

Arbeitspapiere Unternehmen und Region
Nr. R2/2025



Thomas Stahlecker
Esther Schnabl
Wiebke Baumann
Nico Ulmer
Sophie Lohmann
Catrice Christ

Die baden-württembergischen
Modellregionen Grüner Wasserstoff im
Kontext Bildung & Qualifizierung

 **Fraunhofer**
ISI

Impressum

Die baden-württembergischen Modellregionen Grüner Wasserstoff im Kontext Bildung & Qualifizierung

Verantwortlich für den Inhalt des Textes

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Thomas Stahlecker, thomas.stahlecker@isi.fraunhofer.de
Esther Schnabl, esther.schnabl@isi.fraunhofer.de

IREES GmbH
Nico Ulmer, n.ulmer@irees.de
Sophie Lohmann, lohmann@irees.de
Catrice Christ, c.christ@irees.de

Zitierempfehlung

Stahlecker, T.; Schnabl, E.; Baumann, W.; Ulmer, N.; Lohmann, S.; Christ, C. (2025): Die baden-württembergischen Modellregionen Grüner Wasserstoff im Kontext Bildung & Qualifizierung (= Arbeitspapiere Unternehmen und Region Nr. R2/2025). Karlsruhe: Fraunhofer ISI, IREES GmbH.

Hinweise

Dieser Bericht einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Die Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis zusammengestellt. Die Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass die Angaben in diesem Bericht korrekt, vollständig und aktuell sind, übernehmen jedoch für etwaige Fehler, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr. Die Darstellungen in diesem Dokument spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung des Auftraggebers wider.

Kontakt:

Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung ISI
Abteilung "Politik und Gesellschaft"
Breslauer Str. 48 | 76139 Karlsruhe
Tel.: +49 / 721 / 6809-138
E-Mail: christine.schaedel@isi.fraunhofer.de
URL: www.isi.fraunhofer.de

Karlsruhe 2025
ISSN 1438-9843
doi: 10.24406/publica-4657

Inhaltsverzeichnis Seite

1	Hintergrund, Fragestellungen und Zielsetzung	1
2	Aktueller Stand bei der Umsetzung der H2-Bildungsmaßnahmen in den Modellregionen.....	3
2.1	Akteure und Maßnahmen.....	3
2.2	Zwischenfazit & SWOT.....	8
3	Bedarfe und Qualifizierungsprofile in Baden-Württemberg	11
3.1	Methodik	12
3.2	Ergebnisse der Qualifikationsbedarfe auf dem Arbeitsmarkt.....	12
4	Zielgruppenspezifische Handlungsoptionen.....	14
4.1	Handlungsoptionen für die <i>Modellregionen</i> H2-Wandel und H2-GeNeSiS	15
4.2	Handlungsoptionen für die Hochschulen und Forschungseinrichtungen (in den Modellregionen und darüber hinaus)	17
4.3	Handlungsoptionen der (Landes-)Politik und -verwaltung	19
5	Gesamtfazit & Ausblick	21
6	Literatur	22

Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1:	Übersicht über die Bildungsakteure in den Modellregionen.....	4
Tabelle 2:	Überblick über Stärken, Schwächen, Gelegenheiten und Bedrohungen im Bereich Bildung in den Modellregionen.....	10
Tabelle 3:	Ausbildungsniveau.....	13
Tabelle 4:	Studienfachrichtung	14
Abbildung 1:	Selbstdarstellung der H2-Wandel Bildungsakteure im Leuchtturm H2-To-Know.....	4
Abbildung 2:	Stellenanzeigen nach Wirtschaftszwei	13

