

Berufliche Qualifikationen in der Wasserstoffindustrie

Recherche und Katalogisierung von Berufsbildern sowie Kompetenzen für eine proaktive Qualifizierung in der Wasserstoffökonomie in den fünf ostdeutschen Bundesländern

Das Projekt „Zentrum digitale Arbeit“ wird im Rahmen des Programms „Zukunftszentren“ durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales und den Europäischen Sozialfonds gefördert und ergänzend durch den Freistaat Sachsen, vertreten durch das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, kofinanziert.



**Eine wissenschaftliche Studie des HYPOS e.V. im Auftrag des Zentrums digitale Arbeit
zu den Berufsbildern und Kompetenzen in der Wasserstoffökonomie
mit dem Fokus auf die Neuen Bundesländer sowie Berlin**

Autorin: Mareike Wald, M.A. (HYPOS e.V.)

Co-Autor*innen: Dr. Manuela Grigorjan (Zentrum digitale Arbeit)

Prof. Dr.-Ing- Michael Uhlmann (Zentrum digitale Arbeit)

Veröffentlicht am 05. Oktober 2022

Abstract (dt.)

- In den neuen Bundesländern inklusive Berlin konnten 91 Studiengänge sowie 23 (Online-) Weiterbildungsformate mit einem Schwerpunkt auf Wasserstofftechnologien ausgemacht werden.
- Umfang und Themenschwerpunkte der Bildungsinhalte zu Wasserstofftechnologien sind sehr divers gestaltet, da die Gestaltung von der Expertise der Dozierenden bzw. dem Schwerpunkt der Bildungseinrichtungen abhängig ist und bedarf daher einer Standardisierung der Spezialisierungen, um passgenau auf die Arbeitswelt vorzubereiten
- Eine grundständige akademische oder berufliche Ausbildung in den etablierten Berufsbereichen wie Energie-, Elektro-, Verfahrenstechnik oder im Maschinenbau mit Spezialisierungen auf Wasserstofftechnologien im beruflichen Alltag oder im Rahmen eines Masterstudiengangs erscheint hinsichtlich der geringen Anzahl an Fachkräften förderlicher als eine bereits spezialisierte Ausbildung bzw. Bachelor-Studiengänge, die lediglich auf Wasserstofftechnologien ausgerichtet sind.
- Insbesondere im Bereich der (dezentralen) Anwendung müssen Formate mit dem Bildungsschwerpunkt auf Sicherheit und Explosionsschutz geschaffen werden.
- Die Vielseitigkeit des Energieträgers Wasserstoff und dessen interdisziplinäre Betrachtung steht keinesfalls im Widerspruch zu einer grundständigen Ausbildung der Fachbereiche. Vielmehr müssen die Unternehmen bei der Anstellung auf die Heterogenität der Expertise und Berufsbereiche des Fachpersonals achten sowie einer passgenauen Weiterbildungsmöglichkeit für Wasserstoff nachkommen.
- Die konkrete Gestaltung der passgenauen Weiterbildungsmöglichkeiten zu Wasserstoff (-technologien) sollte die Grundlage einer ergebnisorientierten Folgestudie darstellen.

Abstract (engl.)

- In the new federal states including Berlin, 91 degree programs and 23 (online) continuing training programs with a focus on hydrogen technologies were identified.
- The scope and thematic focus of the educational content on hydrogen technologies are very diverse, as the design depends on the expertise of the lecturers or the focus of the educational institutions, and therefore requires a standardization of the specializations in order to prepare for the world of work in an appropriate way.
- An undergraduate academic or vocational education in the established professional fields such as energy, electrical, process engineering or in mechanical engineering with specializations in hydrogen technologies in the professional world or in the context of a master's program seems more conducive to the low number of skilled workers than an already specialized education or bachelor's programs that are only focused on hydrogen technologies.
- Formats with an educational focus on safety and explosion protection must be created, particularly in the area of (decentralized) application.
- The versatility of hydrogen as an energy carrier and its interdisciplinary approach is by no means in contradiction with undergraduate education in the specialist fields. Rather, the companies must pay attention to the heterogeneity of the expertise and occupational areas of the specialist personnel when hiring them, as well as provide them with tailored further training opportunities for hydrogen.
- The concrete design of the appropriate further training programs for hydrogen (technologies) should form the basis of a result-oriented follow-up study.



Das 2013 gegründete Wasserstoffnetzwerk HYPOS vernetzt Partner*innen aus einem breiten **Kompetenzpool aus Wirtschaft und Wissenschaft**, in welchem **regionale Potenziale, Expertise und Erfahrungen zu Grünem Wasserstoff** aufeinandertreffen. Die Initiative, mit aktuell mehr als 160 Mitgliedern, koordiniert Industrieunternehmen aus den Bereichen Energiewirtschaft, Chemie oder Anlagenbau im Verbund mit kleinen und mittleren Unternehmen und Hochschulen sowie Forschungseinrichtungen.

Im deutschen Wasserstoffnetzwerk ist auch das Thema Akzeptanzförderung und Bildung ein Fokusthema, so beschäftigt sich auch eine Arbeitsgruppe aus Mitgliedern des HYPOS e.V. mit diesen Schwerpunkten. Mit der Bildungsinitiative „HYPOS macht Schule“ kreierte HYPOS ein umfangreiches, modulares Bildungskonzept, das Grünen Wasserstoff in den Klassenraum bringt. Mit der frühzeitigen Ansprache an die MINT-Interessen werden auch die Weichen für die Fachkräfte von morgen gelegt.

Die Erhebung und die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sollen in den Arbeitskreis für die Entwicklung eines passgenauen Weiterbildungsangebot für Wasserstofftechnologien einfließen.



Die Kernkompetenzen des Zentrums digitale Arbeit als Think Tank liegen im Wissensmanagement und dem damit verbundenen breitgefächerten Wissenstransfer mit themensetzender Wirkung für die beteiligungsorientierte Gestaltung der Veränderungsprozesse in der Arbeitswelt durch die Digitalisierung und den demografischen Wandel.

In einer Erhebung vom März 2022 zum **Transformationsthema „Wasserstoff“** wurde festgestellt, dass die Akteurslandschaft, die technologische Forschung sowie die Nutzung von wasserstoffbasierten Anwendungen insgesamt gut aufgestellt sind, während insbesondere die beschäftigungsrelevanten Aspekte noch Potenziale aufweisen. Mit der vorliegenden Studie soll auf den voraussichtlichen Bedarf an Fachkräften und Kompetenzen reagiert und aufgezeigt werden, dass es zu einem erfolgreichen Ausbau der Wasserstofftechnologien notwendig ist, Qualifizierungserfordernisse von Anfang an mitzudenken.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Forschungsstand	6
3	Ausgangssituation und Rahmenbedingungen	7
3.1	Aus- und Weiterbildung in den Wasserstoffstrategien	7
3.2	Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette	9
3.3	Untersuchungsfragen	10
4	Forschungsdesign	11
4.1	Systematische Recherche (SLR) und quantitative Inhaltsanalyse	11
4.2	Leitfadeninterviews	13
5	Ergebnisse der Untersuchung.....	14
5.1	Wasserstofftechnologien im akademischen Bildungskontext.....	14
5.2	Wasserstofftechnologien im außerakademischen Bildungskontext	17
5.3	Qualifizierungsanforderungen aus Sicht der Expert*innen.....	18
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	21
7	Fazit	23
	Quellenverzeichnis	26
	Anhang.....	28

1 Einleitung

Da regenerativer Wasserstoff es ermöglicht, die Kohlendioxid-Emissionen vor allem in den Sektoren Industrie und Verkehr dort deutlich zu verringern, wo Energieeffizienz und die direkte Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien nicht möglich bzw. ausreichend ist, kann das Grüne Gas als vielfältig einsetzbarer Energieträger eine Schlüsselrolle bei der Energiewende einnehmen. Nicht zuletzt aus diesem Grund forciert auch die Politik einen zügigen Ausbau der Grünen Wasserstoffwirtschaft. Dies belegen verschiedene Initiativen wie die Wasserstoffstrategien der einzelnen Länder, welche die Nationale Wasserstoffstrategie begleiten, sowie die Förderung von 62 Großprojekten im Rahmen der IPCEI-Förderung¹.

Neben den klimapolitischen Aspekten geht es bei Wasserstofftechnologien um viele zukunftsfähige Arbeitsplätze und neue Wertschöpfungspotenziale. Diese Potenziale für die neuen Bundesländer wurden auch im „Wasserstoff-Masterplan für Ostdeutschland herausgestellt:

„In den neuen Bundesländern sind eine Reihe an hoch spezialisierten und international renommierten Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau sowie führende Forschungsinstitutionen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie angesiedelt. Diese Struktur bietet hervorragende Voraussetzungen, um den erwarteten Markthochlauf der Wasserstoffherzeugung und -nutzung mitzugestalten.“²

Da es sich bei der Nutzung von Grünem Wasserstoff um eine neue Technologie mit hohem Entwicklungspotenzial handelt, müssen Wissen und Erfahrungen verstärkt aufgebaut, miteinander vernetzt und weiterentwickelt werden. Dies ist langfristig nur mit entsprechend qualifizierten Fachkräften möglich.

Es ist Anliegen der Studie sämtliche Qualifizierungsangebote für die Wasserstoffwirtschaft in Ostdeutschland zu recherchieren, zu clustern und zu systematisieren. Damit wird auf den voraussichtlichen Bedarf der Fachkräfte reagiert, denn für den Erhalt und die Steigerung der Innovationskraft wurde die Fachkräftesicherung als entscheidender Erfolgsfaktor identifiziert.³

Die zugrundeliegende systematische Recherche untersuchte die Bildungsangebote in den fünf neuen Bundesländern (mit Berlin), die sich mit Wasserstofftechnologien beschäftigen. Dabei wurden sowohl der akademische Aus- und Weiterbildungsbereich (Bachelor, Master, Diplom und duale/berufsbegleitenden Studiengänge) sowie schulische und duale [Ausbildungs](#)^[CGP1]-~~Weiterbildungs-~~ als auch Umschulungsangebote einbezogen. Neben der Betrachtung der technisch-technologischen Bildungsinhalte sowie Aspekten der Sicherheit wird die Studie durch Angebotsschwerpunkte auf den Gebieten Management und Akzeptanz ergänzt. Die ermittelten Angebote wurden inhaltlich entlang der Wertschöpfungskette des Wasserstoffs geclustert, welche kurz im Methodenkapitel aufgeschlüsselt wird. Die Recherche wird von Leitfadenterviews begleitet, welche die Möglichkeit geben, potentielle Lücken aufzudecken oder aber auch eine Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage zu identifizieren. Die Ergebnisse der Datenerhebung werden unter Einbezug der Gespräche mit den Expert*innen und durch die Gegenüberstellung der Nachfrage seitens der Wirtschaft interpretiert. Während einiger Vorgespräche im Rahmen der Studie wurde deutlich,

¹ „Am 28. Mai 2021 ist der Startschuss für die Realisierungsphase des ersten IPCEI Wasserstoff gefallen: Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur haben dafür 62 deutsche Großvorhaben ausgewählt. Die Vorhaben sollen mit über acht Milliarden Euro an Bundes- und Landesmitteln gefördert werden. Insgesamt sollen allein in Deutschland Investitionen in Höhe von 33 Milliarden Euro ausgelöst werden. Das IPCEI Wasserstoff ist damit das bislang größte europäische Projekt dieser Art. Anfang 2021 konnten Unternehmen in einem Interessenbekundungsverfahren Projektskizzen für Investitionsvorhaben einreichen.“ (IPCEI Wasserstoff: Gemeinsam einen Europäischen Wasserstoffmarkt schaffen [n.a.]

² Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie 2021, S.3

³ Vgl. Herzberg 2021

dass Industrieunternehmen zumeist gelassen reagieren, was den Bedarf an speziell ausgebildeten „Wasserstoff-Fachkräften“ betrifft, denn der Umgang mit Gasen und entsprechenden Anlagen sei nichts neues. Darüber hinaus habe man innerbetrieblich teilweise die Möglichkeit einer entsprechenden Ausbildung sowie durch eine höhere Zahl an Angestellten die Handlungsoption fachlich heterogenes Personal einzustellen. Demgegenüber stehen die Unsicherheiten der kleinen und mittleren Unternehmen, die sich Fragen zu den Herausforderungen mit den Grünen Technologien stellen, sei es im Rahmen von Brennstoffzellenantrieben, im gesonderten Umgang mit Leckagen, Fragen des Explosionsschutzes oder aber auch bei der Einstellung zusätzlicher Fachkräfte. Daher wurden auch diese Fachmeinungen und Erfahrungen seitens der Wirtschaft hinzugezogen.

Auf diesem Weg soll nicht nur die Frage beantwortet werden, welche Qualifizierungsangebote bereits existieren und welche Inhalte diese abbilden, sondern auch was seitens der Unternehmen an Fähigkeiten benötigt werden. In der Gegenüberstellung soll eine erste Formulierung über die Notwendigkeit und für eine mögliche Gestaltung der Qualifizierungsangebote für die Wasserstoffwirtschaft getätigt werden.

