

Die Arbeitsmarktpotenziale Norddeutschlands für eine zukünftige Wasserstoffwirtschaft

André Wolf, Nils Zander

Über die Autoren

Dr. André Wolf leitet den Fachbereich „Technologische Innovation, Infrastruktur und industrielle Entwicklung“ am Centrum für Europäische Politik (CEP) in Berlin. Zuvor leitete er am Hamburgischen WeltWirtschaftsinstitut (HWWI) den Fachbereich „Energie, Klima, Umwelt“.

Nils Zander war am HWWI als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich „Umwelt und Klima“ tätig. Er hatte zwischen 01-09/2022 die Position der stellv. AG-Leitung der Arbeitsgruppe 4 „Volkswirtschaft, Arbeitsmarkt & Qualifizierung“ inne.

Abstract

Grüner Wasserstoff kann dank seiner vielfältigen Einsatzmöglichkeiten nicht nur eine wichtige Rolle im Energiesystem der Zukunft spielen, sondern auch die Grundlage für neue wertschöpfungsintensive Lieferketten darstellen. Der norddeutsche Raum ist hierfür als Standort besonders prädestiniert. Zentrale Voraussetzung für die Ausschöpfung der Potenziale ist die Existenz eines ausreichenden Bestandes an passgenau qualifizierten Arbeitskräften. Dieser Artikel enthält eine erste deskriptive Untersuchung des wasserstoffrelevanten Arbeitsangebots in den norddeutschen Bundesländern, basierend auf einer Abgrenzung nach amtlicher Berufsklassifikation. Neben der Analyse von Trends der jüngeren Vergangenheit wird der Blick auch in die Zukunft gerichtet. Grundsätzlich liegt das Arbeitsangebot im Norden in seiner gegenwärtigen berufsbezogenen Spezialisierung nahe am Bundesdurchschnitt. Dabei zeigten sich jedoch recht differenzierte Angebotsentwicklungen in den einzelnen Ländern. Hamburg und Schleswig-Holstein weisen in jüngster Zeit grundsätzlich die positivsten Trends im wasserstoffrelevanten Arbeitsangebot auf. Auch in den Mittelfristprognosen zeigen sich dort die relativ günstigsten Entwicklungen. Für die übrigen Nordländer zeichnet die Analyse ein durchwachsendes Bild. Zur Abschätzung des Ausmaßes an regionalen Beschäftigungseffekten sind künftig intensive Forschungsanstrengungen vor allem im Bereich der Arbeitsnachfrage notwendig.

JEL-Codes: J21, O11, Q43

Keywords

Grüner Wasserstoff, regionales Arbeitsangebot, Wertschöpfungsketten

1 Einleitung

Das Ziel, die Verbreitung erneuerbarer Energien in Deutschland über den Stromsektor hinaus voranzutreiben, hat der Power-to-Gas Technologie (PtG) in den letzten Jahren eine Zunahme an politischer Aufmerksamkeit beschert. Die Wasserstoffgewinnung mittels Elektrolyse von Wasser unter Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien ermöglicht es, natürlich-fluktuierende Energie aus Wind und Sonne in einen stabilen und gut speicherbaren Energieträger umzuwandeln. Dieser „grüne“ Wasserstoff (H₂) steht obendrein potenziell für eine Vielzahl an möglichen Endanwendungen in Industrie, Verkehr und Gebäudebeheizung zur Verfügung, sowohl in

energetischer Form als auch als industrieller Rohstoff. Als Folge sind neue Wertschöpfungsketten für die Verwertung von Grünstrom im Entstehen begriffen, die neben den Prozessen der Energieumwandlung auch Wasserstofftransport und -anwendung in den Endverbrauchssektoren umfassen. Die Politik hat die sich daraus ergebenden volkswirtschaftlichen Potenziale erkannt und in diversen Wasserstoffstrategien auf nationaler und regionaler Ebene hervorgehoben.

Wasserstoff kann jedoch zumeist die gegenwärtig dominierenden Materialien und Energieträger nicht unmittelbar ersetzen. Stattdessen ist im Regelfall eine technische Umrüstung erforderlich, die nicht nur Investitionsbedarfe nach sich zieht, sondern auch

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

neue Anforderungen an die Qualifikation von Beschäftigten in den betroffenen Sektoren stellt. Je nach Wirtschaftsstruktur und spezifischen Nutzungspotenzialen kann eine zukünftige Wasserstoffwirtschaft damit spürbaren Einfluss auf Umfang und Struktur der regionalen Arbeitsnachfrage ausüben. Der Aspekt der regionalen Heterogenität wurde in den wenigen Studien, die sich bislang mit der volkswirtschaftlichen Bedeutung von grünem Wasserstoff befasst haben, kaum quantitativ beleuchtet.

Diese Studie setzt hier mit einer ersten deskriptiven berufsbezogenen Arbeitsmarktanalyse für die fünf norddeutschen Bundesländer an. Der norddeutsche Raum eignet sich durch sein hohes Windstrompotenzial und seiner Vielzahl an PtG-Pilotprojekten, aber auch durch die große Zahl an potenziellen industriellen Abnehmern, in besonderem Maße für eine solche Analyse. Die quantitativen Auswirkungen von H₂-Wertschöpfungsketten auf die Arbeitsnachfrage einer Region unterliegen gegenwärtig noch einer sehr hohen Prognoseunsicherheit. Die deskriptive Analyse der Autoren fokussiert sich aus diesem Grund auf die Angebotsseite. Die für die Anforderungen einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft besonders wichtigen Berufsgruppen werden identifiziert und deren Repräsentanz innerhalb der Gruppe der Beschäftigten und Arbeitslosen untersucht. Ergänzt wird dies durch eine Zukunftsbetrachtung über die Einbeziehung von Auszubildendendaten und externen Berufsprognosen. Ein Vergleich zur Situation auf Bundesebene liefert so Hinweise, inwieweit die norddeutschen Bundesländer aus der Perspektive des Arbeitsmarktes als Standort einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft besonders geeignet sind.

Der Artikel beginnt mit einer Diskussion der Verwertungsketten von Wasserstoff und davon betroffener Industrien (Abschnitt 2). Die

anschließende Literaturanalyse (Abschnitt 3) zeigt die gegenwärtigen Kenntnislücken bei den Arbeitsmarkteffekten auf. Abschnitt 4 stellt unsere Methode zur Identifikation relevanter Berufsgruppen vor. Abschnitt 5 dokumentiert die empirischen Ergebnisse in Form verschiedener aussagekräftiger Indikatoren, Abschnitt 6 schließt mit einem Fazit.

2 H₂-Wertschöpfungsketten

Das Einsatzgebiet von Wasserstoff beschränkt sich gegenwärtig noch weitgehend auf den industriellen Bereich. Dabei dominiert eindeutig die Nutzung als Rohstoff. Zwei Industrien stehen hier im Zentrum: die chemische Industrie und die Mineralölindustrie. In der chemischen Industrie wird reiner Wasserstoff zusammen mit Stickstoff für die Herstellung von Ammoniak und weiterer, daraus abgeleiteter Düngemittel eingesetzt. In Verbindung mit CO₂ wird mit Hilfe von Wasserstoff der wichtige chemische Grundstoff Methanol erzeugt. Die Erzeugung sonstiger synthetischer Kraftstoffe erfolgt über ähnliche Prozessrouten. In der Mineralölindustrie wird Wasserstoff sowohl als Rohstoff als auch als Energieträger in der Aufbereitung von Rohöl eingesetzt (IEA, 2019).