1 Hintergrund, Fragestellungen und Zielsetzung

Die Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft hat potenziell weitreichende Auswirkungen, sowohl ökonomischer, ökologischer wie auch gesellschaftlicher Art. Das H₂-Companion Projekt, koordiniert vom Fraunhofer IAO, begleitet die beiden Wasserstoff-Modellregionen H₂-WANDEL und H₂-GeNeSiS wissenschaftlich, um diese Auswirkungen zu untersuchen. Arbeitspaket 3 des H₂-Companion Projekts beschäftigt sich dabei mit den gesellschaftlichen Aspekten der beiden in Baden-Württemberg angesiedelten Großprojekte. Konkret geht es um folgende Fragestellungen:

- Inwiefern macht eine Wasserstoffwirtschaft neue Qualifizierungsformate im Bildungsbereich nötig?
- Sind neue Qualifizierungsbedarfe in Aus- und Weiterbildung auszumachen?
- Was passiert bereits bei den verschiedenen Bildungsakteuren, wie Schulen, Hochschulen und Weiterbildungszentren? Wie erfolgt die Zusammenarbeit der Akteure untereinander und welche Zielgruppen werden jeweils adressiert?
- Wie ist der aktuelle Stand bei der schulischen und beruflichen Bildung in den Modellregionen? Wie hat sich dies über die Projektlaufzeit betrachtet entwickelt?
- Welche Konzepte wurden umgesetzt?
- Welche Erfahrungen können abgeleitet werden, um sie für die Übertragung auf andere Regionen aufzubereiten?
- Welche gegenwärtigen und künftigen Bedarfe und Anforderungen können abgeschätzt werden?

Die Aktivitäten in den Modellregionen umfassen eine Bandbreite an Maßnahmen in der schulischen Ausbildung an Gymnasien und beruflichen Schulen, in der akademische Bildung an Hochschulen, bei Fort- und Weiterbildungen für Arbeitnehmer:innen und Entscheidungsträger:innen in Unternehmen sowie bzgl. der Wissensvermittlung für die Bevölkerung. Diese Bandbreite an Akteuren wird auch im vorliegenden Bericht adressiert.

Für Deutschland wird im Fall eines umfassenden Aufbaus einer Wasserstoffwirtschaft in den von Schur et al. (2023) und Ronsiek et al. (2024) beschriebenen Szenarien insgesamt von positiven Arbeitmarkteffekten ausgegangen. In Bezug auf die vier Anforderungsniveaus (Helfer:in¹, Fachkraft, Spezialist:in und Expert:in) zeigt sich, dass absolut die Anzahl der Fachkräfte am meisten steigt. Relativ betrachtet verschiebt sich die Bedeutung der einzelnen Niveaustufen in Richtung Spezialist:innen und Expert:innen (ebd.). Dieser Befund führt zu der Frage, inwiefern im Zuge dieses Aufbaus einer Wasserstoffwirtschaft bestehende Aus- und Weiterbildungsangebote vor allem im Hinblick auf technische Kenntnisse und Qualifikationen ausreichend sind.

¹ Helfer:in entspricht bspw. der formalen Qualifikation Helfer:in oder 1-jährige Berufsausbildung; Fachkraft entspricht bspw. einem mehrjährigen Ausbildungsberuf; Spezialist:in entspricht bspw. einem Meister- oder Bachelorabschluss; Expert:in entspr. einem Abschluss nach mind. 4-jährigem Studium.

Mit Blick auf die Ausbildungsberufe untersucht das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) im Rahmen des Projekts H2PRO², welche Ausbildungsberufe und Qualifikationen im Rahmen dieses Aufbaus in einzelnen Sektoren wichtig sind, und ob ggf. zusätzliche Bedarfe entstehen. Mit Blick auf Erzeugung, Speicherung und Transport von Wasserstoff ist die Einschätzung, dass die bestehenden Ausbildungsordnungen und zusätzlichen Qualifizierungsangebote bereits etabliert sind (s. Chemie- und Raffinerieindustrie). Allerdings wird insgesamt von einer steigenden Nachfrage ausgegangen (Zinke 2022). Im Fall der Chemie- und Raffinerieindustrie, in der Wasserstoff seit langem produziert und angewendet wird, wird keine Veränderung der Qualifikationsanforderungen erwartet (Felkl 2023). Bezogen auf die Wärmeversorgung im Gebäudesektor werden Weiterbildungen und Zusatzqualifikationen als sinnvoll erachtet. Dabei spielen auch die Herstellerfirmen von wasserstofftauglichen Heizanlagen eine Rolle (Hiller 2023). Für den Verkehrssektor zeigt sich, dass mechanische Tätigkeiten zu Gunsten von elektro- und messtechnischen Kompetenzen an Bedeutung verlieren werden. Neben Kompetenzen im Umgang mit Brennstoffzellen sind Arbeits- und Gesundheitsschutz wichtige Themen. Somit wird die Vermittlung von Grundlagenwissen wie auch spezialisierte Aus- und Weiterbildungsangebote an Bedeutung gewinnen (Schneider 2023).

