



7.8.218 - Wasserstoff – ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende (H2PRO)

Abschlussbericht: Teilbericht für den Sektor
Wärmeversorgung

Thomas Felkl, Gert Zinke (Projektleiter)

Barbara Hiller, Inga Schad-Dankwart,
Maximilian Schneider (bis April'24), Angelika
Calmez (bis April'24), Anja Schmickler (ab
April'24), Kubat Buyar (ab April'24), Ulrike
Eckstein (ab April'24)

Autorin des Berichts: Barbara Hiller

Laufzeit 10/21 bis 09/24
Bonn, September 2025
Bundesinstitut für Berufsbildung
53175 Bonn

Telefon: 0228/107-2510
E-Mail: thomas.felkl@bibb.de

Mehr Informationen unter:
www.bibb.de/

Zitiervorschlag

Hiller, Barbara: 7.8.218 - Wasserstoff – ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende (H2PRO) : Abschlussbericht: Teilbericht für den Sektor Wärmeversorgung. Bonn, 2025.
Online: https://res.bibb.de/vet-repository_783888.

© Bundesinstitut für Berufsbildung, 2025

Dieses Dokument gehört zu der VET Repository-Sammlung „BIBB Projektberichte“.

Version 1.0
September 2025

Herausgeber

Bundesinstitut für Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Internet: www.vet-repository.info
E-Mail: repository@bibb.de

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernimmt das BIBB keine Haftung für die Inhalte externer Links. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

**CC Lizenz**

Der Inhalt dieses Werkes steht unter Creative-Commons-Lizenz (Lizenztyp: Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International).

Weitere Informationen finden sie im Internet auf unserer Creative-Commons-Infoseite

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Diese Netzpublikation wurde bei der Deutschen Nationalbibliothek angemeldet und archiviert.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abkürzungsverzeichnis	2
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen.....	3
Das Wichtigste in Kürze.....	4
1. Hintergrund, Ausgangssituation und Forschungsfragen	6
1.1. Strukturwandel erfordert Anpassungen von Kompetenzen	6
1.2. Forschungsfragen	7
1.3. Forschungsstand zu Wasserstoff und Fachkräftequalifikation	7
1.4. Anwendungsmöglichkeiten von Wasserstoff im Wärmesektor.....	8
1.5. Fachkräfte im Wärmesektor: Gebäude- und Prozesswärme	10
1.6. Erkenntnisse der Sektoranalyse	11
2. Methoden	11
2.1. Sektoren/Untersuchungsfelder.....	11
2.2. Forschungsdesign H2PRO und Umsetzung für den Sektor Wärmeversorgung	12
2.3. Datenerhebung.....	13
2.4. Datenauswertung	15
3. Ergebnisse.....	16
3.1. Perspektiven der Betriebe in Hinblick auf Wasserstoff-Qualifikation.....	16
3.2. Wasserstoffkompetenz: Themen und Inhalte.....	23
3.3. (Mögliche) Wasserstoff-Weiterbildungen: Formate und Inhalte.....	24
3.4. Schlüsselrolle Anlagenmechaniker/-in Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK)	26
4. Ausblick und Handlungsempfehlungen.....	31
Literaturverzeichnis	34
Anlage	40

Abkürzungsverzeichnis

BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BIBB	Bundesinstitut für Berufsbildung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FR	Fachrichtung
EFKffT	Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten
GDRM	Gas-Druckregel- und -Messanlagen
GFKffT	Gasfachkraft für festgelegte Tätigkeiten
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HwO	Gesetz zur Ordnung des Handwerks (Handwerksordnung)
IHK	Industrie- und Handelskammer
KldB	Klassifikation der Berufe
NDAV	Niederdruckanschlussverordnung
TRBS	Technische Regeln für Betriebssicherheit
TRGI	Technische Regeln für Gasinstallationen
SHK	Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
UBA	Umweltbundesamt
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VIU	Vertragsinstallationsunternehmen
ZDH	Zentralverband des Deutschen Handwerks
ZVSHK	Zentralverband Sanitär Heizung Klima

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

<i>Abbildung 1: Gebäudewärme-Prozesswärme (Produkte, Anlagen, Ausbildungsberufe) Quelle: Eigene Darstellung; UMWELTBUNDESAMT (2024) für Anteil am Endenergieverbrauch; Wolf Systems für Wärmeerzeuger Gebäudewärme; VDMA (1988) für Industrieöfen.....</i>	9
<i>Abbildung 2: Wertschöpfungskette Wasserstoff mit Sektoren Quelle: Eigene Darstellung.....</i>	12
<i>Abbildung 3: Forschungsdesign H2PRO und Beteiligte im Sektor Wärmeversorgung</i>	13
<i>Abbildung 4: Kategoriensystem zur Auswertung der Experteninterviews im Wärmesektor</i>	16
<i>Abbildung 5: Kompetenzen auf der mittleren Fachkräfteebene für den Einsatz von Wasserstoff.....</i>	24
<i>Abbildung 6: Infobox Vertragsinstallateur (VIU)</i>	28
<i>Abbildung 7: Wasserstoffrelevante Tätigkeiten im SHK-Handwerk.....</i>	29
<i>Tabelle 1: Übersicht Experteninterviews</i>	15
<i>Tabelle 2: Perspektiven von Betrieben der Interviewpartner/-innen dieser Studie.....</i>	17
<i>Tabelle 3: Bestehende Weiterbildungen/Fortbildungen für die Integration des Wasserstoff-Themas.</i>	24
<i>Tabelle 4: Weiterbildungen zum Thema Wasserstoff – Vorschläge</i>	25
<i>Tabelle 5: Themen und Kategorien für die Codierung der Experteninterviews.....</i>	40

Das Wichtigste in Kürze

Die Studie ist Teil der Untersuchungen des Projekts H2PRO zu Qualifikationsanforderungen auf der mittleren Fachkräfteebene für den Einsatz von Wasserstoff. Hintergrund sind die nationalen Klimaschutzziele der deutschen Bundesregierung (BUNDESREGIERUNG 2021), um fossile Energieträger abzulösen und bis zum Jahr 2045 Klimaneutralität zu erreichen. Wasserstoff, der aus erneuerbaren Energien erzeugt wird, verbrennt ohne CO₂-Emissionen und soll nach den Vorgaben der Nationalen Wasserstoffstrategie eingesetzt werden (BMW I 2020, BMW K 2023).

Da der Einsatz neuer Technologien in der Regel Anpassungen von Arbeitsprozessen nach sich zieht, geht das Projekt H2PRO der Frage nach, ob sich die Anforderungen an die Fachkräfte in Hinblick auf den Einsatz von Wasserstoff ändern und nimmt dabei im Sinne einer Früherkennung nach Windelband und Spöttl (2003a, S. 4-8) fünf Sektoren in den Blick, die für die Wasserstoffwirtschaft eine wichtige Rolle spielen (HEBLING U.A. 2019; NATIONALER WASSERSTOFFRAT 2023).

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf den Sektor Wärmeversorgung und legt dabei den Schwerpunkt auf die Bereitstellung von Gebäudewärme mit dem Ausbildungsberuf Anlagenmechaniker/-in Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik. Weitere relevante Ausbildungsberufe für die Wasserstoffinfrastruktur und für Industriebetriebe, die Prozesswärme nutzen, sind Querschnittsberufe aus dem Metall- und Elektrobereich: Mechatroniker/-in, Elektroniker/-in für Betriebstechnik, Rohrleitungsbauer/-in, Industrie- und Konstruktionsmechaniker/-in sowie Verfahrenstechniker/-in.

Mittels leitfadengestützter Experteninterviews (KRUSE 2015, S. 171) befragt die Studie Geschäftsführer/-innen, Ausbildungsleiter/-innen, Projektleiter/-innen, Fachkräfte und weitere Personen aus dem Umfeld der Berufsbildungspraxis. Die Auswertung erfolgt nach der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach KUCKARTZ UND RÄDIKER (2022).

Die Auswertungen der Experteninterviews bestätigen Erkenntnisse, die auch die in Phase I des H2PRO-Projekts durchgeführten Sektoranalyse für die Wärmeversorgung formuliert (Hiller 2023, S. 30) und die sich in den Arbeiten der anderen Sektoren wiederfindet: Kompetenzen für Fachkräfte für den Einsatz von Wasserstoff können in Form von kurzen Weiterbildungen vermittelt werden – der Bedarf nach Änderung der Ausbildungsordnung oder der Schaffung eines neuen Berufs besteht nicht.

Gleichwohl gibt es durch den bevorstehenden Einsatz von Wasserstoff Qualifizierungsbedarf und Anforderungen an die Fachkräfte in unterschiedlichem Ausmaß, was nicht aus dem Blick geraten sollte. Die Studie fasst diese als Gesamtschau zusammen und ordnet die Anforderungen

Tätigkeitsbereichen zu. In diesen Gesamtüberblick sind auch Anforderungen an die Persönlichkeit integriert.

Um zukünftige Aufgaben von Fachkräften in Hinblick auf Wasserstoff besser einordnen zu können, beschreibt die Studie die Ausgangssituation verschiedener Betriebe im Wärmesektor und deren Erwartungen an die Rolle von Wasserstoff. Dabei geht sie besonders auf den Beruf Anlagenmechaniker/-in Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik ein und stellt fest, dass die umfangreichen und anspruchsvollen Inhalte dieser Ausbildung von den Befragten teilweise als Hemmschuh für eine Spezialisierung gesehen werden. Außerdem ist der Bedarf an Fachkräften mit elektrotechnischen Kenntnissen im Gebäudesektor groß und für die Umsetzung von auf Wasserstoff basierten Anlagen für die dezentrale Energieversorgung unabdingbar. Abseits des Gebäudesektors gibt die Studie Hinweise zum Qualifizierungsbedarf für Fachkräfte in Industriebetrieben der Grundstoffproduktion (Nutzer von Prozesswärme) und wirft auch einen Blick auf die auf Wasserstofftechnologie spezialisierte Industrie, die sich in den letzten Jahren entwickelt hat.

1. Hintergrund, Ausgangssituation und Forschungsfragen

1.1. Strukturwandel erfordert Anpassungen von Kompetenzen

Das Forschungsprojekt H2PRO (ausführliche Projektbezeichnung: „H2PRO: Wasserstoff – Ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende“ am Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) untersucht Qualifikationsbedarfe auf der mittleren Fachkräfteebene in Hinblick auf den Einsatz von Wasserstoff in mehreren Sektoren und geht der Frage nach, ob Ausbildungsordnungen angepasst oder neu erstellt werden sollen, also ob ein Neuordnungsbedarf besteht (BIBB 2021). Ergebnisse von Phase I des Projektes sind Sektoranalysen zu den Bereichen Wasserstofferzeugung und zu vier Wasserstoffanwendungsfeldern (Abbildung 1) (Felkl 2022; Hiller 2023; Schad-Dankwart 2023; Schneider 2023; Zinke 2023). Phase II des Projekts besteht aus Datenerhebungen und -auswertungen von Experteninterviews. Die vorliegende Studie ist ein Teilbericht des Abschlussberichts von Phase II und nimmt den Sektor der Wärmeversorgung in den Blick.

Hintergrund für den geplanten Einsatz von Wasserstoff sind die nationalen Klimaschutzziele der deutschen Bundesregierung (BUNDESREGIERUNG 2021), um fossile Energieträger abzulösen und bis zum Jahr 2045 Klimaneutralität zu erreichen. Für diesen Wandel verwenden Literatur und Medien verschiedene Begriffe: Energiewende, Dekarbonisierung, und - im Zusammenhang mit weiteren Themen wie Digitalisierung und demographischem Wandel – auch den Begriff der (sozial)-ökologischen Transformation (BIBB 2023). Ein solcher Umbau bedeutet Konsequenzen für Wachstum und Beschäftigung (WOLF U.A. 2021, S. 100).

Um Klimaneutralität zu erreichen ist der Einsatz von sogenanntem grünem – das heißt mit Strom aus erneuerbaren Energien erzeugtem – Wasserstoff erforderlich (DENA 2018), denn im Unterschied zu fossilen Energieträgern verbrennt Wasserstoff ohne CO₂-Emissionen. Mit der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) setzt die Bundesregierung dafür den Handlungsrahmen (BMW 2020, BMWK 2023): Bereits ab dem Jahr 2030 soll ein Wasserstoffmarkt existieren. Zu erwarten ist allerdings, dass zu diesem Zeitpunkt die Nachfrage das Angebot noch übersteigen wird (NATIONALER WASSERSTOFFRAT 2023, S. 3). Regionen, die durch den Ausstieg aus der Kohleförderung geprägt sind oder hohes Potenzial für Windkraft besitzen, betrachten Wasserstoff auch als Chance zum Strukturwandel (KRICHEWSKY-WEGENER/ABEL/BOVENSCHULTE 2020, S. 4). Für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser im Gebäudesektor erwarten verschiedene Szenarien den Einsatz eines Mixes aus verschiedenen Energieträgern, wobei die Elektrifizierung mittels Wärmepumpen die wichtigste Rolle spielen wird. Wasserstoff wird dort eingesetzt, wo die Wirkung der Wärmepumpentechnologie an ihre Grenzen stößt. Der Anteil von Wasserstoff an der kommunalen Wärmeversorgung wird in Abhängigkeit von folgenden Faktoren variieren: Einwohnerdichte, Gebäudestruktur, Potenziale für Umweltwärme, lokale Nachfrage nach Prozesswärme (THOMSEN u.a. 2022; IFEU, FRAUNHOFER IEE UND CONSENTEC 2018).

Für die Umstellung auf eine Wasserstoffwirtschaft sind gut ausgebildete Fachkräfte auf allen Ebenen ein Schlüsselfaktor (STEEG u.a. 2022). Neben einer ausreichenden Anzahl von Arbeitskräften ist dabei auch die Ausbildung von Kompetenzen wichtig (MAIER 2023, S. 20), denn der Einsatz neuer Technologien zieht in der Regel Anpassungen von Arbeitsprozessen nach sich (WINDELBAND UND SPÖTTL 2003A, S. 4-8). Das Projekt H2PRO untersucht deshalb Qualifikationsbedarfe in Hinblick auf den

Einsatz von Wasserstoff im Sinne einer Früherkennung und ermittelt nach der Definition für Qualifikationsforschung von RAUNER (2006, S. 240) „die für einen Beruf charakteristischen Arbeitszusammenhänge“. Dabei betrachten die Teilstudien für verschiedene Sektoren, ob sich Aufgaben und Arbeitsprozesse der für den Wasserstoffeinsatz relevanten Ausbildungsberufe ändern. Neue Anforderungen könnten in bestehende Ausbildungsberufe integriert werden, oder – da technologischer Wandel ein Indikator dafür sein kann, ein Neuordnungsverfahren nach dem deutschen Berufsbildungsgesetz einzuleiten (BLANKART/SCHAD-DANKWART/BRETSCHNEIDER 2022) – ein neuer „Wasserstoff-Beruf“ erforderlich sein. Daraus leiten sich die Forschungsfragen des Projekts H2PRO ab (siehe Abschnitt 1.2.).

1.2. Forschungsfragen

Die Beantwortung der Forschungsfragen hat zum Ziel, Qualifikationsbedarfe und/oder ordnungspolitische und praxisunterstützende Maßnahmen für den Einsatz von Wasserstoff zu erkennen und daraus Handlungsempfehlungen für die Ordnungspolitik zu formulieren.

- 1) Welche Ausbildungsberufe und Weiterbildungsstrategien sind auf der mittleren Fachkräfteebene von besonderer Bedeutung?
- 2) Welche qualitativen Qualifikationsbedarfe werden voraussichtlich zusätzlich entstehen?
- 3) Sind die notwendigen Qualifizierungsinhalte bereits in ausreichendem Maße in den Ordnungsmitteln verankert?
- 4) Welche Empfehlungen für ordnungspolitische und praxisunterstützende Maßnahmen werden auf Grundlage der identifizierten Qualifizierungsbedarfe abgeleitet?