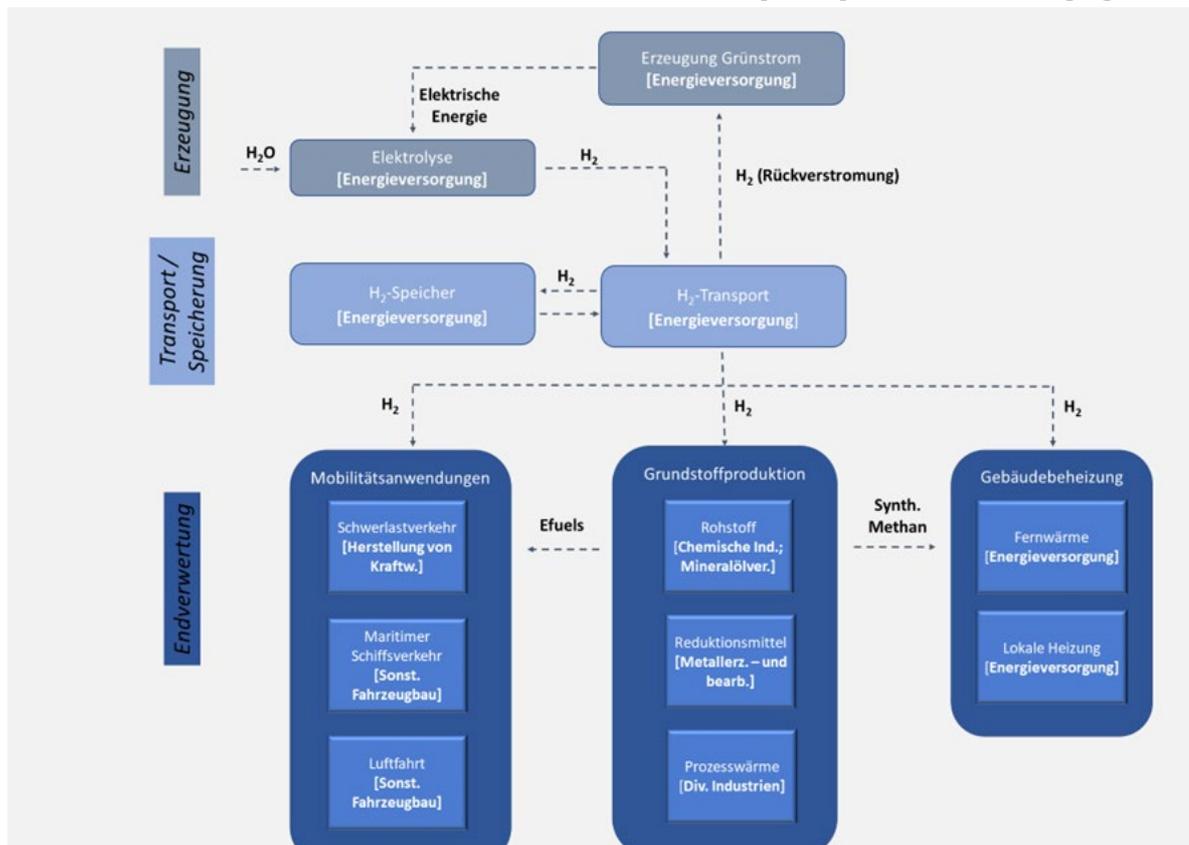
Als zukünftiges Anwendungsfeld kommt unter anderem die Nutzung als Energiespeicher mit anschließender Rückverstromung in Frage. Studien sehen grünen Wasserstoff primär für die längerfristige, saisonale Stromspeicherung geeignet (Schmidt et al., 2019). In diesem Fall vollziehen sich sowohl Erzeugung als auch Verbrauch innerhalb der Grenzen des Energiesektors. Andere Anwendungsfelder sind auf Sektorkopplung ausgerichtet. Dazu zählt etwa der Einsatz als Reduktionsmittel in der Stahlerzeugung, basierend auf der alternativen Technologie der Direktreduktion (Fischedick et al., 2014). Für industrielle Prozesse mit Bedarf an hoher und kontinuierlicher Wärmezufuhr kann

grüner Wasserstoff auch als langfristiger Ersatz für Erdgas bei der Bereitstellung von Prozesswärme sinnvoll eingesetzt werden (Chemical Engineer, 2019). Im Gebäudesektor ist grüner Wasserstoff angesichts von Effizienznighteilen gegenüber der Direktstromnutzung (Wärmepumpen, Elektrodenkessel) dagegen primär für die Übergangsphase interessant, als Beimischung zu Erdgas in Gas-Brennwertheizungen. Im Mobilitätssektor erscheint die Anwendung von Wasserstoff, aufgrund der hohen Energiedichte, als Kraftstoff vor allem im Schwerlasttransport, in der Luftfahrt sowie im maritimen Schiffsverkehr sinnvoll (Ajanovic & Haas, 2021). Dabei kann Wasserstoff sowohl unmittelbar über die Brennstoffzellentechnologie als auch mittelbar über die Weiterverarbeitung

Abbildung 1 fasst die verschiedenen Prozessrouten und Einsatzmöglichkeiten zusammen, sowie die betroffenen Wirtschaftssektoren abgegrenzt nach der Aggregationsebene der Wirtschaftsabteilungen in der amtlichen Wirtschaftszweigklassifikation (WZ 2008). Diese Sektoren dienen im Folgenden als Ausgangspunkt für die Ermittlung der relevanten Berufsgruppen. Eine beschreibende Liste wurde im Anhang ergänzt (Anhang 1).

3 Literaturüberblick

Der ökologisch nachhaltige Umbau der Wirtschaft impliziert, dass bis dato essenzielle Industriezweige langsam aus der Wirtschaftslandschaft eines Landes verschwinden werden. So haben sich beispielsweise viele Staaten in Europa verpflichtet, die Energiegewin-



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 1: Nutzungspfade von Wasserstoff und betroffene Wirtschaftssektoren

zu synthetischen Kraftstoffen zum Einsatz kommen.

nung durch Kohle zu beenden (im Falle Deutschlands bis 2038). Mit der

schwindenden ökonomischen Relevanz dieser Wirtschaftszweige gehen Fragen zur Beschäftigungsentwicklung und den assoziierten ökonomischen Folgen einher. Vor allem in Regionen, in denen sich die Beschäftigung auf einige wenige energieintensive Branchen und/oder Unternehmen konzentriert, kann dies weitreichende Auswirkungen auf den regionalen Wohlstand haben. Während einige der freigesetzten Arbeitskräfte in der Lage sein könnten, zügig eine vergleichbare Beschäftigung zu finden, besteht in anderen Fällen die Gefahr länger andauernder/dauerhafter Arbeitslosigkeit.

Gleichzeitig entstehen neue Industrien, wie die Branche der erneuerbaren Energien (EE), allerdings sind die Auswirkungen auf den regionalen Arbeitsmarkt oft schwer zu ermitteln. Zum einen entstehen durch die EE-Branche Arbeitsplätze (direkte Effekte), zum anderen entstehen neue Arbeitsplätze in Branchen, welche Vorleistungen für die EE-Branche produzieren (indirekte Effekte). Die Summe der beiden Effekte wird als Bruttobeschäftigungseffekt bezeichnet und ist statistisch messbar. Mithilfe von szenariobasierten Analysen können diese Beobachtungen um Einflüsse wie Substitutions- oder Budgeteffekte erweitert werden (Nettobeschäftigung). Je nach Szenario kann die Nettobeschäftigung damit auch negative Werte annehmen (DIW Econ, 2015). Diese Differenzierungen zeigen auf, dass die Definition eines spezifischen Arbeitsmarktes stark durch den angewendeten Szenariorahmen geprägt ist und demzufolge auch die Effekte am Arbeitsmarkt mit unterschiedlicher Schwere wiegen können.

Während zahlreiche Forschungsarbeiten aggregierte Beschäftigungseffekte zur Energiewende in Deutschland projiziert haben (Lehr et al., 2015; Brandstätt et al., 2018; Lehr et al., 2019; Becker, Lutz, 2021; Kaltenborn, 2021; Kemmler et al., 2021), sind nach Kenntnis der

Autoren nur wenige Arbeiten zu den Beschäftigungseffekten einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft veröffentlicht. Im Folgenden wird ein Überblick über die Literatur zum Thema Beschäftigung und Wasserstoff gegeben.