Grundsätzlich deuten die Quellen darauf hin, dass zwar kein Bedarf an grundsätzlich neuen Ausbildungsberufen gesehen wird, allerdings die Vermittlung von Grundlagenwissen während der Berufsausbildung sowie Zusatzqualifikationen, Sicherheitsunterweisungen und spezialisierte Weiterbildungsangebote für die einzelnen Anwendungsbereiche jedoch an Bedeutung gewinnen, um den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft voranzutreiben. Noch ist das Angebot an wasserstoffspezifischen Themen bei Weiterbildungsanbietern gering. Berufliche Weiterbildungsangebote haben aktuell im Wesentlichen wirtschaftsnahe Anbieter wie Kammern und Berufsverbände entwickelt, wobei Grundlagenschulungen eine wichtige Rolle spielen (Samray und Schur 2024).

Aussagen über die Relevanz von wasserstoffbezogenen Themen in der akademischen Ausbildung sind gegenüber der beruflichen Ausbildung schwieriger zu treffen, da dieser Aspekt weniger stark beforscht ist. Auf Basis von Recherchen zu Studiengängen und Expert:innengesprächen mit Fokus auf Ostdeutschland kommt Wald (2022, S. 2) zu dem Schluss: "Eine grundständige akademische oder berufliche Ausbildung in den etablierten Berufsbereichen wie Energie-, Elektro-, Verfahrenstechnik oder im Maschinenbau mit Spezialisierungen auf Wasserstofftechnologien im beruflichen Alltag oder im Rahmen eines Masterstudiengangs erscheint hinsichtlich der geringen Anzahl an Fachkräften förderlicher als eine bereits spezialisierte Ausbildung bzw. Bachelor-Studiengänge, die lediglich auf Wasserstofftechnologien ausgerichtet sind".

Ziel dieses Bildungsdossiers ist es, den aktuellen Stand der Bildungsaktivitäten der Akteure in den beiden Modellregionen darzustellen und im Zusammenhang mit den oben skizzierten Fragen zu analysieren. Dabei stehen unmittelbare Anpassungen auf regionaler Ebene im Vordergrund, etwa durch die Modifizierung bestehender Aus- und Weiterbildungen sowie von Studiengängen oder die Entwicklung neuer Qualifizierungsangebote. Am Ende werden allgemeine Handlungsoptionen formuliert, die auch auf andere Regionen und politische Akteure auf Landes- und Bundesebene übertragbar sind. Um die zugrunde liegenden Mechanismen der Bildungsaktivitäten im Wasserstoffbereich besser zu verstehen und praxisnahe Handlungsempfeh-

2 <https://www.bibb.de/de/153309.php>

lungen abzuleiten, wurden Interviews mit verschiedenen Akteursgruppen durchgeführt, was Unternehmen, wissenschaftliche Einrichtungen und auch Handwerkskammern beinhaltet. Zusätzlich wurde eine Web-Crawling-Analyse eines großen Stellenanzeigenportals durchgeführt, um die Verteilung von wasserstoffrelevanten beruflichen Anforderungen in Baden-Württemberg einzuschätzen und mit den bestehenden Qualifikationsangeboten vergleichen zu können. Die Erkenntnisse aus dieser Analyse sowie den Interviews fließen im vorletzten Kapitel in die Beschreibung der zielgruppenspezifischen Handlungsoptionen ein.