1.3. Forschungsstand zu Wasserstoff und Fachkräftequalifikation

Zu Beginn der Laufzeit des Projekts H2PRO im Oktober 2021 gab es in Deutschland trotz der hohen Aufmerksamkeit für das Thema Wasserstoffwirtschaft kaum fundierte Studien, die Qualifikationsanforderungen von Fachkräften in den Blick nehmen, und die Ebene der beruflichen Aus- und Weiterbildung wird – im Gegensatz zu Qualifikationen für Forschung und Entwicklung – nahezu komplett vernachlässigt (KRICHEWSKY-WEGENER/ABEL/BOVENSCHULTE 2020, S. 5). Erwartet wird, dass auch in der frühen Phase des geplanten Markthochlaufs bereits ein konkreter Bedarf an Fachkräften in technischen Ausbildungsberufen besteht, der sich dann im weiteren Verlauf ändern wird (GRIMM/JANSER/STOPS 2021).

In Hinblick auf die Anzahl der Fachkräfte prognostizieren Szenarien steigenden Bedarf für den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft (STEEG U.A. 2022, ZENK U.A. 2023). Zander und Wolf (2022) schätzen das wasserstoffrelevante Arbeitsangebot nicht nur quantitativ, sondern identifizieren auf Basis der Auswertung von Stellenanzeigen Berufsgruppen auf dem 3-er Niveau der KldB, die für den Aufbau und den Betrieb einer Wasserstoffwirtschaft wichtig sind (S. 6,7). Die Autoren erwarten in den nördlichen Bundesländern eine Verringerung des Angebots an Fachkräften in den wasserstoffrelevanten technischen Berufsgruppen, die sich ab dem Jahr 2025 verstärkt bemerkbar machen wird (S. 12). Deshalb betonen sie die Wichtigkeit von konkreten Maßnahmen zur Sicherung und Ausbildung von Fachkräften und die Verankerung dieser Maßnahmen in den Wasserstoffstrategieplänen (S. 14).

Weitere Studien, die sich auf den qualitativen Aspekt des Fachkräftebedarfs konzentrieren, sind die Studie H2Skills BRAUN UND LENZ (2023), eine branchenübergreifende Befragung der IHK Lüneburg-

Wolfsburg in Zusammenarbeit mit der HWK Braunschweig-Lüneburg-Stade für Nordost-Niedersachsen sowie die sogenannte Revierwende-Studie, die sich auf die Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt bezieht, wo die Kohleverstromung im Jahr 2038 enden soll (PROJEKT REVIERWENDE 2024).

Die Autoren von H2Skills stellten fest, dass Unternehmen kurzfristige Weiterbildungsmodule zu Wasserstoff bevorzugen, die rasch umsetzbar und damit an die Bedarfe der Unternehmen angepasst sind (BRAUN UND LENZ 2023, S. 35). Inhaltlicher Schwerpunkt sollten sicherheitsrelevante Aspekte sein (S. 35). Da die Entwicklung des Wasserstoffmarkts schwierig vorhersehbar ist, möchten die Befragten außerdem, dass Weiterbildungen flexibel angepasst werden können, aber dennoch formalen Charakter haben (Zertifikat, Abschlussprüfung, Berechtigungen u.a. (S. 30). Zudem sind Informationen gefragt, die Unternehmen bei der Strategie und Umsetzung von Sicherheitskonzepten unterstützen (S. 35-37). Der geringe Rücklauf der Fragebögen schränkt die Aussagekraft der Studie nach Einschätzung der Autoren allerdings ein (S. 35).

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt die Revierwende-Studie, die sich auf die Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt (Mitteldeutschland) bezieht, wo die Kohleverstromung im Jahr 2038 enden soll (PROJEKT REVIERWENDE 2024). Da die Chemieindustrie der Region Wasserstoff bereits seit Jahrzehnten für die Herstellung von Grundstoffen (zum Beispiel Dünger) einsetzt und die Anforderungen dieses erdgasbasierten Prozesses mit denen von grünem Wasserstoff vergleichbar sind, sind dort gute Grundlagenkenntnisse für die Produktion und Anwendung von grünem Wasserstoff bereits vorhanden. Der Qualifikationsbedarf wird als gering eingeschätzt (S. 30). Auch hier wünschen sich die Unternehmen Fachkräfte mit fundierter Grundlagenausbildung für die Wasserstoffwirtschaft sowie flexible Weiterbildungsmodule. Interesse und Bedarf an Weiterbildungen zu Wasserstoff sind hoch, gerade weil die Region sich hier als Vorreiter sieht und diesen Status behalten möchte (S. 39). Der Wettbewerb um Arbeitskräfte in der Region ist groß und Kompetenzen im Umgang mit Wasserstoff spielen dabei kaum eine Rolle, da Personen mit geeignetem Profil dafür qualifiziert werden können (S. 35). Ergebnisse der Revierwende-Studie sind außerdem:

- Größere Unternehmen haben den Weiterbildungsbedarf zum Thema Wasserstoff erkannt und können schneller darauf reagieren als kleine und mittlere Betriebe (S. 40).
- Weiterbildungsangebote sind oftmals nicht bedarfsgerecht, da zu verallgemeinernd und zu kommerziell (S. 41).
- Unternehmen bevorzugen interne Firmenschulungen, die aber erst realisiert werden, wenn der Weiterbildungsbedarf spezifiziert ist (S. 40).
- Aufgrund fehlender Standardisierung und Zertifizierung ist es Unternehmen, die sich neu mit Wasserstoff beschäftigen nur bedingt klar, welche Inhalte wirklich benötigt werden und daher in Ausbildungslehrpläne integriert werden sollten (S. 38).

1.4. Anwendungsmöglichkeiten von Wasserstoff im Wärmesektor

Kapitel 5 und 6 der H2PRO-Sektoranalyse zur Wärmeversorgung (HILLER 2023) besprechen die technischen Anwendungsmöglichkeiten von Wasserstoff für die Bereitstellung von Gebäudewärme. Hier eine verkürzte Zusammenfassung:

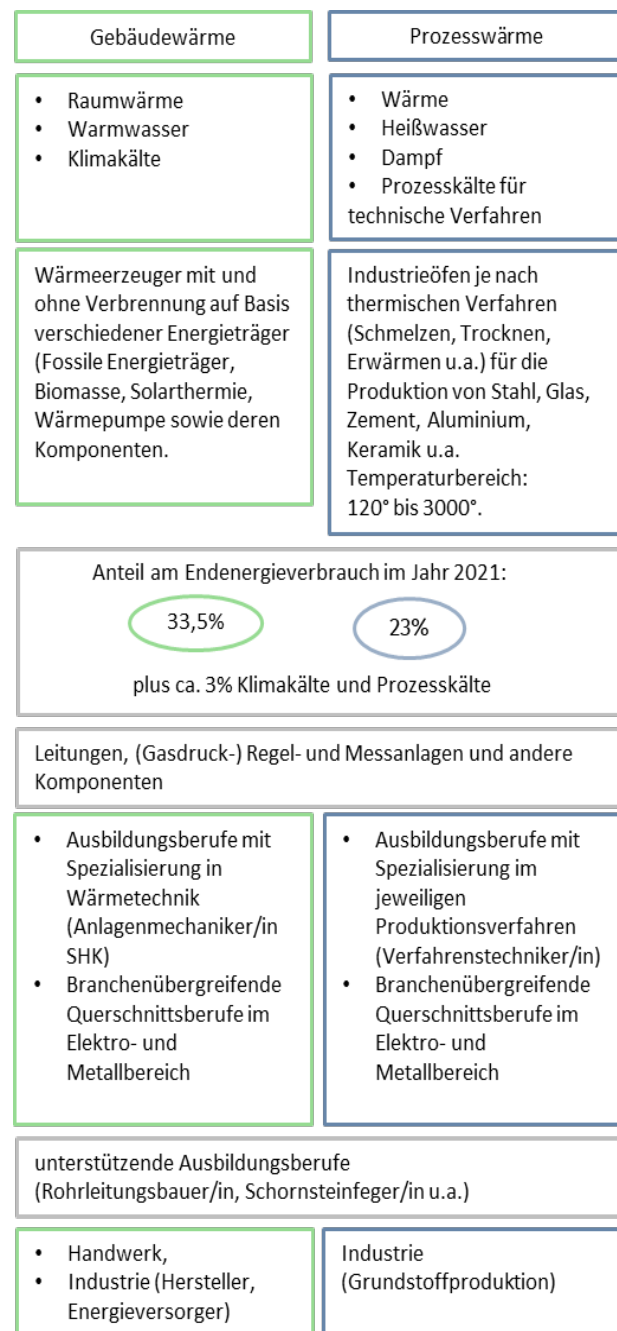
Zentrale Anwendungen führen Wasserstoff über Leitungen von außen heran, dezentrale Anwendungen produzieren Wasserstoff direkt im Gebäude.

Zentrale Anwendungsmöglichkeiten gelten als realisierbare Transformationsstrategie und werden von der Gasindustrie befürwortet, die das Konzept der Wasserstoff-Beimischung unterstützt. Wasserstoff-Zumischraten bis zu 20 Prozent sind inzwischen durch das Regelwerk – Arbeitsblatt G260 des DVGW – genehmigt, das heißt Netzbetreiber können Beimischungen von 20 Prozent realisieren, ohne Leitungen und Endgeräte der Kunden zu verändern, unter der Voraussetzung, dass diese die technischen Anforderungen erfüllen. Die Verantwortung liegt dabei beim Netzbetreiber (DVGW 2021).

Dezentrale Anlagen, sogenannte Saisonalspeicher, die Stromerzeugung mit Wasserstoffspeicher kombinieren, sind aktuell Nischenmärkte, das heißt sie erzielen keinen statistisch messbaren Marktanteil. Der Einsatz von Wasserstoff ist hier lediglich Teil der Elektrifizierung: Strom aus erneuerbaren Energien wird in einer anderen Energieform gespeichert, zum Beispiel chemisch (Batterie) oder auf Basis von Wasserstoff, und – unter zusätzlicher Nutzung der Abwärme – wieder in elektrische Energie zurückverwandelt. Der Begriff Power-to-X beschreibt dies, wobei X für die Begriffe Heat, Gas oder Liquid stehen kann. Anlagen, die dies ermöglichen, bestehen aus mehreren Komponenten und arbeiten auf der Basis des tatsächlichen Energiebedarfs eines Gebäudes. Bei dezentralen Systemen ist die Zahl der Anlagen, die überwacht und gewartet werden müssen, größer und die Aufgaben für Fachkräfte sind daher vielfältiger.

Brennstoffzellenheizungen erzeugen Strom auf der Basis von Wasserstoff und können auch in privaten Haushalten eingesetzt werden. In Abhängigkeit von der Wasserstoffzufuhr gehören sie entweder zu den zentralen oder zu den dezentralen Anwendungsmöglichkeiten. Derzeit – da das Konzept der zentralen Wasserstoffzufuhr sich noch im Stadium der Erprobung befindet – sind Brennstoffzellenheizungen eine dezentrale

Abbildung 1: Gebäudewärme-Prozesswärme (Produkte, Anlagen, Ausbildungsberufe) Quelle: Eigene Darstellung; UMWELTBUNDESAMT (2024) für Anteil am Endenergieverbrauch; Wolf Systems für Wärmeerzeuger Gebäudewärme; VDMA (1988) für Industrieöfen.



Lösung und werden in Kombination mit den oben beschriebenen Saisonalspeichern eingesetzt: Strom wird aus erneuerbaren Energien erzeugt (zum Beispiel Solarstrom aus Photovoltaikanlagen) und in Form von Wasserstoff in Drucktanks gelagert. Durch diese Umwandlung ist die Brennstoffzellenheizung nicht mehr von einer Zufuhr von außen abhängig und stellt eine dezentrale Lösung dar.

1.5. Fachkräfte im Wärmesektor: Gebäude- und Prozesswärme

Mit dem Fokus auf den Wärmesektor bezieht sich die vorliegende Studie auf einen heterogenen Bereich mit einer Vielfalt von Energieträgern und Endprodukten. Die Literatur verwendet die Begriffe „Wärmesektor“, „Wärmeerzeugung“, „Wärmemarkt“ oftmals synonym. Der Begriff der Wärme drückt in Darstellungen des Energieverbrauchs aus, wieviel Energie für die Bereitstellung von Wärme gebraucht wird, im Vergleich zu den anderen Verbrauchern, Strom und Verkehr. Wärme enthält dabei die zwei übergeordneten Produkte Gebäudewärme und Prozesswärme, deren Unterschiede und Gemeinsamkeiten in Abbildung 1 dargestellt sind.

Der Schwerpunkt der Untersuchung von Qualifikationsanforderungen liegt dabei auf den Fachkräften des Gebäudesektors, das heißt sie sind für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser verantwortlich. Sie haben eine wichtige Rolle für das Konzept der Umsetzung der geplanten Wasserstoffbeimischung. Damit rückt der Beruf Anlagenmechaniker/-in Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik in den Mittelpunkt. Von den vier Fachbereichen der Branche wird er am häufigsten abgeschlossen (ZDH 2023). Die anderen Fachbereiche sind Ofen- und Luftheizungsbauer/-in, Klempner/-in, Behälter- und Apparatebauer/-in. Insgesamt acht von 17 geführten Interviews dieser Studie haben Bezug zum SHK-Handwerk (siehe Tabelle 1). Dagegen wurden Fachkräfte, die für die Prozesswärme-Industrie arbeiten bei der Sektoranalyse zunächst vernachlässigt (Hiller 2023, S. 17). Während der Untersuchung stellte sich aber heraus, dass die Situation von sich in Umstellung befindlichen Industrieunternehmen, die weder dem Stahl- noch dem Chemiebereich angehören, im Gesamtprojekt H2PRO nicht ausreichend dargestellt ist. Fachkräfte, die in dieser industriellen Grundstoffproduktion arbeiten, haben in der Regel branchenübergreifende Querschnittsberufe (Anlagenmechaniker/-in, Mechatroniker/-in, Verfahrenstechniker/-in u.a.) und sind zusätzlich für die Produktionsprozesse ausgebildet und an den spezifischen Anlagen und Industrieöfen geschult.

Um diesem wichtigen Anwendungsbereich für grünen Wasserstoff Rechnung zu tragen, fließen die Aussagen eines verantwortlichen Managers einer energieintensiven Grundstoffproduktion in die Teilstudie des Sektors Wärmeversorgung mit ein. Qualifikationsanforderungen für Fachkräfte der großen Grundstoffproduzenten, Chemie- und die Stahlindustrie werden dagegen in separaten Teilstudien des H2PRO-Projekts besprochen.

In Bezug auf den Einsatz von grünem Wasserstoff hat die Stahlindustrie Priorität, denn eine Dekarbonisierung des Verfahrens ist durch Elektrifizierung nicht möglich (Clausen et al. 2022). In der Chemieindustrie wird (aus Methanol hergestellter) Wasserstoff seit Jahrzehnten eingesetzt (Felkl 2022; Schad-Dankwart 2023).