2 Forschungsstand

Da sich die Arbeitswelt in einer Transformation befindet, wie auch die Entwicklung einer Wasserstoffindustrie zeigt, bedarf es einer steten Weiterentwicklung der Kompetenzen und standardisierte Bildungsinhalte, die passgenau auf dem technischen Vorwissen aufbauen – sowohl an Hochschulen als auch in der beruflichen Weiterbildung.

„Um die gute Ausgangsposition deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen bei Wasserstofftechnologien aufrecht zu erhalten, voranzutreiben und den sicheren Betrieb dieser Technologien zu ermöglichen, braucht es qualifizierte Fachkräfte in ausreichender Zahl. Der Umgang mit Wasserstoff birgt spezifische Risiken und Gefährdungen, die einer entsprechenden Qualifikation bedürfen. Um den künftigen Fachkräftebedarf zu decken, müssen frühzeitig parallel zu den entstehenden technologischen Standards durchgängige Bildungsstandards und -angebote entwickelt werden – das betrifft die berufliche und universitäre Ausbildung ebenso wie den Bereich der beruflichen Weiterbildung.“⁴

Erste ausführliche Schlussfolgerungen zu den erwartbaren Beschäftigungseffekten der Wasserstoffwertschöpfungskette machen STEEG ET AL. (2022) im Rahmen eines „BIBB Discussion Paper“ und stellen dabei heraus, „dass es zunächst voraussichtlich zu einem Beschäftigungsaufbau in der Technischen Forschung, dem Maschinenbau, der Chemie sowie der Elektro- und Energietechnik kommen wird.“⁵ Und: „Es wird darüber hinaus deutlich, dass noch erheblicher Forschungsbedarf bezüglich der Vorleistungsfrage, Personalbedarfe und Arbeitsproduktivität in einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft besteht.“⁶

Zusammenfassend stellen KRICHEWSKY-WEGENER ET AL. (2020) in einer Veröffentlichung des Instituts für Innovation und Technik (iit) vom VDI/VDE-IT im internationalen Zusammenhang fest, dass der Wettbewerb und Fortschritt recht ausgeglichen zu sein scheint – „es gibt keine alles dominierenden „Champions“, und Deutschland ist wissenschaftlich-technisch sehr gut positioniert.“⁷

⁴ Verband der TÜV e.V. 2021, S. 5

⁵ Steeg et al. 2022, S. 1

⁶ Ebd., S. 1

⁷ Krichewsky-Wegener et al. 2020, S. 9

Die Autor*innen betrachten explizit die Aus- und Weiterbildungsbedarfe im Rahmen dieses Transformationsprozesses auf qualitativer Ebene. Analog zu den entwickelten Roadmaps für die Dimensionen der Politik, Technologie, Markt, F&E zum Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft⁸ und mit Blick auf die absehbaren Entwicklungen haben KRICHEWSKY-WEGENER ET AL. (2020) diese Dimensionen um den Bereich Skills erweitert, welcher die Qualifizierungsbedarfe der Wasserstoffwirtschaft prognostiziert (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Prognose der Qualifizierungsbedarfe in der Wasserstoffwirtschaft

(Quelle: Krichewsky-Wegener et al. 2020, S.3)

Eine detaillierte Bestandsaufnahme der Bildungsangebote in Ostdeutschland zum Thema Wasserstofftechnologien ist nicht bekannt.

Ebenso fehlt es an wissenschaftlich fundierten Prognosen und Detailbetrachtungen zu den Qualifikationsbedarfen einer wasserstoffbasierten Wirtschaft in den neuen Bundesländern. Das fachkräftebündnisübergreifende Projekt zur Fachkräftesicherung und -entwicklung in der Wasserstoffwirtschaft im Amtsbezirk Lüneburg, „H₂-Skills“, präsentierte im September 2022 die branchenübergreifende Bedarfsanalyse für Qualifizierungsangebote im Wasserstoff-Kontext in Nord-Ost-Niedersachsen und legte damit einen regionalen Fokus auf eine Region Niedersachsens.

Eine Betrachtung der Bedarfsseite seitens des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung unternehmen GRIMM ET AL. (2021) indem sie die Online-Stellenanzeigen der Jobbörse der Bundesagentur für Arbeit analysieren. Dabei sind sie zur Erkenntnis gelangt, dass „die Nachfrage der Betriebe nach expliziten Kompetenzen mit Bezug zu Wasserstofftechnologien auf dem Arbeitsmarkt bereits sichtbar ist.“⁹ Als bemerkenswert betrachten die Autor*innen die große Vielfalt an Berufsbildern für die H₂-Kompetenzen nachgefragt werden.¹⁰

3 Ausgangssituation und Rahmenbedingungen

3.1 Aus- und Weiterbildung in den Wasserstoffstrategien

Mit der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) hat die Bundesregierung ehrgeizige Ziele für den Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft gesteckt. In der NWS finden Aspekte der Aus- und Weiterbildung lediglich eine kurze Erwähnung in der Maßnahme 29 des aufgeführten Aktionsplans, welche wie folgt lautet:

⁸ Helbling et al. 2019, S. 1

⁹ Grimm et al. 2021, S. 1

¹⁰ Vgl. Ebd., S. 3

„Bildung und Ausbildung stärken – national und international: Mit der Unterstützung und Weiterentwicklung der beruflichen und wissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung im Bereich der Wasserstofftechnologien ebnen wir den Weg für Arbeitende und Betriebe hin zu einer effizienten und sicheren Handhabung von Wasserstofftechnologien. Dies betrifft vor allem die Qualifizierung von Personal zur Produktion, Betrieb und Wartung in Bereichen, in denen Wasserstoff bisher nur eine untergeordnete Rolle gespielt hat. Dazu gehören beispielsweise der Anlagenbau sowie im Verkehrsbereich die Ausbildung von Werkstattpersonal für Brennstoffzellenfahrzeuge. Neben qualifizierten Fachkräften bedarf es exzellenter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie talentierten Nachwuchses. Hier gehen wir neue Wege der Zusammenarbeit, um Bildung und Forschung zu verbinden, etwa über Kompetenzzentren von außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Mit Exportländern legen wir Berufsausbildungsk Kooperationen auf und verstärken gezielt das Capacity Building mit eigenen Programmatiken wie für Doktoranden (Umsetzung ab 2021).“¹¹

Im Gegensatz zu Themen der Forschung und Entwicklung wird die Aus- und Weiterbildung nur in geringem Umfang adressiert. „Auch in den Strategien auf Länderebene wird das Thema Qualifizierung zwar genannt, aber kaum mehr als im Sinne einer Inventur betrachtet.“¹²

Der im Mai 2021 veröffentlichte „Wasserstoff-Masterplan für Ostdeutschland“ zeigt Schritte für den Aufbau einer ostdeutschen Wasserstoffwirtschaft auf. Nach der knapp gehaltenen Betrachtung der Aus- und Weiterbildung der einzelnen Länderstrategien stellt dieser Plan für Ostdeutschland heraus, dass zur Gestaltung förderlicher Rahmenbedingungen auch die Ausbildungs- und Qualifizierungsfunktion gehört:

„Hier können die Länder unterstützend einwirken, indem Forschung und Lehre, interdisziplinäre und kooperative Ansätze gezielt unterstützt werden (...). Neben der akademischen Ausbildung ist auch das technische Fachpersonal von hoher Bedeutung, um Fachkräfte für den Aufbau industrieller Anwendungen zu qualifizieren, (...).“¹³

Überdies legt die Veröffentlichung dar, dass ein

„anhaltender Geburtenrückgang und weitere Abwanderungen Auswirkungen auf das zukünftige Fachkräftepotenzial in den ostdeutschen Bundesländern [haben]. Für den Aufbau einer ostdeutschen Wasserstoffwirtschaft können die (...) Entwicklung der Bevölkerungsstruktur und die resultierenden Probleme bei der Gewinnung von qualifizierten Arbeitskräften ein Hemmnis darstellen, der durch geeignete Maßnahmen entgegengewirkt werden sollte.“¹⁴

Weiter heißt es:

„(...), dass vor allem ostdeutsche Betriebe Schwierigkeiten haben, ihren Bedarf an Fachkräften zu decken. Dieser ist in den letzten Jahren nahezu stetig gestiegen, nicht selten können angebotene Stellen nicht besetzt werden.“¹⁵

Bei der Ausarbeitung eines möglichen Formats zur Qualifizierung für Wasserstofftechnologien muss dieser Umstand berücksichtigt werden, denn „eine weitere Herausforderung für die Wasserstoffökonomie liegt in dem generell hohen Bedarf an Ingenieur:innen und Techniker:innen, die weltweit zu den am häufigsten vom Fachkräftemangel betroffenen Berufen gehören.“¹⁶

Auf Fachveranstaltungen der Wasserstoffbranche nehmen die Fragen und Forderungen der Beteiligten der Wasserstoffwirtschaft nach den Maßnahmen zur Aus- und Weiterbildung stetig zu. Es geht neben den vagen Adressierungen der Bildungsthemen in den politischen und Strategiepapieren¹⁷ um konkrete Betrachtungen und mögliche daraus resultierende Maßnahmen, um dem Qualifikationsbedarf nachzukommen. Nicht zuletzt aus diesem Grund ist es auch Anliegen der Studie

¹¹ BMWi 2020: Nationale Wasserstoffstrategie, S. 25

¹² Krichewsky-Wegener et al. 2020, S. 5

¹³ Ebd., S. 68

¹⁴ Ebd., S. 29

¹⁵ Ebd., S. 31

¹⁶ Ebd., S. 4

¹⁷ Vgl. Ebd., S. 9

in einem ersten Schritt zu prüfen, inwieweit der Ist-Stand der Bildungsangebote dem anstehenden Bedarf nach Fachkräften für die Wasserstoffwirtschaft bereits nachkommt.

3.2 Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette

Da auch für die Ermittlung künftiger Qualifizierungsbedarfe die gesamte Wertschöpfungskette in den Blick genommen werden soll¹⁸, wird an dieser Stelle kurz auf die einzelnen Bereiche eingegangen, um diese thematische Klammer offenzulegen und eine Trennschärfe der Unterteilung zu ermöglichen.

Erzeugung

Zur Erzeugung werden die allgemeinen Verfahren der Wasserstoffgewinnung gezählt. Die konventionelle Wasserstoffbereitstellung erfolgt über die fossilen Ressourcen Erdgas oder Kohle. Eine Alternative bieten Wasserelektrolysen, die Wasser durch elektrischen Strom in Wasserstoff und Sauerstoff aufspalten. Bei Nutzung von erneuerbarem Strom spricht man von Grünem Wasserstoff. Der Fokus der zugrundeliegenden Betrachtung der Bildungsangebote zu Wasserstofftechnologien liegt bei der Produktion von Grünem Wasserstoff, demnach bei den Elektrolysen.

Speicherung

Bei der Speicherung werden sowohl die zentralen als auch die dezentralen Gasspeichertechnologien abgebildet. Unter zentraler Speicherung versteht man die langfristige Einlagerung von größeren Mengen an Wasserstoff. Dies kann perspektivisch beispielsweise unterirdisch in Salzkavernen umgesetzt werden, da diese sich bereits als Erdgasspeicher bewährt haben. Eine dezentrale Wasserstoffspeicherung als Zwischenspeicher wird im Zusammenhang mit der Energieversorgung ebenfalls berücksichtigt.

Transport

Transport umfasst vorwiegend die Netze (Ferngasnetze, Verteilgasnetze) sowie Wasserstoff-Einspeiseanlagen. Neben den zentralen Transportmöglichkeiten können auch dezentrale Transportmöglichkeiten Inhalte dieses Schwerpunkts sein.

Anwendung – Mobilität

Die Brennstoffzellentechnologie kann als alternative Antriebsmöglichkeit einen elementaren Beitrag zur Verkehrswende leisten: Kraftwagen, Züge und weitere Verkehrsmittel können mit Wasserstoff und einer Brennstoffzelle betrieben werden. Im Sinne der Technologieoffenheit wird neben der batteriebezogenen Elektromobilität die Umrüstung auf wasserstoffbasierte Antriebe zuerst für den Bereich der schweren Nutzfahrzeuge erwartet bzw. bereits realisiert.

Anwendung – Energieversorgung

Ein weiteres Einsatzfeld von Wasserstofftechnologien stellt die Strom- und Wärmeversorgung dar, die zentral als auch dezentral gestaltet werden kann.

Anwendung – Industrie/Stoffliche Verwertung

Wasserstoff ist ein wichtiger Grundstoff für Produktionsprozesse in diversen energieintensiven Industriezweigen. Besonders für die chemische Industrie ist Wasserstoff außerordentlich bedeutend und bildet den Ausgangspunkt wichtiger chemischer Wertschöpfungsketten.

