
Gebäudesanierung	11,6	10,8	10,0	9,4
Ergebnis	55,9	69,5	62,4	56,8

Quelle: eigene Darstellung, GWS

4.2 Relevanteste Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario

Aus dem vorherigen Kapitel ist bereits erkennbar, dass für die erfolgreiche Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahmen zusätzliche Arbeitskräfte benötigt werden, obwohl die Arbeitsmarktlage schwieriger wird und die Rekrutierung neuer Erwerbstätiger aufgrund des knappen Arbeitsangebotes eine Herausforderung darstellt. Im Folgenden wird daher untersucht, welche Berufsgruppen in Zukunft eine besondere Bedeutung für die Klimaanpassung haben und damit Schlüsselstellen einnehmen. Dafür wird zunächst die Bestimmung der relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario in Kapitel 4.2.1 erläutert und anschließend drohende Arbeitskräfteengpässe (4.2.2) untersucht.

4.2.1 Bestimmung der relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario

Wie in der Einleitung bereits angesprochen, ist das Ziel dieses Forschungsvorhabens, basierend auf den hier dargestellten Szenarioanalysen einige wenige Berufe zu identifizieren, für die im weiteren Verlauf des Vorhabens untersucht wird, welche neue Kompetenzanforderungen im Kontext der Klimaanpassung vorliegen und wie diese im Rahmen der beruflichen Bildung adressiert werden können. Die Szenarioanalysen ermöglichen zunächst, jene Berufsgruppen zu bestimmen, die durch die im Rahmen des Projekts definierten Klimaanpassungsmaßnahmen einen Fachkräftemehrbedarf (Bedingung 1, vgl. Kapitel 1) aufweisen.

Als ersten Schritt wurden jene 20 (von insgesamt 144 existierenden) Berufsgruppen der Klassifikation der Berufe (KldB) identifiziert, welche die größte absolute Veränderung (Abbildung 21) der Erwerbstätigenzahl beim Vergleich des Referenzszenarios mit dem Klimaanpassungsszenario aufweisen. Auffällig ist, dass sämtliche aufgeführten Berufsgruppen eine positive Abweichung aufweisen. Dies liegt darin begründet, dass der Großteil der Annahmen einen positiven Arbeitseffekt auslöst. Negative Wirkungen erfolgen meist über indirekte Effekte und verteilen sich auf mehrere Berufsgruppen.

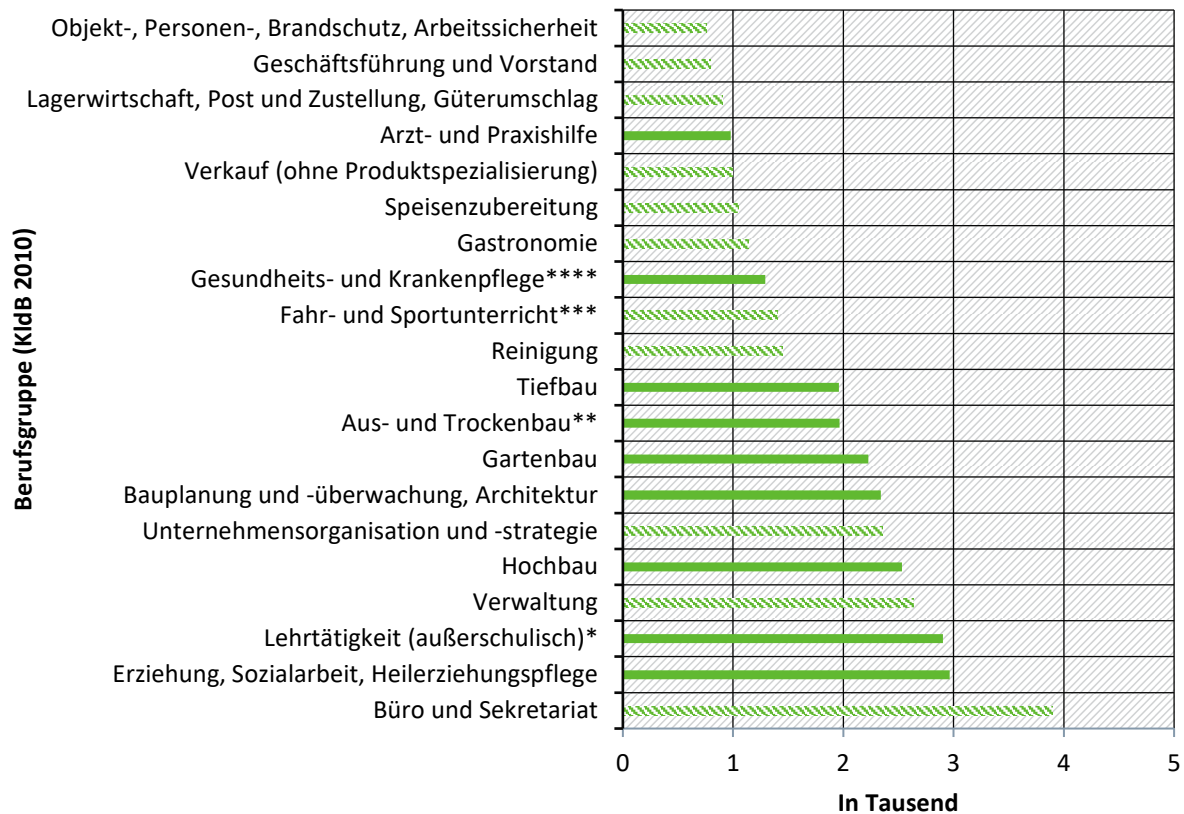
Der stärkste Aufbau ist in der Berufsgruppe „Büro und Sekretariat“ mit 3900 zusätzlichen Erwerbstätigen zu erwarten. Für die Auswahl der relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario kommt diese Berufsgruppe allerdings nicht in Frage, da es sich dabei um eine Berufsgruppe handelt, die allein aufgrund von Produktionssteigerungen und nicht explizit wegen der Klimaanpassungsmaßnahme wächst. Dies zeigt sich beispielsweise darin, dass sich der Aufbau aus vielen – sehr unterschiedlichen – Annahmen speist. Dies gilt für mehrere Berufsgruppen, deren Ausprägungen in der Abbildung schraffiert dargestellt werden, weil der Aufwuchs indirekt durch die Klimaanpassungsmaßnahmen verursacht ist. Bei einer indirekten Auswirkung wird seitens des Projektteams davon ausgegangen, dass zwar mehr Arbeit anfällt, aber wahrscheinlich keine Änderungen bei den Kompetenzanforderungen (Bedingung 2, vgl. Kapitel 1) vorliegen. Betroffene Berufsgruppen sind daher aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen (siehe schraffierte Darstellung in Abbildung 21 und Abbildung 22).