1.6. Erkenntnisse der Sektoranalyse

Phase II der Untersuchung baut auf den folgenden Erkenntnissen der Sektoranalyse auf (Hiller 2023, S. 30/31):

- Der Qualifikationsbedarf für Fachkräfte im Gebäudesektor in Bezug auf die Anwendung von Wasserstoff wird insgesamt als eher gering eingeschätzt.
- Zentrales Instrument um Fachkräfte im Gebäudesektor auf das Arbeiten mit Wasserstoff vorzubereiten, sind Weiterbildungen in Form von internen und externen Schulungen sowie Zusatzqualifikationen.
- Ein weiteres wichtiges Instrument sind Anleitungen auf der Basis von bereits bestehenden gesetzlich verbindlichen Richtlinien im Gasfach (DVGW Arbeitsblätter, TRGI). Der Umgang mit Wasserstoff findet zurzeit Eingang in diese Richtlinien, die Handlungsanweisungen formulieren.
- In Bezug auf die Umstellung der Gasnetze auf reinen Wasserstoff sind die Aussagen zum Qualifikationsbedarf derzeit widersprüchlich. Gründe dafür sind die mangelnde Praxiserfahrung und die hohe Anforderung an das Material von Anlagen und Leitungen bei hohen Konzentration von Wasserstoff.
- Die sogenannte „Wasserstoff-Sensibilisierung“ scheint als erforderliche Grundlagenschulung für Fachkräfte allgemein anerkannt.
- Herstellerfirmen für wasserstofftaugliche Heizanlagen eignen sich im Entwicklungsprozess das notwendige Handlungswissen für die Arbeit an den Anlagen an. Dieses Know-how wird zunächst intern an Mitarbeitende weitergegeben. Mit fortschreitender Marktdurchdringung der Produkte erfolgt die Weitergabe auch an externe Fachkräfte – beispielsweise durch gezielte Herstellerschulungen für Installations- und Wartungsbetriebe.
- Elektrotechnische Kenntnisse sind für Berufe im Gebäudesektor unabdingbar und betreffen ebenfalls – aber nicht nur – wasserstoffbasierte dezentrale Anlagen. Das Berufsbild Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration umfasst alle im Gebäude vorkommenden technischen Systeme, ihre Planung, Vernetzung, Anwendung und Analyse nach Kenngrößen (Bundesinstitut für Berufsbildung 2021). Es ist deshalb für die Installation komplexer Anlagen gut geeignet.
- Dezentrale Anlagen, die aus vielen Komponenten bestehen, erfordern die Zusammenarbeit von mehreren Gewerken. Die weitere Untersuchung kann zeigen, wie Handwerks- und Industriebetriebe in Entwicklung, Herstellung, Installation und Überwachung solcher Anlagen kooperieren und ihre Fachkräfte einsetzen.

2. Methoden

2.1. Sektoren/Untersuchungsfelder

Untersuchungsfelder des Projekts H2PRO sind die für eine wasserstoffbasierte Wirtschaft wichtigen Sektoren in Abbildung 2 dargestellt (HEBLING U.A. 2019; NATIONALER WASSERSTOFFRAT 2023).

Abbildung 2: Wertschöpfungskette Wasserstoff mit Sektoren Quelle: Eigene Darstellung

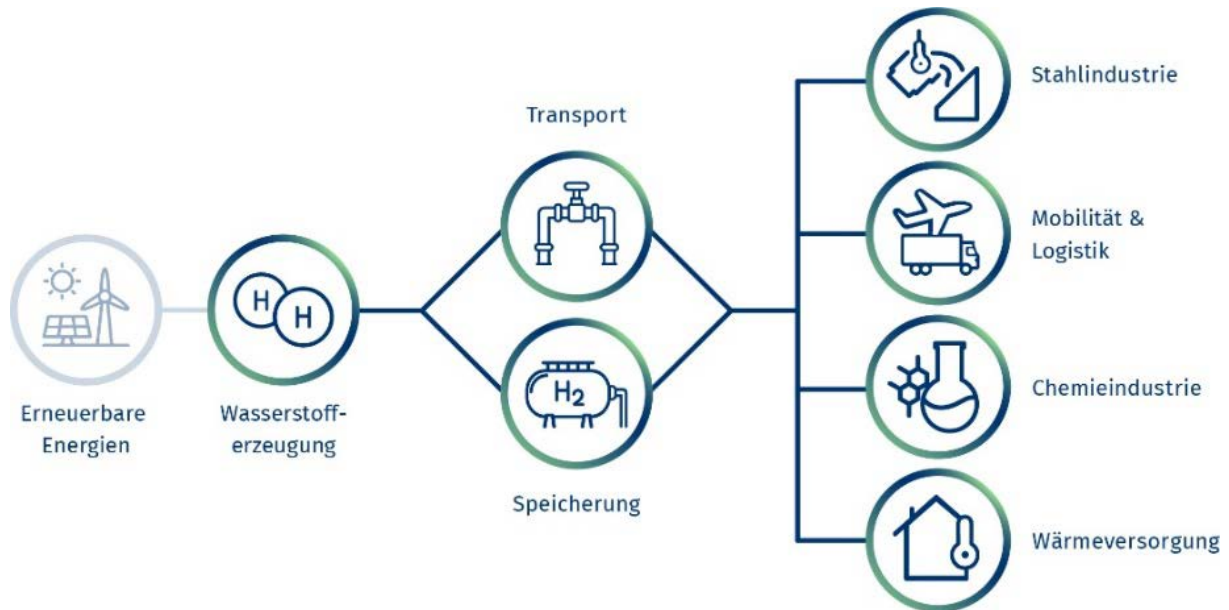


Abbildung 2 stellt insgesamt sechs Bereiche für die Wasserstoff-Nutzung dar: Wasserstofferzeugung, Transport und Speicherung (Infrastruktur) und vier Felder für die Wasserstoff-Anwendung (Chemie, Stahl, Mobilität und Wärmeversorgung).

Produktion (Elektrolyse), inklusive Transport u. Speicherung

- o Wasserstofferzeugung (Elektrolyse), Transport und Speicherung

Wasserstoff-Anwendungen

- o Chemieindustrie
- o Stahlindustrie
- o Mobilität
- o Wärmeversorgung

H2PRO fasst die sechs Bereiche in fünf Sektoren zusammen, wobei der Bereich Transport und Speicherung teilweise in der Arbeit zu Wasserstofferzeugung und teilweise auch in der vorliegenden Teilstudie zu Wärmeversorgung besprochen wird.

2.2. Forschungsdesign H2PRO und Umsetzung für den Sektor Wärmeversorgung

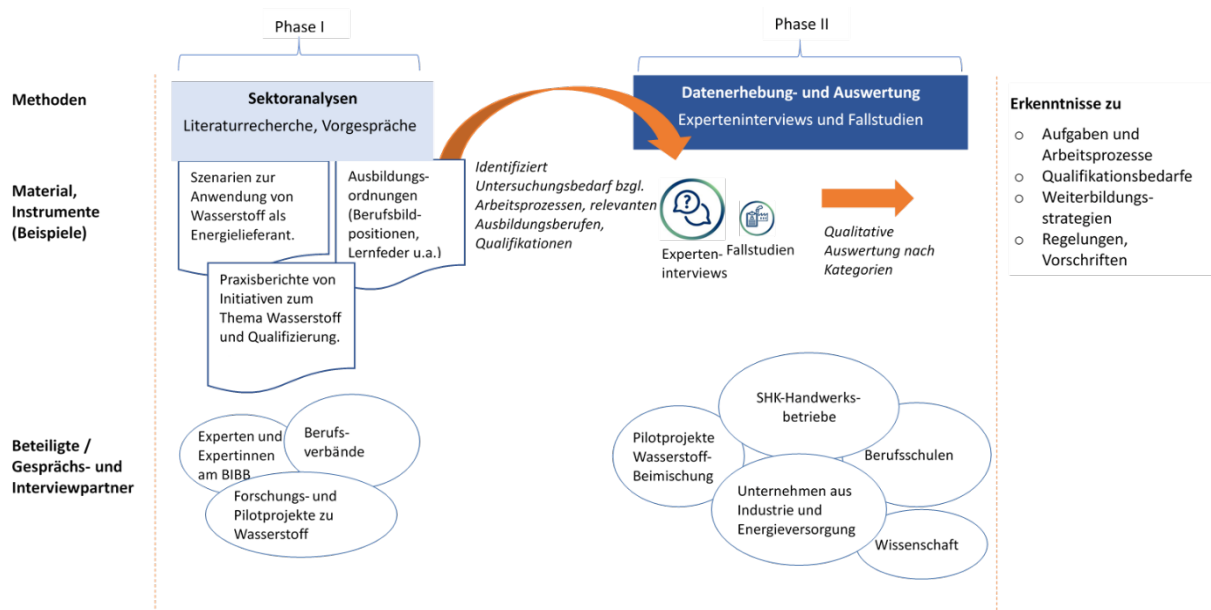
Abbildung 3 gibt eine Übersicht zum Forschungsdesign H2PRO:

In Phase I des Projekts entstanden fünf Sektoranalysen zu den technischen Möglichkeiten der Wasserstoff-Anwendung und zur Identifikation von Betrieben und Berufen: Wasserstofferzeugung (ZINKE 2023), Chemieindustrie (FELKL 2023), Stahlindustrie (SCHAD-DANKWART 2023), Mobilität (SCHNEIDER 2023), Wärmeversorgung: HILLER 2023). Im Rahmen dieser Sektoranalysen fanden Vorgespräche statt, die Phase II vorbereiteten, indem sie Zugang zu Betrieben und zu Personen im Feld schafften. Phase II besteht aus Datenerhebung und -auswertung mittels Experteninterviews.

Zu den Instrumenten des Forschungsdesigns gehören auch Fallstudien, die die Experteninterviews umrahmen oder einbetten. Darauf wurde bei der Datenerhebung im Sektor Wärmeversorgung verzichtet, zum einen weil die Instrumente, die typischerweise zu einer Fallstudie gehören

(Betriebsbesichtigung, Arbeitsplatzbeobachtung) (RAUNER 2006), aus Zeitknappheit der Interviewpartner/-innen nicht realisiert werden konnten. Zum anderen fanden Arbeitsplatzbeobachtungen nicht statt, da die Arbeitsabläufe mit Einsatz von grünem Wasserstoff zum Zeitpunkt der Erhebung in der Praxis noch nicht existierten. Dies ist auf die mangelnde Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff zurückzuführen.

Abbildung 3: Forschungsdesign H2PRO und Beteiligte im Sektor Wärmeversorgung



Die H2PRO-Untersuchungen sind explorativ und verwenden eine qualitative Methode, wobei die Fragestellungen an die Experten und Expertinnen im Verlauf der Erhebung überprüft und gegebenenfalls angepasst wurden, um neue Informationen der bereits durchgeführten Interviews zu berücksichtigen. Dies entspricht einem iterativen Vorgehen.

Abbildung 3 zeigt in Phase II die Art der beteiligten Betriebe und Einrichtungen für die Erhebungen im Sektor Wärmeversorgung.

2.3. Datenerhebung

Experteninterviews: methodische Anwendung

In Phase II des Projekts erfolgte die Datenerhebung mittels leitfadengestützter Experteninterviews, mit dem Ziel, objektiv-sachdienliche Informationen zu erhalten. Wie für Experteninterviews typisch, gab der Leitfaden eine Strukturierung vor, ließ aber auch offene, narrative Gesprächsführung zu, so dass die Interviews Elemente von beidem enthalten, offene und strukturierte Gesprächsführung (KRUSE 2015, S. 171). Die Kernthemen des Interviewleitfadens beziehen sich auf die Forschungsfragen

und sind umrahmt von Fragen zum Betrieb/zur Einrichtung und zur Person des Gesprächspartners/der Gesprächspartnerin. Im Gegensatz zu anderen Interviewtypen steht beim Experteninterview die Person des Interviewpartners/der Interviewpartnerin nicht im Mittelpunkt des Interesses (KRUSE 2015, S. 166). Vielmehr sind es Rolle und Funktion, die darüber entscheiden, wer Experte/Expertin ist (siehe methodisch-relationalen Ansatz von BOGNER, LITTIG UND MENZ (2005, S. 40). Wie bei qualitativen Untersuchungen üblich, wurde die Datenerhebung beendet, als durch weitere Interviews keine neuen Erkenntnisse mehr gewonnen werden konnten. Die Anzahl der Interviews, die bis zu diesem Zeitpunkt geführt wurden, ist in den H2PRO-Teilstudien von Sektor zu Sektor unterschiedlich. Die Interviews wurden mit der Methode der qualitativen Inhaltsanalysen nach KUCKARTZ UND RÄDIKER (2022) ausgewertet.

Auswahl von Interviewpartnern und Interviewpartnerinnen

Bevorzugte Experten und Expertinnen für die H2PRO-Untersuchung waren Personen mit Praxiserfahrung zu schulischer und/oder betrieblicher Berufsausbildung der Metall- und Elektroberufe (Ausbilder/-innen, Berufsschullehrer/-innen). Sie sollten Kenntnisse der Arbeitsprozesse und idealerweise Kenntnisse zur Anwendung von Wasserstoff besitzen. Auch Fachkräfte und Auszubildende selbst waren damit potentielle Interviewpartner/Interviewpartnerinnen, ebenso wie Personen aus dem Umfeld der Berufsausbildung. Ziel der Auswahl war es, möglichst viel Wissen aus der beruflichen Praxis in die Erkenntnisse einfließen zu lassen (WINDELBAND UND SPÖTTL 2003, S. 4). Für die Experteninterviews im Sektor Wärmeversorgung konnten Personen mit Leitungsfunktion in Handwerksbetrieben und Unternehmen gewonnen werden (siehe Tabelle 2).

Durchführung Experteninterviews

Zwischen Juni und Dezember 2023 fanden 18 Interviews mit Experten/Expertinnen für die Untersuchung im Sektor Wärmeversorgung statt, sowohl im online-Format per Videochat als auch in Präsenz (Tabelle 2). Die Länge der Interviews betrug im Durchschnitt 40 Minuten.

Da die Tonqualität des ersten Interviews (Code: Wärme 01-01) nicht ausreichte, konnte es für die Auswertung nicht verwendet werden. Interview Wärme-03-02 ist ein Gruppeninterview mit drei Auszubildenden. Die Gesamtzahl der durchgeführten Interviews beträgt damit 17.