¹⁸ Vgl. Krichewsky-Wegener et al. 2020, S. 4

Anwendung – Raffinerie/Kraftstoffe

In Erdölraffinerien zur Raffinierung von Mineralöl oder bei der Herstellung von synthetischen Kraftstoffen findet Wasserstoff einen weiteren Anwendungsbereich.

Sicherheit

Das Thema Sicherheit umfasst die gesamte Wertschöpfungskette des Wasserstoffs. Der sichere Betrieb, die Vermeidung von Unfällen sowie die Beherrschung von Störfällen stellen eine Voraussetzung für das notwendige Vertrauen in die Wasserstofftechnologie dar und verhindern Schadensereignisse, minimieren die Risiken sowie damit verbundene Kosten und tragen so zur Wirtschaftlichkeit bei.¹⁹ Unter diesem Punkt werden Bildungsinhalte zusammengefasst, die Technologiesicherheit etablieren durch bspw. Anlagensicherheit oder auch die sichere Verwendung von Wasserstoff im Mobilitätssektor, denn im Vergleich zu anderen gasförmigen Energieträgern sind im Umgang mit Wasserstoff weitere wichtige Punkte zu beachten.

Management

Ebenso bilden Management-Themen eine Klammer um die Wasserstoffwertschöpfungskette, denn Innovationsthemen bedürfen einer Strategie und eines geführten Prozesses. Die ökonomische und ökologische Bewertung von Wasserstoffsystemen wird hier ebenso zugeordnet wie deren Zulassung sowie die Betrachtung gesellschaftlicher Akzeptanzfragen der Technologien.

3.3 Untersuchungsfragen

In Anbetracht des Forschungsstands und aufgrund der vagen Betrachtungen in den strategischen und politischen Papieren in Ostdeutschland, sollen konkret die Qualifizierungsangebote in der Untersuchungsregion abgebildet werden. Daher lauten die Untersuchungsfragen wie folgt:

- Welche akademischen Qualifizierungsangebote zu Wasserstofftechnologien existieren aktuell in Ostdeutschland?
- Welche außerakademischen Weiterbildungsangebote zu Wasserstofftechnologien existieren aktuell in Ostdeutschland?

Wie bei STEEG ET AL. resümiert wurde, wird sich im Zuge der Energiewende auch auf dem Arbeitsmarkt eine Wertschöpfungskette „Wasserstoff“ etablieren²⁰. Um die Schwerpunkte bei den Angeboten herauszustellen, wurden folgende Untersuchungsfragen hinzugefügt:

- Welche Inhalte entlang der Wertschöpfungskette werden thematisiert?
- Welchen beruflichen Fokus legen die Weiterbildungsangebote?

Im Hinblick auf die Expert*innen-Gespräche wurden weitere Untersuchungsfragen formuliert:

- In welchen Fachbereichen finden sich die Lehrinhalte mit Wasserstofftechnologien wieder?
- Welche Qualifikationen werden aus Sicht der KMU benötigt, die in der Wasserstoffwirtschaft aktiv sind?
- Was braucht es, um KMU für die Wasserstofftechnologien angemessen aufzustellen?

¹⁹ Vgl. Verband der TÜV e.V. 2021, S. 3

²⁰ Vgl. Steeg et al. 2022, S. 23

4 Forschungsdesign

4.1 Systematische Recherche und quantitative Inhaltsanalyse

Die Dauer der Studie umfasste drei Monate (01.07. – 30.09.2022) und wurde mit einer systematischen Recherche nach DENYER & TRANFIELD (2009) eingeleitet. Angelehnt an den herausgearbeiteten Schritten für eine systematische Recherche mit dem Fokus auf Studien, wurden diese Schritte auf die hier zugrundeliegende wissenschaftliche Recherche übertragen. Die systematische Recherche ist eine spezifische Methodik, die vorhandene Inhalte ausfindig macht, Beiträge auswählt und bewertet, Daten analysiert und zusammenfasst und die Erkenntnisse so darstellt, dass einigermaßen klare Schlussfolgerungen darüber gezogen werden können, welche Inhalte vorliegen und welche nicht. Eine systematische Übersicht sollte nicht als Literaturübersicht im herkömmlichen Sinne betrachtet werden, sondern als ein in sich geschlossenes Forschungsprojekt, das eine klar spezifizierte Frage anhand vorhandener Inhalte, in diesem Fall Bildungsangebote, untersucht.

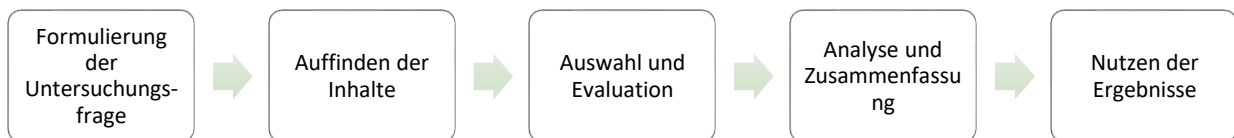


Abb. 2: Eigene Darstellung, nach Denyer/Tranfield 2009

Mit der notwendigen Fokussierung durch die herausgearbeiteten Untersuchungsfragen zu den Qualifizierungsangeboten²¹ konnte die systematische Recherche zielgerichtet begonnen werden. Die Bildungsangebote aller akademischen Einrichtungen im Untersuchungsraum wurden vorsondiert und jene Studiengänge ermittelt, die Wasserstofftechnologien implizieren. Gemäß Auflistung des Hochschulkompasses, dem Übersichtsangebot der Hochschulrektorenkonferenz, wurden 108 akademische Einrichtungen in den ostdeutschen Bundesländern inklusive Berlin betrachtet. Da nicht alle Studieninhalte im Detail einsehbar waren, wurden zunächst auch jene Studiengänge aufgenommen, welche diese Themen flankieren könnten. Basierend auf den Daten, welche im Rahmen der Universitäten, Hochschulen und Bildungsträgern auf den jeweiligen Webseiten bereitgestellt wurden, konnte also eine erste umfangreiche Übersicht erstellt werden. Im nächsten Schritt der systematischen Recherche wurden die aufgenommenen Hochschulen und deren Lehrinhalte nach relevanten Stichwörtern durchsucht²². Wichtige Begriffe bei der Untersuchung der Modulhandbücher und Studieninhalte waren dabei „Wasserstoff“ (analog „Hydrogen“), „Brennstoffzelle“ (analog „Fuel Cell“) sowie „Elektrolyse“, „Sektorenkopplung“ und „Power-to-X“. Die Darstellung der Recherche-Ergebnisse erfolgte in einer Excel-Datenbank, wobei akademische Inhalte und Weiterbildungsangebote in jeweils einem Tabellenreiter abgebildet wurden. Die Übersicht der Weiterbildungsangebote führt die 23 Angebote an, welche in Präsenz in allen ostdeutschen Bundesländern angeboten werden sowie alle bundesweiten reinen Onlineangebote, da eine Teilnahme nicht örtlich gebunden ist²³. Als weitere Variable wurde im Gegensatz zur Auflistung der

²¹ Vgl. Denyer/Tranfield 2009, S. 681

²² Vgl. Ebd., S. 684

²³ Online-Studiengänge, die keine Präsenz unter Einbezug der Prüfungen vor Ort erforderten, konnten nicht ausfindig gemacht werden.

Studiengänge bei den außerakademischen Qualifizierungen noch die Variable der Zielgruppe ergänzt, um festzuhalten auf welchem Vorwissen die Weiterbildungsangebote aufbauen.

In Kontext der Auswahl und Evaluation wurden die ermittelten Inhalte durch eine direkte Ansprache der Verantwortlichen, sprich Fachstudienberatung o.ä., gegengeprüft und bewertet, sodass Aktualität und eine korrekte Darstellung sichergestellt werden konnten. Einige (akademische) Bildungseinrichtungen planen aktuell noch den Ausbau der Wasserstoffinhalte. In der durchgeführten Erhebung ging es jedoch ausschließlich um die Darstellung des Ist-Stands.

Zur strukturierten Analyse und Zusammenfassung der Bildungsangebote und zur vergleichbaren Auswertung der inhaltlichen Ausrichtung wurde die Methode der Quantitativen Inhaltsanalyse nach FRÜH (2001) genutzt. Dabei wurden formale und inhaltliche Kategorien verwendet. Formale Kategorien erfassen die feststehenden Variablen wie Ansprechperson, Kontaktdaten, Institution, Namen des Angebots, Bundesland, Ort, Kosten, Dauer und Praxisbezug. Die inhaltlichen Kategorien sind direkt mit den Untersuchungsfragen verknüpft und bilden die Clusterung der Schwerpunkte ab, wobei sich an der Wasserstoffwertschöpfungskette orientiert wurde.²⁴ Da die Wasserstoffindustrie unbedingt ganzheitlich betrachtet werden muss und es im Hinblick auf die Sektorenkopplung nicht zielführend ist, eine Einzelbetrachtung bestimmter Industriezweige und Anwendungsfelder zu forcieren, wird die Anwendung in der Interpretation der zugrundeliegenden Daten als ein Feld der Unterteilung zusammengefasst. Somit ergeben sich folgende sechs thematische Unterkategorien: Erzeugung, Speicherung, Transport, Anwendung, Sicherheit, Management. Bei der Darstellung der Bildungsangebote ist zu beachten, dass Studiengänge getrennt von den beruflichen Weiterbildungsangeboten betrachtet werden.

Bei der Darstellung der Studiengänge findet sich die thematische Kategorie der Berufsbereiche wieder. Diese Berufsgruppen bzw. Berufsbereiche wurden innerhalb der Inhalte der Studiengänge erwähnt, wenn nicht sogar in der Bezeichnung des Studiengangs impliziert.

Dabei ergaben sich folgende Einordnungen:

- **Chemietechnik**
- **Energietechnik**
 - Impliziert die Fachgebiete der Informationstechnik, der Mess-, Regelungs- und Automatisierungstechnik sowie der Automatisierung
- **Elektrotechnik**
- **Gebäudetechnik**
- **Maschinenbau**
 - Impliziert die Fachgebiete der Betriebs- und Fahrzeugtechnik
- **Umwelttechnik**
- **Verfahrenstechnik**
 - Impliziert das Fachgebiet der Prozesstechnik
- **Sicherheitstechnik**
- **Wirtschaftswissenschaft**²⁵

Während die Übersicht der Studiengänge auf die Berufsgruppe eingeht, wird bei den Weiterbildungsangeboten auch die Zielgruppe der Formate aufgenommen. Grundständige Ausbildungen sind in der Darstellung ausgeklammert, da bereits eine erste Untersuchung ergeben hat,

²⁴ Siehe 3.2: „Zur Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette“, S. 9

²⁵ Das Wirtschaftsingenieurwesen wird hier nicht aufgeführt, sondern findet seine Darstellung in der Aufteilung als Wirtschaftswissenschaft, die sich mit dem klassischen Ingenieurwesen, also den hier angeführten technischen Berufsgruppen, verbindet.

dass an dieser Stelle keine expliziten Ausbildungsplätze mit einem Schwerpunkt auf Wasserstofftechnologien in den neuen Bundesländern angeboten werden.

Herausforderungen während der systematischen Recherche stellten die unterschiedlichen Abbildungen der Studiengänge und auch die teilweise fehlende Einsicht in die Modulhandbücher und der damit verbundenen Studieninhalte dar. Auch die Evaluation der ermittelten Inhalte und deren inhaltliche Komplexität auf die direkte Anfrage der Verantwortlichen zu den Studiengängen, die Wasserstofftechnologien beinhalten, differierten erheblich. Darüber hinaus ist festzuhalten, dass bei einer vergleichenden Darstellung zu beachten ist, dass das Ausmaß der Betrachtung der Wasserstofftechnologien bei den abgebildeten Studienangeboten teilweise stark variiert. Diesem Umstand wird Genüge getan, durch eine detailliertere Darstellung innerhalb der Datenbank in der Spalte „Anmerkungen“. Bei den Weiterbildungsangeboten waren die Themengebiete und der konkrete inhaltliche Aufbau direkt einsehbar.

Die Überschneidung des Untersuchungsraums mit den Urlaubszeiten vieler Ansprechpartner*innen erforderte einen längeren Zeitraum für die Korrespondenz mit den akademischen Einrichtungen, sodass im September mit einem umfangreichen Bestand der Angebote mit der Auswertung begonnen werden konnte.

4.2 Leitfadeninterviews

Im August wurde die systematische Recherche mit mehreren qualitativen Expert*innen-Interviews ergänzt. Die Interviews liefern zusätzliche Informationen²⁶, welche die Auswertung der Qualifizierungsangebote in Ostdeutschland unterfüttern sollen. Ziel war es hierbei, durch Gespräche mit bildungsvermittelnden Gesprächspartner*innen sowie kleinen und mittelständischen Unternehmen, die sich mit Wasserstofftechnologien beschäftigen, weitere Perspektiven bei der Beantwortung der Untersuchungsfragen zu ermöglichen sowie erste Hypothesen für eine umfangreichere Erhebung formulieren zu können. Die qualitativ-offenen Interviews geben die Möglichkeit, eine mögliche Diskrepanz zwischen Bedarfen seitens der Wirtschaft sowie den aktuellen akademischen und beruflichen Angeboten aufzuzeigen. Der entwickelte Leitfaden²⁷ kann auch als Untersuchungsgrundlage für eine weiterführende Datenerhebung dienen.