Tolley et al. (2008) untersuchten die Auswirkungen des Aufbaus einer Wasserstoffwirtschaft auf die Beschäftigung in den USA. Die Studie erstellte zwei Szenarien für den Zeitraum 2020-2050 und berechnete auf Basis dieser Szenarien aggregierte Beschäftigungseffekte. Das Autorenteam gab auch einen Ausblick auf die zukünftigen Qualifikationen und Anforderungen an die Beschäftigten. Mithilfe von Interviews wurde erörtert, dass bei den so genannten white-collar Berufen (hier: technische Berufe/Ingenieur*innen, etc.) Fähigkeiten im Bereich der Elektrotechnik bzw. Mechanik in Zukunft stärker gefragt sein werden. Für die blue-collar Berufe (hier: Produktionsarbeiter*innen, Wartungstechniker*innen, etc.) wird eine Verlagerung von der rein mechanischen Produktion hin zu einer überwiegend elektrotechnischen Produktion erwartet. Damit würde verstärkter Bedarf an digitalen Kompetenzen einhergehen. Obwohl eine Weiterqualifizierung oder Umschulung der Arbeitskräfte nach Ansicht der Befragten umsetzbar sei, könne im Vergleich zu den white-collar Berufen eine weit aus größere Anzahl von Arbeitnehmer*innen von den Maßnahmen betroffen sein.

Bezdek (2019) analysierte die Auswirkungen von Wasserstoff auf den Arbeitsmarkt in den USA. Neben einer Bewertung der aktuellen Markteintrittsbarrieren und der technologischen Herausforderungen enthält das Papier auch eine Auflistung potenzieller neuer Berufsfelder, die durch die Errichtung einer Wasserstoffanlage geschaffen würden. Der Großteil der zukünftig erwarteten Berufe wird im naturwissenschaftlich-technisch Segment verortet, mit tendenziell höheren

Anforderungen an die Berufsausbildung sowie einem Jahresgehalt oberhalb des US-amerikanischen Durchschnitts.

Grimm et al. (2021) untersuchten für Deutschland Stellenausschreibungen in Bezug auf die Wasserstofftechnologie und die diesbezüglichen Qualifikationen. Sie beschränkten sich dabei auf die Ergebnisse der JOBBÖRSE der Bundesagentur für Arbeit für zwei Zeiträume im Jahr 2019. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass gemessen an der Gesamtzahl der im Untersuchungszeitraum ausgeschriebenen Stellen die Nachfrage nach Wasserstoffqualifikationen recht gering ist. In den entsprechenden Anzeigen wurden vor allem Berufe aus den technischen Berufsgruppen wie Maschinenbau oder Elektrotechnik nachgefragt, aber auch kaufmännische Berufsgruppen waren aufgeführt. Mit Blick auf das Anforderungsniveau der untersuchten Stellenausschreibungen stellten Grimm et al. (2021) fest, dass die Unternehmen im Wesentlichen Mitarbeiter*innen mit einer Hochschulausbildung sowie Personen mit einer Berufsausbildung nachfragten. Schließlich wird auf die regionale Differenzierung hingewiesen und erklärt, dass die Daten eine Konzentration von Stellenanzeigen in Regionen mit hoher Bevölkerungsdichte und in Bundesländern mit geringerer Arbeitslosigkeit zeigten.

Diese Bedarfsanalysen vermitteln allein aber noch kein vollständiges Bild der zukünftigen regionalen Beschäftigungseffekte einer Wasserstoffwirtschaft. Hierzu müssen auch die angebotsseitigen Potenziale einer Region in der Betrachtung berücksichtigt werden. Dieses Papier führt im Folgenden eine erste regionale Angebotsanalyse für die norddeutschen Bundesländer auf Basis der

gegenwärtigen berufsbezogenen Arbeitsmarktsituation durch.

4 Methodik

4.1 Datengrundlage

Anhand der Hinweise in der Literatur lässt sich festhalten, dass zwar Interesse an den Arbeitsmarkteffekten einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft besteht, die Prognosen und Analysen der aktuellen Struktur aber vorwiegend qualitativ sind. Die Abgrenzung einer Wasserstoffwirtschaft in ihrer Wirtschafts- und Arbeitsmarktstruktur erweist sich insofern als schwierig, als dass es bis dato wenig Fachliteratur für das Themenfeld gibt, aus denen sich Annahmen ableiten ließen. Die Autoren nehmen diese Forschungslücke zum Anlass, einen ersten Schritt in Richtung einer Systematik der Berufe mit Bezug zur Wasserstoffwirtschaft zu gehen.

Dazu nutzen die Autoren Paneldaten der Bundesagentur für Arbeit zur Zahl an Beschäftigten, Arbeitssuchenden und Auszubildenden für die Jahre 2014-2020. Die Arbeitssuchenden wurden als Indikator gewählt, da sie das Arbeitsangebot besser abbilden als die Arbeitslosen¹. Es werden die Daten sowohl auf nationaler Ebene als auch für die Bundesländer Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern analysiert.

Die Sortierung der Daten erfolgt über die „Klassifikation der Berufe 2010“ (KldB 2010) der Bundesagentur für Arbeit. Diese umfangreiche Systematik unterteilt und definiert Berufe in fünf Aggregationsstufen mittels einer Zahlenfolge und der dazugehörigen Beschreibung. Eine längere Ziffernfolge bedeutet einen höheren Detailgrad. Bei höherer Spezifizierung werden für die jeweiligen

¹ Die Daten zu Arbeitssuchenden umfassen Daten zu Arbeitslosen sowie Daten zu Personen, die zwar beschäftigt sind, aber der zuständigen Agentur für Arbeit ihre anstehende Arbeitslosigkeit mitgeteilt haben.
Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022): <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Grundlagen/Methodik-Qualitaet/Methodische-Hinweise/AST-Meth-Hinweise/AST-Meth-Hinweise-Nav.html> (20.07.2022)

Berufsebenen engere Berufsfelder definiert und geben Auskunft über die anfallenden Aufgaben und Berufsbezeichnungen (*Tabelle 1*).

selbst auf 5-Steller-Niveau recht gering ist, gilt dies nicht für die Länderebene. In einigen stark spezialisierten Berufen sind (beispielsweise in den Stadtstaaten Hamburg und Bre-

Gliederungsebene	Beispiel	Bezeichnung	Anzahl Einträge
1-Steller	2	Berufsbereiche	10
2-Steller	25	Berufshauptgruppe	37
3-Steller	251	Berufsgruppe	144
4-Steller	2510	Berufsuntergruppe	702
5-Steller	25104	Berufsgattung	1300

Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2021), eigene Darstellung

Tabelle 1: KldB 2010 Systematik (überarbeitete Fassung 2020)

Diese Klassifikation wird von staatlichen, akademischen und anderen Akteuren, wie Arbeitnehmerverbänden, häufig verwendet und bietet eine sehr gute Vergleichbarkeit sowohl in räumlicher als auch in zeitlicher Dimension. Ähnlich im Konzept und Aufbau wurde in dieser Arbeit die „Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008“ (WZ 2008) für die Identifikation der relevanten Wirtschaftszweige herangezogen (Destatis, 2009).

Der verwendete Ansatz weist jedoch einige Einschränkungen auf, welche die Autoren hervorheben möchten. Zunächst stimmen die Daten zu den Beschäftigten und Arbeitssuchenden aufgrund des Erhebungszyklus der Bundesagentur für Arbeit nicht vollständig überein. Sie werden jeweils in der Mitte und am Ende des Monats erhoben, so dass eine Lücke von zwei Wochen besteht. Da der Fokus auf längerfristigen Strukturanpassungen liegt, ist diese Lücke allerdings vernachlässigbar. Schließlich ergibt sich eine gewisse Verzerrung durch Datenlücken, vor allem auf tiefgliedrigen Aggregationsebenen. Dies ist bedingt durch Anonymisierungen und Probleme in der Verfügbarkeit. Während auf nationaler Ebene die Anzahl der fehlenden Daten

men) teilweise nur wenige Personen beschäftigt bzw. arbeitssuchend, sodass die Bundesagentur für Arbeit diese Daten anonymisiert. Dies erschwert die Harmonisierung der Daten auf Bundes- und Länderebene sowie zwischen den Gliederungsebenen. Dies hat die Autoren dazu veranlasst, einige Berufsgruppen auszulassen, obwohl sie als relevant eingestuft wurden.