2 Aktueller Stand bei der Umsetzung der H2-Bildungsmaßnahmen in den Modellregionen

2.1 Akteure und Maßnahmen

In den nachfolgenden Abschnitten werden die jeweiligen Bildungs-Akteure der beiden Modellregionen H2-GeNeSiS (siehe Projekthomepage) und H2-Wandel dargestellt (siehe Projekthomepage). Recht umfassende Aktivitäten im Bereich der H2-bezogenen (Weiter-)Bildung finden v.a. in der Modellregion H2-Wandel statt, womit naturgemäß ein gewisser Schwerpunkt der folgenden Analyse verbunden ist. In der Modellregion H2-GeNeSiS finden ebenfalls bildungsbezogene Aktivitäten statt, allerdings sind diese – aufgrund anderer Schwerpunkte der Region - nur zu einem geringen Umfang Teil der (im Rahmen der Landesförderung) finanzierten Modellregion.

H2-Wandel teilt sich in die fünf Leuchttürme mit jeweils anderem spezifischem Schwerpunkt:

1. H2-Factory: "Grüner Wasserstoff für existierende Verbraucher"
2. H2-ToGo: "Wasserstoff für Brennstoffzellenantriebe für Lkw und leichte Nutzfahrzeuge"
3. H2-Aspen: "Wasserstoff-Technologiepark in Schwäbisch Gmünd"
4. H2-Grid: "Vernetzung von dezentraler Wasserstofferzeugung und den Verbrauchern"
5. H2-ToKnow: "Aus-, Weiter- und Fortbildung durch H2-Wandel-Partner rund um das Thema grüner Wasserstoff"

Einen ersten Überblick der beteiligten Bildungsakteure und deren Zielgruppen der H2-Wandel Modellregion, spezifisch des Leuchtturms H2-ToKnow, gibt die folgende Abbildung 1. Es zunächst deutlich, dass strukturell nahezu alle relevanten (privaten und öffentlichen) Bildungsinstitutionen in der Modellregion vorhanden sind und – damit verbunden – alle Bildungsstufen und die wichtigsten Zielgruppen adressiert werden.

Abbildung 1: Selbstdarstellung der H2-Wandel Bildungsakteure im Leuchtturm H2-To-Know



Quelle: <https://h2-wandel.de/leuchttuerme/#toknow>

Mit dem Ziel, eine detailliertere Übersicht des Akteurskreises in beiden Modellregionen vorzulegen, haben wir in der folgenden Tabelle 1 eine entsprechende Zusammenstellung vorgenommen, die in beiden Regionen über den (finanzierten) Kreis der Bildungsakteure hinausgeht und auch die wichtigsten Umfeldakteure berücksichtigt. Weiterhin haben wir vermerkt, mit welchen Institutionen wir für den vorliegenden Bericht Interviews geführt haben. Die weiteren Ausarbeitungen dieses Abschnitts beinhalten eine Beschreibung und Interpretation der Aktivitäten der genannten Akteure, wobei nach den beiden Modellregionen differenziert wird.

Tabelle 1: Übersicht über die Bildungsakteure in den Modellregionen

Bildungsakteur	Ort	Art Akteur	Zielgruppe	Interview
H2-GeNeSiS				
Hochschule Esslingen	Esslingen / Göppingen	Hochschule	Studierende, bei Vorträgen: interessierte Öffentlichkeit	x
IHK Stuttgart	Stuttgart	Öffentlich-rechtliche Institution	Arbeitgeber:innen, Arbeitnehmer:innen, Unternehmen	x
Besucherzentrum Green Hydrogen Hub (GH2S) (in Planung)	Stuttgart	Stadtwerke Stuttgart	Schulklassen, interessierte Öffentlichkeit, Technologieunternehmen	
H2-Wandel				
Effisma	Stuttgart	Unternehmen	Unternehmer, Arbeitnehmer:innen	x