Das Leitfadeninterview stellt durch den Leitfaden und eine grundsätzliche thematische Struktur der Fragen eine teilstrukturierte Interviewmethode dar.²⁸ Der Leitfaden enthält eine Reihe von Themen, die im Verlauf des Interviews angesprochen werden sollen.²⁹ [CGP2] Der hier entwickelte Leitfaden [CGP3] für die Interviews³⁰ ist in Themenbereiche aufgeteilt, wobei Fragen zur Person bzw. zum Unternehmen (1), vom Themenbereich zur Qualifikation der Angestellten (2) und den Weiterbildungsangeboten im Wasserstoffsektor (3) sowie allgemeinen Fragen in Bezug auf Wasserstofftechnologien (4) gefolgt werden (siehe Anhang). Die Interviews mit den Bildungsträgern/-einrichtungen umfassten darüber hinaus noch die Frage nach Bildungsangeboten von anderen Stellen, klammerten die Qualifikation der Angestellten aus und betrachteten dafür eingehender das Format und die Inhalte des eigens angebotenen Bildungsrepertoire zu Wasserstofftechnologien.

²⁶ Vgl. Meuser/Nagel 2009, S. 471

²⁷ Siehe Anhang, S. 28 f.

²⁸ Vgl. Loosen 2014, S. 1 von 15

²⁹ Vgl. Diekmann 2008, S. 537

³⁰ Zur Standardisierung der aktuellen analogen Untersuchungen zu den Qualifikationsbedarfen einer Wasserstoffwirtschaft wurde sich beim Design am Leitfaden des fachkräftebündnisübergreifenden Projektes „H2-Skills“ orientiert. Da der Untersuchungsschwerpunkt teilweise jedoch anders lag, wurden Inhalte angepasst, erweitert bzw. ausgeklammert.

Insbesondere die Themenbereiche und die dazugehörigen Fragen zu den Weiterbildungsangeboten und der Angestelltenqualifizierung dienten der Beantwortung der Untersuchungsfragen.

Insgesamt zwölf kleine und mittelständische Unternehmen in der Untersuchungsregion, für die Wasserstofftechnologien mehr oder weniger zum Geschäftsbereich gehören, wurden für ein Expert*innen-Interview angefragt. Final konnten zwei qualitative und ausführliche Interviews mit Experten in Hinblick auf das Betriebswissen³¹ geführt werden. Eine der befragten Personen [Exp. I] ist sowohl Geschäftsführer eines Betriebs, der sich bereits seit 10 Jahren mit Wasserstofftechnologie beschäftigt, lehrt zusätzlich an einer Universität. Der andere Experte aus der Wirtschaft [Exp. II] ist ebenfalls Geschäftsführer eines Unternehmens, dessen Tätigkeitsbereich in der Energie-/Gebäudetechnik liegt und für die vor acht Jahren auch die Betrachtung der reinen Wasserstoffverwendung die Perspektiven des Arbeitsfelds erweiterte. Außerdem wurden zwei weitere Interviews mit Bildungsexpert*innen geführt, wobei eine Person [Exp. III] verantwortlich für den Wasserstoffbildungsbereich eines etablierten Vereins ist, der auch Weiterbildungen für Wasserstoff anbietet. Der andere Bildungsexperte [Exp. IV] ist ausgebildeter Energietechniker und im Rahmen der Bildungsvermittlung selbstständig. Er bietet maßgeschneiderte Bildungsformate zu Wasserstoff an und beschäftigt sich seit mehr als 20 Jahren mit Wasserstofftechnologien. Die Expert*innen-Interviews wurden für die Auswertung transkribiert und paraphrasiert.³² Die Ergebnisse aus den qualitativen Interviews werden zur Auswertung der Ergebnisse der quantitativen Inhaltsanalyse hinzugezogen.

5 Ergebnisse der Untersuchung

5.1 Wasserstofftechnologien im akademischen Bildungskontext

Insgesamt konnten in jedem Bundesland des Untersuchungsgebietes Universitäten und Hochschulen ermittelt werden, die Wasserstofftechnologien thematisieren. Dabei ist festzuhalten, dass die Intensität dieser Schwerpunktsetzung stark schwankt. Die innerhalb der akademischen Lehre der neuen Bundesländer untersuchten Bildungsangebote verdeutlichten, dass Wasserstofftechnologien vorwiegend als Inhalt einzelner Module³³ ihre Abbildung finden. Seltener wurden komplette Module, die sich ausschließlich Wasserstofftechnologien widmen, angeboten. Ein vollständiger Studiengang zu diesem Thema war lediglich einmal auffindbar und im Portfolio einer privaten Universität. Außerdem sei an dieser Stelle erwähnt, dass während der Recherche Wasserstofftechnologien an einigen ostdeutschen Hochschulen in der Forschung und Entwicklung, jedoch nicht in der Lehre, ausgemacht werden konnten.

91 Studiengänge³⁴ konnten in den der Studie zugrunde liegenden Bundesländern, inklusive Berlin, ausgemacht werden, die Wasserstofftechnologien betrachten. In den fünf neuen Bundesländern (SN, ST, TH, BB & MV) konnten davon 64 Studiengänge mit entsprechenden Inhalten verortet werden. Die molekulare bzw. grundlagenchemische Betrachtung von Wasserstoff wurde nicht in die Datenbank aufgenommen, insofern nicht auch Technologien wie Elektrolyse oder Brennstoffzellensysteme Teil der Studieninhalte waren. Da es um die Innovationsbetrachtung von Grünen Wasserstofftechnologien

³¹ Vgl. Meuser/Nagel 2009, S. 471

³² Vgl. Ebd., S. 476

³³ Einzelne Module können auch von anderen Studiengängen, sprich fachfremden, belegt werden, typischerweise ist dies aber die Ausnahme, sodass lediglich eine Auflistung der Studiengänge erfolgt, für welche die Module originär geschaffen wurden.

³⁴ Studiengänge mit unterschiedlichen Abschlüssen wurden mehrfach aufgenommen, so wird ein und derselbe Studiengang jeweils einmal mit Bachelor-Abschluss sowie einmal mit Diplom-Abschluss dargestellt.

im Rahmen der Energiewende und dem damit einhergehenden Wandel des Arbeitsmarktes ging, wurde der Verwendung von Wasserstoff als Grundstoff der chemischen Industrie keine gesonderte Aufmerksamkeit in der Datenbank beigemessen, da dieser Bereich als bereits tradiertes Arbeitsfeld betrachtet wurde.

Gemäß der Gegenüberstellung der Bundesländer konnte hervorgehoben werden, dass nach Berlin mit 27 akademischen Angeboten, welches sich auf drei große technische Universitäten/Hochschulen verteilt, die Bundesländer Sachsen mit 21 (auf neun akademische Einrichtungen verteilt) sowie Sachsen-Anhalt mit 18 Studiengängen (auf sechs akademische Einrichtungen verteilt) folgten (siehe Abb. 3). Mit dem Blick auf Wasserstofftechnologien bietet Thüringen 10 Studiengänge an vier akademischen Einrichtungen, Brandenburg 8 Studiengänge an drei und Mecklenburg-Vorpommern 7 an drei universitären Bildungseinrichtungen an.

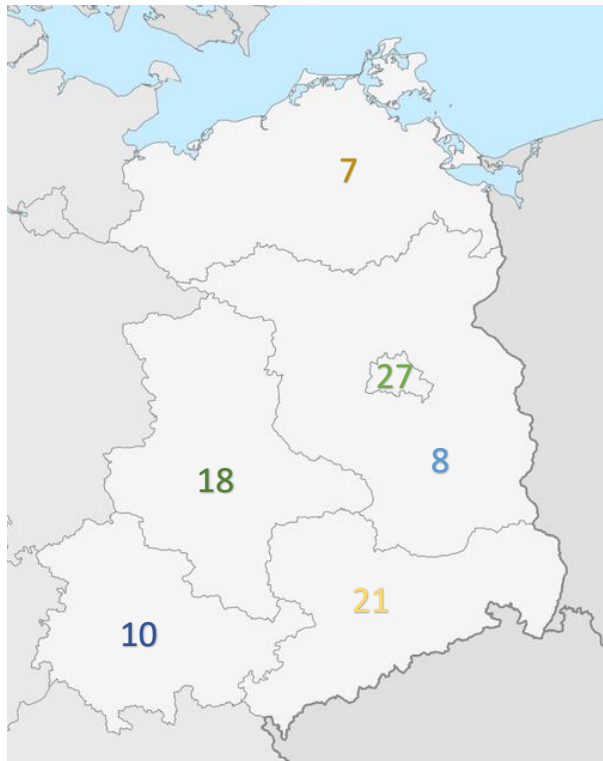


Abb. 3: Anzahl der Studiengänge mit Inhalten zu Wasserstofftechnologien, sortiert nach Bundesland

Die Studiengänge verteilten sich auf insgesamt 27 akademische Einrichtungen, wobei es sich bei der Mehrzahl um Fachhochschulen (15) handelte, die Inhalte mit Wasserstofftechnologien bereits im Lehrplan hatten (siehe Abb. 4). An insgesamt elf Technischen Universitäten und Universitäten konnten

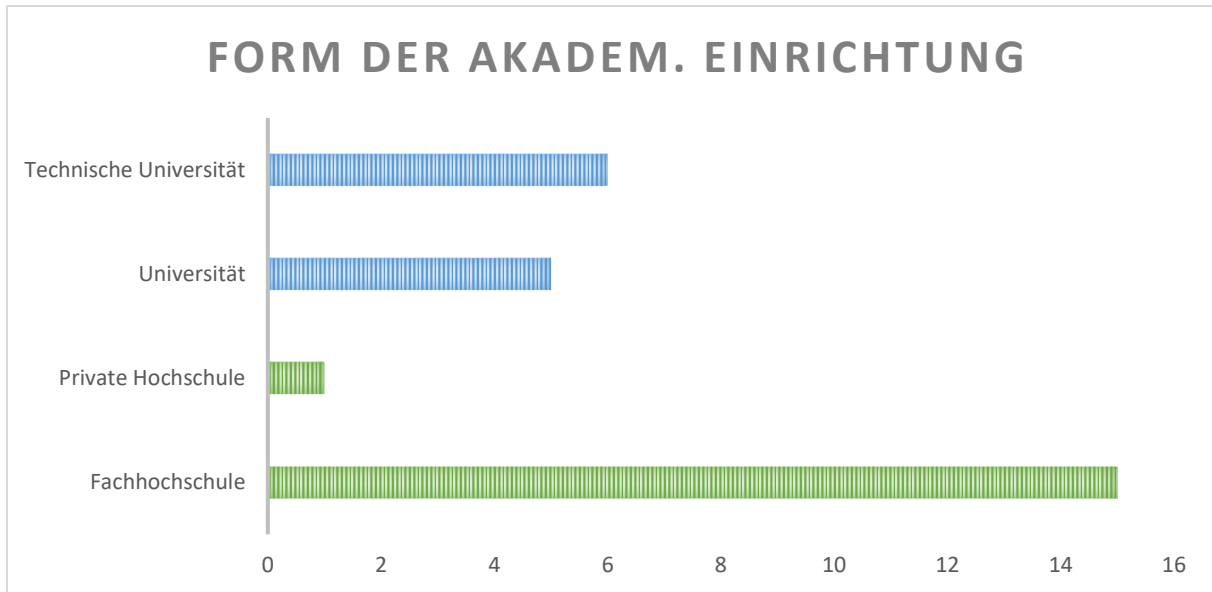


Abb. 4: Hochschulen in den neuen Bundesländern inkl. Berlin, sortiert nach Form, die Studieninhalte zu Wasserstofftechnologien anbieten

Inhalte zu Wasserstoff verortet werden. Lediglich eine private Hochschule fand sich in der Erhebung wieder.