4.2 Identifikation der Wirtschaftssektoren und Berufsgruppen

Im Folgenden ist die Verteilung der Berufsgruppen (3-Steller-Niveau KldB 2010) innerhalb der Wirtschaftsabteilungen (2-Steller-Niveau WZ 2008) auf nationaler Ebene im Juni 2021 dargestellt. Die Sektoren wurden auf Grundlage der in Abbildung 1 illustrierten H2-Wertschöpfungsketten ausgewählt. Bei den Berufen erfolgte zunächst eine Vorauswahl anhand der Berufsbeschreibungen (Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2021). Ausgewählt wurden Berufsgruppen, welche inhaltliche Überschneidungen zu den in Abbildung 1 aufgeführten Nutzungspfaden für

WZ 2008/ KldB 2010	Insgesamt	Kokerei, Mineralölver.	Herstellung chem. Erz.	Metallerzeugung; -bearb.	Herst. Kraftwagen; -teile	Sonst. Fahrzeugbau	Energieversorgung
213	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%	0.02%	0.00%	/
214	0.34%	0.00%	0.05%	0.06%	0.21%	0.25%	0.04%
242	0.90%	0.09%	0.32%	7.66%	3.48%	2.52%	0.08%
244	0.49%	0.27%	0.17%	1.99%	1.54%	2.58%	0.22%
251	1.97%	2.89%	4.07%	6.86%	9.62%	4.29%	2.65%
252	0.78%	0.02%	0.02%	0.06%	5.05%	9.42%	0.17%
261	0.18%	0.97%	0.43%	0.34%	0.39%	0.35%	0.54%
262	0.64%	1.16%	0.80%	1.57%	1.30%	1.21%	9.98%
263	0.73%	0.40%	0.37%	0.39%	0.81%	1.38%	2.49%
271	0.43%	0.92%	0.46%	0.41%	3.41%	2.08%	0.36%
272	0.34%	0.07%	0.10%	0.57%	0.68%	1.17%	0.37%
273	0.89%	2.59%	3.86%	3.76%	5.47%	4.87%	1.10%
292	0.50%	0.06%	0.12%	0.0%	0.00%	0.00%	0.0%
321	0.74%	0.02%	0.02%	0.14%	0.02%	0.03%	0.11%
322	0.22%	0.11%	0.01%	0.01%	0.00%	0.01%	0.11%
341	0.46%	0.10%	0.11%	0.13%	0.13%	0.06%	0.21%
343	0.27%	0.45%	0.72%	0.30%	0.15%	0.40%	2.60%
413	0.45%	20.83%	17.12%	0.70%	0.15%	0.06%	0.25%
422	0.03%	0.04%	0.02%	0.02%	0.01%	0.01%	0.04%
423	0.03%	0.15%	0.09%	0.02%	0.01%	0.03%	0.20%
611	1.18%	3.36%	2.43%	1.27%	1.15%	1.77%	1.61%
713	2.59%	3.19%	3.64%	2.48%	3.85%	3.93%	10.31%
714	3.12%	1.43%	1.96%	1.47%	1.00%	1.57%	4.82%
722	0.70%	1.25%	0.87%	0.56%	0.73%	1.10%	1.78%
Summe	15.70%	40.06%	37.47%	30.44%	38.80%	38.73%	39.55%

Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022a), eigene Berechnung

Tabelle 2: Anteile an sektoraler Gesamtbeschäftigung je Berufsgruppe (Deutschland, 2021)

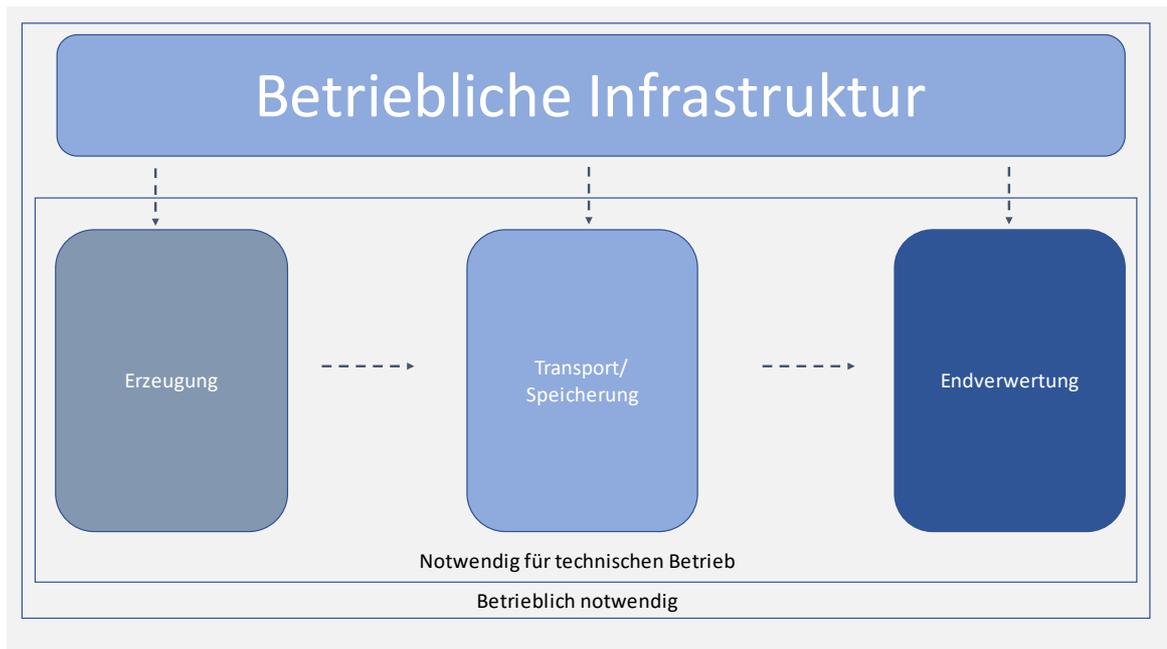
Wasserstoff haben. Dabei wurde in den Beschreibungen nach Stichworten gesucht, die auf eine inhaltlich/fachliche Überschneidung schließen lassen (z.B. Fertigung; Produktion; Planung; Konstruktion; Wartung; Elektrotechnik). Um diese Vorauswahl weiter einzugrenzen, wurde eine Kreuztabelle herangezogen (Tabelle 2), in welcher die berufsspezifischen prozentualen Anteile an der Gesamtbeschäftigung in den jeweiligen Branchen abgetragen sind. Wenn der Branchenanteil größer/gleich dem Anteil in der deutschen Beschäftigtenstruktur war, so wurde die Berufsgruppe als relevant für die jeweilige Branche eingestuft und wurde in die weitere Analyse

aufgenommen. Durch diese Herangehensweise konnten insgesamt 18 Berufsgruppen als relevant identifiziert werden. Eine detaillierte Liste mit den Berufsbezeichnungen befindet sich im Anhang (Anhang 2, Anhang 3).

In Tabelle 2 zeigen die grau eingefärbten Zellen die Berufsgruppen in einem Sektor an, bei denen der Anteil an der sektoralen Beschäftigung größer ist als ihr Anteil in der Gesamtbeschäftigung. Zudem sind zur Veranschaulichung sechs Berufsgruppen miteingefügt worden, welche zwar auf semantischer Ebene Überschneidungen aufwiesen, jedoch anhand ihrer branchenspezifischen

Beschäftigungsanteile nicht in die weitere Analyse mit aufgenommen wurden. Ihre Anteile sind demnach auch nicht in die Summenbildung mit eingeflossen. Die identifizierten Berufsgruppen machen unter den betrachteten Wirtschaftsabteilungen im Schnitt ~37 % der Beschäftigung aus, wobei sie nur

für den technischen Betrieb. Darüber hinaus benötigen die Unternehmen einen weiteren Bestand an Mitarbeiter*innen, die das eigentliche Geschäft betreiben (Personalwesen, Buchhaltung, etc.) und über eine breitere Qualifikation verfügen (betrieblich notwendig).



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 2: Schematische Abgrenzung der wasserstoffrelevanten Berufsfelder

~13 % der insgesamt verfügbaren Berufsgruppen auf 3-Steller-Niveau ausmachen (vgl. *Tabelle 1*).

Diese Auswahl an Berufsgruppen haben die Autoren anschließend verschiedenen Berufsfeldern zugeordnet (siehe *Abbildung 2*; *Anhang 2*).