Von den übrigen Berufen haben mit den Berufsgruppen „Erziehung, Sozialarbeit, Heilerziehungspflege“ und „Lehrtätigkeit außerschulische Bildungseinrichtung“ zwei soziale

bzw. bildungsorientierte Berufsgruppen die höchsten absoluten Veränderungen. Die Liste zeigt aber auch, dass viele Berufsgruppen aus der Bauwirtschaft einen Nachfrageanstieg verzeichnen.

Abbildung 21: Absolute Veränderung der Erwerbstätigenzahlen nach Berufsgruppe

Veränderung des Erwerbstätigenzahlen in Deutschland im Klimaanpassungsszenario gegenüber dem Basisszenario nach Berufsgruppen in Tausend



* Lehrtätigkeit an außerschulischen Bildungseinrichtungen
 ** Aus- und Trockenbau, Isolierung, Zimmererei, Glaserei, Rollladen- und Jalousiebau
 *** Fahr- und Sportunterricht an außerschulischen Bildungseinrichtungen
 **** Gesundheits- und Krankenpflege, Rettungsdienst und Geburtshilfe

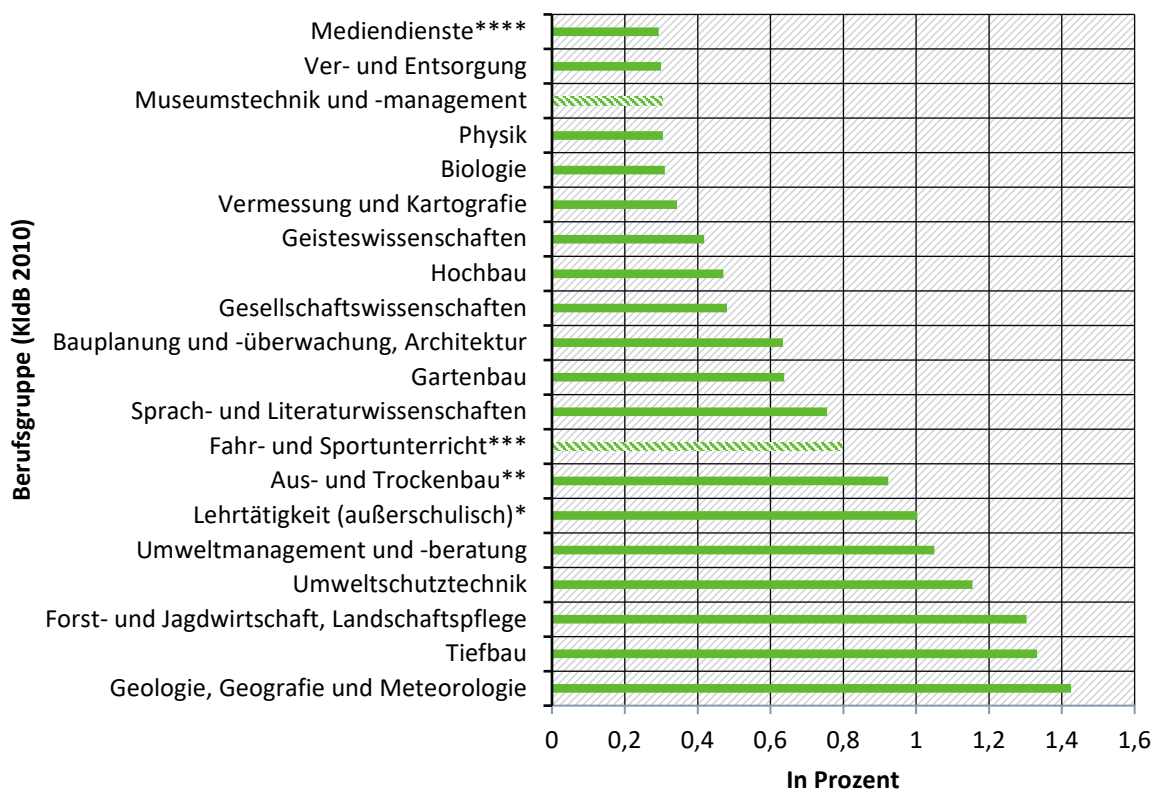
Quelle: eigene Darstellung, GWS

Als zweites Kriterium ist in die Auswahl der relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario die relative Veränderung der Erwerbstätigenzahlen aus Abbildung 22 einbezogen. Diese wird mit aufgenommen, um hinsichtlich der Erwerbstätigenzahlen kleinere Berufsgruppen mit einzubeziehen, die jedoch durch die Klimaanpassungsmaßnahmen einen verhältnismäßig großen Aufwuchs verzeichnen.

Hier ist es wichtig, das Ausgangsniveau zu berücksichtigen. Die Berufsgruppe „Geologie, Geografie und Meteorologie“ verzeichnet 2040 beispielsweise einen Anstieg von rund 1,4 % gegenüber den Erwerbstätigenzahlen im Referenzszenario. In Absolutzahlen liegt der zusätzliche Bedarf aber unter 300 Erwerbstätigen. Die Berücksichtigung der relativen Veränderung ist also wichtig, um Berufsgruppen zu berücksichtigen, die kleinere Anteile an der gesamten Erwerbstätigenzahl haben, relativ aber dennoch einen spürbaren Anstieg der Erwerbstätigenzahlen aufweisen. Analog zu Abbildung 21 werden auch in Abbildung 22 jene Berufsgruppen schraffiert, bei denen der Aufbau auf indirekte Effekte zurückzuführen ist.

Abbildung 22: Relative Veränderung der Erwerbstätigenzahlen nach Berufsgruppe

Veränderung des Erwerbstätigenzahlen in Deutschland im Klimaanpassungsszenario gegenüber dem Basisszenario nach Berufsgruppen in Prozent



* Lehrtätigkeit an außerschulischen Bildungseinrichtungen

** Aus- und Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rollladen- und Jalousiebau

*** Fahr- und Sportunterricht an außerschulischen Bildungseinrichtungen

**** Medien-, Dokumentations- und Informationsdienste

Quelle: eigene Darstellung, GWS

Bei den "Top-20" der absoluten und relativen Veränderung gab es Überschneidungen, sodass insgesamt lediglich 33 Berufsgruppen in Betracht kommen. Abzüglich der Berufsgruppen, deren Aufbau auf indirekte Effekte zurückzuführen ist, konnten 21 Berufsgruppen als relevanteste Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario identifiziert werden. Diese 21 Berufsgruppen werden in Abbildung 23 nach Berufssegmenten der KldB 2010 dargestellt (Matthes et al. 2015). Die insgesamt 14 Berufssegmente bieten den Vorteil, dass sie einerseits die berufsfachliche Differenzierung gewährleisten und andererseits nicht zu feingliedrig sind, wie beispielsweise die 37 Berufshauptgruppen der KldB (BA 2015). Es wird also schnell erkennbar, welche berufsfachlichen Schwerpunkte im Rahmen der Klimaanpassungen besonders relevant sind. Dabei lassen sich die 21 relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario insgesamt 6 Berufssegmenten zuordnen. Neben den „Händen“, die Anpassungen in die Tat umsetzen, sind Dienstleistungen gefragt, die die Tätigkeit begleiten. Zudem werden entsprechende Qualifikationen, Schulungen und Beratungen für Arbeitskräfte und Bevölkerung benötigt.