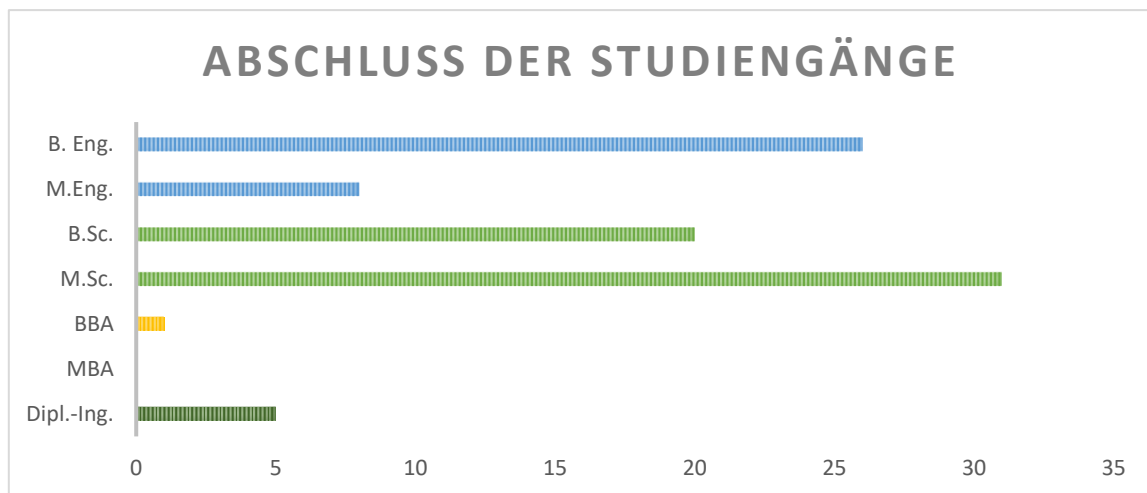


Abb. 5: Studiengänge gemäß Abschluss, die Wasserstofftechnologien thematisieren

Betrachtet man den Abschluss, in welchen die recherchierten Studiengänge mündeten, fällt auf, dass es sich vorwiegend um Bachelor-Abschlüsse (insgesamt 47) handelte, die jedoch gefolgt werden von insgesamt 39 Master-Abschlüssen. Unter den Bachelor-Abschlüssen dominierte der Bachelor of Engineering (B.Eng.) mit 26 Studiengängen und der Bachelor of Science (B.Sc.) mit 20 Studiengängen. Bei den Master-Studiengängen ist eindeutig der Master of Science (M.Sc.) der häufigste Abschluss in welchen Studiengänge mit H₂-Inhalten mündeten. Unterrepräsentiert waren Studiengänge mit einem Bachelor of Business Administration (BBA) oder Master of Business Administration (MBA).

Im Rahmen der Erörterung der Studieninhalte konnte eine Vielfalt der Bezeichnungen der Studiengänge ausgemacht werden, sodass diese nicht immer die Richtung der beruflichen Qualifikation sichtbar machte. Aus diesem Grund wurde eine weitere Variable eingeführt, um die

inhaltliche Ausrichtung vergleichbar zu machen; den Studiengängen wurden Berufsgruppen zugeordnet.

Jedem der Studiengänge konnte mindestens eine dieser acht Fachgruppen zugeordnet werden. Die häufigste Berufsgruppe bildete dabei die Energietechnik, mit einer Zuordnung von 48 Studiengängen, gefolgt von der Wirtschaftswissenschaft (27), dem Maschinenbau (25), der Umwelt- (24) und Verfahrenstechnik (21) (siehe Abb. 6). Seltener fanden sich die Bereiche Elektrotechnik (11), Chemietechnik (8), Gebäudetechnik (7) und Sicherheitstechnik (1).

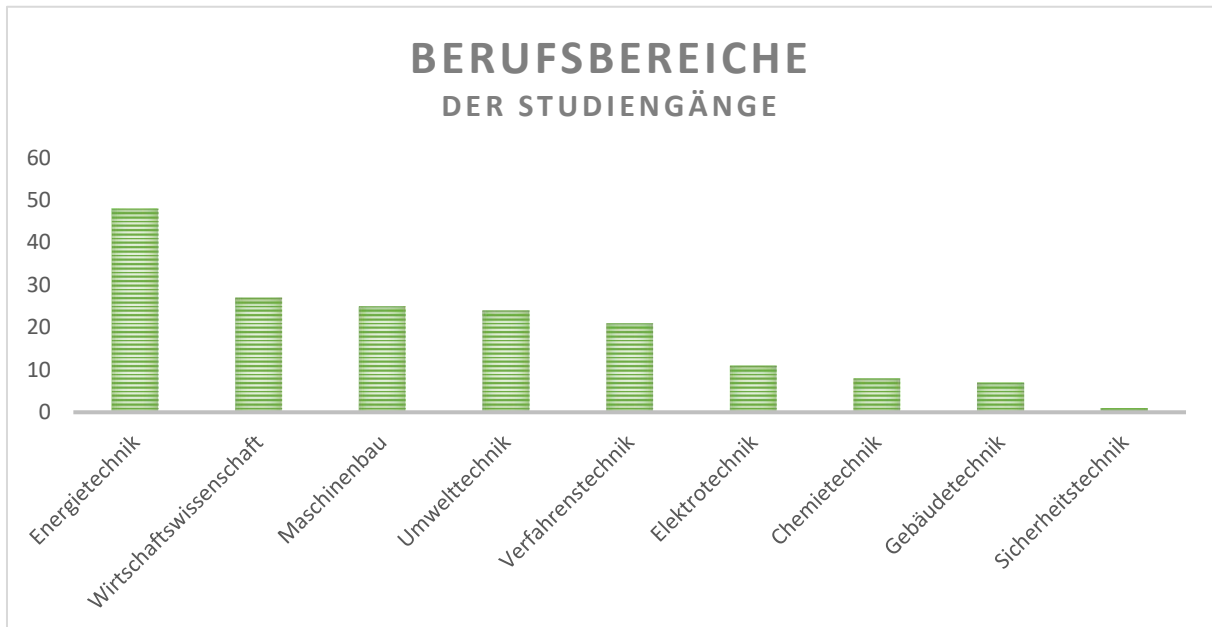


Abb. 6: Berufsbereiche, denen die Studiengänge mit Inhalten zu Wasserstoff zugeordnet werden konnten

29 Studiengängen konnten nur jeweils eine Berufsgruppe zugeordnet werden. Alle weiteren Studiengänge enthielten inhaltliche Schwerpunkte aus mindestens zwei Berufsbereichen.

Betrachtet man die Themenstrukturierung entlang der Wertschöpfungskette des Wasserstoffs gelangt man zu dem Ergebnis, dass sich vor allem Anwendungsthemen in den Studieninhalten wiederfanden. Insbesondere Anwendungstechnologien der Mobilität und Energieversorgung zeichneten sich in den Modulgestaltungen ab. Erzeugung und Speicherung spielten ebenfalls bei mehr als der Hälfte der Studiengänge eine inhaltliche Rolle. Aspekte der Sicherheit, des Transports und auch Management-/Akzeptanzthemen fanden sich bei weniger als einem Viertel der Studienangebote wieder (siehe Abb. 7).

Bei fast allen Studienangeboten handelte es sich um ein Vollzeitstudium wobei lediglich acht Studiengänge (auch) als duales bzw. berufsbegleitendes Studium angeboten wurden. Fünf dieser Studiengänge mündeten in einem Abschluss als Bachelor of Engineering. Sechs der dualen/berufsbegleitenden Studiengänge wurden an Fachhochschulen angeboten.

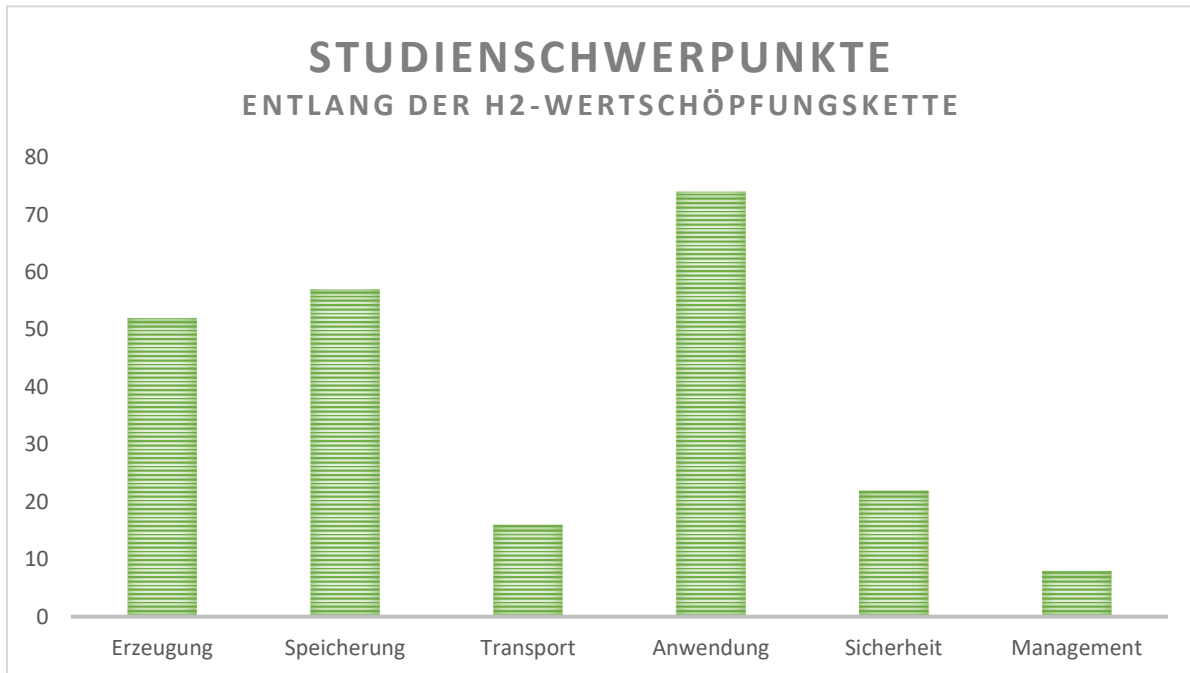


Abb. 7: Studienschwerpunkte entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette innerhalb der herausgearbeiteten Studiengänge

5.2 Wasserstofftechnologien im außerakademischen Bildungskontext

Das berufliche Weiterbildungsangebot mit dem Schwerpunkt auf Wasserstoff befindet sich im stetigen Wachstum und auch die regionalen Ausrichtungen dieser Angebote werden fortlaufend erweitert. Die innerhalb des Kategoriensystems aufgelisteten Rechercheergebnisse stellen den zum Zeitpunkt der Erhebung ermittelten Ist-Stand aller deutschlandweiten Online-Weiterbildungsangebote³⁵ sowie den Vor-Ort-Angeboten in den neuen Bundesländern dar.

Insgesamt konnten 23 Angebote aus dem Bereich der beruflichen Weiterbildung ausgemacht werden. 18 dieser Angebote waren Onlineformate, zwei Hybridformate (Veranstaltungen fanden in den neuen Bundesländern statt, eine Online-Teilnahme war jedoch möglich) und drei waren reine Präsenzangebote. Die Präsenzangebote verorteten sich in Sachsen (2) und Mecklenburg-Vorpommern (1). Acht der 23 Angebote würden auf Anfrage auch eine Inhouse-Umsetzung anbieten.

Eine Einordnung nach Themenfeldern war bei der Darstellung der Weiterbildungsangebote nicht zielführend, da es weniger um die Ausbildung von Berufsbereichen ging als vielmehr um Teilnehmende aus verschiedenen Berufsbereichen. Aus diesem Grund findet sich hier die Variable der Zielgruppe. Die meisten Lehrgänge und Schulungen formulierten fachliche Anforderungen, insgesamt 21 Angebote. Zwei Angebote skizzierten explizit komplexere Anforderungen in Form von ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen auf akademischem Niveau. Mit einem Zertifikat konnten

³⁵ Betrachtet wurden Angebote, die eine reine Online-Teilnahme ermöglichen. Da die akademische Online-Formate immer auch Präsenztermine außerhalb der neuen Bundesländer erforderten, fielen diese aus der Betrachtung. Im Gegensatz dazu konnten bei den Weiterbildungen Formate ausfindig gemacht werden, die keine lokale Bindung durch Präsenztermine aufwiesen.

neun der 23 Kurse abgeschlossen werden. Die Zertifikate waren in aller Regel trägerinterne, sprich die Zertifikate des Anbieters. Ausnahme bildete ein Hochschulzertifikat.

Thematisch behandelten 20 Bildungsformate die Anwendung von Wasserstoff. Sicherheit spielte in knapp mehr als der Hälfte, also in 13 der Angebote, eine Rolle. Aspekte der Erzeugung fanden sich in elf, des Transports in sechs und der Speicherung in fünf Formaten wieder (siehe Abb. 8).