Bildungsakteur	Ort	Art Akteur	Zielgruppe	Interview
Weiterbildungszentrum für innovative Energietechnologien (WBZU) der Handwerkskammer Ulm	Ulm	Unternehmen	Unternehmen (Industrie und Handwerk) für ihre Mitarbeiter:innen	x
Technische Hochschule Ulm	Ulm	Hochschule	Studierende	x
Hochschule Reutlingen	Reutlingen	Hochschule	Studierende, Schüler:innen und Lehrer:innen an Gymnasien und einer Realschule	x
Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie (fem)	Schwäbisch Gmünd	Forschungsinstitut/ Unternehmen	Unternehmen / Industrie	
Industrie- und Handelskammer Ulm	Ulm	Öffentlich-rechtliche Institution	Arbeitgeber:innen, Arbeitnehmer:innen, Unternehmen	x
Universität Ulm, Zentrum für Allgemeine Wissenschaftliche Weiterbildung (ZAWiW)	Ulm	Hochschule und Wasserstofflotsen	Alle Generationen, v.a. "für Menschen im dritten Lebensalter"	x
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW)	Stuttgart, Ulm	Forschungsinstitut / Unternehmen	Öffentlichkeit, Doktorand:innen	x
Externe Akteure				
HyLab Bildungszentrum	Backnang	Gewerbliche Schule	Schulklassen, interessierte Öffentlichkeit	x
Plattform H2BW/e-mobil BW	Stuttgart	Landesagentur	Unternehmer und ihre Mitarbeiter:innen, öffentliche Verwaltung, Intermediäre	x

Quelle: eigene Zusammenstellung

H2-GeNeSiS

Die **Hochschule Esslingen** bietet verschiedene Masterstudiengänge sowie ein Bachelormodul im Bereich Wasserstoffwirtschaft an. Der berufsbegleitende Master of Engineering 'Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie' beschäftigt sich mit nachhaltigen Antriebs- und Mobilitäts-

konzepten, und zielt auf alle "wichtigen Systemkomponenten eines circularen Energiesystems auf Basis von Wasserstoff" (Flyer der Hochschule Esslingen o.J., S. 2). Der Master of Engineering 'Wasserstoffwirtschaft und Technologiemanagement' hat neben dem technischen auch den unternehmerischen Aspekt der Wasserstoffwirtschaft zum Fokus. Das Projekt H2-GeNeSiS wird beispielsweise in einem der Bachelormodule als Fallbeispiel unterrichtet, anhand dessen die Studierenden ein praktisches Beispiel analysieren und Wissen zu Technikakzeptanz erwerben.

Die Stadtwerke Stuttgart planen mit dem **Green Hydrogen Hub Stuttgart** (GH2S) am Stuttgarter Hafen eine Produktionsstätte für grünen Wasserstoff, ergänzt durch ein Logistikkonzept zur Versorgung Stuttgarts und der Region über eine Wasserstoff-Pipeline und Trailer. Der Baubeginn ist auf der GH2S Homepage mit dem Jahr 2025 angegeben, die Inbetriebnahme des Hubs im Jahre 2026. Dieses Projekt erweitert das bestehende Vorhaben H2-GeNeSiS, das in Zusammenarbeit mit Partnern wie der Wirtschaftsförderung Region Stuttgart, dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung BW (ZSW), dem Steinbeis-Innovationszentrum sowie den Stadtwerken Esslingen realisiert wird. Als Teil dessen ist auch die Errichtung eines Besucherzentrums geplant, in dem die interessierte Öffentlichkeit sich über das Projekt informieren kann und Führungen angeboten werden sollen.