Tabelle 1: Übersicht Experteninterviews

	Nr. Nr. Betrieb	Interview Code	Betrieb/Einrichtung Interviewpartner/-in	Interviewpartner/-in (Funktion)	Datum	Präsenz/ Online
1 ¹	1	Wärme-01-01	SHK-Handwerk	Geschäftsführer/Inhaber	09.06.	Online
2	2	Wärme-02-01	Energieversorger	Innovationsmanagement, Entwicklung	13.06.	Präsenz
3	2	Wärme-02-02	Energieversorger	Regionalleiter Ausbildung	13.06.	Präsenz
4	2	Wärme-02-03	Energieversorger	Facharbeiter (Gasnetzmonteur)	13.06.	Präsenz
5	2	Wärme-02-04	Energieversorger	Facharbeiter (Gasnetzmonteur)	13.06.	Präsenz
6	3	Wärme-03-01	Berufsschule	Berufsschullehrer/Meister Anlagenmechaniker SHK	30.06.	Präsenz
7 ²	3	Wärme-03-02	Berufsschule	Auszubildende Anlagenmechaniker/-in SHK (3 Personen)	30.06.	Präsenz (Gruppen- interview)
8	4	Wärme-04-01	Wissenschaft (Gastechnologie)	Projektingenieur/Schulungsreferent	18.08.	Online
9	5	Wärme-05-01	SHK-Handwerk	Geschäftsführer und Inhaber	25.08.	Präsenz
10	5	Wärme-05-02	SHK-Handwerk	Auszubildender SHK	25.08.	Präsenz
11	6	Wärme-06-01	SHK-Handwerk	Geschäftsführer und Inhaber	25.08.	Präsenz
12	6	Wärme-06-02	SHK-Handwerk	Geschäftsführer und Ausbilder	25.08.	Präsenz
13	6	Wärme-06-03	SHK-Handwerk	Auszubildender SHK	25.08.	Präsenz
14	7	Wärme-07-01	SHK-Handwerk	Geschäftsführer/Inhaber/ Innungsobermeister	07.11.	Präsenz
15	8	Wärme-08-01	Berufsschule	Abteilungsleitung Elektro- und Informationstechnik	21.11.	Online
16	9	Wärme-09-01	Wasserstoff- technologie	Managing Director	23.11.	Online
17	10	Wärme-10-01	Wasserstoff- technologie	Geschäftsführer/Inhaber	27.11.	Online
18	11	Wärme-11-01	Industrie (Prozesswärme- Nutzer)	Manager Mechanical Workshop and Plant Service	19.12.	Online

¹ Audioqualität des Interviews unbrauchbar

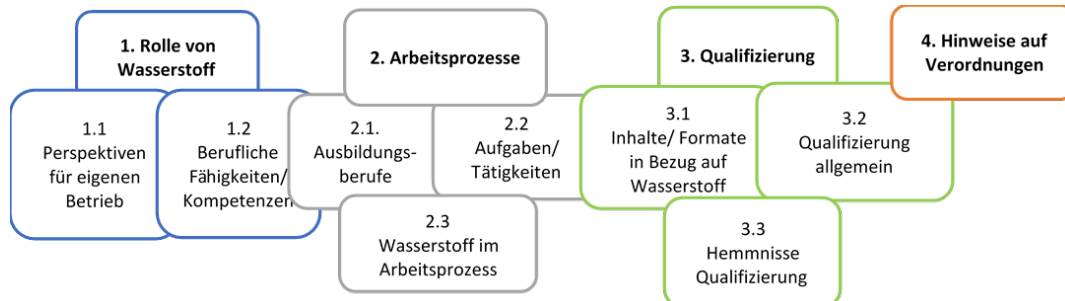
² Das Gruppeninterview mit drei Auszubildenden fließt als ein einziges Interview ein.

2.4. Datenauswertung

Die Experteninterviews wurden mit einem Smartphone aufgenommen, transkribiert und nach der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach KUCKARTZ UND RÄDIKER (2022) mittels eines Kategorie-Systems (Abbildung 4) durch Codierung ausgewertet. Die Transkription erfolgte automatisch mit der KI-gestützten IT-Lösung „noscribe“ (die auf der Software „Whisper“ basiert); anschließend wurde der

Text manuell korrigiert und gleichzeitig anonymisiert (zu automatischer Transkription siehe WOLLINGIERING 2024).

Abbildung 4: Kategoriensystem zur Auswertung der Experteninterviews im Wärmesektor



Das Kategorien-System für die Codierung (Abbildung 4) wurde nach mehrmaligem Durchlesen der transkribierten Interviews als deduktives Schema mit übergeordneten Themen und dazugehörigen Kategorien erstellt. Themen und Kategorien beziehen sich dabei auf die Forschungsfragen, das heißt auf externes Material. Eine Tabelle mit Erläuterungen zum Kategorie-System befindet sich in der Anlage. Sie enthält ausformulierte Beschreibungen zu jeder Kategorie und diente als Hilfestellung beim Codieren für die Zuordnung von Textaussage zu Kategorie.

Auf induktive – das heißt aus dem Text heraus gebildete – Kategorien wurde verzichtet, weil die Auswertung sich auf objektiv-sachliche Informationen konzentrierte. Das Entwickeln von Thesen aus dem Material heraus war dagegen für die Fragestellungen dieser Untersuchung nicht unbedingt erforderlich. Die gute Kenntnis der transkribierten Inhalte gewährleistete, dass keine relevanten Inhalte übersehen wurden. An der Codierung nahmen zwei Personen aus dem H2PRO-Team teil, wobei eine Validierung stattfand: zunächst wurde ein Interview beispielhaft von beiden Personen codiert, verglichen und damit eine Abstimmung für die weitere Codierung erzielt.

3. Ergebnisse

3.1. Perspektiven der Betriebe in Hinblick auf Wasserstoff-Qualifikation

In den Experteninterviews dieser Studie kommen Personen als Experten/Expertinnen zu Wort, die in unterschiedlichen Betrieben arbeiten: Energieversorgungsunternehmen/Netzbetreiber (EVU), Handwerksbetriebe und Industrieunternehmen sowie Bildungseinrichtungen. Einfachheitshalber wird im Folgenden der Sammelbegriff „Betriebe“ für alle verwendet. Ausgangssituation und Perspektiven auf die Wasserstoffnutzung sind je nach Art der Betriebe unterschiedlich. Tabelle 2 fasst sie in einem Überblick zusammen.

Tabelle 2: Perspektiven von Betrieben der Interviewpartner/-innen dieser Studie

Art des Handwerksbetriebs/ Unternehmens	Perspektive in Hinblick auf Wasserstoff-Qualifikation	Referenz (Interview Code/Zeile)
Energieversorgungs- Unternehmen (EVU)	Technisch ausgebildete Fachkräfte bei EVU haben branchenübergreifende Querschnittsberufe. Durch Weiterbildungen besitzen sie formale Kompetenzen für beide Gewerke – Elektrotechnik und Gas. EVU, die Pilotprojekte für Wasserstoffbeimischung durchführen, bilden Fachkräfte zum Thema Wasserstoff in Lehrgängen weiter.	02-01/ 27-28; 02-02/38-39; 02-04/165; 02-02/259-201
Handwerksbetriebe Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK)	SHK-Fachkräfte lernen Umgang mit Gas in der Ausbildung und können im Rahmen der Meisterprüfung den sogenannten Gasschein erwerben, der sie berechtigt, Gasinstallationen in Gebäuden durchzuführen. Sie sehen sich deshalb als gut aufgestellt für die Einführung von Wasserstoff und schätzen ihre eigene Rolle bei der Umsetzung des Konzepts Wasserstoffbeimischung als wichtig ein, da sie für die Wartung und Reparatur von Leitungen und Wärmeerzeugern in Gebäuden verantwortlich sind. Um dieser Verantwortung gerecht zu werden, benötigen sie mehr und besser aufbereitete Informationen.	06-01/128-133; 06-02/335-338; 07-01/149-150, 107- 111, 112-115, 309- 316; 03-01/75-78; 05-01/317-319, 347- 351;
Herstellerfirmen im Heizungsbau	Unternehmen im Heizungsbau entwickeln Wärmeerzeuger, die Wasserstoffbeimischung tolerieren und dabei eignes Wissen auf, das sie gezielt über Schulungen an ihre Kunden im SHK-Handwerk weitergeben.	Vorgespräch zur Sektoranalyse; 05-01/295-298; 07-01/368-372
Industrie (Prozesswärme-Nutzer)	Energieintensive Unternehmen bereiten sich auf den Einsatz von Wasserstoff für die eigenen Produktionsprozesse vor. Nur wenige ihrer Fachkräfte haben Grundlagenkenntnisse im Umgang mit Gas in zusätzlichen Schulungen erworben. Für das Betreiben von wasserstofftauglichen Anlagen sind sie auf Schulungen durch den Hersteller angewiesen. Sie müssen außerdem ihre Regeln für Arbeitssicherheit im gesamten Betrieb anpassen.	11-01/97-98, 170-175
Produzenten und Installationsfirmen für Wasserstoff- technologie (Spezialisten)	Innovative Unternehmen entwickeln, produzieren und installieren wasserstoffbasierte Wärmesysteme oder deren Komponenten (Elektrolyseure, Brennstoffzellen, Wasserstoffspeicher, Leitungen und Verbindungen) für Privathaushalte und Industrie. Sie arbeiten mit Fachkräften aus verschiedenen Gewerken und generieren Fachwissen direkt im Betrieb. Es entstehen neue Aufgabenzuschnitte.	09-01/26-29, 92-95; 10-01/64-68, 263-264, 224-233

Die Zusammenfassungen in Tabelle 2 zeigen, dass eine Qualifizierung im Umgang mit Wasserstoff zum Zeitpunkt der Erhebung der Daten (Juni bis Dezember 2023) bereits stattfindet. Dabei unterscheiden sich Zugangsmöglichkeiten zu Weiterbildung, Bedarfe und auch die Motivation zwischen den Betrieben. Dies ist auf den nächsten Seiten für jede Betriebsart beschrieben.

Energieversorgungsunternehmen/Netzbetreiber

Energieversorgungsunternehmen, die Pilotprojekte zur Wasserstoffbeimischung betreiben, besitzen bereits Praxiserfahrung im Umgang mit dem Gas. In der Regel werden 10 bis 30 Prozent Wasserstoff beigemischt und einem kleinen Teil des Netzgebiets zur Verfügung gestellt. Die Anzahl der Verbraucher ist im Rahmen der Pilotprojekte meist gering, um die Toleranz der Leitungen und Endgeräte genau beobachten zu können. Für die Fachkräfte entstehen im Arbeitsablauf keine wesentlichen Änderungen:

„Wasserstoff im Gasnetz ändert im Betrieb grundsätzlich nichts, es kann aber zu kleinen Änderungen kommen, die wesentlich sind und sich zum Beispiel auf die Messwerte niederschlagen.“

Projektingenieur Gastechnologie, 04-01/109-111

Der Ausbildungsleiter eines Energieversorgers kommentiert:

„Änderungen durch Wasserstoff sind nur Nuancen, Berufsbilder sind so angelegt, dass sie in Richtung Betriebstechnik viel Freiheit geben.“

Ausbildungsleiter EVU, 02-02/138 -142

Nichtsdestotrotz betrachten die Interviewpartner/-innen Schulungen zu Wasserstoff als zwingend erforderlich. So besuchen EVU-Fachkräfte zum Beispiel externe Praxislehrgänge (Wasserstoff-Teststrecken). Solche Angebote sind aber bislang nicht weit verbreitet. Die Verantwortlichen schlagen deshalb vor, dass...

„[...]das Thema Wasserstoff in allen an Weiterbildung zur Netzfachkraft Gas beteiligten Institutionen/zertifizierenden Einrichtungen mitgeschult werden sollte. Der Weg dahin führt über Gespräche mit der IHK.“

Manager EVU, 02-01/467-473

„Der Ort für die Platzierung von Wasserstoff-Wissen sollte Weiterbildung sein. Dies ist aktuell noch nicht gegeben.“

Manager EVU, 02-01/571-572

Folgende Inhalte sind dabei wichtig:

„Grundlagen zu Wasserstoff, physikalische, chemische Eigenschaften: Explosionsgrenze, Flüchtigkeit, geringere Energiedichte, höhere Strömungsgeschwindigkeiten im Netz, Sicherheit.“

Manager EVU, 02-01/387-390, 587-589

Bestehende Lehrgänge zum Umgang mit Wasserstoff vermitteln zwar Kenntnisse in Theorie, aber gehen nicht ausreichend auf die Situation in der Praxis ein. Gewünscht ist mehr Schwerpunkt auf praktische Handhabung von Wasserstoff in Gasleitungen und bei Anschlüssen („Tricks für die Praxis“) (Fachkraft EVU, 02-04/237-240)

Weitere Themen, die EVUs nur selbst schulen können, weil sie sich auf die spezifische Situation vor Ort beziehen, sind Explosionsschutz, Arbeitssicherheit und Maßnahmen im Havariefall, zum Beispiel Erkennen und Löschen von Wasserstoffbränden, Kommunikation mit Feuerwehr und Behörden u.a.

(Ausbildungsleiter EVU, 02-02/116-118, 126-128).

Je höher der Anteil an Wasserstoff im Gasnetz ist, desto kritischer sind die Sicherheitsbestimmungen. Besonders sensibel ist der Betrieb mit 100-Prozent-Wasserstoff, der bisher nur selten erprobt wird und nur möglich ist, wenn die Endgeräte der Verbraucher durch neue ersetzt werden. Beim 100-Prozent-Betrieb erhöht sich für die Fachkräfte auch der Aufwand für das Begehen der Leitungen, wofür allerdings keine Schulung erforderlich ist (Fachkraft EVU, 02-04/17-19).

Handwerk Sanitär- Heizung- und Klimatechnik (SHK)

Fachkräfte des Fachhandwerks Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik sind sich ihrer Rolle als Experten für den Umgang mit Gas bewusst:

„Anlagenbauer SHK sind Mitarbeiter/-innen von Vertragsinstallateuren und haben wichtige Aufgaben, wenn die Wasserstoffbeimischung realisiert wird.“

Berufsschullehrer für SHK und Installateur- und Heizungsbauermeister, 03-01/75-78

Der Interviewpartner vermutet, dass das Thema in der Branche zurzeit wenig präsent ist:

„80 Prozent der Installateure beschäftigen sich nicht mit dem Thema Wasserstoff.“

Berufsschullehrer für SHK und Installateur- und Heizungsbauermeister, 03-01/252

Der Inhaber eines SHK-Handwerks beschreibt die Anteile der Energieträger bei seinen Kunden wie folgt:

„80 Prozent Gas, 10 Prozent Öl, 5 bis 10 Prozent Wärmepumpe.“

Inhaber SHK-Handwerksbetrieb, 05-01/19-20

Dennoch attestiert er Wasserstoff,

„[...]dass er eine wichtige Rolle einnehmen wird, da andere Lösungen nicht überall möglich sind, wegen des Aufwands und des Platzbedarfs; die Infrastruktur für Gasleitungen ist vorhanden.“

Inhaber SHK-Handwerksbetrieb; 05-01/137-152

Der Geschäftsführer eines anderen SHK-Handwerksbetriebes sieht Wasserstoff ...

„[...] als relevante Zukunftstechnologie für SHK. Das Indiz für Wasserstofftrend ist in der Industrie, da neue Gasbrennwertgeräte immer einen Wasserstoffanteil von 20 Prozent mitverbrennen können.“

Geschäftsführer SHK-Handwerksbetrieb; 06-02/108-111

Die folgende Aussage bringt es auf den Punkt:

„Das SHK-Handwerk kommt dann ins Spiel, wenn in den Rohrleitungen Wasserstoff ist.“

Inhaber SHK-Handwerksbetrieb; 05-01/220-221

In diese Pläne möchte das Fachhandwerk besser eingebunden werden:

„Derzeit gibt es für Handwerksbetriebe kaum Möglichkeiten, Wasserstoff zu schulen, weil die Angebote seitens der Industrie (Anmerkung: der Energieversorger und Hersteller von Wärmeerzeugern) fehlen, bzw. nicht für den Nutzen durch Handwerksbetriebe aufbereitet sind.“

Geschäftsführer/Inhaber SHK-Handwerksbetrieb; 07-01/92-95, 112-115

Konkret:

„Schulungen für Wasserstoff sollten heruntergebrochen werden für die Fachkräfte, die vor Ort sind. Themen: Vorschriften, Zeithorizonte, Anwendungsmöglichkeiten.“

Geschäftsführer/Inhaber SHK-Handwerksbetrieb; 07-01/267-271

Obwohl SHK-Anlagenmechaniker/-innen während der Ausbildung lernen, Gasleitungen im Haus auf Dichtheit zu prüfen, Leckage-Messungen durchzuführen und Gasgeräte einzustellen, kann die Einführung eines Wasserstoff-Scheins vorteilhaft sein:

„Wasserstoff muss eine Qualifikation sein, ein separater Schein, ähnlich wie Kältemittelschein, dies würde die Sensibilisierung dafür erhöhen, dass bestimmte Tätigkeiten wirklich gemacht werden müssen.“

Berufsschullehrer für SHK-Anlagenmechaniker und Installateur- und Heizungsbauermeister; 03-01/122, 202-207

Herstellerfirmen im Heizungsbau

Herstellerfirmen im Heizungsbau haben ebenfalls Praxiserfahrung mit Wasserstoff, die innerhalb der Unternehmen von den Entwickler/-innen zu den operativen Fachkräften weitergegeben wird, denn ab ca. 2025 können die Hersteller Geräte für die Nutzung von reinem Wasserstoff bauen, und „ab diesem Zeitpunkt müssen die Kenntnisse in die Breite gehen, von den Ingenieuren zu denen die fertigen“ (Gesprächsnotiz Herstellerfirma aus dem Jahr 2022). Im Jahr 2024 fand ein weiteres Gespräch mit diesem Hersteller statt und inzwischen betrachtet der Gesprächspartner das Thema Wasserstoff als „sauber abgearbeitet“, denn alle Gasbrennwerte sind für 20-Prozent-Wasserstoff-Beimischung zugelassen und spezielle Geräte können auf 100-Prozent-Wasserstoffnutzung umgerüstet werden (E-Mail-Kommunikation vom 23.04.2024). Inzwischen ist das Thema Wasserstoff auch in den Kundens Schulungen für die Fachkräfte des SHK-Handwerks integriert. Allerdings fehlt für den dauerhaften Betrieb der wasserstofftauglichen Geräte zurzeit der grüne Wasserstoff. (Die Informationen zu Fachkräften der Herstellerfirmen im Heizungsbau stammen aus den Vorgesprächen für die Sektoranalyse und aus der informellen Kommunikation im weiteren Verlauf des Projekts).