Hinsichtlich der veränderten Erwerbstätigenzahlen nehmen die „Bau- und Ausbauberufe“ eine Sonderrolle ein, denn ca. 20 % der Abweichungen zwischen Klimaanpassungsszenario und Referenzszenario gehen auf das Berufssegment zurück. Dabei liegt der Anteil des Berufssegments an den Erwerbstätigen bei unter 6 %. Bezüglich des Berufssegments „Land-,

Forst- und Gartenbauberufe“ verhält es sich ähnlich. Während es für 5 % Prozent der zusätzlichen Arbeitskräftenachfrage steht, weist es gesamtwirtschaftlich lediglich einen Erwerbstätigenanteil von 2 % auf.

Abbildung 23: Relevanteste Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario nach Berufssegmenten



Quelle: eigene Darstellung, GWS

4.2.2 Drohende Knappheiten

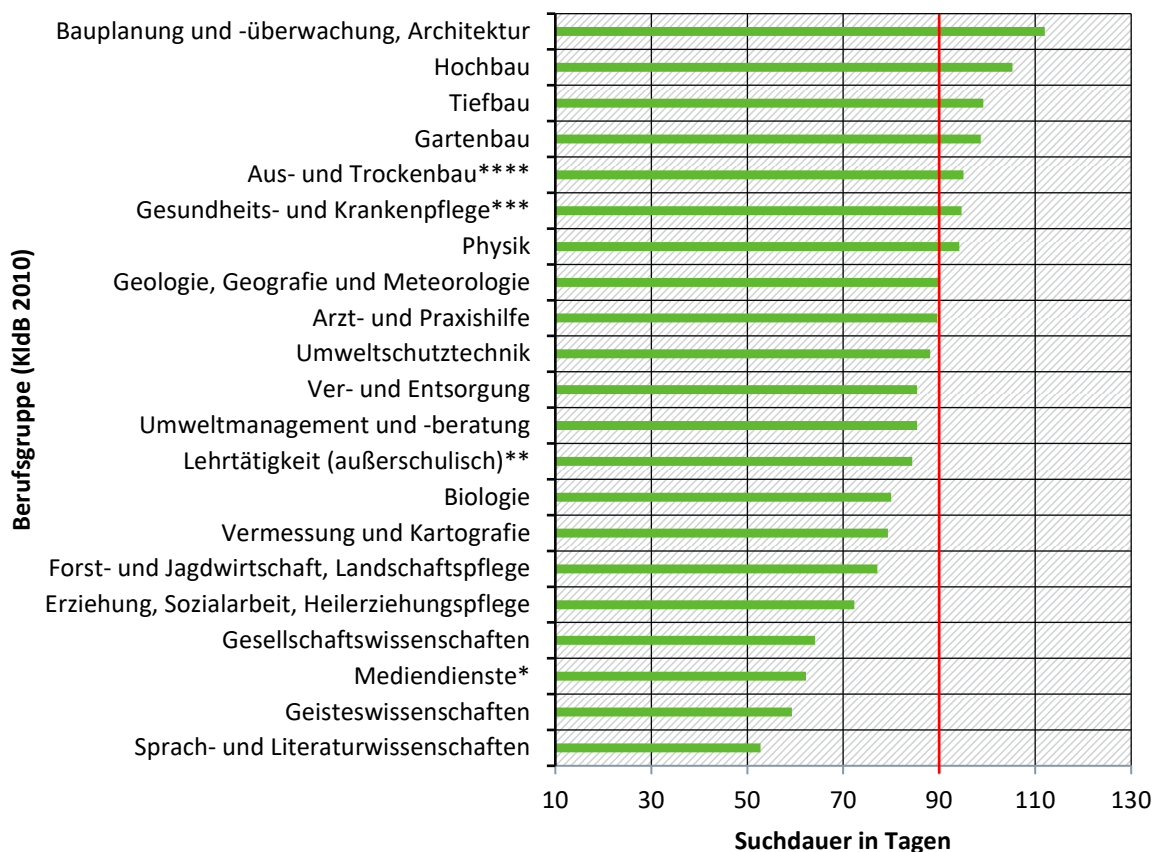
Für die Darstellung von Fachkräfteengpässen ist im QuBe-Projekt der Indikator der adjustierten Suchdauer abgebildet⁵. Dieser gibt den Zeitraum an, den Betriebe durchschnittlich benötigen, um eine geeignete Person für die Besetzung einer offenen Stelle zu finden. Die adjustierten Suchdauern sind in der Interpretation vergleichbar zu den Vakanzzeiten der Bundesagentur für Arbeit. Für ihre Berechnung wurden rund 45 000 Stellenbesetzungen in der IAB-Stellenerhebung der Jahre 2012 bis 2020 auf die berufs- und anforderungsspezifischen Suchdauern untersucht, die ein Betrieb im Schnitt benötigt, um eine:n geeignete:n Bewerber:in für eine offene Stelle zu finden. Dabei zeigt sich, dass mit zunehmender Länge der Suchdauer auch die Schwierigkeiten in der Stellenbesetzung zunehmen. Nach einer Suchdauer von mehr als drei Monaten bzw. 90 Tagen ist die Wahrscheinlichkeit eines Suchabbruchs entsprechend höher als eine erfolgreiche Stellenbesetzung. Berufe mit Suchdauern über diesem Wert können somit als Beruf mit Fachkräfteengpässen interpretiert werden.

⁵ Die folgenden Texte sind Auszüge aus dem QuBe-Sammelband Zika et al. 2023.

Die Suchdauern korrelieren auf Berufsebene mit der berufsspezifischen Arbeitsmarktbilanz nach Stunden und den Zugangschancen für fachfremd Qualifizierte und werden mit diesen Indikatoren fortgeschrieben (Maier et al. 2023). Die Suchdauern bilden somit einen Indikator für die Fachkräftesituation im Beruf.

Insgesamt erreichen 7 der 21 Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario 2040 eine kritische Ausprägung des Indikators von über 90 Tagen und weitere 2 Berufsgruppen eine Ausprägung von exakt 90 Tagen. Der stärkste Engpass wird für die Berufsgruppe „Bauplanung und -überwachung, Architektur“ mit einer Suchdauer von 112 Tagen erwartet. Die Hälfte der Berufe mit einer kritischen Ausprägung des Indikators sind dem Berufssegment „Bau- und Ausbauberufe“ zuzuordnen, also jenem Berufssegment, welches im Zusammenhang mit den hier dargestellten Klimaanpassungsmaßnahmen einen besonderen Nachfrageschub nach Erwerbstätigen erwartet.