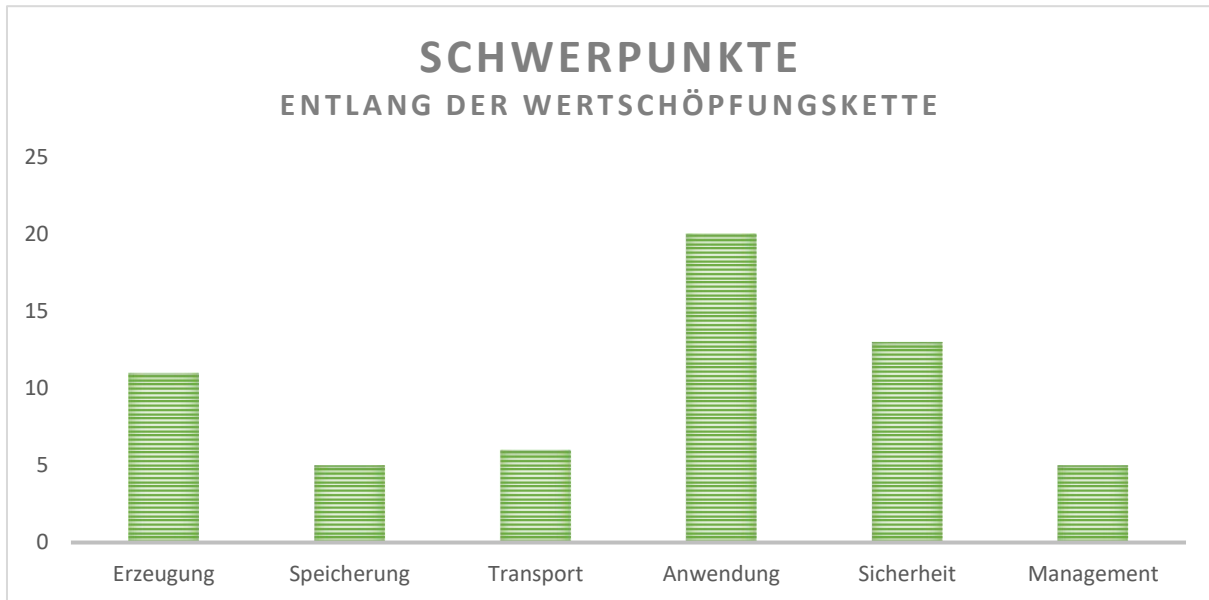


Abb. 8: Schwerpunkte entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette innerhalb der herausgearbeiteten Weiterbildungen

Die Bildungsangebote verteilten sich auf 12 Institutionen. Zwei davon waren etablierte Forschungseinrichtungen und boten insgesamt acht Lehrgänge an. Sechs der Lehrgänge fokussierten sich vorwiegend auf einen Schwerpunkt, wobei neben der Erzeugung in einem Format, vor allem die Sicherheit im Fokus von den fünf weiteren Lehrgängen stand. Des Weiteren fanden sich unter den Institutionen drei Verbände, die sieben Formate anboten. Forschungseinrichtungen und Verbände bildeten also mehr als die Hälfte der recherchierten Weiterbildungen an. Die übrigen acht Formate waren bei Bildungseinrichtungen/-zentren angesiedelt und verteilten sich hier auf sechs Institutionen.

5.3 Die Expert*innen-Interviews

Im Gespräch mit Experte IV wurde eingehend besprochen inwiefern einige Unternehmen keine Herausforderung bei der Qualifikation der Angestellten hinsichtlich Wasserstofftechnologien sehen, jedoch im Gegensatz dazu andere Unternehmen die Herausforderungen weiterer Bildungsbedarfe im Hinblick auf Wasserstoff in den Fokus nehmen:

„Den Unterschied sehe ich [...] wenn Wasserstoff molekular angewendet wird, also in der stofflichen Nutzung in der chemischen Industrie. Das man dort eigentlich grundsätzlich immer schon mit recht qualifiziertem Personal zu tun hat. Die kennen sich aus mit Gas, die haben ihre Regularien in den jeweiligen Firmen, die schon gelten [...] Man muss halt nur ein paar Regeln beachten. Für die chemische Industrie ganz allgemein gesprochen, ist das ein ganz normales Gas. [...]

In dem anderen Feld, in der energetischen Nutzung ist das so, dass mehr Firmen und Personal mit Wasserstoff Umgang bekommen, die bisher nur davon gehört haben beziehungsweise noch überhaupt nie mit Gas umgegangen sind, weil sie bisher mit den klassischen Energieträgern umgegangen sind.“

Seitens der kleinen und mittleren Unternehmen würde zunächst einmal bereits treffend ausgebildetes Personal gesucht werden und nur bei Bedarf im Rahmen von Weiterbildungen nachgeschult werden. Modulare Weiterbildungen würden insbesondere seitens KMU den dualen Studiengängen vorgezogen. An dieser Stelle muss auch berücksichtigt werden, dass die Betriebe zumeist aufgrund der geringen Zahl an Fachkräften wenig Kapazitäten haben, um diese langwierig schulen zu lassen³⁶, weshalb Bildungsformate mit einem kurzen Umfang bevorzugt wurden.

Während der Expert*innengespräche wurde die Schwierigkeit, überhaupt Personal in den technischen Fachbereichen und mit einem guten grundständigen Studium zu finden, deutlich.

„Wir wären schon froh, wenn wir in den grundständigen Studiengängen und Ausbildungsberufen genügend Leute hätte, die da am Start sind. Also das wasserstoffspezifische bringen wir denen schon noch bei, weil das unterscheidet sich manchmal gar nicht so sehr von den Dingen, die man in diesen Berufsbilder auch sonst macht.“³⁷

In einem weiteren Gespräch kam es zu der selbigen Feststellung:

„Momentan ist es überhaupt erst einmal schwer jemanden zu finden, der einsatzbereit ist. Die Personallage ist gerade relativ komplex oder schwierig. Ich sag mal aus der Vergangenheit heraus: Alle Mitarbeiter, die wir haben, kommen eigentlich aus dem Elektrotechnik- bzw. Energietechnik-Bereich - im Bereich der Brennstoffzelle. Wir haben jetzt nicht unbedingt wirklich einen Chemiker dabei. Eine Kollegin, die noch aus der Verfahrenstechnik so ein bisschen kommt. Das heißt wir brauchen einfach auch Leute, die über den Tellerrand gucken können, die ihre Spezialisierung haben, da auch dann entsprechend ihre Leistung mit erbringen, aber eben auch sich in benachbarte Gebiete mit einarbeiten können, um das in der Systementwicklung mit leisten zu können.“³⁸

Die Zahl der Studierenden sei in den technischen Studiengängen so gering, dass man gar keine Spezialisierungen wie für den Bereich der Wasserstofftechnologien mehr anbieten kann, da diese viel zu gering belegt wären.³⁹ Dabei handelt es sich keineswegs nur um eine Herausforderung der neuen Bundesländer, denn bundesweit gibt es viel zu wenig Fachkräfte.⁴⁰ So lautet die Lösung eines Experten:

„Vielleicht ist ein anderer Weg viel erfolgreicher: dass man nämlich sagt, weg von den ganzen spezialisierten Ausbildungsberufen und Studiengängen hin zu einer grundsoliden, tief verstandenen Grundlagenausbildung in grundständigen Studiengängen und wenn ich die habe und mit genügend Leuten untersetzen und unterfüttern kann, dann ist letzten Endes eine Wasserstofftechnik, Biogastechnik, eine XYZ-Technik auch nichts anderes als dass man diese verstandenen Grundlagen auf bestimmte Anwendungen appliziert und dort dann berufsbegleitend tiefer einsteigt.“⁴¹

Und weiter:

„Die solide Grundausbildung ist das A und O und dann muss man schauen, welche Weiterbildungsträger dann die Wasserstoff- oder auch andere themenspezifische Qualifikation anbieten, wo man dann die Leute hinschicken kann. Diese Zusatzqualifikationsmodule, die durch viele Bildungsträger angeboten werden können, die müssen natürlich inhaltlich sinnvoll ausgestaltet sein und ich denke, dass da noch viel im Fluss ist. Wenn ich einen etablierten Beruf nehme, ich sage mal Elektroinstallateur, der zum Schluss Häuser mit Elektroausrüstung versorgt, [...] da weiß man über die Jahrzehnte hinweg, was so ein Auszubildender im Rahmen seiner dreijährigen Lehre zumindest mal gehört haben muss, um ein guter

³⁶ Vgl. Exp. II

³⁷ Exp. I

³⁸ Exp. II

³⁹ Vgl. Exp. I

⁴⁰ Der Fachkräftemangel steigt in Deutschland laut einer Studie des arbeitgebernahen Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) weiter an. Wie das Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung berichtet, sei der gesamte Arbeitsmarkt betroffen: „Die Fachkräftelücke steigt bereits seit Beginn des Jahres 2021 saisonbereinigt kontinuierlich an und erreicht im März 2022 einen neuen Höchstwert. So fehlten im März 2022 saisonbereinigt gut 558.000 Fachkräfte.“ (Hickmann/Malin 2022, S. 2)

⁴¹ Exp. I

Elektriker zu sein. Wenn so neue Technologien auftauchen, dann muss man da sicher auch mal eine Lernkurve machen.“⁴²

Es wird im Zuge der Interviews mit den Experten aus den kleinen und mittleren Unternehmen deutlich, dass die Ausgestaltung dieser Spezialisierung sich noch einem Standard entzieht, weshalb Betriebe vor der Herausforderung stehen, dass passgenaue Bildungsformat für die Mitarbeitenden auszumachen.

„Aktuell fehlt es aber noch an abgestimmten Anforderungen für die jeweilige Ausbildung, doch nur so ist ein sicherer Umgang mit Wasserstofftechnologien möglich. Jetzt bietet sich die Chance, das Thema der beruflichen Aus- und Weiterbildung im Kontext Wasserstoff frühzeitig im Verbund mit europäischen und internationalen Partnern aufzugreifen und parallel zu den entstehenden technologischen Standards durchgängige (Weiter-) Bildungsstandards zu entwickeln.“⁴³

Neben den bereitstellenden und anwendenden Unternehmen von Wasserstofftechnologien muss aber auch das Personal der Zulassungs- und Aufsichtsbehörden für die neuen Gegebenheiten geschult werden. Entsprechend setzt ein anerkannter Regelsetzer, dessen Formate ebenfalls in der Übersicht der Weiterbildungsangebote auftauchen, den Fokus auf Normierungsfragen. Auch in diesem Rahmen müssen Behörden und Bildungsvermittelnde koordiniert und, im Hinblick auf mögliche Importe sowie Kooperationen, international vorgehen:

„Ein internationales und koordiniertes Vorgehen bietet sich aufgrund der sich vollziehenden Herausbildung von technischen Standards in den internationalen Wertschöpfungsketten und aufgrund der Sicherheitsanforderungen in diesem Bereich besonders an. Dabei stehen nicht nur die Anbieter und Nutzer von Wasserstofftechnologien vor der Herausforderung, qualifiziertes Personal aufbauen zu müssen, sondern auch Zulassungs- und Aufsichtsbehörden. Nur durch entsprechendes Fachpersonal kann gewährleistet werden, dass Genehmigungsverfahren etwa nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zeitnah und prozesssicher erfolgen.“⁴⁴

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

In allen Bundesländern konnten Studieninhalte zu Wasserstofftechnologien ausfindig gemacht werden. Jedoch verdeutlichte die eingehende Betrachtung der Lehrinhalte, dass der Umfang der Themen zu Wasserstofftechnologien sehr unterschiedlich ist. Im Austausch mit den Hochschulen wurde deutlich, dass die inhaltliche Ausrichtung stark von den Dozierenden abhängt. Auch akademische Einrichtungen, die Module zu Wasserstofftechnologien planten, machten deutlich, dass hierfür erst einmal die entsprechende Professur bzw. fachliche Qualifikation an der Hochschule geschaffen oder die adäquaten Stellen noch ausgeschrieben werden müssten.

Der Master-Studiengang, der sich am umfangreichsten dem Thema Wasserstoff widmete und an einer privaten Universität angeboten wurde, musste aufgrund mangelnder Nachfrage den Start um ein Semester verschieben. Dieser Umstand ist keineswegs überraschend bei einem neu etablierten, kosten- sowie zeitaufwendigen Studiengang, der auch von den Empfehlungen der Studierenden und Absolvierenden lebt, die es bei einem neu geschaffenen Format noch nicht gibt. Gleichzeitig wurde aber auch deutlich, dass die Unternehmen oder auch Forschungseinrichtungen nicht auf eben solch

⁴² Exp. I

⁴³ Verband der TÜV e.V., S. 14

⁴⁴ Krichewsky-Wegener et al. 2020, S. 5

ein berufsbegleitendes Studienangebot zu Wasserstofftechnologie und -wirtschaft gewartet haben, sodass dieses direkt mit der Konzeption eine hohe Frequentierung erfahren würde. Demgegenüber stand die bereits feststellbare Nachfrage nach neuen Qualifikationen auf dem Arbeitsmarkt⁴⁵: „Die entsprechenden Stellenanzeigen weisen mittlere und höhere Anforderungsniveaus auf. Bei einer voraussichtlich steigenden Nachfrage bedarf es Strategien zu einer passenden (Weiter-) Qualifizierung und Fachkräftegewinnung.“⁴⁶ Basierend auf den Ergebnissen aus den Expert*inneninterviews kann dieser vermeintliche Widerspruch mit der Anstellung bzw. Suche seitens der kleinen und mittleren Unternehmen nach bereits passgenau ausgebildetem Personal gelöst werden.⁴⁷

Bei der akademischen Qualifikation fanden sich mehr Inhalte zu Wasserstofftechnologien in Bachelor- als in Masterstudiengängen. Der dreijährige berufsqualifizierende Abschluss des Bachelor of Science (Abschluss bei 43% der Bachelor-Studiengänge mit H2-Inhalt) und Bachelor of Engineering (Abschluss bei 55% der Bachelor-Studiengänge mit H2-Inhalt) fanden sich in einem recht ausgeglichenen Verhältnis bei den Studiengängen mit Wasserstoffthemen wieder. Es wird deutlich, dass der technisch praktische und auch wirtschaftliche Bezug mit einem Vorlauf gegenüber den forschungsorientierteren Inhalten bei der akademischen Bachelorausbildung zu Wasserstofftechnologien zu identifizieren ist. Diese Schlussfolgerung zu den Abschlüssen, die einen Zugang zum Arbeitsmarkt ermöglichen, liegt nahe, da der Abschluss zum Bachelor of Engineering eher praktisch ausgerichtet ist und auch Kenntnisse des Managements vermittelt, wohingegen Studiengänge mit dem Abschluss des Bachelor of Science theoretischer und forschungsintensiver aufgebaut sind. Mit 31 Studiengängen ist der Master of Science gegenüber dem Master of Engineering mit acht Studiengängen jedoch eindeutig häufiger bei den Master-Abschlüssen zu finden, womit deutlich wird, dass Wasserstofftechnologien in den forschungsorientierten Masterstudiengängen, und damit beim weiteren akademischen Ausbau des Fachwissens, mehr Einzug finden. Zusammenfassend kann man gemäß Hochschulabschluss sagen, dass Wasserstofftechnologien im akademischen Lehrkontext der neuen Bundesländer vermehrt als Themen der Forschung betrachtet wurden, wobei dies vor allem bei der Spezialisierung des Fachwissens der Fall war.