Industrie (Prozesswärme-Nutzer)

Industrieunternehmen, die unter hohem Energie-Aufwand Grundstoffe produzieren (Glas, Zink, Zement, Zellstoff u.a.) und dafür Prozesswärme benötigen, sind potentielle Nutzer von grünem Wasserstoff (URBANSKY, 2024). Zum Zeitpunkt der Datenerhebung waren einige dieser

Industriebetriebe dabei, die Umstellung auf grünen Wasserstoff zu planen, zu testen oder sie umzusetzen. Beispiele (abseits der Interviewpartner/-innen) sind die Firmen Pano Verschluss GmbH (NDR 2024), Essity Operations Neuss GmbH (BECHERER 2023), Baustoffwerke Münster Osnabrück GmbH (persönliche Kommunikation). Ein wichtiger Faktor für die Umstellung ist die Nähe zu einem (geplanten) Wasserstoffnetz – zum Beispiel zum Wasserstoffkernnetz (BMWK 2024) – oder zu einer (geplanten) Produktionsanlage für grünen Wasserstoff.

„Wasserstoff ist das Gas der Zukunft, das die Industrie nutzen wird. In den nächsten fünf bis zehn Jahren wird man, ja, oder wird ein Großteil der Versorgung über Wasserstoff laufen.“

*Manager (verantwortlich für Anlagen und Werkstatt) und Erdgasbeauftragter in einem Industrieunternehmen der Grundstoffproduktion
11-01/66-69*

Das Unternehmen des Interviewpartners betreibt mehrere Standorte, von denen sich eines zum Zeitpunkt der Datenerhebung in der Umstellung auf ein Erdgas-Wasserstoff-Gemisch befindet. Die Planung sieht vor, ein Rohrleitungssystem zur Anbindung an eine Kokerei zu legen und das mit 60 Prozent Wasserstoff angereicherte Gas auf das Werksgelände in eine Erdgasüberstation zu transportieren, die vom Energieversorger betrieben wird. Ab diesem Schritt soll das Industrieunternehmen selbst die Verteilung und die Anwendung im eigenen Betrieb steuern.

Die Einschätzung des Interviewpartners:

„Für das Inbetriebnehmen, Betreiben, Überprüfen und Warten von Gasanlagen gibt es keinen passenden Beruf und es fehlt ein Ausbildungsberuf dazu.“

11-01/150, 221-222

Und weiter:

„Erdgasanwendung ist ein sehr vielfältiges Thema, deshalb gibt es keine Weiterbildung, die das Thema abdeckt.“

11-01/210-211

„Auch ohne den Einsatz von Wasserstoff benötigen energieintensive Industriebetriebe Fachkräfte, die als unterwiesene Personen auch an Erdgasanlagen arbeiten dürfen, auch wenn Störungen vorliegen.“

11-01/66-69“

Als Herausforderungen für die Qualifizierung von Mitarbeitern/Mitarbeiterinnen bezeichnet er mangelnde Erfahrung in Hinblick auf Wasserstoff und zu viel Respekt:

„Viele Mitarbeiter haben zu viel Respekt vor der Gasversorgung allgemein und vor Wasserstoff im Besonderen. Sie trauen sich den Umgang damit nicht zu.“

11-01/124-127

Die Vertreterin eines anderen Unternehmens, das zum Zeitpunkt der Datenerhebung bereits eine Anlage mit Wasserstoff betreibt, sagt:

„Die im Unternehmen vorhandenen Ausbildungsberufe sind eine gute Grundlage (für die Arbeit mit Wasserstoff, Anmerkung), allerdings brauchen die Fachkräfte Ex-Schutz Kenntnisse (Anmerkung: Explosionsschutz).“

*Managerin in einem Industrieunternehmen der Grundstoffproduktion;
Gesprächsnotiz Oktober 2023.*

In diesem Unternehmen erhalten Fachkräfte, die wasserstoffbasierte Anlagen betreiben, zusätzlich zu den Schulungen für Explosionsschutz Weiterbildungen direkt vom Hersteller der Anlage. Der Hersteller ist außerdem selbst für die Inbetriebnahme, Prüfung und Wartung der Anlage im Unternehmen zuständig.

Wasserstoff-Spezialisten (Produzenten/Installationsfirmen)

Eine besondere Rolle haben Betriebe, die sich auf Wasserstofftechnologie spezialisieren. Sie produzieren zum Beispiel wasserstofftaugliche Anlagen und ihre Komponenten, Elektrolyseure und Speichersysteme. Auch Installationsfirmen für stationäre wasserstoffbasierte Speicher gehören zu diesem Segment. Sie bedienen den in Abschnitt 1.4 erwähnten Nischenmarkt für dezentrale Wärmeversorgung. Neben etablierten Konzernen, die mit Wasserstoff eine Produktionssparte eröffnen, entwickeln sich solche Spezialbetriebe auch aus klassischen Handwerksbetrieben heraus, zum Beispiel Maschinen- und Anlagenbau oder Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik. Einige haben ein rasches Wachstum vom Familienunternehmen oder Start-up zum Konzern hinter sich gebracht. Solange ein hoher Anteil an Einzelfertigung (Handwerk) stattfindet, betrachten sich die Betriebe eher nicht als Industrie- oder als Montagebetrieb, sondern beschreiben sich als „irgendwo zwischen Handwerk und Industrie“ (siehe DIHK 2021, S. 8) zu Kriterien für die Abgrenzung Industrie und Handwerk).

In der Fertigung eines Spezialisten für Wasserstofftechnologie, eines – nach eigenen Angaben „großen europäischen Players“ gilt es, die Anforderungen, die durch Wasserstoff an das Material und an die Umgebung entstehen, zu berücksichtigen und Produkte im Wasserstoffbetrieb zu testen:

*„Werkstofftechnik/Werkstoffkunde sind Wasserstoffthemen: spezifische Wasserstoffeigenschaften in Verbindung mit Materialien und Metallen“
09-01/202-204*

Geeignete Schulungen sind für die Fachkräfte dieser Spezialisten noch nicht auf dem Markt:

„Wir investieren, dass die Leute diese Kenntnisse erlangen, das sind externe Schulungen, aber da ist es sehr, sehr schwierig, die Partner zu finden, die dieses Know-how haben (...) Inhalt einer klassischen Ausbildung sind diese Themen aktuell nicht, das müssen wir auf anderen Wegen lösen.“

Geschäftsführer eines auf Wasserstofftechnologie spezialisierten Betriebs, 09-01/168-175

Und weiter:

„(...) sehr viel Know-how wird wirklich über sehr erfahrene Mitarbeiter weitergegeben, wir haben im Moment nicht die Erwartungshaltung, dass Mitarbeiter, die sich bei uns bewerben, diese Kenntnisse mitbringen.“

09-01/165-167

„Die Praxiserfahrung zeigt, dass Schulungen notwendig sind, um bei Mitarbeitern nötige Sensibilität und Genauigkeit bei Montage und Kenntnis bestimmter Arbeitsweisen zu erzielen, die in klassischer Ausbildung nicht erlernt werden.“

09-01/396-402

Für den Geschäftsführer eines kleinen Unternehmens in diesem Segment stellt sich die Situation anders dar:

„Der Umgang mit Wasserstoff kann in zweiwöchiger Schulung gelernt werden.“

10-01/87-89

Mit Bezug auf Weiterbildungen sagt er:

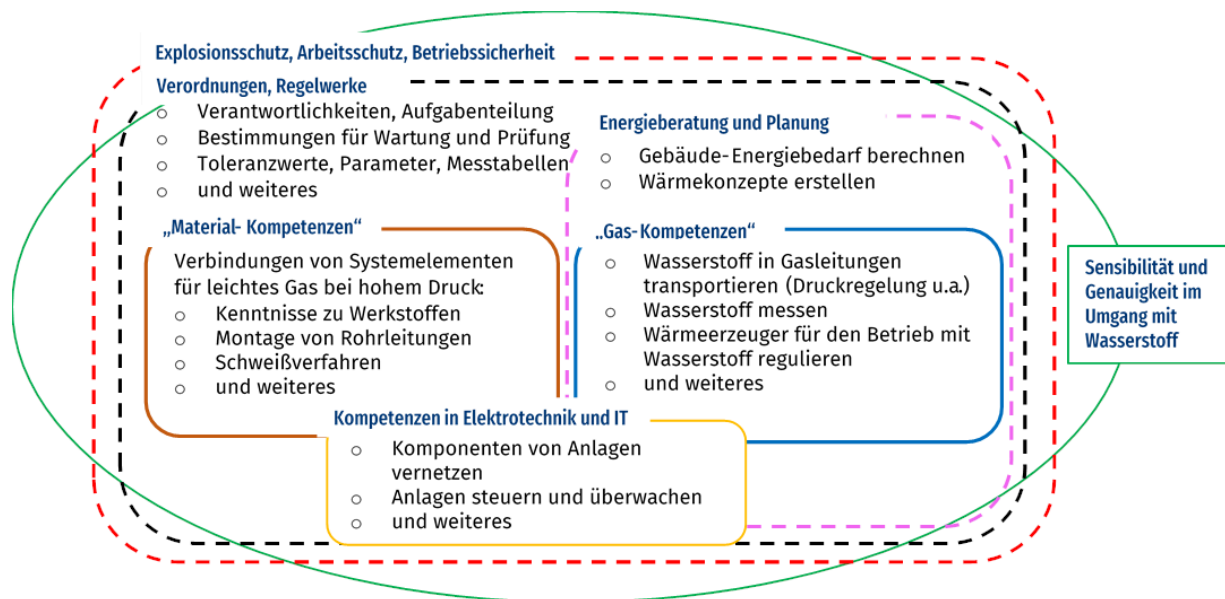
„So zu allgemeinen Themen zum Wasserstoff würde ich jetzt generell wenig Leute schicken, weil ehrlicherweise, wenn ich in so einem kleinen Betrieb bin, dann bekomme ich mit, warum ich das mache.“

3.2. Wasserstoffkompetenz: Themen und Inhalte

Die Expertengespräche informieren darüber, welche Inhalte und Themen konkret gemeint sind, wenn es um Begriffe wie Wasserstoff-Kompetenzen, Umgang mit Wasserstoff, Wasserstoff-Spezialisierung oder ähnliches geht und für welche Aufgaben sie eingesetzt werden. Abbildung 5 zeigt eine Übersicht und unterteilt in handwerklich-technische Kompetenzen, Beratungs- und Planungskompetenz, Anforderungen an Sicherheitsbestimmungen, Kenntnisse der Regelwerke und – nicht zuletzt – Sensibilität und Genauigkeit. Die in Hinblick auf Wasserstoff zusätzlich erforderlichen Kompetenzen für Material und Gas (im Schaubild „Material-Kompetenz“ und „Gas-Kompetenz“) lassen sich in Form von kurzen Weiterbildungen von Fachkräften mit Berufsausbildung in einem Metall- oder Elektroberuf informell oder formal rasch erlernen (Tabellen 3 und 4). Kompetenzen in Elektrotechnik und IT sind nicht auf wasserstoffbasierte Anlagen beschränkt, sondern in vielen Bereichen gefragt. Für den Anlagenbau geht es darum, die Automatisierung im Metallbau und beim Schweißen voranzutreiben (09-01/84-87) und im Gebäudebereich ist das Vernetzen von Komponenten und die automatische Steuerung von Anlagen ein wichtiger Bereich, der sowohl Kenntnisse in Wärmetechnik als auch Elektrotechnik erfordert.

Sensibilität und Genauigkeit umschließen als äußerer Kreis alle anderen Themen, da sie Voraussetzung für das Handeln in den anderen Bereichen sind.

Abbildung 5: Kompetenzen auf der mittleren Fachkräfteebene für den Einsatz von Wasserstoff



3.3. (Mögliche) Wasserstoff-Weiterbildungen: Formate und Inhalte

Die Interviewpartner/-innen nennen konkrete Bedarfe für Aus- und Weiterbildungen zum Thema Wasserstoff: Zum einen können die Inhalte in bestehende Angebote einfließen (Tabelle 3), zum anderen gibt es in den Experteninterviews konkrete Vorschläge für neu zu schaffende Angebote (Tabelle 4). Die Tabellen 3 und 4 sind ein Ausschnitt aus einer Vielzahl von Möglichkeiten und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Tabelle 3: Bestehende Weiterbildungen/Fortbildungen für die Integration des Wasserstoff-Themas

Bestehende Weiterbildung/Fortbildung	Zielgruppe	Inhalte zu Wasserstoff, Stand	(mögliche) Träger	Dauer
Geprüfte/-r Berufsspezialist/-in für Verteilnetztechnik (vormals Netzmonteur/-in)	Fachkräfte bei EVU: - Mechatroniker/-innen; - Elektroniker/-in für Betriebstechnik (weitere FR); - Rohrleitungsbauer/-in - und weitere	Folgende Inhalte sollten übernommen werden: - Grundlagenkenntnisse - Besonderheiten im Umgang mit Wasserstoff (02-01/493-495) - Praktische Handhabung von Wasserstoff in Gasleitungen und bei Anschlüssen („Tricks für die Praxis“) (02-04/237-240) - Arbeitssicherheit und Explosionsschutz	IHK, DVGW und weitere	9 Monate (Vollzeit); 18 Monate (berufsbegleitend)

Sachkundige/-r für Gasdruckregelanlagen nach den Arbeitsblättern G491, G459-2, G495, G1000	Fachkräfte mit abgeschlossener Berufsausbildung bei EVU (siehe oben)	Erweiterung für den Betrieb mit Wasserstoff und wasserstoffreichen Gasen bereits erfolgt für Arbeitsblatt G491 (2010) (DVGW 2020, S.8)	DVGW, TÜV	2 Tage
Gasfachkraft für festgelegte Tätigkeiten, GFKffT („unterwiesene Person“)	Fachkräfte mit abgeschlossener Berufsausbildung Industrie (Prozesswärme-Nutzer)	Noch keine Erweiterung auf Wasserstoff erfolgt. Inhalt: Gaszählerwechsel, Arbeiten an Gasmesseinrichtungen und Gasdruckregelgeräten im Bereich von Gasanlagen gemäß NDAV	DVGW,	5 Tage
Anlagenspezifische Schulungen	Fachkräfte von Industrieunternehmen (Prozesswärme-Nutzer) mit Ausbildung Mechatroniker/-in, Industriemechaniker/-in, Verfahrenstechniker/-in	Betreiben von wasserstofftauglichen Anlagen	Hersteller von wasserstoffbasierten Anlagen	keine Angabe/ Tagesseminar

Die in Tabelle 3 aufgeführten Weiterbildungen und Schulungen unterscheiden sich in Bezug auf die Formalität: Die Weiterbildungen zum Geprüften Berufsspezialisten/zur Geprüften Berufsspezialistin für Verteilnetztechnik entspricht im Deutschen Qualifikationsrahmen des Bildungssystems der Stufe 6, und ist damit auf gleicher Stufe wie eine Meisterprüfung. Der Sachkundenachweis für Gasdruckregelanlagen und die Gasfachkraft für festgelegte Tätigkeiten berechtigen zum Arbeiten an Gasdruckregelanlagen und entspricht den Vorgaben der Arbeitsblätter des DVGW und damit der Technischen Regelung für Gasinstallationen (TRGI), die die gesetzlichen Bestimmungen des Energiewirtschaftsgesetzes erfüllt. Sogenannte Hersteller-Schulungen haben keine formalen Abschlüsse.