Abbildung 24: Suchdauern der 21 Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario 2040 nach Berufsgruppe in Tagen



* Medien-, Dokumentations- und Informationsdienste

** Lehrtätigkeit an außerschulischen Bildungseinrichtungen

*** Gesundheits- und Krankenpflege, Rettungsdienst und Geburtshilfe

**** Aus- und Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rollladen- und Jalousiebau

Quelle: eigene Darstellung, GWS

Im Rahmen der Mittelfristprognose für das BMAS (Zika et al. 2021), die das QuBe-Projekt im Auftrag des BMAS jährlich erstellt, werden bevorstehende Engpässe analysiert und sogenannte „Fokusberufe“ erarbeitet. Hierbei sind auch die „Ergänzungsindikatoren“ berücksichtigt, welche

Aufschluss über die Spezifika der Berufsgruppen geben und in Tabelle 4 aufgezeigt sind. Diese drei Indikatoren sind nicht durch die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen verändert bzw. beeinflusst, ihre konkrete Ausprägung informiert jedoch darüber, wie es um das Potenzial, Fachkräfteengpässen zu begegnen, bestellt ist. Tabelle 4 stellt die drei Ergänzungsindikatoren für die relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario vor:

Mit beruflicher Mobilität ist gemeint, inwiefern der Besitz einer bestimmten beruflichen Qualifikation die Voraussetzung für die Ausübung eines Berufs darstellt. So haben beispielsweise rund 57 % der Erwerbstätigen der Berufsgruppe „Bauplanung und -überwachung, Architektur“ die entsprechenden Berufe auch tatsächlich erlernt. Das bedeutet, dass ca. 43 % der Erwerbstätigen dieser Berufsgruppe einen anderen Beruf erlernt haben. Zum Beispiel absolvierten rund 6 % von diesen Erwerbstätigen eine Ausbildung im „Hochbau“ und ca. 5 % im „Maschinenbau“. Von den 21 Berufsgruppen verlieren 15 beim Indikator berufliche Mobilität, d. h. die Aussicht, dass Quereinsteiger:innen mit einer anderen Qualifikation nachrücken, wird geringer. Die Ursachen dafür sind unterschiedlich. Auf der Seite des Arbeitskräfteangebotes ist denkbar, dass andere Berufsgruppen z. B. aufgrund besserer Gehaltsaussichten für die Quereinsteiger:innen attraktiver sind. Auf der Seite des Arbeitskräftebedarfs können erhöhte Anforderungen einen Einstieg erschweren.

Die Jahresarbeitszeit ist ein Indikator für die Höhe der durchschnittlichen Arbeitszeit der Erwerbstätigen in einer entsprechenden Berufsgruppe. Allerdings ist eine eindeutige Interpretation der Jahresarbeitszeit nicht möglich. Unterdurchschnittliche Jahresarbeitszeiten könnten aber darauf hindeuten, dass es noch einen Spielraum für eine Ausweitung der Arbeitszeit gibt und somit noch Potenzial verfügbar ist, Arbeitskräfteengpässe abzufangen. Wahrscheinlicher erscheint aber, dass eine unterdurchschnittliche Jahresarbeitszeit auf besondere Bedingungen innerhalb einer Berufsgruppe hindeutet, die Engpässe erschweren. Beispielsweise könnten geringe Arbeitszeiten einer Berufsgruppe auf einen Arbeitnehmermarkt mit entsprechenden Tarifverträgen hindeuten. Es könnte folglich auch an den Arbeitsbedingungen in dieser Berufsgruppe liegen.

Der Gender Employment Gap gibt an, wie die Geschlechterverteilung innerhalb einer Berufsgruppe ist. Mischberufe weisen keinen geschlechterspezifischen Fokus auf und haben daher ein höheres potenzielles Arbeitskräfteangebot. Ein Zusammenhang ist zwischen dem Gender Employment Gap und der Jahresarbeitszeit zu vermuten, weil ca. 50 % der beschäftigten Frauen in Teilzeit arbeiten. Bis auf eine Ausnahme (Vermessung und Kartografie) werden alle der relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario, die eine überdurchschnittliche Jahresarbeitszeit aufweisen, als Männerberufe eingestuft.

Tabelle 4: „Ergänzungsindikatoren“ aus BMAS-Mittelfristprognose für die relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario

Ergänzungsindikatoren aus der BMAS-Mittelfristprognose für relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario

	Berufliche Mobilität	Jahresarbeitszeit	Gender Employment Gap
Forst- und Jagdwirtschaft, Landschaftspflege	Verliert	Im Durchschnitt	Mischberuf
Gartenbau	Gewinnt	Im Durchschnitt	Männerberuf
Bauplanung und -überwachung, Architektur	Verliert	Überdurchschnittlich	Männerberuf
Vermessung und Kartografie	Verliert	Im Durchschnitt	Mischberuf
Hochbau	Gewinnt	Überdurchschnittlich	Männerberuf
Tiefbau	Gewinnt	Überdurchschnittlich	Männerberuf
Aus- und Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rollladen- und Jalousiebau	Verliert	Überdurchschnittlich	Männerberuf
Ver- und Entsorgung	Verliert	Überdurchschnittlich	Männerberuf
Biologie	Verliert	Im Durchschnitt	Mischberuf
Physik	Verliert	Im Durchschnitt	Mischberuf
Geologie, Geografie und Meteorologie	Verliert	Im Durchschnitt	Mischberuf
Umweltschutztechnik	Verliert	Überdurchschnittlich	Mischberuf
Umweltmanagement und -beratung	Verliert	Im Durchschnitt	Mischberuf
Medien-, Dokumentations- und Informationsdienste	Verliert	Unterdurchschnittlich	Mischberuf
Arzt- und Praxishilfe	Verliert	Unterdurchschnittlich	Frauenberuf
Gesundheits- und Krankenpflege, Rettungsdienst und Geburtshilfe	Gewinnt	Unterdurchschnittlich	Frauenberuf
Erziehung, Sozialarbeit, Heilerziehungspflege	Gewinnt	Unterdurchschnittlich	Frauenberuf
Lehrtätigkeit an außerschulischen Bildungseinrichtungen	Gewinnt	Unterdurchschnittlich	Mischberuf
Sprach- und Literaturwissenschaften	Verliert	Unterdurchschnittlich	Mischberuf
Geisteswissenschaften	Verliert	Im Durchschnitt	Mischberuf
Gesellschaftswissenschaften	Verliert	Unterdurchschnittlich	Mischberuf

Quelle: BMAS-Mittelfristprognose, eigene Darstellung, GWS

Für die 21 relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario geben die Ergänzungsindikatoren ein gemischtes Bild. Negativ ist, dass in 15 dieser Berufsgruppen die berufliche Mobilität zurückgeht, was sich negativ auf das Arbeitskräfteangebot auswirkt. Zudem weisen nur 12 Berufsgruppen keinen Gender Employment Gap auf bzw. sind als Mischberuf einzuordnen. Auch dies ist negativ für das zukünftige Arbeitskräfteangebot. Die Jahresarbeitszeiten weisen insgesamt ein gemischtes Bild auf. In 8 Berufsgruppen liegen die Jahresarbeitszeiten im Durchschnitt, in 7 darunter und in 6 darüber.