Auf oberster Ebene wurde dabei zwischen zwei Tätigkeitsfeldern entlang der Wertschöpfungsketten unterschieden. Unternehmen in der gesamten Wertschöpfungskette benötigen einen bestimmten Bestand an Mitarbeiter*innen, die für die Planung, den Bau, den Betrieb und die Wartung der erforderlichen Maschinen und Anlagen zur Handhabung von Wasserstoff qualifiziert sind (Ingenieur*innen, Techniker*innen, etc.). Diese Berufe bezeichnen die Autoren als notwendig

5 Ergebnisse

5.1 Regionales Arbeitsangebot

Auf Basis dieser grundsätzlichen Unterscheidung haben die Autoren das wasserstoffrelevante Arbeitsangebot auf nationaler und Länderebene für die Jahre 2014-2020 geschätzt. Das Arbeitskräfteangebot wurde als Summe der Beschäftigten und Arbeitssuchenden in den 18 identifizierten Berufsgruppen berechnet. Die Anzahl an Erwerbspersonen wurde als Summe aus der Gesamtanzahl an Beschäftigten und Arbeitssuchenden gebildet. In den folgenden Tabellen markieren die grau gefärbten Zellen die Werte, die größer als die jeweiligen nationalen Werte sind. Ebenfalls ist zu berücksichtigen, dass die Daten für 2020

Räumliche Ebene	Insgesamt		Technisch		Betrieblich	
	Absolut	Relativ	Absolut	Relativ	Absolut	Relativ
Deutschland	10675730	28.01%	5292275	13.88%	5383455	14.12%
Schleswig-Holstein	266283	22.75%	125289	10.70%	140994	12.04%
Hamburg	302893	26.38%	104668	9.11%	198225	17.26%
Niedersachsen	909777	26.25%	478237	13.80%	431540	12.45%
Bremen	104981	26.08%	53926	13.40%	51055	12.68%
Mecklenburg-Vorpommern	138379	20.20%	66496	9.71%	71883	10.49%

Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022b, 2022c), eigene Berechnung.

Tabelle 2: Arbeitsangebot in Wasserstoff-Berufsgruppen 2020, absolut und relativ (Erwerbsperson insgesamt)

eine Verzerrung aufgrund des Ausbruchs der COVID-19 Pandemie enthalten.

Im Vergleich zum nationalen Niveau zeigt sich ein gemischtes Bild. Es ist zu beobachten, dass die Bundesländer in der relativen Betrachtung überwiegend schlechter aufgestellt sind als die nationale Ebene (Tabelle 3). Hamburg, Niedersachsen und Bremen bewegen sich tendenziell in der Nähe des Referenzwertes, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern sind am unteren Rand verortet. Hamburg liegt in den technischen Berufen deutlich hinter den anderen Bundesländern zurück, wobei Niedersachsen und Bremen dort sehr nahe am Bundesdurchschnitt liegen. In den betrieblich notwendigen Berufen drängen sich die Bundesländer im Bereich von 12%. Hamburg kann dort als einziges Bundesland einen

überdurchschnittlichen Anteil verzeichnen und Mecklenburg-Vorpommern bildet in dem Segment das Schlusslicht.

In Tabelle 4 sind die Veränderungsraten des absoluten Arbeitsangebots für die Perioden 2014-2017 und 2017-2020 dargestellt. Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich das absolute Arbeitsangebot in den meisten Bundesländern positiv entwickelt hat. In Mecklenburg-Vorpommern ist die ungünstigste Entwicklung zu beobachten. Die Veränderungsraten sind dort in beiden Betrachtungszeiträumen fast durchweg negativ, mit einer Ausnahme (zwischen 2017-2020 in der technischen Gruppe).

Schleswig-Holstein ist das einzige Bundesland, welches in jeder Zeitperiode und

Räumliche Ebene	Insgesamt		Technisch		Betrieblich	
	2014-2017	2017-2020	2014-2017	2017-2020	2014-2017	2017-2020
Deutschland	-1.58%	-0.88%	-0.63%	-1.97%	-2.50%	0.22%
Schleswig-Holstein	3.28%	0.55%	0.32%	-0.12%	6.10%	1.16%
Hamburg	-3.59%	0.30%	-5.21%	0.88%	-2.72%	-0.01%
Niedersachsen	-2.24%	-1.81%	-1.49%	-2.02%	-3.06%	-1.56%
Bremen	-1.04%	-2.69%	1.98%	-4.25%	-4.14%	-0.98%
Mecklenburg-Vorpommern	0.24%	1.44%	1.41%	1.96%	-0.81%	0.97%

Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022b, 2022c), eigene Berechnung.

Tabelle 3: Änderungsraten - Arbeitsangebot, absolut

Untergruppe eine bessere Entwicklung als die nationale Ebene vorweisen kann.

Für Hamburg zeigt sich auch ein ähnliches Bild in Relation zur nationalen Ebene, wobei die technische Gruppe zwischen den Jahren 2014-2017 den nationalen Referenzwert unterschritt. Niedersachsen erlebte zwar in beiden Perioden einen positiven Verlauf des absoluten Arbeitsangebots, blieb jedoch fast durchweg hinter dem Trend auf nationaler Ebene. Zuletzt fällt in Bremen auf, dass die technische Gruppe zwischen 2017-2020 als einzige einen Rückgang des Arbeitsangebots erfuhr.

Trotz dieses Trends im Gesamtangebot kann festgestellt werden, dass die technische Gruppe in den meisten Bundesländern eine Veränderung der Wachstumsdynamik erlebte. Vergleicht man die beiden Zeiträume, so bleiben die Änderungsraten zwar überwiegend positiv, halten aber nicht die Dyna-

In *Tabelle 5* ist die Veränderung des relativen Arbeitsangebots (in Relation zur Anzahl an Erwerbspersonen) zwischen den Jahren 2014-2017 und 2017-2020 dargestellt. Für Schleswig-Holstein lässt sich beobachten, dass, entgegen der Entwicklung in *Tabelle 4*, der Zuwachs des absoluten Arbeitsangebots in den technischen Berufen sich nicht in einem Zuwachs des relativen Angebots niederschlug. Das gilt im selben Maße für Niedersachsen. Das relative Angebot erfuhr eine durchweg negative Entwicklung, obwohl die Absolutwerte bestätigt wuchsen. Die weitgehend positiven Veränderungsraten in Mecklenburg-Vorpommern verdeutlichen im Vergleich zu *Tabelle 4*, dass das Bundesland zwar insgesamt an Arbeitsangebot in den relevanten Berufsgruppen verloren hat, dieser Verlust jedoch nicht berufsspezifischer Natur war. Der regionale Berufemix hat sich vor allem auf technischer Ebene durchaus in eine günstige Richtung bewegt.

Räumliche Ebene	Insgesamt		Technisch		Betrieblich	
	2014-2017	2017-2020	2014-2017	2017-2020	2014-2017	2017-2020
Deutschland	3.22%	2.47%	4.20%	1.34%	2.24%	3.60%
Schleswig-Holstein	9.59%	3.89%	6.45%	3.19%	12.58%	4.51%
Hamburg	2.32%	5.82%	0.59%	6.44%	3.24%	5.50%
Niedersachsen	2.81%	2.03%	3.60%	1.81%	1.95%	2.28%
Bremen	4.85%	-0.29%	8.05%	-1.89%	1.57%	1.46%
Mecklenburg-Vorpommern	-1.60%	-0.21%	-0.45%	0.30%	-2.63%	-0.68%

Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022b, 2022c), eigene Berechnung.

Tabelle 5: Änderungsraten - Arbeitsangebot, relativ (Erwerbspersonen insgesamt)

mik des ersten Zeitraums aufrecht. 2017 scheint dabei das Jahr zu sein, in welchem ein Wachstumsknick zu verzeichnen ist. Seitdem wächst das Arbeitsangebot in den technischen Berufen langsamer als noch in der Periode davor. Dieser Einschnitt ist in der betrieblichen Gruppe nicht zu beobachten.

5.2 Regionale Ausbildungsdaten

Mit Blick auf den Ausbildungsmarkt zeigt *Tabelle 6* die Änderungsraten zwischen 2014-2017 und 2017-2020 in den Bundesländern (Berufsgruppen aus *Tabelle 2*). Es wurden die Bewerber*innen bzw. angebotenen Ausbildungsplätze der wasserstoffrelevanten Berufsgruppe aufsummiert, woraus die

Räumliche Ebene	Bewerber*innen		Ausbildungsplätze	
	2014-2017	2017-2020	2014-2017	2017-2020
Deutschland	-1.60%	-16.62%	4.71%	-2.79%
Schleswig-Holstein	6.76%	-18.26%	8.84%	-11.68%
Hamburg	3.30%	-16.15%	17.51%	-9.63%
Niedersachsen	-4.49%	-23.63%	4.60%	-3.04%
Bremen	11.86%	-16.48%	2.90%	-0.08%
Mecklenburg-Vorpommern	0.00%	-16.77%	-8.93%	-3.02%

Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022d), eigene Berechnung.