Tabelle 4: Weiterbildungen zum Thema Wasserstoff – Vorschläge

Vorschlag/ Arbeitstitel	Zielgruppe/ Berufsausbildung	Inhalte (vorgeschlagen)	Dauer (vorgeschlagen)	(möglicher) Träger/ Ausrichter

Wasserstoff- schulung für Netzfachkraft Gas	Ausgebildete Fachkräfte bei EVU mit Zertifikatslehrgang Netzfachkraft Gas (IHK); das Zertifikat Netzfachkraft kann bereits während der Ausbildung erworben werden. (Ausbildung plus)	Grundlagenschulung zum Umgang mit Wasserstoff als zusätzliche Komponente	eine Woche	IHK, DVGW und weitere
Wasserstoff- tauglichkeit/ Toleranz von Netzen und Geräten	Anlagenmechaniker/-in Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik	Wasserstofftauglichkeit/Toleranz von Netzen und Geräten	1-2 Tage	Hersteller von Wärme- erzeugern
Einstellung von (wasserstoff- tauglichen) Anlagen	Anlagenmechaniker/-in Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik	Korrektes Einstellen von Wärmeerzeugern (unter Verweis auf die hohe Zahl nicht korrekt eingestellter Anlagen); theoretisch-praktischer Kurs (06-03/232-239)	keine Angabe/ Tagesseminar	Innung SHK

3.4. Schlüsselrolle Anlagenmechaniker/-in Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK)

Anlagenmechaniker/-in SHK: Eine/-r für alles

Der Umgang mit modernen Technologien und die wachsende Bedeutung von Energieversorgung aus regenerativen Quellen macht Anlagenmechaniker/-innen SHK zu gefragten Experten/Expertinnen für Heizungs- und Energietechnik und eröffnet ihnen viele Entwicklungsmöglichkeiten. Dabei steht umfangreicher und anspruchsvoller Lerninhalt von Aus- und Fortbildungen einem insgesamt geringer werdenden Nachwuchs gegenüber. Zwar ist die Zahl der Auszubildenden für den Beruf Anlagenmechaniker/-in SHK im Jahr 2023 im Vergleich zum Vorjahr um 2 Prozent gestiegen (ZDH 2023), und die Branche befindet sich auf Wachstumskurs (TI-Technische Lösung 2024), dennoch hat das SHK-Handwerk ebenfalls mit den Herausforderungen des Fachkräftemangels zu kämpfen, wie in vielen Medienbeiträgen und Veröffentlichungen zu lesen ist (zum Beispiel: MODERNE GEBÄUDETECHNIK 2024).

In der vorliegenden Studie sprechen sich die Interviewpartner/-innen dafür aus, dass sich frisch ausgebildete Anlagenmechaniker/-innen SHK zunächst Routine und Berufserfahrung aneignen, bevor eine Vertiefung und Spezialisierung erfolgen kann:

„Nach Abschluss der Ausbildung benötigen die Fachkräfte nochmal so viel Zeit, um sich gründlich mit Heizungstechnik auseinanderzusetzen.“

Berufsschullehrer für SHK und Installateur- und Heizungsbauermeister; 03-01/70-72.

Dabei wird auch die derzeitige Struktur des Ausbildungsberufes in Frage gestellt:

„Der Bereich Heizungstechnik ist zu umfangreich und in der dreieinhalbjährigen Ausbildung nicht zu vermitteln.“

Inhaber SHK-Handwerksbetrieb; 05-01/66-68, 129

Die Ausbildung besteht aus zwei großen heterogenen Bereichen: Gas- und Wasserinstallation sowie Heizungs- und Lüftungsbau (BIBB 2017). Bei der letzten Modernisierung der Ausbildungsordnung im Jahr 2016 kamen weitere Berufsbildpositionen für Gebäudemanagement und Hygienemaßnahmen in Bezug auf Wasser hinzu, außerdem Komponenten aus Elektrotechnik und Solartechnik. Mit Abschluss der Ausbildung ist der/die Auszubildende Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten (BIBB 2016). Innerhalb dieses breiten Fächerkanons wird das Thema regenerative Energien nur kurz angeschnitten, zum Beispiel im Rahmen eines 5-Tage-Kurses (zwei Tage Wärmepumpe, zwei Tage Solar, ein Tag KWK-Anlage (06-03/126-128; 05-02/224-225). Von 14 Berufsbildpositionen (Themen zu Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten) im Ausbildungsrahmenplan ist eine dem Thema „Regenerative Energien“ gewidmet (BIBB 2017). Auszubildende, die sich für dieses Thema interessieren, würden eine gründlichere Auseinandersetzung bevorzugen:

„Ein zweiwöchiger Wärmepumpenkurs wäre besser als ein Schweißkurs.“

Auszubildender Anlagenmechaniker/-in SHK, 3.Lehrjahr 06-03/118-121

Nicht jede/r Auszubildende ist allerdings für das anspruchsvolle Thema „Regenerative Energien“ – zu dem auch Wasserstoff gehört – geeignet (05-01/72-74). Auch dass die Vorqualifizierung der Auszubildenden generell nachlässt, ist eine weitere Herausforderung für die Integration von Wasserstoff-Wissen (08-01/138-139; hier für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/-in).

Die Qualifizierung für die Installation von Wärmepumpen beschäftigt das SHK-Handwerk derzeit mehr als das Thema Wasserstoff, vor allem weil grüner Wasserstoff für die Gebäudewärme noch nicht zur Verfügung steht. Die Wärmepumpentechnologie gilt zudem für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors als effizienter und kostengünstiger als Wasserstoff (MEYER/ HERKEL/KOST 2021, S.38).

Ein Gas ist ein Gas ist ein Gas?

Kompetenzen im Gas-Fach sind ein Merkmal von Fachkräften des SHK-Handwerks. Für die Abschlussprüfung müssen Auszubildende im Beruf Anlagenmechaniker/-in SHK

- häusliche Gasinstallationen in Betrieb nehmen und instand halten,
 - Anlagenkomponenten auf Dichtheit prüfen und gegebenenfalls Maßnahmen ergreifen,
 - Abgasanlagen montieren,
 - mit der TRGI (Technische Regel für Gasinstallation) arbeiten
 - Materialien für den Rohrleitungsbau für das Führen von Gas bewerten
- (BIBB 2017, Berufsbildpositionen 8 und 9)

Um Gasanschlüsse im Haus legen zu dürfen, ist der Abschluss der Meisterprüfung Installateur und Heizungsbaumeister mit entsprechender Punktzahl im Prüfungsfach Gas erforderlich, der sogenannte Gasschein, der zum Arbeiten als Vertragsinstallateur berechtigt (siehe Infobox, Abbildung 6). Dabei sind die Anleitungen auf der Basis von Arbeitsanleitungen des DVGW, die sich auf die verbindlichen Technischen Regeln zur Gasinstallation beziehen (TRGI) beziehen ein zentrales Instrument für alle Fachkräfte, die an Gasinstallationen arbeiten. Diese Sicherheitsregeln sind gesetzlich verbindlich und in der Handwerksordnung (HWO) und im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) formuliert (BMJ 2005) (siehe Kapitel 7 der Sektoranalyse, Hiller 2023). Wasserstoff hat als eigene Gasfamilie in Teile dieser Bestimmungen bereits Einzug gehalten und eine Neufassung der TRGI ist in Arbeit.

Abbildung 6: Infobox Vertragsinstallateur (VIU)

Die Zulassung als Vertragsinstallateur-Unternehmen (VIU) ist von der Qualifikation des Inhabers/der Inhaberin oder einer festangestellten, verantwortlichen und weisungsberechtigten Fachkraft im Betrieb abhängig. Solange diese Fachkraft im Betrieb tätig ist, dürfen auch andere Mitarbeiter/-innen Arbeiten an Gasanlagen ausführen. Die Verantwortung trägt der/die Inhaber/-in. Wenn die qualifizierte Fachkraft den Betrieb verlässt, erlischt die Zulassung (vgl. BDEW/ZVSHK 2021).

Die fachlichen Voraussetzungen sind durch BDEW und Bundesfachverbände festgelegt, gleichwohl geben Landesfachverbände und Netzbetreiber ihre eigenen Versionen heraus – mit Verweis auf die BDEW-Richtlinien.

Fachliche Voraussetzungen:

- Meisterprüfung im Installateur- und Heizungsbaugewerbe, wobei im Prüfungsfach Sicherheits- und Instandhaltungstechnik mindestens 50 Punkte erreicht werden müssen, oder
- Hochschulabschluss, dessen Studienschwerpunkt in seinen wesentlichen Inhalten der Meisterprüfung im Installateur- und Heizungsbaugewerbe entspricht (Sicherheits- und Instandhaltungstechnik)

in Kombination mit

- Nachweis praktischer Erfahrung.

Detaillierte Angaben zu den Qualifikationen und zu den Nachweisen sind in der „Schematischen Übersicht der Voraussetzungen für die Eintragung in das Installateur-Verzeichnis Gas/Wasser“ zu finden (vgl. DVGW 2021).

Die Beimischung von Wasserstoff in das Gasnetz bedeutet keine Änderungen im Arbeitsablauf für das Installieren von Wärmeerzeugern in Gebäuden (06-01/128-133; 07-01/251-253) und die Technologie bleibt gleich:

„Gasverbrennung ausgereifte Technik; wenn Brennstoff sich ändert, bleibt Technologie die gleiche. Vermutlich andere Gasarmaturen und weitere Änderungen an Gerätedetails“

Geschäftsführer/Ausbildungsleiter SHK-Handwerksbetrieb (06-02/124-128)

Besondere Anforderungen durch den Einsatz von Wasserstoff treten nach Ansicht der Experten/Expertinnen wie folgt auf:

- Das Vorhandensein von Wasserstoff in der Gasleitung erfordert die Beachtung von anderen Druckstufen, anderen Toleranzgrenzen für Dichtheit und Emissionswerten, die Verwendung von anderen Verbindungselementen, Werkstoffen und Messgeräte sowie ggf. Raumüberwachungsgeräte (04-01/43-44; 07-01/128-130; 07-01/140-143; 05-01/282-283).
- An die Dichtheitsprüfung werden hohe Anforderungen gestellt, da eine Anlage beim Vorhandensein von Wasserstoff zu 100 Prozent dicht sein muss (03-01/84-91 05-01/289-291; 04-01/119-122)

Diese Anforderungen beziehen sich auf die in Abbildung 7 dargestellten Tätigkeiten.

Abbildung 7: Wasserstoffrelevante Tätigkeiten im SHK-Handwerk

Handwerksbetriebe SHK	Ausbildungsberufe	Tätigkeiten
	Zentraler Lernberuf: ○ Anlagenmechaniker/-in SHK Weitere Berufe u.a. ○ Elektroniker/-in FR Gebäude- und Energietechnik, ○ Mechatroniker/-in Kältetechnik u.a.	▶ Planung von Anlagen (Meister) ▶ Dichtheitsprüfung der Leitungen bei Hausanschluss: Haupt- und Belastungsprüfung (=Leckage-Messung): bei 10 Min. unter 110 mbar darf kein Druckverlust auftreten. ▶ Installation, Prüfung, Inbetriebnahme und Wartung (jährlich) von Heizwertgeräten. ▶ Einstellung von Heizwertgeräten (hydraulischer Abgleich, Mischverhältnis von Gas und Luft, Einhaltung Grenzwerte für Abgasmessung Kohlenstoffmonoxid). ▶ Nachjustieren von Wärmeerzeugern.

Zwischen Sensibilisierung und Wasserstoffschein

In den Experteninterviews werden folgende Vorschläge genannt:

- Für SHK-Branche sollte der Gasschein der Meisterprüfung Wasserstoff erweitert werden oder ein separater Schein eingeführt werden (Inhalt TRGI-Regeln auf Wasserstoff erweitert). (05-01/317-319; 06-01/135-137; 03-01/122, 202-207)
- Verantwortung liegt dabei bei DVGW (da TRGI). (03-01/244-245)
- Ein Wasserstoff-Schein muss nicht sehr umfangreich sein, sollte circa eine Woche dauern, damit sich jeder bewusst ist, was er tut. (03-01/209-211)
- Für Sicherheit im Umgang mit Wasserstoff ist auf jeden Fall eine Schulung erforderlich; Sicherheit ist im Gasbereich immer ein sensibler Punkt. (06-02/343-346)

Hersteller für Wärmeerzeuger und Energieversorgern schätzen den Schulungsbedarf in Hinblick auf Wasserstoff für das SHK-Handwerk allerdings höher ein, als diese selbst; dabei beziehen sie sich auf

die Inbetriebnahme von Anlagen und damit auf die Tätigkeit von Vertragsinstallateuren. (02-02/670-671; 02-01/678-680)

4. Ausblick und Handlungsempfehlungen

Die Aussagen der Experteninterviews dieser Studie stützen die Erkenntnisse der Sektoranalyse (HILLER 2023, S.30): Kompetenzen für Fachkräfte für den Einsatz von Wasserstoff in der Wärmeversorgung können in Form von kurzen Weiterbildungen vermittelt werden. Dabei haben sicherheitsrelevante Aspekte für (zukünftige) Aufgaben eine hohe Bedeutung. Dagegen besteht kein Bedarf an Anpassung der Ausbildungsordnungen oder an einem neuen Beruf. In Bezug auf diese letztgenannte Feststellung gibt es eine abweichende Aussage, die weiter unten besprochen wird. Davon abgesehen ziehen sich die oben genannten Feststellungen durch sämtliche Arbeiten der H2PRO-Untersuchungen und decken sich mit Ergebnissen der Studien „Revierwende“ und „H2Skills“, die sich ebenfalls für kurze und flexible Weiterbildungskurse aussprechen (PROJEKT REVIERWENDE 2024, S. 30; BRAUN UND LENZ 2023, S. 35) .

Die Umsetzung des Dekarbonisierungspfad Wasserstoffbeimischung hat für die Branche nicht den Stellenwert einer neuen Technologie, weshalb eine grundlegende Änderung von Arbeitsabläufen weder für die Berufe im Gebäudebereich noch in der Gasindustrie erwartet wird. Damit fällt die für die Früherkennung von Qualifikationsanforderungen postulierte Anpassung von Arbeitsprozessen gering aus (vergleiche WINDELBAND UND SPÖTTL 2003A, S. 4-8). Gefragt sind vielmehr Fachkräfte mit guten Grundlagen auf der Basis von bestehenden Ausbildungsberufen in den Metall- und Elektroberufen, damit Weiterbildungen zu Wasserstoff darauf aufbauen können. Dies bestätigt die Annahme von KRICHEWSKY/WEGENER (2019, S. 5) dass „(...) der Qualifizierungsbedarf (für eine Wasserstoffwirtschaft) in Deutschland zunächst relativ kurzfristig mit Zusatzqualifikationen und Weiterbildungsangeboten abgedeckt werden kann“.