Im Berufssegment „Bau- und Ausbauberufe“ sind 5 von 6 Berufsgruppen als „Männerberufe“ einzustufen, was eine Neubesetzung erschwert. Zudem ist die berufliche Mobilität in 4 der 6 Berufsgruppen dieses Berufssegments rückläufig. Dies verschärft die Fachkräfteengpässe, was sich in den hohen Suchdauern (vgl. Abbildung 24) widerspiegelt. 5 Berufsgruppen weisen zudem eine überdurchschnittliche Jahresarbeitszeit und damit wenig Potenzial für deren weitere Steigerung auf.

Das Berufssegment „Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe“ ist geprägt von unterdurchschnittlichen Jahresarbeitszeiten. 4 der 5 zugehörigen Berufsgruppen sind entsprechend einzukategorisieren. Die berufliche Mobilität nimmt in drei der fünf Berufsgruppen ab. Positiv ist allerdings, dass die zugehörigen Berufsgruppen insgesamt vergleichsweise geringe Suchdauern im Jahr 2040 aufweisen.

Die „Medizinischen und nicht-medizinischen Gesundheitsberufe“ sind 2040 geprägt von hohen Suchdauern bzw. Fachkräfteengpässen. Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, dass es einen hohen Gender Employment Gap gibt und beide untergeordneten Berufsgruppen als „Frauenberufe“ einzustufen sind. Die durchschnittlichen Jahresarbeitszeiten sind zudem in den beiden untergeordneten Berufsgruppen unterdurchschnittlich.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Folgen des Klimawandels sind bereits heute spürbar und es ist zu erwarten, dass die Belastung durch Hitze, Starkregenereignisse, Dürren und anderen Wetterkatastrophen in Zukunft weiter zunimmt. Auch wenn die Klimaanpassung in vielen Kommunen derzeit noch nicht ausreichend verfolgt wird – nur rund ein Viertel der Kreise hat ein explizites Anpassungskonzept (Huth et al. 2023) –, ist zu erwarten, dass Anpassungsmaßnahmen in naher Zukunft mit höherer Dringlichkeit eingestuft werden. Nicht zuletzt dürfte das derzeit diskutierte Klimaanpassungsgesetz des Bundes und damit zukünftig einhergehende Maßnahmen und Förderprogramme diesen Bestrebungen einen zusätzlichen Schub verleihen.

Innerhalb dieser Ausarbeitung wird der Versuch unternommen, die ökonomischen Folgen von im Rahmen dieses Forschungsvorhabens definierten Annahmen über ausgewählte Klimaanpassungsmaßnahmen bis zum Jahr 2040 abzubilden. Im Fokus liegt dabei der Arbeitsmarkt und drohende Engpässe, die aus der zusätzlichen Arbeitskräftenachfrage resultieren. Die eingestellten Annahmen orientieren sich an den Handlungserfordernissen, die innerhalb der Klimawirkungs- und Risikoanalyse (Kahlenborn et al. 2021) identifiziert werden. Die Auswahl der Annahmen unterliegt aber verschiedenen Bedingungen (vgl. Kapitel 3), sodass die Umsetzung aller hier berechneten Annahmen nicht genügen, um eine ausreichende Anpassung an die Klimawandelfolgen zu erreichen. Für alle getroffenen Annahmen gilt, dass sie in naher Zukunft angegangen werden können, bundesweit relevant sind und keine erheblichen Eingriffe in die Umwelt mit sich bringen, d. h. nicht dem Klimaschutz zuwiderlaufen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Klimaanpassungen in den urbanen Räumen einen starken Ausbau der grün-blauen Infrastruktur, u. a. der Dach- und Fassadenbegrünung, mit sich bringen. Außerdem dürfte die Zahl der Stadtbäume sowohl im Straßenbild als auch in Parkanlagen deutlich ansteigen und zudem gibt es (weitere) Investitionen zur Umsetzung des Schwammstadt-Konzepts, sodass mehr Wasser über ein gezieltes Regenwassermanagement gespeichert werden kann und in Trockenperioden zur Verfügung steht. Im Arbeitsalltag können Hitzetage dazu führen, dass Arbeitende, die den klimatischen Bedingungen bei ihren Tätigkeiten direkt ausgesetzt sind, berufliche Tätigkeiten ab Erreichen einer bestimmten Temperatur (hier 35 Grad) nicht ausführen können. Es wird nötig sein, in den betroffenen Branchen über den richtigen Umgang mit der neuen Herausforderung zu schulen und in der öffentlichen Verwaltung entsprechende Kompetenzen zu schaffen. In der Land- und Forstwirtschaft ist die Klimaanpassung in bestimmten Gebieten substanziell, um weiterhin produzieren zu können. Ernteausfälle und Baumschäden könnten andernfalls zu groß werden und einen wirtschaftlichen Betrieb unmöglich machen. Zudem wird noch die Gesundheit der Bevölkerung ins Annahmenset aufgenommen. Mit den gesteigerten gesundheitlichen Belastungen durch Hitze müssen Risikogruppen individuell beraten und medizinisch betreut werden. Der Klimawandel steigert zudem die Notwendigkeit der Katastrophenvorsorge.

All diese Maßnahmen dürften im Zeitraum zwischen 2022 bis 2040 eine kumulierte Steigerung der realen Wirtschaftsleistung in Höhe von ca. 150 Milliarden Euro gegenüber dem Referenzszenario auslösen. Zwar ist dies eine positive Botschaft, allerdings ist hervorzuheben, dass durch diese, durch den Klimawandel nötig gewordenen Maßnahmen Ressourcen gebunden und infolgedessen ein Teil der Wertschöpfung in anderen Bereichen unterbunden wird.

Im Jahr 2040 führen die Klimaanpassungsmaßnahmen zu einer zusätzlichen Nachfrage von rund von 57 000 Erwerbstätigen. Im Jahr 2030 sind es sogar fast 70 000 Erwerbstätige gegenüber dem Basisszenario. Vor dem Hintergrund bereits zunehmender Fachkräfteengpässe stellt dies eine zusätzliche Herausforderung auf dem Arbeitsmarkt dar.