Tabelle 4: Änderungsraten - Zahl Bewerber*innen und Ausbildungsplätze

folgenden Veränderungen berechnet wurden. Dabei ist zu beachten, dass die Berufsgruppen 271, 423, 722 aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt werden konnten. Ferner ist bei der Interpretation zu beachten, dass die zugrundeliegenden Daten keine Rückschlüsse erlauben, inwiefern die Ausbildungsplätze besetzt wurden bzw. ob alle Bewerber*innen versorgt wurden.

Schleswig-Holstein und Hamburg verzeichneten zwischen 2014-2017 einen deutlichen Zuwachs an Bewerber*innen und Ausbildungsplätzen im wasserstoffrelevanten Berufesegment, wobei Hamburg mit einem besonders starken Zuwachs an

Ausbildungsplätzen bis 2017 heraussticht. Mecklenburg-Vorpommern setzt sich erneut negativ durch einen Rückgang an Bewerber*innen und Ausbildungsplätzen ab.

5.3 QuBe- Prognose des regionalen Arbeitsangebots

Zuletzt wurde der Blick auf die nähere Zukunft (2025/2030) gerichtet und mithilfe der QuBe-Prognose das zukünftige Arbeitsangebot in wasserstoffrelevanten Berufen bis 2030 auf Basis der in *Tabelle 3* dargestellten Absolutwerte geschätzt (*Tabelle 7*). In *Abbildung 3* wurden die Änderungsraten für den Zeitraum 2020-2025, in *Abbildung 4* die für

Räumliche Ebene	Insgesamt	
	2020-2025	2025-2030
Deutschland	-1.67%	-2.82%
Schleswig-Holstein	-1.59%	-2.91%
Hamburg	0.55%	-1.10%
Niedersachsen	-2.64%	-3.06%
Bremen	-2.52%	-1.08%
Mecklenburg-Vorpommern	-0.57%	-3.38%

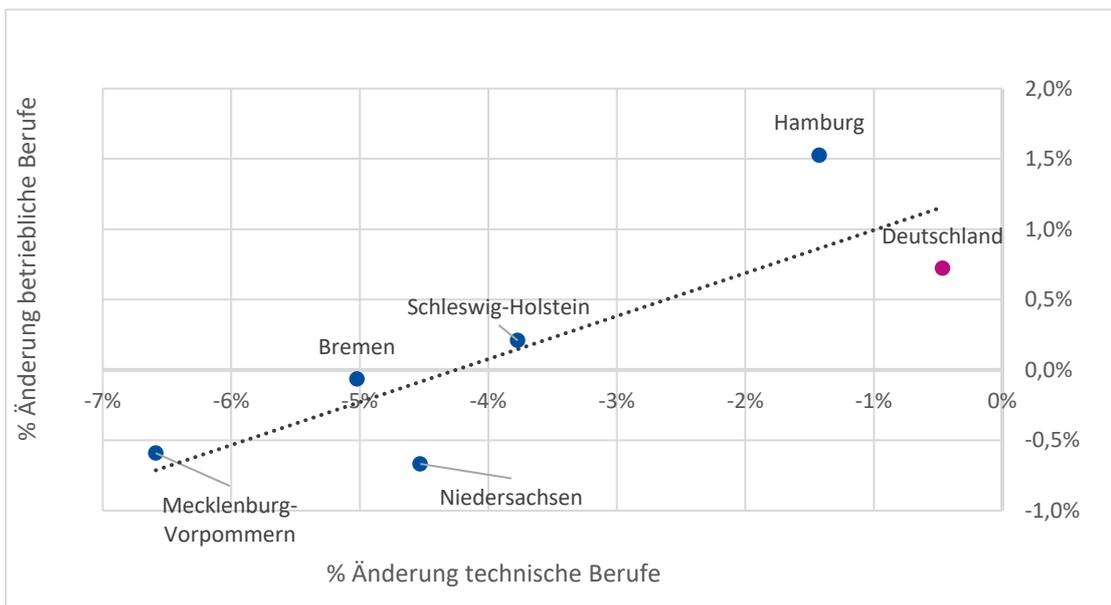
Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022b 2022c), BIBB (2020), eigene Berechnung.

Tabelle 7: Prognose Änderungsraten Arbeitsangebot

den Zeitraum 2025-2030 dargestellt. Die QuBe-Prognose wird in regelmäßigen Abständen durch das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung und die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung durchgeführt und schätzt dabei die langfristige Entwicklung des Arbeitsangebots/-bedarfs für Deutschland und die Bundesländer (BIBB, 2020). Zu berücksichtigen ist, dass die

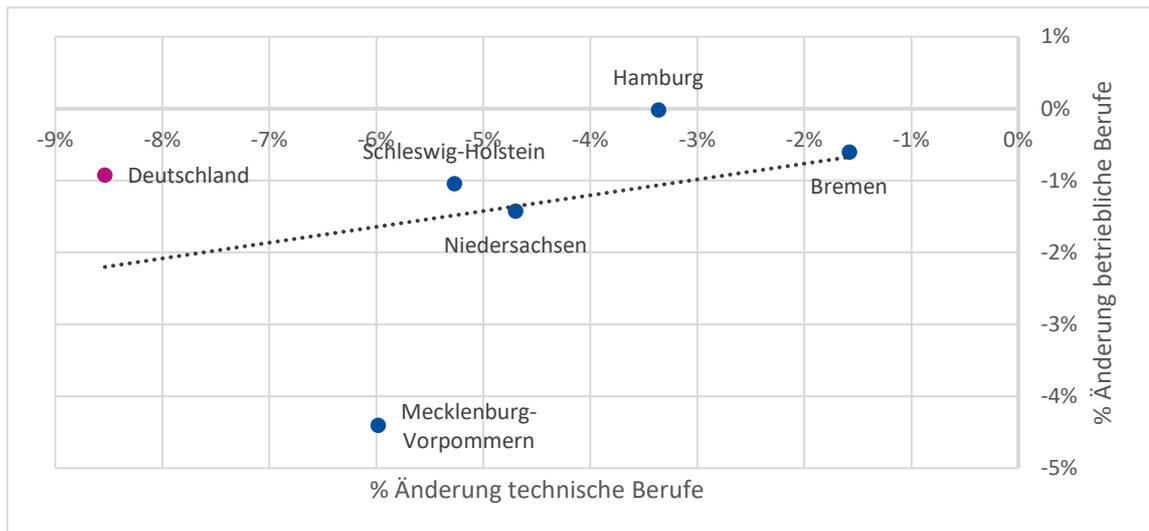
Prognosen nur für die Bundesebene auf 3-Steller-Niveau durchgeführt wurden. Auf Länderebene bietet die QuBe-Prognose lediglich Daten auf 2-Steller-Niveau, welche hier auf die zugehörigen Berufsgruppen der 3-Steller-Ebene übertragen wurden.

Es ist grundsätzlich zu erkennen, dass in allen Bundesländern mittelfristig mit einer Verringerung des absoluten Arbeitsangebots im wasserstoffrelevanten Segment gerechnet



Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022b, 2022c), BIBB (2020), Eigene Berechnung.

Abbildung 4: Prognose Arbeitsangebot betriebliche; technische Berufe, Änderungsraten 2020-2025



Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022b, 2022c), BIBB (2020), Eigene Berechnung.