Die meisten Hochschulen, die Wasserstofftechnologien in ihrem Lehrportfolio abbildeten, waren Fachhochschulen mit einem starken Praxisbezug. Fachhochschulen verfolgen zumeist einen anwendungsorientierten wissenschaftlichen Ansatz und orientieren sich verstärkt an den Anforderungen in der Praxis. Die Studiengänge zeichnen sich häufig durch integrierte Praxisphasen in Form von mehrwöchigen Praktika, Projektphasen oder Praxissemestern aus.

Bei der Zuordnung der Studiengänge in Fachgruppen⁴⁸ wurde klar, dass die Energietechnik eine bedeutende Rolle bei der Qualifizierung für Wasserstofftechnologien darstellt. Mit 53% konnte mehr als die Hälfte der Studiengänge diesem Fachbereich zugeordnet werden. Bei etwa einem Viertel fand sich die Wirtschaftswissenschaft, der Maschinenbau, die Umwelttechnik oder die Verfahrenstechnik wieder. Hier bildeten sich also etablierte Berufsbilder ab, wobei der interdisziplinäre Ansatz der herausgestellten Studiengänge deutlich wurde, da sich 68% der Studiengänge mehreren Fachbereichen zuordnen ließen. Die herausgestellten Fachbereiche wurden auch während der Expert*innengespräche (Exp. I, II & IV) als relevant gekennzeichnet, vor allem die Elektrotechnik, Energietechnik, Verfahrenstechnik sowie der Maschinen-/Anlagenbau fanden hierbei Erwähnung. Chemische Aspekte wurden im Hinblick auf die energetische Anwendung von Grünem Wasserstoff eher als additiver Fachbereich betrachtet, sodass auch KMU nicht die Notwendigkeit zur Einstellung

⁴⁵ Vgl. Grimm et al. 2021, S. 1

⁴⁶ Ebd., S. 1

⁴⁷ Siehe 5.3: „Die Expert*innen-Interviews“, S. 18 f.

⁴⁸ Siehe Einordnungen, S. 12

von Chemiker*innen sehen, da dieses Wissen mehr bspw. in verfahrenstechnischen Prozessen Einsatz findet und hier die/der Verfahrenstechniker*in gefragter und vielseitiger einsetzbar sei.⁴⁹

Die Zielgruppen, an welche sich die Weiterbildungen richteten, reichten von strategischen Entscheider*innen, die sich einen Überblick zum Thema Wasserstoff und Sektorenkopplung verschaffen wollen, über Mitarbeitende, die mit Wasserstoffanlagen umgehen bis hin zu technischen Fachkräften und Ingenieur*innen.

Diese Spanne bei der Adressierung lag auch an der differenzierten Aufstellung der Weiterbildungsformate. Das Format einer Forschungseinrichtung betrachtete sehr intensiv die Wasserstoffsysteme Brennstoffzelle und Elektrolyseur und widmete sich damit den Fach- und Führungskräften aus den Bereichen der Projektierung, Produktionsplanung, Forschung und Entwicklung. Elementarkenntnisse zu den Wasserstoffsystemen werden mit substanziellem Wissen zu Produktionstechnologien und wirtschaftlichen Potenzialen gekoppelt, um damit letztlich einen Transfer in die industrielle Anwendung zu intensivieren. Eine andere Forschungseinrichtung bot sechs Weiterbildungen in Form von Webinaren an und fokussierte sich gemäß der eigenen Spezialisierung auf Fragen der Sicherheit und des Explosionsschutzes. Die Aufgaben seitens der Weiterbildungsangebote, die sich an die technisch Anwendenden und Entscheidenden richten, liegt darin, technisches und ökonomisches Grundlagenwissen zu den Möglichkeiten von Wasserstofftechnologien in die bestehenden technologischen Kompetenzen der Unternehmen einzuarbeiten. Hierzu gehören vor allem auch Fragen der Sicherheit und des Explosionsschutzes.

Betrachtet man die akademischen und die beruflichen Weiterbildungsformate in den sechs Bundesländern, wurde deutlich, dass den häufigsten Schwerpunkt die Themen der Wasserstoffanwendung bilden. Die Studiengänge behandeln nach der Anwendung die Erzeugung und Speicherung eingehender, wohingegen die Weiterbildungen den Sicherheitsaspekten und der Erzeugung mehr Raum in den Bildungsinhalten geben. Sicherheit wird dabei vorwiegend mit den Anwendungsbereichen zusammen betrachtet. Durch die Fokussierung auf Brennstoffzellentechnologien finden sich bei den Themen der Anwendung häufig Aspekte aus der Mobilität und Energieversorgung wieder.

Wie bereits bei der Wertschöpfungskette und bei der Betrachtung der Weiterbildungen herausgestellt wurde⁵⁰, birgt der Umgang mit Wasserstoff spezifische Gefahren und Risiken, so auch seitens der technischen Prüfvereine und vergleichbarer Organisationen betont.⁵¹ Fachkräfte müssen daher entsprechend dieser sicherheitsspezifischen Aspekte qualifiziert und geschult werden. Die eingehende Betrachtung des Qualifizierungsangebots verdeutlicht, dass die sowohl akademischen als auch beruflichen Angebote sehr unterschiedlich in den Themenschwerpunkten, der Intensität sowie, vor allem auch bei den Weiterbildungen, bei der Gestaltung des Adressatenkreises angelegt sind.

Es wurde bereits herausgestellt, dass eine grundständige Ausbildung in technisch etablierten Lehrbereichen das Fundament für eine wasserstofftechnologischer Spezialisierung bilden sollte.

Grundständige Studiengänge sowie Ausbildungsberufe, die zukünftig, wenn auch nur punktuell, Wasserstoff flankieren, sollten durch spezifische, thematisch angepasste und modular anwählbare Inhalte die Möglichkeit haben zur Zusatzqualifikation. Der Qualifikationsbaustein „Wasserstoff“ als Add-On für das grundständige Wissen.^[CGP4]

⁴⁹ Vgl. Exp. II

⁵⁰ Siehe 3.2: „Zur Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette“, S. 9

⁵¹ Vgl. Verband der TÜV e.V., S. 14

7 Fazit

Insbesondere aufgrund des Wandels der Arbeitswelt und der Herausforderungen bezüglich der Zahl der Fachkräfte in Ostdeutschland sollte der Blick nicht nur auf neue Berufsbilder und Spezialisierungen in der Wasserstoffwirtschaft, die von akademischen Angeboten geformt werden können, gerichtet werden, sondern vor allem müssen die beruflichen Qualifizierungen und Weiterbildungen von Mitarbeitenden berücksichtigt werden. Den im Zuge der Recherche ausgemachten 91 akademischen Angeboten stehen 23 außerakademische Angebote in den neuen Bundesländern gegenüber. Vor allem die außerakademischen beruflichen Weiterbildungsangebote sind damit ausbaufähig, denn der Vorteil ist, dass diese gezielt, kurzfristig und flexibel auf Lehrbedarfe seitens der Arbeitgebenden eingehen können und auch für Facharbeiter*innen zur Verfügung stehen. Das bereits grundständig gut ausgebildete Personal, sei es durch ein Studium oder eine entsprechende Ausbildung, kann sich während der beruflichen Tätigkeit entsprechend des Arbeitsfelds und der eigenen Qualifikation weiterbilden. Einige der beruflichen Weiterbildungsangebote zeigten bereits einen modularen Aufbau, aus welchem flexibel Inhalte angewählt werden können.

Die Arbeitswelt für Ingenieur*innen verändert sich stetig, daher ist es von Vorteil auch schon während des Studiums interdisziplinär zu denken. Eine Kombination mehrerer Fachbereiche ist daher ein positiver Aspekt, muss aber im Zusammenhang mit dem später ausgeführten Beruf Sinn ergeben. Vor allem im Bereich der Wasserstofftechnologien wird die Bedeutung der Informationstechnik im Kontext der Steuerungs- und Regelungstechnik sowie der Automation oder der Digitaltechniken im Allgemeinen immer deutlicher, wie auch der „H2 Tech Trend Report“ (2021) aufzeigt, denn in der Arbeitswelt werden diese Fähigkeiten benötigt, so auch seitens der Experteneinschätzung.⁵² Analog zu dieser interdisziplinären Betrachtung bei der akademischen Ausbildung kann dies auch auf die Aufstellung des Personals für Unternehmen, die im Bereich der Wasserstofftechnologien tätig sind, übertragen werden. So werden nicht nur Energietechniker*innen und Umwelttechniker*innen, sondern auch Verfahrenstechniker*innen und Personal im Fachbereich Maschinenbau und Gebäudetechnik benötigt, um auf die Vielfältigkeit des Energieträgers Wasserstoff mit passender Expertise reagieren zu können. Die Fachbereiche müssen sich ergänzen, denn beispielsweise hat eine grundständig ausgebildete Person im Feld Maschinenbau keine Kenntnisse im Bereich der Gastechnik oder Energieströmung. Es bedarf also eines heterogenen Personalaufbaus sowie einer beruflichen Weiterbildung auf das jeweils grundständige Bildungsfundament. Diese Interdisziplinarität stellen auch KRICHEWSKY-WEGENER ET AL. heraus, wenn sie zusammenfassen, „dass auch Wasserstofftechnologien das Potenzial einer Querschnittstechnologie in einer klimaneutralen Industrie haben.“⁵³

Ein interdisziplinärer Ansatz unter Einbezug der sich verändernden Arbeitswelt kann sinnvoll sein, jedoch nicht jede neue Technologie benötigt einen eigenen Studiengang, sodass sich auf diesem Wege die ohnehin geringe Zahl der Interessent*innen für technische Studiengänge durch eine Segmentierung in sehr differenzierte Studiengänge zu jeweils einzelnen Technologien, welches ebenfalls einem stetigen Wandel unterliegen sind, gegenseitig „abgegrast“ werden. Viel eher wird vor allem auch durch die Gespräche mit den Expert*innen deutlich, dass eine Spezialisierung auf einem grundständigen Studium, welches fachliche Expertise für einen Arbeitsbereich vermittelt, sehr gut fußen kann.

Mit Blick auf den zeitlichen Vorlauf bietet sich die Chance, das Thema der beruflichen Aus- und Weiterbildung frühzeitig aufzugreifen, sodass der unzureichenden Berücksichtigung des Themas im

⁵² Vgl. Exp. I & II

⁵³ Krichewsky-Wegener et al. 2020, S. 8

Hinblick auf Wasserstofftechnologien, welche auch bei anderen transformativen Prozessen zu beobachten ist, entgegengewirkt werden kann.⁵⁴ Es müssen passgenaue Qualifikationen und vergleichbare Abschlüsse bzw. Zertifikate angeboten werden, um den Fachkräftebedarf vor dem Hintergrund der Wertschöpfungsprozesse sowie der energetischen Weiterentwicklung Ostdeutschlands abzudecken.