Die relevantesten Berufsgruppen im Klimaanpassungsszenario kommen vornehmlich aus den Berufssegmenten „Land-, Tier- und Forstwirtschaftsberufe“, „Bau- und Ausbauberufe“, „IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe“, „soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe“, „unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe“, „medizinische und nicht-medizinische Gesundheitsberufe“. Fachkräfteengpässe sind vordergründig in den „Bau- und Ausbauberufen“ zu erwarten. Für die Berufsgruppen „Bauplanung und -überwachung, Architektur“, „Hochbau“, „Tiefbau“ sowie „Aus-, Trockenbau, Isolierung, Zimmer-, Glas- und Rollladenbau“ ist das Risiko einer Nicht-Neubesetzung einer ausgeschriebenen Stelle im Jahr 2040 höher als die Aussicht auf eine Neubesetzung. Dasselbe gilt für die Berufsgruppen „Gartenbau“ sowie „Gesundheits-, Krankenpflege, Rettungsdienst, Geburtshilfe“.

Dieser Bericht möchte allen voran darauf aufmerksam machen, dass die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen, unabhängig davon wie diese schlussendlich konkret ausgestaltet sein werden, nur erfolgen kann, wenn einerseits genügend Arbeitskräfte zur Verfügung stehen und diese zudem über die für die Umsetzung erforderlichen Kompetenzen verfügen. In den verschiedenen Branchen und Berufen variiert sowohl die Betroffenheit von Klimawandelfolgen, als auch der konkrete Bedarf an der Vermittlung neuer, für die Umsetzung von Maßnahmen erforderlicher Kompetenzen. Diese Klimaanpassungskompetenzen müssen für relevante Berufe identifiziert werden. Außerdem gilt es Wege zu finden, die Klimaanpassungskompetenzen in die berufliche Bildung zu integrieren. Dabei sollte an verschiedenen Stellen angesetzt werden, wie z. B. bei der Neuordnung von Ausbildungen, aber auch bei der Nachqualifizierung durch Fort- und Weiterbildung. Aufgrund der Dringlichkeit der Anpassung an den Klimawandel sollte die Bedeutung dieser Aufgabe hervorgehoben werden. Die Szenarioanalysen sollen einen konkreten Beitrag dazu leisten, zukünftig zu erwartende Arbeitskräfteengpässe aufzuzeigen. Dies soll dazu beitragen, den verantwortlichen Akteuren in Politik und Praxis eine Wissensgrundlage zu liefern, die ihnen ermöglicht, frühzeitig dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken.

Die Tatsache, dass die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zu einem größeren Fachkräftebedarf führt, bedeutet nicht automatisch, dass auch veränderte Kompetenzanforderungen in diesem Beruf (Bedingung 2) erwartet werden. Aus diesem Grund ist es erforderlich, weitere „systematische“ und „pragmatische“ Auswahlkriterien für die Beurteilung festzulegen. Im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens soll auf Basis der hier vorgestellten Ergebnisse exemplarisch für einige Ausbildungsberufe nach BBiG/HwO – angedacht sind hierfür die Dachdecker/-innen; die Fachkräfte für Wasserversorgungstechnik (nach dem Neuordnungsverfahren ab 2024 Umwelttechnolog/-in für Wasserversorgung) und die Fachkraft für Abwassertechnik (ab 2024 Umwelttechnolog/-in für Abwasserbewirtschaftung) – untersucht werden, welche neuen beruflichen Kompetenzen im Kontext der Klimaanpassung zukünftig erforderlich werden. Zunächst werden die Ordnungsmittel, wie insbesondere die Ausbildungsordnungen, angeschaut, um zu identifizieren, inwieweit Klimaanpassung bzw. Klimaanpassungskompetenzen dort bereits angelegt und berücksichtigt sind. Ordnungsmittel werden technikoffen und neutral formuliert und gelten für alle Betriebe, die in diesem Beruf ausbilden, unabhängig von der Betriebsgröße sowie von lokalen Besonderheiten. Darüber hinaus stellen sie lediglich die Mindeststandards für die berufliche Ausbildung dar und spiegeln somit die individuelle Ausbildungspraxis nicht umfänglich wider. Jede und jeder Auszubildende erwirbt je nach Schwerpunkt des Betriebs und nach der Region weitere Kompetenzen. Je nach Zeitpunkt des letzten Neuordnungsverfahrens (NOV) antizipieren Ordnungsmittel weiter in der Zukunft liegende fachliche Anforderungen nur bedingt. Insbesondere, wenn diese lediglich ein Nischenprodukt umfassen oder von wenigen spezialisierten Betrieben durchgeführt werden. Durch Zusatzqualifikationen und überbetriebliche Ausbildung (ÜBA) besteht die Möglichkeit, neue Anforderungen aufzugreifen und noch vor der flächendeckenden Umsetzung im Rahmen eines NOV in die Ausbildung zu

integrieren. Wenn dies (noch) nicht der Fall ist, werden die im weiteren Verlauf an Relevanz gewinnenden Anforderungen erst in der nachfolgenden Modernisierung der Ausbildungsordnung aufgegriffen. Aus diesem Grund ist im Rahmen dieses Projekts neben der Analyse der Ordnungsmittel zusätzlich ein Fachaustausch mit Expertinnen und Experten über zukünftig erforderliche Klimaanpassungskompetenzen vorgesehen. Nachdem der zukünftige Kompetenzbedarf festgestellt wurde, soll identifiziert werden, wie diese Kompetenzen im Rahmen der beruflichen Bildung vermittelt werden können. Über die Ergebnisse soll ein zweiter Bericht informieren.

6 Quellenverzeichnis

Ahlert, G./Distelkamp, M./Lutz, C. et al. (2009): Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hg.): Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. IAB-Bibliothek 318, Nürnberg, 15–175. DOI: 10.3278/300664w.

Becker, L./Bernardt, F./Bieritz, L. et al. (2022): INFORGE in a Pocket. Hg. v. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS). GWS-Kurzmitteilung 2022/02. Osnabrück. Online: <https://www.gws-os.com/de/publikationen/gws-kurzmitteilungen/detail/inforge-in-a-pocket> (15.09.2022).

Behnisch, M./Münzinger, M./Poglitsch, H. (2020): Die vertikale Stadt als solare Energiequelle? Theoretische Flächenpotenziale für bauwerksintegrierte Photovoltaik und Abschätzung der solaren Einstrahlung. *Transforming Cities* 4, 2020, 62–66.

Bernardt, F./Rausch-Berhie, F. (2023): Wie Klimaanpassung den Arbeitsmarkt verändert – eine modellgestützte Szenarioanalyse. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online* 45, 2023, 1–19. Online: https://www.bwpat.de/ausgabe45/bernhardt_rausch-berhie_bwpat45.pdf.