Abbildung 3: Prognose Arbeitsangebot betriebliche; technische Berufe, Änderungsraten 2025-2030

wird. Für Hamburg wird zwar im Bereich der betrieblich notwendigen Berufe ein leicht positiver Verlauf prognostiziert, doch im technischen Bereich werden durchweg negative Veränderungsdaten erwartet. Ebenso wird deutlich, dass sich die Verringerung des Arbeitsangebots ab 2025 stärker bemerkbar machen könnte als noch in der vergangenen Periode. Lediglich Bremen könnte im technischen Bereich eine leichte Abmilderung dieses Effektes erfahren, da die Veränderungsrate zumindest nicht den Entwicklungen in den anderen Bundesländern folgt (*Abbildung 4*). Darüber hinaus scheinen die betrieblich notwendigen Gruppen im Rahmen dieser Prognose nicht im selben Maße vom erwarteten Trend des verringerten Arbeitsangebots betroffen zu sein. So sind die Ausschläge in den negativen Bereich in beiden Beobachtungszeiträumen weitaus geringer als in der technischen Gruppe. Hamburg und Schleswig-Holstein können sogar positive Entwicklungen bis 2025 vorweisen (*Abbildung 3*).

6 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung stellt die erste quantitative Analyse des regionalen Arbeitskräftepotenzials für eine zukünftige Wasserstoffwirtschaft in den norddeutschen Bundesländern dar. Zur Identifikation der für H₂-Wertschöpfungsketten relevanten Tätigkeitsfelder wurde eine eigene Abgrenzung von Berufsgruppen auf Basis der KldB 2010-Klassifikation vorgeschlagen und auf die berufsbezogenen Arbeitsmarktdaten der Statistik der Arbeitsagentur angewendet. Als Indikatoren flossen die Anzahl an Beschäftigten, Arbeitssuchenden, Ausbildungsbewerben und -plätzen in die Analyse ein. Dabei wurden die Entwicklungen in der jüngeren Vergangenheit, der Status Quo sowie Szenarioprognosen für die nähere Zukunft in die Betrachtung aufgenommen.

Insgesamt liegt das Arbeitsangebot im Norden in seiner gegenwärtigen berufsbezogenen Spezialisierung nahe am Bundesdurchschnitt. In der jüngeren Vergangenheit zeigen sich jedoch recht differenzierte Angebotsentwicklungen in den einzelnen Ländern. Hamburg und Schleswig-Holstein weisen grundsätzlich die positivsten Trends im wasserstoffrelevanten Arbeitsangebot auf, die Veränderungsdaten liegen hier grundsätzlich oberhalb des Bundesdurchschnitts. Auch in den Mittelfristprognosen zeigen sich dort die relativ günstigsten Entwicklungen, wenngleich auch für diese beiden Länder spätestens für den Zeitraum 2025-2030 absolute Rückgänge im Arbeitsangebot erwartet werden. Der deutliche Rückgang im Ausbildungsbereich in der jüngsten Frist, sowohl in Bezug auf die Zahl an Bewerber*innen als auch an Ausbildungsplätzen, bereitet zusätzliche Sorge.

Für die übrigen Nordländer zeichnet die Analyse ein grundsätzlich durchwachsendes Bild. In Bremen erscheint die Situation kurzfristig problematisch, mittelfristig machen die Ausbildungszahlen Hoffnung auf eine Form von Stabilisierung. Niedersachsen zeigte im technischen Segment zuletzt eine positivere Angebotsentwicklung als der Bundesdurchschnitt. Der relativ starke Rückgang an Bewerber*innen für entsprechende Ausbildungsplätze sowie die ungünstigen Mittelfristprognosen trüben die Zukunftsaussichten jedoch ein. Mecklenburg-Vorpommern stellt im Hinblick auf die absolute Angebotsentwicklung insgesamt das Schlusslicht dar. Dies ist allerdings weniger auf berufsbezogene Entwicklungen, sondern eher auf den allgemein ungünstigen demografischen Trend zurückzuführen.

Generell lässt sich über die Bundesländer hinweg feststellen, dass die Entwicklung im technischen Segment einen tendenziell schlechteren Verlauf annimmt als im

Allgemeinbetrieblichen. In Anbetracht des erhöhten Spezialisierungsgrades in den technischen Berufen und den dort verorteten Kernkompetenzen zum Aufbau der H₂-Wertschöpfungsketten stellt sich die Frage, ob dies ein Hinweis auf einen bevorstehenden Fachkräftemangel in diesem, noch im Aufbau befindlichen Segment ist.

In der nationalen bzw. norddeutschen Wasserstoffstrategie wird zwar auf den künftigen Arbeitskräftebedarf verwiesen, es fehlt jedoch an konkreten Vorstellungen für Maßnahmen zur Sicherung und Ausbildung von Fachkräften. Der ambitionierte Zeitplan zum Aufbau der Wertschöpfungsketten (2030) gibt Anlass zur Sorge, dass die Anpassung von Aus- und Fortbildungssystemen in den Betrieben, sowie die Weiterentwicklung der Curricula an Universitäten und Berufsschulen der Nachfrageentwicklung hinterherhinken wird. Der branchenübergreifende Fachkräftemangel in Deutschland ist bereits seit einigen Jahren ein schwelender Problemherd und dieser wird sich angesichts der prognostizierten demografischen Entwicklungen voraussichtlich nicht ohne externe Impulse verbessern. Die Sicherung von Arbeits- und Fachkräften für die neu entstehende Wasserstoffbranche wird darum ein ebenso wichtiges Element sein wie der Aufbau der Infrastruktur selbst.

Ein weiterer, bislang noch wenig diskutierter Faktor sind die entstehenden Pendlerbewegungen. Die Metropolregion Hamburg etwa reicht bereits heute in alle umliegenden Bundesländer hinein. Das kann zu einer Konkurrenzsituation bei der Bindung von Fachkräften führen und damit den Ausbau der H₂-Wertschöpfungsketten in den umliegenden Regionen behindern.

Zur Abschätzung regionaler Beschäftigungseffekte sind darum künftig intensivere Forschungsleistungen im Bereich der Arbeitsnachfrage notwendig. Es bedarf der

Integration von Wasserstoffszenarien in künftige Schätzungen der Wirtschaftsleistung bzw. der Arbeitsmarktentwicklung auf Bundes- und Länderebene. Gleichzeitig wären stärker regional differenzierte Daten eine bereichernde Ergänzung zum Forschungskomplex. Die Autoren stießen in dieser Arbeit bereits auf Bundeslandebene auf Datenlücken, sodass eine Verstärkung der Problematik bei kleinteiligeren räumlichen Ebenen erwartet wird. Primärerhebungen in Regionen mit besonders günstigen ökonomischen Voraussetzungen könnten dabei helfen, ein besseres Bild der regionalen Implikationen zu zeichnen.

Zudem wäre eine ergänzende Analyse der regionalen Studiensituation gleichermaßen interessant, da die zukünftigen Fachkräfte nicht ausschließlich über Ausbildungen in die relevanten Berufe eintreten werden. Vor allem die Ingenieursberufe bedingen eine fortgeschrittene akademische Qualifikation, jedoch fehlt es bislang an einer Datenbank, welche die regional angebotenen Studiengänge und die Bewerber*innen an die hier verwendeten Systematiken koppelt. Dies würde ebenso zu einem klareren Gesamtbild beitragen.

Der von den Autoren gewählte Ansatz bietet für zukünftige Forschungsarbeiten die Möglichkeit, ähnliche Analysen auf Bundes-, Länder- oder Kreisebene durchzuführen, da die Vergleichbarkeit durch die verwendeten Systematiken gewährleistet ist. Ferner wäre eine Anwendung auf internationaler Ebene denkbar, da die KldB 2010 an die ISCO 08 Systematik der International Labour Organisation, sowie die WZ2008 an NACE Rev2 (für die europäische Ebene) gekoppelt ist, was den Übertrag erleichtert. Im Sinne des Aufbaus nationaler und internationaler H₂-Wertschöpfungsketten wären weiterführende Analysen des gegenwärtigen und zukünftigen Arbeitsmarktes sinnstiftend und können einen Beitrag dazu leisten, Unternehmen,

Interessenverbände, Gewerkschaften und die Politik auf die kurz- und mittelfristig bevorstehenden Veränderungen vorzubereiten.