Relevante Ausbildungsberufe für den Einsatz von Wasserstoff im Wärmesektor sind:

- Branchenübergreifende Querschnittsberufe aus dem Metall- und Elektrobereich für das Errichten, Inbetriebnehmen, Warten und Reparieren der Gas-Infrastruktur, wie zum Beispiel Anlagenmechaniker/-in (besonders: Fachrichtung Gas), Mechatroniker/-in, Elektroniker/-in für Betriebstechnik, Rohrleitungsbauer/-in (und weitere).
- Industrie- und Konstruktionsmechaniker/-innen sowie die oben erwähnten Ausbildungsberufe aus dem Metall- und Elektrobereich sind für die Fertigung, Inbetriebnahme, Wartung und Reparatur bei auf Wasserstoff spezialisierten Unternehmen tätig.
- Verfahrenstechniker/-innen mit verschiedenen Fachrichtungen sind in der industriellen Produktion von Grundstoffen tätig, die Wasserstoff zur Nutzung von Prozesswärme einsetzt. Sie betreiben Produktionsanlagen und Industrieöfen und sind für die jeweiligen Verfahren direkt an den Anlagen speziell ausgebildet.
- Anlagenmechaniker/-innen Sanitär,- Heizungs- und Klimatechnik sind Spezialisten für Gebäudewärme und besonders für die Inbetriebnahme, Instandhaltung, Wartung und Reparatur von Gasleitungen und Wärmeerzeugern in Gebäuden verantwortlich. Dadurch haben sie eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung der Dekarbonisierung des Gebäudesektors mit dem Konzept der Wasserstoffbeimischung. Durch ihre breit angelegte Ausbildung sind sie auch gefragt, wenn Wärme durch andere Technologien umgesetzt wird, zum Beispiel mittels

Elektrifizierung (Wärmepumpe) und auch für dezentrale auf Wasserstoff basierende Wärmeerzeugung (sogenannte Saisonalspeicher).

Die vorliegende Arbeit gibt Hinweise und Empfehlungen aus der Praxis, wie Wasserstoff-Schulungen für relevante Berufe gestaltet werden können, damit auch eine kurzfristige Weiterbildung wirkungsvoll ist. Dazu zeigt die Gesamtübersicht (Abbildung 5), welche fachlichen und persönlichen Kompetenzen für den Wasserstoffeinsatz von Fachkräften gefordert sind und unterteilt in drei handwerklich-technische Kompetenzen, Beratungs- und Planungskompetenz, Kenntnisse der Sicherheitsbestimmungen, Kenntnisse der Regelwerke und – als persönliche Kompetenz – Sensibilität und Genauigkeit.

Der letztgenannte Punkt wurde von den Befragten mit den Begriffen der erhöhten Aufmerksamkeit, des Risikobewusstseins und Erfahrung bezeichnet. Sie betonten, dass diese Fähigkeiten für den Umgang mit Wasserstoff besonders wichtig sind, weil das Gas geruchs- und farblos und dazu leicht entzündlich ist. Innerhalb der Qualifikationsforschung lassen sich Anforderungen an die Person von Fachkräften dem Begriff der Expertise zuordnen (RÖBEN 2006, S. 252). Dies ist ein Hinweis darauf, dass gerade erfahrene Fachkräfte für die Umsetzung der Wasserstoffbeimischung unabdingbar sind und in die Schulungen mit einbezogen werden sollten. Nach Meinung der Befragten gehört zum Aspekt der Aufmerksamkeit auch, dass die Teilnehmer/-innen von Weiterbildungen bereits Erfahrung im erlernten Beruf besitzen. Aufgrund der umfangreichen und anspruchsvollen Ausbildungsinhalte benötigen Anlagenmechaniker/-innen im SHK-Handwerk dazu erst einmal Berufserfahrung. Einige der Befragten betrachten dies als Hindernis für eine Spezialisierung und Erweiterung der Kompetenzen und ziehen deshalb eine Aufteilung des Ausbildungsberufs in die beiden Bereiche Heizungstechnik – oder: Wärmetechnik- und die sogenannte klassische Installation (Wasser) als Möglichkeit in Betracht. Auf diese Weise könnte das an sich schon umfangreiche Thema der Regenerativen Energien ausführlicher in der Ausbildung behandelt werden. Derzeit ist eine einzige von 14 Berufsbildpositionen (Berufsbildposition = Themen zu Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten) im Ausbildungsrahmenplan den Regenerativen Energien gewidmet (BIBB 2017). Um Ausbildungsinhalte, die für die Umsetzung der Energiewende notwendig sind, wirkungsvoller zu vermitteln, kann eine Teilung des Ausbildungsberufs Anlagenmechaniker/-in für Sanitär,- Heizungs- und Klimatechnik ein Schritt in die richtige Richtung sein. Dabei ist das Thema Wasserstoff nur eines von vielen im Kontext alternativer Energieträger.

Für das SHK-Handwerk sind im Kontext Wasserstoffbeimischung Weiterbildungsinhalte zu Messungen und Dichtheitsprüfungen für Gasleitungen und -geräte relevant (siehe Abschnitt 3.4.). Die Frage nach einem sogenannten Wasserstoffschein, der für Vertragsinstallateure verpflichtend ist, muss von den zuständigen Stellen geklärt werden. Ein formaler Abschluss mit Prüfung würde die oben genannte Anforderung an Sensibilität und Aufmerksamkeit der Fachkräfte beim Umgang mit Wasserstoff fördern, da Teilnehmer/-innen mehr Aufwand für die Schulung betreiben müssen. Dass die Arbeit an Gasinstallationen in Deutschland durch detaillierte gesetzlich verpflichtende Arbeitsanleitungen geregelt und im Energiewirtschaftsgesetz verankert ist (BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ 2005), vereinfacht dabei die inhaltliche Ausrichtung. Im gleichen Zusammenhang betrachtet das SHK-Handwerk die Strategie der Hersteller, Wärmeerzeuger so zu konstruieren, dass sie lediglich durch die Hersteller selbst angepasst, gewartet und repariert werden können, als kontraproduktiv: dies unterfordere die Fachkräfte Anlagenmechaniker/-innen SHK und führe nicht zu einer Steigerung der Qualität ihrer Arbeit.

Die Experten und Expertinnen dieser Studie betonen außerdem, dass das SHK-Handwerk bei der Planung der Wasserstoffbeimischung zu wenig berücksichtigt und folglich nicht genügend mitgenommen wird. Dabei ist die Stärke des SHK-Handwerks nicht nur der von Herstellern und Gasindustrie als Vorteil betrachtete Zugang zu den Endkunden (deren Wärmeerzeuger eine Toleranz für das Wasserstoff-Gasgemisch aufweisen müssen), sondern auch ihr Spezialwissen im Gas-Fach (siehe Abschnitt 3.4.). Im SHK-Handwerk sind daher auch Informationsveranstaltungen zum Konzept der Wasserstoffbeimischung und der eigenen Rolle willkommen. Dafür sind die Industrieunternehmen der Hersteller, die Energieversorger/Netzbetreiber und auch die Innungen und Verbände der SHK-Branche gefragt. Konkrete Vorschläge für Informationsbedarf sind: Vorschriften (gesetzliche Bestimmungen von TRGI), Zeithorizonte, Anwendungsmöglichkeiten.

Weiterbildungen zum Umgang mit Wasserstoff sollten generell praxisnah gestaltet sein und Fachkräften die Möglichkeit bieten, während der Schulung mit dem Gas tatsächlich zu arbeiten. Für die Träger von Weiterbildungen bringt dies besondere Herausforderungen mit sich, denn Umgebungen, in denen Wasserstoff praktisch erprobt wird, unterliegen erhöhten Sicherheitsbestimmungen und sind in der Finanzierung aufwändig. Berufsschulen und überbetriebliche Bildungseinrichtungen können dies durch Lernort-Kooperationen mit Firmen lösen. Beispiele befinden sich in der Dokumentation der Fachtagung zum Projekt H2PRO (BIBB 2024).

Wie die Experteninterviews dieser Studie außerdem zeigen, bilden bestehende Schulungen zu Wasserstoff die Bedarfe für die Tätigkeiten auf der mittleren Fachkräfte-Ebene oftmals nicht ausreichend ab – vor allem wenn die Bedarfe über Grundlagenwissen zu Wasserstoff, Sicherheitsbestimmungen und Sensibilisierungen hinausgehen. Besonders für die auf Wasserstofftechnologie spezialisierten Betriebe sind diese sehr spezifisch: zum Beispiel benötigen Hersteller von Saisonspeichern Kenntnisse, wie Komponenten so verschraubt werden, dass sie unter den Bedingungen von Wasserstoff-Einsatz nicht angegriffen werden und zu hundert Prozent dicht sind. Auf dem Weiterbildungsmarkt können solche Kompetenzen derzeit nicht erworben werden, so dass die Betriebe ihr Personal selbst informell weiterbilden oder – bei kleineren Strukturen – darauf setzen, dass die Fachkräfte „on the job“ lernen. Diese Situation der auf Wasserstofftechnologie spezialisierten Betriebe bringt es mit sich, dass hier der Bedarf eines explizit geschaffenen Ausbildungsberufes für Wasserstoff zumindest nicht ausgeschlossen wird. Eine kurzfristigere Lösung, damit Wissen von innovativen Betrieben Einzug in Weiterbildungen und langfristig auch in Aus- und Fortbildungen hält, bietet die Zusammenarbeit von Bildungseinrichtungen mit der Industrie.

Um diese Studie im Kontext der Entwicklung für eine Wasserstoffwirtschaft zu betrachten, ist es wichtig zu erwähnen, dass zum Zeitpunkt beider Arbeiten (Sektoranalyse und Experteninterviews) klare Planungsziele zur Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff seitens der Politik (noch) nicht vorhanden waren. Diese Unsicherheit in Bezug auf den Einsatz von Wasserstoff hat Einfluss auf die Aufmerksamkeit der Betriebe zu diesem Thema. Besonders in den SHK-Handwerksbetrieben ist das Thema Wasserstoff derzeit wenig präsent. In der Industrie zeigt sich ein anderes Bild: Energieversorgungsunternehmen und Prozesswärme-Nutzer befassen sich mit den Möglichkeiten der Wasserstoffnutzung und einige Betriebe beginnen, den Wechsel einzuleiten (siehe Abschnitt 3.1.).

Literaturverzeichnis

BECHERER, THORSTEN (2023): Wasserstoff in der Papierindustrie bei Essity. URL: https://www.mainz.de/microsite/klimaneutral/medien/bindata/wasserstoffthema/MaHYnzExperts_Vortrag_Essity_Becherer.pdf Abgerufen am 12.09.2024

BIBB, BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG: Fachtagung H2PRO: Wasserstoff trifft Berufsbildungspraxis“ (2024) Online verfügbar unter: <https://www.bibb.de/de/190444.php>. Zuletzt abgerufen am 30.09.2024

BIBB, BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (HRSG.): Transformation: Auswirkungen auf die berufliche Bildung, Zusammenstellung aus dem VET Repository, Version: 1.0, Juni 2023

BIBB, BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (2021): „7.8.218 - Wasserstoff – ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende. Forschungsprojekt: Projektbeschreibung“. Online verfügbar unter: https://www.bibb.de/dienst/dapro/daprodocs/pdf/at_78218.pdf Zuletzt aufgerufen am 07.02.2024

BIBB, BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (HRSG.): Ausbildung gestalten. Anlagenmechaniker/-in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (2017). Ausbildungshilfen zur Ausbildungsordnung von 2016 für Ausbilderinnen und Ausbilder, Auszubildende, Berufsschullehrerinnen und Berufsschullehrer, Prüferinnen und Prüfer. Herausgeber: Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), URL: <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/show/8549> Abgerufen am 14.09.2024

BIBB, BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG: Viel Neues bei Sanitär Heizung Klima. Ausbildung für Anlagenmechaniker SHK modernisiert. (2016). Online verfügbar unter: https://www.bibb.de/de/pressemitteilung_50243.php

BLANKART, STEPHANIE; SCHAD-DANKWART, INGA.; BRETSCHNEIDER, MARKUS (2022): Das Alter von Ausbildungsordnungen als Indikator für den Modernisierungsbedarf anerkannter Ausbildungsberufe? In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, BWP (2022) 4, S. 57-61 Online verfügbar: <https://www.bwp-zeitschrift.de/dienst/veroeffentlichungen/de/bwp.php/de/bwp/show/18099> Zuletzt aufgerufen am 11.02.2024

BMJ, BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ: Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung. Energiewirtschaftsgesetz – ENWG vom 07.07.2005, BGBl. Online verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/ Zuletzt aufgerufen am 02.04.2023.

BMWK, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (2022): Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie Online verfügbar unter: https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1

BMWK, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ: FAQ zum Wasserstoffkernnetz, 23.07.2024, URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/FAQ/Wassertstoff-Kernnetz/faq-wasserstoff-kernnetz.html> Abgerufen am 13.09.2024

BMWI, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE, BMWI (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Online verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt aufgerufen am 29.04.2022

BMWK, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ: Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) 2023. Online verfügbar unter: [230726-fortschreibung-nws.pdf \(bmbf.de\)](#) Zuletzt abgerufen am 10.02.2024.

BMJ, BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ (2005). Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung. Energiewirtschaftsgesetz – ENWG vom 07.07.2005, BGBl. Online verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/ Zuletzt aufgerufen am 02.04.2023.

BOGNER, ALEXANDER; LITTIG, BEATE; MENZ, WOLFGANG: Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. 2. Aufl. Wiesbaden 2005. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. ISBN 978-3-8100-3200-3. Online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/284419432_Das_Experteninterview_Theorie_Methode_Anwendung

BRAUN, JOHANNA UND LENZ, CHRISTOPH: Branchenübergreifende Bedarfsanalyse für Qualifizierungsangebote im Wasserstoff-Kontext in Nord-Ost-Niedersachsen (2022).

BUNDESREGIERUNG: Klimaschutzgesetz 2021. Generationenvertrag für das Klima. Hg. v. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>, zuletzt aktualisiert am 31.07.2022, zuletzt aufgerufen am 31.07.2022.

BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ (2005). Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung. Energiewirtschaftsgesetz – ENWG vom 07.07.2005, BGBl. Online verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/ Zuletzt aufgerufen am 02.04.2023.

BWP, BERUFSBILDUNG IN WISSENSCHAFT UND PRAXIS: Berufe-Steckbrief: Anlagenmechaniker/-in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (2023). Ausgabe 3/2003, S.60. Online abrufbar: <https://www.bwp-zeitschrift.de/dienst/publikationen/de/19074>

CLAUSEN, JENS; FICHTER, KLAUS; KERN, FLORIAN; SCHMELZLE, FRIEDER: Policy Insights Wasserstoff (2022). Online verfügbar unter <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2022/09/Policy-Insights-Wasserstoff.pdf>, zuletzt geprüft am 06.04.2023.