Bernardt, F./Rausch-Berhie, F./Wolter, M. I. (2023): Integration von Klimaanpassungswissen und -kompetenzen in die berufliche Bildung im Rahmen des Forschungsvorhabens „Analyse und Einsatz von Klimadiensten zum Kapazitätsaufbau, Bildung und Vernetzung zur Klimawandelanpassung“. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. Hannover. Online: <https://downloads.gws-os.com/fruehjahrenskongressgfa2023C.5.2.pdf> (18.08.2023).

Bolte, A./Höhl, M./Hennig, P. et al. (2021): Zukunftsaufgabe Waldanpassung. *AFZ-DerWald* 4/2021, 2021. Online: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn063364.pdf (02.10.2023).

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2022): Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2021. Bonn. Online: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Waldbrandstatistik/Waldbrandstatistik-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (02.10.2023).

Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) (2022): Jahresbericht 2021. Bonn. Online: https://thw.de/SharedDocs/Downloads/DE/Hintergrund/Jahresberichte/jahresbericht_2021.pdf;jsessionid=7C34F38F5E1E157968E0E35AC7AFC7E7.1_cid377?__blob=publicationFile (02.10.2023).

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2015): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung – Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Ergebnisbericht der fallstudiengestützten Expertise "Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen als kommunale Gemeinschaftsaufgabe". Bonn. Online: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2015/DL_UeberflutungHitzeVorsorge.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (02.10.2023).

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2018): Starkregeneinflüsse auf die bauliche Infrastruktur. Ein Projekt des Forschungsprogrammes "Zukunft Bau" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). 1. Auflage, Stand: Januar 2018. Bonn. Online: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2018/starkregeneinfluesse-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (02.10.2023).

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMVI) (2021, 9. Dezember): Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR). Online: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/regionalstatistische-raumtypologie.html> (10.12.2021).

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2019): Agenda – Anpassung von Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur an den Klimawandel. Online:

https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/AMK-12-04-19-Agenda-Anpassung-Klimawandel.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (02.10.2023).

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2020): Dem Wandel begegnen – Maßnahmen für die Anpassung von Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei und Aquakultur an den Klimawandel. Online: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/klimaanpassung-dem-wandel-begegnen.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (02.10.2023).

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2023): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2022. Bonn. Online: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldzustandserhebung-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (02.10.2023).

Bundesministerium für Gesundheit (BMG) (2023): Hitzeschutzplan für Gesundheit des BMG – Stand: 27. Juli 2023.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUB) (2017): Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt – für eine lebenswerte Zukunft. Berlin. Online: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (02.10.2023).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUB) (2023): Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz. Kabinettsbeschluss vom 29. März 2023. Online: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/ank_2023_kabinett_lang_bf.pdf (13.09.2023).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2022, 19. April): Aufgaben von Klimaanpassungsmanager*innen. Online: <https://www.bmuv.de/meldung/aufgaben-von-klimaanpassungsmanagerinnen> (05.06.2023).

Die Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel – vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Berlin. Online: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaanpassung/das_gesamt_bf.pdf (02.10.2023).

Ebert, H.-P./Büttner, B./Kastner, R. et al. (2018): Technologiebericht 5.1 – energieeffiziente Gebäude und Gebäudetechnik innerhalb des Forschungsprojekts TF_Energiewende. In: Wuppertal Institut, ISI, IZES (Hrsg.): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken. Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V., Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken. Online: https://epub.wupperinst.org/files/7063/7063_gebaudetechnik.pdf (02.10.2023).

Flaute, M./Reuschel, S./Stöver, B. (2022): Volkswirtschaftliche Folgekosten durch Klimawandel: Szenarioanalyse bis 2050 – Studie im Rahmen des Projektes Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS). GWS Research Report 2022/02. Osnabrück. Online: <https://papers.gws-os.com/gws-researchreport22-2.pdf> (22.08.2023).

Freie und Hansestadt Hamburg (2017): Hamburgs Gründächer – eine ökonomische Bewertung. Hamburg.

Grünwald, S. (2016, 6. Oktober): Der Coppelpark wurde herausgeputzt. Mein Verein Lebenswertes Solingen. Rheinische Post, 2016, 6. Oktober. Online: https://rp-online.de/nrw/staedte/solingen/der-coppelpark-wurde-herausgeputzt_aid-18352939 (02.10.2023).

Huth, K./Joeres, A./Thom, P. et al. (2023): Hitze, Dürre, Starkregen: So schlecht ist Deutschland vorbereitet. correctiv.org, 12.07.2023. Online: <https://correctiv.org/aktuelles/klimawandel/2023/07/12/wasser-mangel-hitze-starkregen-duerre-deutschland-landkreise-unvorbereitet-extremwetter/> (17.10.2023).

lungman, T./Cirach, M./Marando, F. et al. (2023): Cooling cities through urban green infrastructure: a health impact assessment of European cities. *The Lancet* 401 (10376), 577–589. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)02585-5.

Johann Heinrich von Thünen-Institut (2023): Neue Bäume braucht das Land? Wie man einen Wald auf den Klimawandel vorbereitet. Online: <https://www.thuenen.de/de/newsroom/mediathek/podcast/folge-11-neue-baeume-braucht-das-land>, zuletzt aktualisiert am 05.01.2023 (10.11.2023).

Kahlenborn, W./Porst, L./Voß, M. et al. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland – Teilbericht 6: Integrierte Auswertung – Klimarisiken, Handlungserfordernisse und Forschungsbedarfe. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). *Climate Change* 25/2021. Dessau-Roßlau. Online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/kwra2021_teilbericht_zusammenfassung_bf_211027_0.pdf (13.09.2023).

Kalinowski, M./Mönnig, A./Söhnlein, D. (2021): Annahmen, Modellierung und Ergebnisse der Angebotsprojektion nach Qualifikationsstufen und Berufen bis zum Jahr 2040 – Version 1.0. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). Bonn. Online: https://www.bibb.de/dokumente/pdf/Kalinowski_Moennig_Soehnlein_Annahmen_und_Methoden_Angbotsprojektion.pdf (13.02.2023).

Landeshauptstadt München (2020): Verbesserung des Baumbestands und der Baumauswahl im öffentlichen Raum. Sitzungsvorlage 14–20 / V 16869. Online: <https://risi.muenchen.de/risi/dokument/v/5857987> (02.10.2023).

Landeshauptstadt Stuttgart (2013): Ermittlung der Kosten einer Baumpflanzung im Straßenraum. Anlage 4 zur GRDRs 396/2013. Online: [https://www.dominio1.stuttgart.de/web/ksd/ksdredsystem.nsf/dc5e48bde54b0b2941256a6f0036f408/e26292f13114a564c1257c37004d35b0/\\$FILE/Anlage%204_Kostenberechnung.pdf](https://www.dominio1.stuttgart.de/web/ksd/ksdredsystem.nsf/dc5e48bde54b0b2941256a6f0036f408/e26292f13114a564c1257c37004d35b0/$FILE/Anlage%204_Kostenberechnung.pdf) (02.10.2023).