Im Rahmen einer umfangreichen Folgestudie könnten durch die gezielte Analyse aktueller sowie zukünftiger Bedarfe im Rahmen der (Grünen) Wasserstofftechnologien die Qualifizierungsangebote und damit die Kompetenzen der Beschäftigten in den Unternehmen passgenau entwickelt werden.⁵⁵

„Es ist ganz wichtig, dass man diesen Dialog hat zwischen denen die Bildungsangebote entwickeln, inhaltlich gestalten und denen, die hinterher die Fachleute einsetzen wollen. Passt denn das überhaupt zusammen oder wird da am Bedarf vorbei ausgebildet [...]?“⁵⁶

Der modulare Aufbau, welcher sich bereits bei einigen beruflichen Weiterbildungsangeboten sowie auch bei den Wahlpflichtmodulen einiger grundständigen, technischen Studiengänge zeigt, erscheint dabei als ein sinnvoller Ansatz. Eine Grundlage für eine weitere Untersuchung kann der hier entwickelte Leitfaden⁵⁷ bilden, um einen umfassenden Einblick in die Anforderungen der ostdeutschen Wasserstoffwirtschaft im Hinblick auf die berufliche Aus- und Weiterbildung zu geben.

Wie auch bereits bei STEEG ET AL. herausgestellt⁵⁸, zieht die Transformation zu einer Wasserstoffwirtschaft Folgen für die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt in Deutschland über die Implementierungsphase hinaus nach sich, die auch fortdauernd anhalten. Sobald dezentrale Wasserstoffanwendungen zur Energieversorgung in Einzelhaushalten und/oder Quartieren vermehrt Anwendung finden, entsteht ein erhöhter Bedarf von (Weiter-) Bildungsangeboten für Personen, die nicht unbedingt technisch ausgebildet sind – auch diese neue Zielgruppe muss bei der passgenauen Gestaltung von neuen Formaten mitgedacht werden.

„Die Anwendung vom Gas als Energieträger oder Wasserstoff jetzt im Speziellen wenn die in die breite Anwendung kommt oder auch dezentral erzeugt wird, dann betrifft es natürlich viel mehr Menschen, die damit irgendwie umgehen müssen - bis hin zum LKW-Fahrer oder Busfahrer oder so. Das heißt, du hast bisher keinen Dieselbefähigungsschein gemacht, um irgendein Müllfahrzeug zu bewegen. Wenn das Müllfahrzeug aber mit Wasserstoffantrieb ausgerüstet ist, dann muss man nach dem Arbeitsschutzgesetz den Fahrer belehren, dass das jetzt ein anderer Energieträger ist und wie er sich bei einem Unfall verhalten soll, ebenso wie bei einem Elektroantrieb. Also es ist eine neue Technologie, die noch nicht etabliert ist und deswegen muss man die Leute, die damit umgehen auch fortbilden und belehren, zumindest unterweisen. Das ist das Mindeste.“⁵⁹

Neben der Frage nach der Gestaltung einer passgenauen und flexiblen Weiterbildung, sei es akademisch oder schulisch, wurde deutlich, dass die technischen Lehrbereiche sich der Herausforderung des fehlenden Nachwuchses stellen müssen. Während der Expert*innengespräche wurde geäußert, dass bereits in der Gestaltung an den Schulen der Bezug zwischen den Naturwissenschaften und den späteren Berufsbildern fehlt. „Wenn man es gesamtgesellschaftlich sieht, ist erlebbare Berufserfahrung für Kinder und Jugendliche etwas extrem Wichtiges und das betrifft ja alle Branchen, die junge Leute suchen.“⁶⁰ Der Fokus auf die Schaffung von MINT-Interessen im frühzeitigen Alter soll daher auch als Stellschraube herausgestellt werden.

⁵⁴ Vgl. Ebd., S.5 & 9

⁵⁵ Herzberg 2021

⁵⁶ Exp. I

⁵⁷ Siehe Anhang, S. 28 f.

⁵⁸ Steeg et al. 2022, S.23

⁵⁹ Exp. IV

⁶⁰ Exp. I

Quellenverzeichnis

[BMWi 2020 \(siehe S. 8\)](#)

Denyer, David / Tranfield, David (2009): *Producing a systematic review*, in: Buchanan, David. A. / Bryman, Alan (Hrg.): *The Sage handbook of organizational research methods*. Sage Publications Ltd., S. 671 – 689

Diekmann, Andreas (2008): *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methode, Anwendung*. 19. Auflage. Hamburg

[Fraunhofer ... 2021 \(S. 5\)](#)

Früh, Werner (2001): *Inhaltsanalyse. Theorie und Praxis*. 5. Auflage. Stuttgart

Grigorjan^[CGP5], Manuela (2022): *Die grüne Zukunft braucht eine proaktive Kompetenzvermittlung*, Zentrum digitale Arbeit [online] <https://www.zentrum-digitale-arbeit.de/wissenspool/regionen-im-wandel/gruener-wasserstoff-der-treibstoff-der-zukunft/die-gruene-zukunft-braucht-eine-proaktive-kompetenzvermittlung> [abgerufen am 08.09.2022]

Grimm, Veronika / Janser, Markus / Stops, Michael (2021): *Kompetenzen für die Wasserstofftechnologie sind jetzt schon gefragt*, in: IAB-Kurzbericht, Nr. 11.

Helbling, C. / Ragwitz, M. / Fleiter, T. / Groos, U. / Härle, D. / Held, A. / Jahn, M / Müller, N. / Pfeifer, T. / Plötz, P. / Ranzmeyer, O. / Schaadt, A. / Sensfuß, F. / Smolinka, T. / Wietsche, M. (2019): *Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland*, Fraunhofer. Karlsruhe und Freiburg

Herzberg, Tom (2021): *Fachkräftemangel stellt zunehmende Herausforderung dar. Aktuelle Erkenntnisse zum Innovationsgeschehen in Deutschland*, Zentrum digitale Arbeit [online] <https://www.zentrum-digitale-arbeit.de/wissenspool/kompetenzen-fuer-die-arbeit-von-morgen/innovationsgeschehen-in-deutschland> [abgerufen am 10.08.2022]

Hickmann, Helen / Malin, Lydia (2022): *Fachkräftereport März 2022 – Offene Stellen und Fachkräftelücken auf Rekordniveau*, in: KOFA Kompakt, Nr. 4.

IPCEI Wasserstoff: Gemeinsam einen Europäischen Wasserstoffmarkt schaffen (n.a.): Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [online] <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/ipcei-wasserstoff.html#:~:text=Insgesamt%20sollen%20allein%20in%20Deutschland,Interessenbekundungsverfahren%20Projektskizzen%20f%C3%BCr%20Investitionsvorhaben%20einreichen.>

Krichewsky-Wegener, Léna / Abel, Sebastian / Bovenschulte, Marc (2020): *Skills Development for Hydrogen Economies – Damit aus einer Wasserstoffstrategie eine Wasserstoff(weiter)bildungsstrategie wird*, in: iit perspektive: Working Paper of the Institute for Innovation and Technology, Nr. 55.

Loosen, Wiebke (2022^[CGP6]): *Das Leitfadeninterview – eine unterschätzte Methode*, in: *Handbuch nicht standardisierte Methoden in der Kommunikationswissenschaft*. Wiesbaden

Mayring^[CGP7], Philipp (2000): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 7. Auflage. Weinheim

Meuser, Michael / Nagel, Ulrike (2009): *Das Experteninterview – konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage*, in: Pickel, Susanne / Pickel, Gert / Lauth, Hans-Joachim / Jahn, Detlef (Hrg.):

Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft. Neue Entwicklungen und Anwendungen. Wiesbaden, S. 465–479

Ministerium [CGP8] für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt / Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt / Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt (2021): *Wasserstoffstrategie für Sachsen-Anhalt*. Magdeburg

Ministerium [CGP9] für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Landes Brandenburg (2021): *Maßnahmenkonkrete Strategie für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft im Land Brandenburg*. Potsdam

P3 [CGP10] group GmbH / digihub Düsseldorf/Rheinland (2021): *H2 Tech Trend Report*. Düsseldorf

Projekt H₂Skills [CGP11] (2022): *Branchenübergreifende Bedarfsanalyse für Qualifizierungsangebote im Wasserstoff-Kontext in Nord-Ost-Niedersachsen*. Lüneburg/Stade

Sächsisches [CGP12] Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL) (2021): *Die Sächsische Wasserstoffstrategie*. Dresden

Steeg, Stefanie / Helmrich, Robert / Maier, Tobias / Schroer, Jan Philipp / Mönning, Anke / Wolter, Marc Ingo / Schneemann, Christian / Zika, Gerd (2022): *Die Wasserstoffwirtschaft in Deutschland: Folgen für Arbeitsmarkt und Bildungssystem. Eine erste Bestandsaufnahme*. Version 1.0 Bonn: BIBB Discussion Paper

Thüringer [CGP13] Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (2021): *Thüringer Landesstrategie Wasserstoff*. Erfurt

Verband der TÜV e.V. (2021): *Mit Sicherheit und Vertrauen der Wasserstofftechnologie zum Durchbruch verhelfen*. Berlin

Wasserstoff [CGP14]- der Treibstoff der Zukunft? (2021): Brunel [online] <https://www.brunel.net/de-de/blog/wasserstoff-der-treibstoff-der-zukunft> [abgerufen am 08.09.2022]

Wirtschafts [CGP15]- und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer (2019): *Norddeutsche Wasserstoffstrategie*. n.a.

Anhang

Leitfaden

- 1 Zur Person/Zum Unternehmen
 - 1.1 Was sind die Schwerpunkte der [Name des Unternehmens]? Was sind Ihre Schwerpunkte als [Position]?
 - 1.2 Welche Ausbildung(en) haben Sie durchlaufen/absolviert? Welchen akademischen Hintergrund haben Sie?
 - 1.3 Welche beruflichen Erfahrungen haben Sie persönlich in dem Themenbereich Wasserstoff gesammelt?
 - 1.4 Seit wann beschäftigt sich ihr Unternehmen mit dem Thema Wasserstoff?
 - 1.5 Welche Änderung bringt die Wasserstofftechnologie für Ihr Gewerbe?
 - 1.6 Welche Aspekte der Wertschöpfungskette (sprich Erzeugung, Transport, Speicherung, Anwendung, Sicherheit, Akzeptanz,..)

- 2 Qualifikation der Angestellten
 - 2.1 Welche Kompetenzen suchen Sie bei der Anstellung von Personal?
 - 2.2 Bei der Betrachtung des Personal, welches sich mit Wasserstofftechnologien beschäftigen, sind welche Ausbildungshintergründe und Qualifikationen abgebildet?
 - 2.3 Welche Berufsfelder sehen Sie im Rahmen von Wasserstofftechnologien?
 - 2.4 Welche Kompetenzen zur Digitalisierung, zu Digitaltechniken sind in Ihrem Unternehmen gefragt?
 - 2.5 Welche Kompetenzen neben den technologischen Fachkenntnissen sind für [Name des Unternehmens] von Interesse? (Akzeptanz, Management, ...)
 - 2.6 Bilden Sie selbst aus? Wenn ja, wieviel Azubis?

- 3 Weiterbildungsangebote im Wasserstoffsektor
 - 3.1 Welche Weiterbildungsangebote im Wasserstoffsektor sind Ihnen bereits bekannt?
 - 3.2 Wie müsste ein Bildungsformat Ihrer Meinung nach aufgebaut sein, um für die Wasserstofftechnologien zu befähigen?
 - 3.3 Welche Weiterbildungsmöglichkeiten im Wasserstoffsektor erhalten Ihre Angestellten seitens des Betriebs?
 - 3.4 Was sind Ihrer Meinung nach hemmende Faktoren im Hinblick auf die Weiterbildungsangebote im Wasserstoffsektor?
 - 3.5 Was müsste Ihrer Meinung nach idealerweise geschehen, um Weiterbildungsangebote im Wasserstoffsektor zu fördern?
 - 3.6 Welche Hindernisse sehen Sie für junge Menschen sich in der Ausbildung für Wasserstoff zu entscheiden?

- 3.7 Welche Inhalte sollten Ihrer Meinung nach in einer Weiterbildung zum Thema Wasserstoff enthalten sein?
- 3.8 Welches Format sollte eine Weiterbildung zum Thema Wasserstoff haben?
- 3.9 Wem sollte eine Teilnahme an der Weiterbildung offenstehen?
- 3.10 Welche Art von Abschluss oder Zertifikat sollte man mit der Weiterbildung erwerben können?

4 Allgemeine Fragen in Bezug auf Wasserstofftechnologien

- 4.1 Was sind Ihrer Meinung nach die Treiber im Hinblick auf das Vorankommen von Wasserstofftechnologien?
- 4.2 Was sind Ihrer Meinung nach hemmende Faktoren im Hinblick auf das Vorankommen von Wasserstofftechnologien?
- 4.3 Was müsste Ihrer Meinung nach idealerweise geschehen, damit ein erfolgreicher Markthochlauf im Wasserstoffsektor gelingen kann?
- 4.4 Welche Branchen spielen Ihrer Meinung nach eine Rolle beim Vorankommen von Wasserstofftechnologien?

5 Abschluss

Wir sind jetzt am Ende des Interviews angelangt. Gibt es noch etwas, was Sie ergänzen oder noch loswerden möchten?

Vielen Dank für das Gespräch.