DEUTSCHER INDUSTRIE- UND HANDWERKSKAMMERTAG (DIHK) (Hrsg.): Leitfaden Abgrenzung zum Handwerk. Berlin 2021. Online verfügbar unter <https://www.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/3638148/000ee9b84b79d0ee1a387746589860ab/leitfaden-abgrenzung-handwerk-data.pdf>. Abgerufen am 10.09.2024

DVGW, DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E.V. (HRSG.): G491 Arbeitsblatt 11/2020. Gas-Druckregelanlagen für Eingangsdrücke bis einschließlich 100 bar (2020). Online verfügbar unter: <https://shop.wvgw.de/detail/41208a0d7ac846cebdcd9de3fb310a86> Abgerufen am 25.09.2024

DVGW, DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E.V.: Erstmals 20 Prozent Wasserstoff im Gasnetz (2021). Online verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/der-dvgw/aktuelles/presse/presseinformationen/dvgw-presseinformation-vom-28102021-start-h2-beimischung-in-gasnetze>
Zuletzt aufgerufen am 28.09.2024

DVGW, DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E.V. (HRSG.): G676 Arbeitsblatt 11/2021. Qualifikationskriterien für Wartungsunternehmen- Anforderungen und Prüfung (2021). Online verfügbar unter: <https://shop.wvgw.de/detail/41208a0d7ac846cebdcd9de3fb310a86> Abgerufen am 25.09.2024

DVGW, DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E.V. (HRSG.) Technische Regel, Arbeitsblatt DVGW 260 (A). Gasbeschaffenheit. Online verfügbar unter https://shop.wvgw.de/leseprobe/510700_lp_G_260_2021_09.pdf, zuletzt geprüft am 04.04.2023.

DENA: dena-Leitstudie Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050 Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen. Hg. v. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Berlin (2018). Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf.

EUROPEAN COMMISSION (2019): Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - The European Green Deal. Online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN> Zuletzt aufgerufen im Februar 2024.

FELKL, Thomas: Sektoranalyse der Chemie- und Raffinerieindustrie: Eine Untersuchung im Rahmen des Projekts „H2PRO: Wasserstoff – Ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende“ 2022. URL: https://res.bibb.de/vet-repository_781297 (Stand: 15.08.2023)

GATZEN, CHRISTOPH; LENZ, ANN-KATHRIN (2021): Wasserstoff zur Dekarbonisierung des Wärmesektors. Studie. Hg. v. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. Online verfügbar unter <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g202101-h2-waermemarkt-abschlussbericht.pdf>, zuletzt aufgerufen am 03.06.2022.

GRIMM, VERONIKA, JANSER, MARKUS, STOPS MICHAEL (2021): Neue Analyse von Online-Stellenanzeigen: Kompetenzen für die Wasserstofftechnologie sind jetzt schon gefragt. IAB-Kurzbericht in Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) der Bundesagentur für Arbeit. Online verfügbar unter: <https://doku.iab.de/kurzber/2021/kb2021-11.pdf>

HEBLING CHRISTOPHER; RAGWITZ, MARIO; FLEITER, TOBIAS; GROOS, ULF; HÄRLE, DOMINIK; HELD, ANNE; JAHN, MATTHIAS; MÜLLER, N.; PFEIFER, T.; PLÖTZ, P.: Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland. In: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI (2019)

HILLER, BARBARA: Wasserstoff für die Wärmeversorgung – erste Bestandsaufnahme zu wasserstoffbasierten Anwendungsfeldern und Anforderungen in der Fachkräftequalifizierung: eine Sektoranalyse im Rahmen des Projekts „H2PRO: Wasserstoff – Ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende“. In: BIBB Discussion Paper (2023). Online verfügbar unter: lit.bibb.de/vufind/Record/DS-781324 Zuletzt aufgerufen am 12.02.2024

IFEU; FRAUNHOFER IEE; CONSENTEC (2018): Wert der Effizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung. Studie im Auftrag von Agora Energiewende. Online verfügbar unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2017/Heat_System_Benefit/143_Heat_System_benefits_WEB.pdf , Zuletzt aufgerufen am 4.12.2022

KRICHEWSKY-WEGENER, Lena; ABEL, Sebastian; BOVENSCHULTE, Marc: Skills Development for Hydrogen Economies – Damit aus einer Wasserstoffstrategie eine Wasserstoff- (weiter)bildungsstrategie wird. Working Paper of the Institute for Innovation and Technology. Berlin 2020. URL: https://www.iit-berlin.de/wp-content/uploads/2021/01/2020_11_iit-perspektive_Hydrogen-Economies.pdf (Stand: 25.01.2022)

KRUSE, JAN (2015): Qualitative Interviewforschung. Ein integrativer Ansatz. 2. Aufl. Beltz, Juventa

KUCKARTZ, UDO; RÄDIKER, STEFAN: Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 5. Aufl. Verlagsgruppe Weinheim Basel (2022). ISBN 978-3-7799-6231-1

MAIER, TOBIAS (2023): Transformation statt Deindustrialisierung: In welchen Berufen liegt unsere Zukunft? In: ifo Schnelldienst, 2/2023 S. 17-20. Online verfügbar unter <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2023-03-zdg-huether-et-al-deindustrialisierung.pdf>

MODERNE GEBÄUDETECHNIK: Der Fachkräftemangel im Handwerk spitzt sich zu (19.04.2023). Online verfügbar unter: <https://www.tga-praxis.de/news/der-fachkraeftemangel-im-handwerk-spitzt-sich-zu.html> Zuletzt abgerufen am 25.09.2024

NATIONALER WASSERSTOFFRAT (HRSG.): Treibhausgaseinsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf in Deutschland. Grundlagenpapier 2023. URL: https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2023/2023-02-01_Grundlagenpapier_H2-Bedarfe_1.pdf (Stand: 28.03.2023)

MEYER, ROBERT; HERKEL, SEBASTIAN; KOST, CHRISTOPH (2021): Die Rolle von Wasserstoff im Gebäudesektor: Vergleich technischer Möglichkeiten und Kosten defossilisierter Optionen der Wärmeerzeugung. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Potsdam. Online verfügbar unter <https://ariadneprojekt.de/publikation/analyse-wasserstoff-im-gebauedesektor/#zusammenfassung>, zuletzt geprüft am 25.09.2024.

NDR, NORDDEUTSCHER RUNDFUNK (NDR): Pano aus Itzehoe: Wasserstoff ersetzt Erdgas; In Schleswig Holstein Magazin, 27.04.2024. https://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/schleswig-holstein_magazin/Pano-aus-Itzehoe-Wasserstoff-ersetzt-Erdgas,shmag115928.html Abgerufen am 07.09.2024

NPM (HRSG.): Quantifizierung von Beschäftigungseffekten durch Leistungselektronik und Brennstoffzellenfahrzeuge. AG4 - Zwischenbericht 2021. URL: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2021/10/NPM_AG4_Leistungselektronik-1.pdf (Stand: 29.07.2022)

PROJEKT REVIERWENDE : Bestandsaufnahme zum Qualifizierungsbedarf in der mitteldeutschen Wasserstoffwirtschaft. (Projekt Revierwende 2024). Online verfügbar unter: revierwende.de/wp-

<content/uploads/2024/03/Bestandsaufnahme-zum-Qualifizierungsbedarf-in-der-Mitteldeutschen-Wasserstoffwirtschaft-Maerz-2024.pdf> Abgerufen am 21.09.24

RAUNER, FELIX: Qualifikations- und Ausbildungsforschung. In: Rauner, Felix (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung, 2. Aufl., Bertelsmann Verlag, Bielefeld (2006), S.240.

RÖBEN, PETER: Kompetenz- und Expertiseforschung. In: Rauner, Felix (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung, 2. Aufl., Bertelsmann Verlag, Bielefeld (2006), S.247.

SCHAD-DANKWART, INGA: Sektoranalyse: Wasserstoff in der Stahlindustrie – eine erste Bestandsaufnahme zu technologischen Veränderungen und neuen Anforderungen in der Fachkräftequalifizierung im Rahmen des Projektes „H2Pro: Wasserstoff – Ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende“ 2023. URL: https://res.bibb.de/vet-repository_781673 (Stand: 15.08.2023)

SCHNEIDER, MAXIMILIAN: Sektoranalyse: Wasserstoff im Verkehrssektor: eine erste Bestandsaufnahme zu technologischen Veränderungen und neuen Anforderungen in der Fachkräftequalifizierung. Bonn 2023. URL: https://res.bibb.de/vet-repository_781261 (Stand: 16.08.2023)

SPÖTTL, GEORG; WINDELBAND, LARS (2006): Berufswissenschaftlicher Ansatz zur Früherkennung von Qualifikationsbedarf. In: Europäische Zeitschrift für Berufsbildung 39 (3), S. 72–91.

STEEG, St; HELMRICH, R.; MAIER, T.; SCHROER, Ph.; MÖNNING, A.; WOLTER, M.; SCHNEEMANN, Ch.; ZIKA, G.: Die Wasserstoffwirtschaft in Deutschland: Folgen für Arbeitsmarkt und Bildungssystem. Eine erste Bestandsaufnahme. Bonn 2022. URL: <https://lit.bibb.de/vufind/Record/DS-779809> (Stand: 25.01.2022)

THOMSEN, JESSICA; KOST, CHRISTOPH; WANAPINIT, NATAPON; MEYER, ROBERT; ULFFERS, JAN; BAVIA BAMPI, BRUNO ET AL. (2022): Bottom-Up Studie zu Pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung des Wärmesektors. Studie im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats. Endbericht. Hg. v. Fraunhofer ISE und Fraunhofer IEE. Freiburg, Kassel. Online verfügbar unter https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/221222_Bottom_Up_Studie_final-1.pdf, zuletzt aufgerufen am 25.02.2023.

TI-TECHNISCHE LÖSUNG (07.03.2024): SHK-Handwerk weiter auf Wachstumskurs. Online verfügbar unter: <https://www.tech-isolierung.de/shk-handwerk-weiter-auf-wachstumskurs-07032024.>, Abgerufen am 25.09.2024

URBANSKY, FRANK (2024): Industrielle Prozesswärme mit Strom und Wasserstoff bis 2045 klimaneutral, Springer Professional, URL: <https://www.springerprofessional.de/energiewende/energie---nachhaltigkeit/industrielle-prozesswaerme-mit-strom-und-wasserstoff-bis-2045-kl/26617594> Abgerufen 13.09.2024

WINDELBAND, LARS; SPÖTTL, GEORG (2003A): EarlyBird – Early Recognition of a Need for Qualification and Measures for a Shaping Oriented Vocational Education. Paper 2. Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat). Flensburg 2003. ISBN Nr. 3-9806831-6-8

WINDELBAND, LARS; SPÖTTL, GEORG (2003): Forschungshandbuch – Instrumente zur Früherkennung von Qualifizierungsbedarf. Papier 1. Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat). Flensburg 2003. ISBN Nr. 3-9809423-1-7

WOLF, SARAH; MIELKE, JAHIEL; SCHÜTZE, FRANZISKA; TEITGE, JONAS; JAEGER, CARLO (2021): The European Green Deal – More Than Climate Neutrality. In: Intereconomics 2021 (2021) 2, S. 99-107. doi.org/10.1007/s10272-021-0963-z Online verfügbar unter: <https://www.intereconomics.eu/contents/year/2021/number/2/article/the-european-green-deal-more-than-climate-neutrality.html> Abgerufen am 13.02.2024

WOLLIN-GIERING, S., HOFFMANN, M., HÖFTING, J., & VENTZKE, C. (2024). Automatic Transcription of English and German Qualitative Interviews. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 25(1), Article 1. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.17169/fqs-25.1.4129>

ZANDER, NILS; WOLF, ANDRÉ: Die Arbeitsmarktpotenziale Norddeutschlands für eine zukünftige Wasserstoffwirtschaft. Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut, Hamburg (2022), S.6-7. Online verfügbar unter: https://norddeutsches-reallabor.de/wp-content/uploads/2023/02/Wolf-Andre_Zander-Nils_Die-Arbeitsmarktpotenziale-Norddeutschlands-fuer-eine-zukuenftige-Wasserstoffwirtschaft.pdf

ZENK, Johanna; MÖNNING, Anke; RONSIEK, Linus; SCHNEEMANN, Christian; SCHUR, Alexander Christian; STEEG, Stefanie: Erste Abschätzung möglicher Arbeitsmarkteffekte durch die Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie bis 2030. BIBB Discussion Paper 2023. URL: <https://lit.bibb.de/vufind/Record/DS-780958> (Stand: 08.03.2023)

ZINKE, GERT: Sektoranalyse: Erzeugung, Speicherung und Transport von Wasserstoff. Eine Untersuchung im Rahmen des Projektes "H2PRO: Wasserstoff – ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende" (2022). Online verfügbar unter: <https://lit.bibb.de/vufind/Record/DS-780890>

ZDH, ZENTRALVERBAND DES DEUTSCHEN HANDWERKS: Lehrlingsbestand nach Ausbildungsberufen 2023 (2023). Online verfügbar unter https://www.zdh-statistik.de/application/stat_det.php?LID=1&ID=MDUzNTM=&cID=00905 Zuletzt abgerufen: 25.09.2024

Anlage

Tabelle 5: Themen und Kategorien für die Codierung der Experteninterviews

Kategorien	Thema	bezogen auf	ausformuliert:
1.1. Rolle Wasserstoff --> Betrieb/Einrichtung	Einsatz von Wasserstoff	Betrieb/ Einrichtung	Perspektiven für den eigenen Betrieb Aussagen zur Einschätzung über die Bedeutung von Wasserstoff-Anwendungen für Betrieb/Unternehmen (auch: politische Rahmenbedingungen) Aussagen zur Einschätzung von Nachfrage für Heizungsanlagen auf Basis von erneuerbaren Energien, generell Aussagen zum Umstieg.
1.2. Rolle Wasserstoff --> Fachkräfte/Kompetenzen	Einsatz von Wasserstoff	Fachkräfte und Qualifizierung	Was könnte Wasserstoff-Anwendung im Betrieb/Unternehmen für Anforderungen und Kompetenzen an Fachkräfte bedeuten?
2.1. Arbeitsprozesse - Ausbildungsberufe	Arbeitsprozesse	Ausbildungsberufe	Angaben zu Ausbildungsberufen im Betrieb/Unternehmen; auch Angaben zur Ist-Situation in Bezug auf Weiterbildung
2.2. Arbeitsprozesse - Aufgaben/Tätigkeiten	Arbeitsprozesse	Aufgaben u. Tätigkeiten	Aufgaben und Tätigkeiten von Fachkräften im Betrieb/Unternehmen; auch Angaben zu Einsatzorten
2.3. Arbeitsprozesse - Wasserstoff im Arbeitsprozess	Einsatz von Wasserstoff	Arbeitsprozesse	Wie würde sich der Einsatz von Wasserstoff im Arbeitsprozess auswirken? Würde es Anpassungen geben, wenn ja, welche? Sind keine Anpassungen nötig und warum nicht?
3.1. Qualifizierung Wasserstoff	Weiterbildungen für den Einsatz von Wasserstoff	Inhalte und Formate von Weiterbildungen zum Thema Wasserstoff	Welche Themen sind relevant für zukünftige oder bereits existierende "Wasserstoff-Schulungen"?
3.2. Qualifizierung allgemein	Qualifizierung/ Weiterbildung	für Mitarbeiter/-innen im Betrieb/Unternehmen	Angaben zu Berufsausbildung und Qualifizierungen für Fachkräfte im Betrieb. Zum Beispiel: welche Kenntnisse sind besonders relevant, welche Schulungen

			werden genutzt, wo besteht Bedarf. etc.
3.3. Qualifizierung Hemmnisse	Qualifizierung/ Hemmnisse	Hinderungsgründe für Qualifizierung/ Weiterbildung	Welche Faktoren behindern Weiterbildung bzw. Weiter- Qualifizierung für Fachkräfte im Betrieb?
4. Hinweise auf Verordnungen/ Zulassungen	Vorschriften, Berechtigungen, Zertifizierungen	etc. in Hinblick auf Tätigkeiten und Anlagen (mit Wasserstoff und ohne)	Welche Vorschriften, Regelungen, Gesetze usw. spielen bei der Ausübung der Aufgaben für die Fachkräfte eine Rolle?
5. Platzhalter			Inhalte, die nicht relevant erscheinen, aber nicht zugeordnet werden können
Wärmepumpe	Wärmepumpe	beliebig	Alle Textstellen, die Bezug auf Wärmepumpe nehmen.