Maier, T./Kalinowski, M./Zika, G. et al. (2022): Es wird knapp – Ergebnisse der siebten Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen bis zum Jahr 2040. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). BIBB-Report 3 | 2022. Bonn. Online: <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/download/18168> (02.11.2022).

Maier, T./Steeg, S./Zika, G. (2023): Die Modellierung adjustierter Suchdauern als Indikator für die Fachkräftesituation im Beruf. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) (Hg.): *Das QuBe-Projekt: Modelle, Module, Methoden*. IAB-Bibliothek 374, Nürnberg, 176–209.

Mann, G./Gohlke, R./Wolff, F. (2022): BuGG-Marktreport Gebäudegrün 2022. Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung Deutschland. Bundesverband GebäudeGrün e.V. (BuGG). Berlin. Online: https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Marktreport/BuGG-Marktreport_Gebaeudegruen_2022.pdf (02.10.2023).

Matthes, B./Meinken, H./Neuhauser, P. (2015): Methodenbericht – Berufssektoren und Berufssegmente auf Grundlage der KldB 2010. Bundesagentur für Arbeit (BA). Nürnberg. Online: https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Grundlagen/Methodik-Qualitaet/Methodenberichte/Uebergreifend/Generische-Publikationen/Methodenbericht-Berufssektoren-und-Berufssegmente.pdf?__blob=publicationFile (02.10.2023).

Mönnig, A./Wolter, M. I. (2019): TINFORGE – Trade in INFORGE. Methoden-Update 2019. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS). GWS Discussion Paper 2019/1. Osnabrück.

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2022): Ergebnisprotokoll UMK'22 Niedersachsen – 99. Umweltministerkonferenz am 25. November 2022 in Goslar. Stand: 12. Dezember 2022. Hannover. Online: https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/ergebnisprotokoll-99-umk,-stand-12122022_1670952068.pdf (02.10.2023).

- Rausch-Berhie, F./Teliëps, J./Schneider, V. et al.: Wirkung von Klimaanpassungsmaßnahmen auf den Arbeitsmarkt. Poster. Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP) 4/2023. Online: www.bwp-zeitschrift.de/dienst/publikationen/de/19239.
- Schwarz, T. (2021): Klimaschutz in der Berliner Planungspraxis. In: Mitschang, S. (Hg.): Klimaschutz und Klimaanpassung in der Regional- und Bauleitplanung. Berliner Schriften zur Stadt- und Regionalplanung 40, Baden-Baden, 165–180.
- Statistisches Bundesamt (StBA) (2017): Berufliche Weiterbildung in Unternehmen 2015. Fünfte Europäische Erhebung über die berufliche Weiterbildung in Unternehmen (CVTS5). Wiesbaden. Online: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Weiterbildung/Publikationen/Downloads-Weiterbildung/weiterbildung-unternehmen-5215201159004.pdf?__blob=publicationFile (02.10.2023).
- Statistisches Bundesamt (StBA) (2020): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. Online: <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Qualitaet/Qualitaetsberichte/Land-Forstwirtschaft-Fischerei/flaechenerhebung.pdf> (10.12.2021).
- Studtrucker, M./Kalinowski, M./Schneemann, C. et al. (2022): QuBe-Bevölkerungsprojektion für die Kreise und kreisfreien Städte Deutschlands. IAB-Discussion Paper 19|2022. Nürnberg. DOI: 10.48720/IAB.DP.2219.
- van Rùth, P./Schönthaler, K./Andrian-Werburg, S. von et al. (2023): Monitoringbericht 2023 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/das-monitoringbericht_2023_bf.pdf.
- Watts, N./Amann, M./Arnell, N. et al. (2018): The 2018 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change. 392. Aufl. Hg. v. The Lancet. 10163. Online: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/piiS0140-6736\(18\)32594-7/fulltext?mod=article_inline](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/piiS0140-6736(18)32594-7/fulltext?mod=article_inline) (21.08.2023). DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32594-7.
- Winklmayer, C./Matthies-Wiesler, F./Muthers, S. et al. (2023): Hitze in Deutschland: Gesundheitliche Risiken und Maßnahmen zur Prävention. DOI: 10.25646/11645.
- Wolter, M. I./Bernardt, F./Daßler, J. et al. (2023): Klimafolgen und Anpassung – 2023 – Aus den Arbeiten zur Basisprojektion des INFORGE-Modells 2023. Hg. v. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH. GWS Research Report 2023/06. Osnabrück. Online: <https://papers.gws-os.com/gws-researchreport23-6.pdf> (18.08.2023).
- Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) (2020, 28. Mai): Dachdeckerhandwerk: Ausfallgeld nun auch bei großer Hitze im Sommer. Gemeinsame Presserklärung des Zentralverbands des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) und der Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU). Online: <https://dachdecker.org/presse/presseservice/pressemitteilungen/dachdeckerhandwerk-ausfallgeld-nun-auch-bei-grosser-hitze-im-sommer-8581647/> (28.09.2023).
- Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) (2023): Faktenblatt Dachbegrünung. Dachbegrünung: klimafreundlich und kostensparend. Köln. Online: https://dachdecker.org/download/apbc6jvo1rvhhv10fiummvq1753/Faktenblatt_Dachbegrueung_1_23_Final.pdf (09.11.2023).
- Zika, G./Hummel, M./Maier, T. et al. (2023): Das QuBe-Projekt: Modelle, Module, Methoden. Hg. v. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB). IAB-Bibliothek 374. Nürnberg. Online: <https://www.wbv.de/shop/openaccess-download/173712> (26.10.2023).

Zika, G./Maier, T./Mönnig, A. (2017): Auswirkungen der Zuwanderung Geflüchteter auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt – Berechnungen mit den BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). Wissenschaftliche Diskussionspapiere 184. Bonn. Online: <https://www.bibb.de/dienst/publikationen/de/download/8283> (13.02.2023).

Zika, G./Maier, T./Wolter, M. I. et al. (2021): Mittelfristprognose: Arbeitsmarktdynamik bis 2025. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). Forschungsbericht 526/4. Online: <https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb526-4-mittelfristprognose-arbeitsmarktdynamik-bis-2025.pdf> (14.09.2023).

Zika, G./Schneemann, C./Weber, E. et al. (2022): Die Folgen des Kriegs in der Ukraine und der Energiekrise für Wirtschaft und Arbeitsmarkt in Deutschland. IAB-Forschungsbericht 11|2022. Nürnberg. DOI: 10.48720/IAB.FB.2211.