7 Literaturverzeichnis

- Ajanovic, A, Haas, R. (2021). Prospects and impediments for hydrogen and fuel cell vehicles in the transport sector. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(16), 10049-10058.
- Becker, L., Lutz, C. (2021): Beschäftigungseffekte durch ambitionierten Klimaschutz. *GWS Research Report (2021/01)*.
- Bezdek, R.H. (2019): The hydrogen economy and jobs of the future. In: *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 4 (1),1-6.
- Brandstätt, C., Gabriel, J., Jahn, K., Peters, F., Serkowsky, J. (2018): Innovation Energiespeicher - Chancen der deutschen Industrie. *Forschungsförderung, Study*, 404.
- Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (2020): QuBe-Datenportal. Projektionsergebnisse der 6. Welle. https://www.bibb.de/de/qube_datensportal.php# (19.07.2022)
- Chemical Engineer (2019). Hydrogen: The Burning Question. <https://www.thechemicalengineer.com/features/hydrogen-the-burning-question/> (04.07.2022)
- Destatis (2009): Klassifikation der Wirtschaftszweige. <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Gueter-Wirtschaftsklassifikationen/klassifikation-wz-2008.html> (18.07.2022)
- DIW Econ (2015): Die Beschäftigungseffekte der Energiewende. https://diw-econ.de/wp-content/uploads/804_DIW-Econ_Besch%C3%A4ftigungseffekte-der-Energiewende_v5.0.pdf (19.07.2022)
- Fishedick, M., Marzinkowski, J., Winzer, P., Weigel, M. (2014). Techno-economic evaluation of innovative steel production technologies. *Journal of Cleaner Production*, 84, 563-580.
- Grimm, V., Janser, M., Stops, M. (2021): Neue Analyse von Online-Stellenanzeigen: Kompetenzen für die Wasserstofftechnologie sind jetzt schon gefragt. *IAB-Kurzbericht*, (11).
- International Energy Agency (IEA) (2019). The future of hydrogen – seizing today's opportunities. *International Energy Agency*.
- Kaltenborn, B. (2021): Beschäftigungseffekte des Klimaschutzes in Deutschland. *Forschungsförderung, Working Paper*, 231.
- Kemmler, A., Kirchner, A., auf der Maur, A., Ess, F., Kreidelmeyer, S., Piégasa, A, Spillmann, T., Straßburg, S., Wunsch, M., Ziegenhagen, I., Schломann, B., Becker, L., Fritsche, U. (2021): *Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050*.
- Lehr, U., Edler, D., O'Sullivan, M., Peter, F., Bickel, P. (2015): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen.
- Lehr, U., Edler, D., Ulrich, P., Blazejczak, J., Lutz, C. (2019): Beschäftigungschancen auf dem Weg zu einer Green Economy – szenariobasierte Analyse von (Netto-) Beschäftigungswirkungen. *Umweltbundesamt, Umwelt, Innovation, Beschäftigung (03)*.
- Schmidt, O., Melchior, S., Hawkes, A., Staffell, I. (2019). Projecting the future levelized cost of electricity storage technologies. *Joule*, 3(1), 81-100.
- Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2021): Einführung der „Klassifikation der Berufe 2010 – überarbeitete Fassung 2020“ in die Arbeitsmarktstatistiken, Grundlagen: Methodenbericht. <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Grundlagen/Klassifikationen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010-Fassung2020/Publikationen/Publikationen-Nav.html> (18.07.2022).

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022a): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach Wirtschaftsabteilungen der WZ 2008 und Berufsgruppen der KldB 2010, Auftragsnummer: 329474, eigene Berechnungen.

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022b): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SvB) am Arbeitsort nach Berufsuntergruppen der Klassifikation der Berufe 2010 sowie weiteren Merkmalen, Auftragsnummer: 323538, eigene Berechnungen.

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022c): Bestand an Arbeitsuchenden, Arbeitslosen und gemeldete Arbeitsstellen nach Berufsuntergruppen der

Klassifikation der Berufe 2010 sowie weiteren Merkmalen, Auftragsnummer: 327139, eigene Berechnungen.

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022d): Arbeitsmarkt in Zahlen – Ausbildungsstellenmarkt, https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?nn=1459826&topic_f=ausb-ausbildungsstellenmarkt-mit-zkt&dateOfRevision=201006-202207 (19.07.2022)

Tolley, G.S., Jones, D.W., Mintz, M.M., Smith, B.A., Carlson, E Unnasch, S., Lawrence, M., Chmelynski, H. (2008): Effects of a transition to a hydrogen economy on employment in the United States Report to Congress.

Impressum

Verantwortlich

Andreas Lagemann
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Stellv. AG-Leitung
Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut
(HWWI)
Oberhafenstraße 1
20097 Hamburg
E-Mail: a-lagemann@hwwi.org



Autoren

Dr. André Wolf
Fachbereichsleiter „Technologie, Infrastruktur
und nachhaltige Entwicklung“

Centrum für Europäische Politik (CEP)
Schiffbauerdamm 40
10117 Berlin
Telefon: +49 30-43973746-14
E-Mail: wolf@cep.eu

Nils Zander
Ehem. Wissenschaftlicher Mitarbeiter „Umwelt
und Klima“

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut
(HWWI)
Oberhafenstraße 1
20097 Hamburg
Telefon: +49 40 340576-0
E-Mail: info@hwwi.org

Das CC4E

Das Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz (CC4E) ist eine zentrale wissenschaftliche Einrichtung der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg). Entwickelt werden praxisnahe Lösungen für ein breites Spektrum an technologischen, gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Problemstellungen – von der Idee bis zur Umsetzung.

Zum Projekt:

7.1.1 Norddeutsches Reallabor

Das Norddeutsche Reallabor (NRL) ist ein innovatives Verbundprojekt, das neue Wege zur Klimaneutralität aufzeigt. Dazu werden Produktions- und Lebensbereiche mit besonders hohem Energieverbrauch schrittweise defossilisiert – insbesondere in der Industrie, aber auch in der Wärmeversorgung und dem Mobilitätssektor. Hinter dem im April 2021 gestarteten Projekt steht eine wachsende Energiewende-Allianz mit mehr als 50 Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Das Großprojekt hat eine Laufzeit von fünf Jahren (04/2021-03/2026). Das Investitionsvolumen der beteiligten Partner beträgt 300 Mio. Euro. Das NRL ist Teil der Förderinitiative „Reallabore der Energiewende“ und wird mit rund 52 Mio. Euro durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. Weitere Fördermittel werden durch das BMDV bereitgestellt. Das NRL versteht sich als aus-baufähige Plattform auch für weitere Projekte.

Telefon: +49 40 428 75-5857
E-Mail: pmo-nrl@haw-hamburg.de
Webseite: www.norddeutsches-reallabor.de
LinkedIn: <https://de.linkedin.com/showcase/norddeutsches-reallabor>

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

8 Anhang

WZ 2008	Bezeichnung
19	Kokerei und Mineralölverarbeitung
20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen
24	Metallerzeugung und -bearbeitung
29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen
30	Sonstiger Fahrzeugbau
35	Energieversorgung

Quelle Destatis (2009), Eigene Darstellung

Anhang 1: Ausgewählte Wirtschaftszweige

Technisch notwendige Berufe		Technisch notwendige Berufe	
KldB 2010	Bezeichnung	KldB 2010	Bezeichnung
242	Metallbearbeitung	413	Chemie
244	Metallbau und Schweiß- technik	422	Umweltschutztechnik
251	Maschinenbau- und Be- triebstechnik	423	Umweltmanagement und -beratung
252	Fahrzeug-Luft-Raumfahrt- , Schiffbautechnik		
261	Mechatronik und Auto- matisierungstechnik		
262	Energietechnik	Betrieblich notwendige Berufe	
263	Elektrotechnik	KldB 2010	Bezeichnung
271	Technische Forschung und Entwicklung	611	Einkauf und Vertrieb
272	Techn. Zeichnen, Kon- struktion, Modellbau	713	Unternehmensorganisa- tion und -strategie
273	Technische Produktions- planung,-steuerung	714	Büro und Sekretariat
343	Ver- und Entsorgung	722	Rechnungswesen, Con- trolling und Revision

Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2021), Eigene Darstellung

Anhang 2: Ausgewählte Berufsgruppen

KIdB 2010	Bezeichnung	KIdB 2010	Bezeichnung
213	Industrielle Glasherstellung; -verarbeitung	321	Hochbau
223	Holzbe- und -verarbeitung	322	Tiefbau
292	Lebensmittel- und Genussmittelherstellung	341	Gebäudetechnik

Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2021), Eigene Darstellung

Anhang 3: Auswahl an nicht berücksichtigten Berufsgruppen