Die **Industrie- und Handelskammer** (IHK) Stuttgart engagiert sich bei der Weiterbildung u.a. im Bereich Wasserstoff. Ein zentrales Angebot ist der Zertifikatslehrgang "Fachexperte für Wasserstoffanwendungen (IHK)", der Fach- und Führungskräften grundlegendes Wissen über Wasserstoff vermitteln soll. Der Kurs behandelt die ökologischen und ökonomischen Grundlagen, Erzeugung, Speicherung, Transport sowie rechtliche Aspekte von Wasserstoff. Ziel ist es, Personal von Unternehmen in den Bereichen Mobilität, Produktion und Energieversorgung zu befähigen, das Potenzial von Wasserstoff zu erkennen und erste Umsetzungsschritte einzuleiten.

H2-Wandel

Effisma ist ein privates Unternehmen mit Sitz in Stuttgart, das Workshops, Weiterbildungen und Grundlagenschulungen in verschiedenen Bereichen für Unternehmen anbietet. Seit einigen Jahren beinhalten diese Weiterbildungen auch den Themenkomplex Wasserstoff. Dabei arbeitet Effisma mit dem Blended-Learning Ansatz, d.h. verschiedene Lernelemente werden kombiniert, Schulungen finden in Präsenz und online statt. Im Falle spezieller Weiterbildungswünsche anfragender Unternehmen erarbeitet Effisma entsprechend individuelle Angebote.

Das **Weiterbildungszentrum für innovative Energietechnologien der Handwerkskammer Ulm (WBZU)** ist Anbieter für Bildungsangebote in den Bereichen Wasserstoff und Brennstoffzelle, daneben auch Batteriespeicher oder Wärmepumpe. Gegründet wurde das WBZU 2002 als "Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm". 2021 erfolgte die Integration in die Bildungsakademie der Handwerkskammer Ulm. Auch wenn die Brennstoffzellentechnologie bereits bei der Gründung der Einrichtung thematisiert wurde, waren für das aktuelle Angebot im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle die mit den Wasserstoffstrategien von Bund und Ländern angestrebten Aktivitäten eine wichtige Grundlage für die Ausarbeitung des praxisorientierten Angebots. Neben Grundlagenschulungen umfasst dies Zertifikatskurse mit Fokus auf Sicherheitsaspekte, wie etwa Explosionsschutz bei Wasserstoffanlagen.

Das Angebot und der Kundenkreis des WBZU verdeutlicht, wie weitreichend die Einführung von Technologien wie Wasserstoff bspw. im Mobilitätssektor sind: neben den Herstellern der Fahrzeuge und ihren Zulieferern betrifft dies auch Aktivitäten im Bereich der Wartung und

Instandhaltung sowie Rettungskräfte oder Gutachtertätigkeiten. Nachgefragt wird das Angebot des WBZU vor allem von Firmen, die ihre Belegschaft schulen lassen, wobei der Kundenkreis den deutschsprachigen Raum umfasst.

An der **Technischen Hochschule Ulm (TH Ulm)** ist das Thema Wasserstoff vor allem am Institut Energietechnik und Energiewirtschaft verankert, das den Masterstudiengang Elektrische Energiesysteme und Elektromobilität anbietet. In diesem Rahmen kooperiert die TH Ulm auch mit dem ZSW. 2024 wurde der THU-Energiepark eröffnet. Dort sind verschiedene Erneuerbare Energietechnologien installiert; darunter ein Wasserstofflabor, das unter anderem über eine PEM-Brennstoffzelle, einen Wasserstoffverdichter und einen Wasserstoffspeicher verfügt, sowie eine Wasserstoff-Gasturbine. Analog zum allgemeinen Trend technischer Studiengänge, verzeichnet der Master-Studiengang elektrische Energiesysteme fallende Studierendenzahlen. Mit dem nun etablierten Energiepark bietet die TH Ulm jedoch gute Voraussetzungen für eine praxisorientierte Ausbildung und die Aufnahme des Themas Wasserstoff in die Bachelor-Ausbildung ist möglich.

Die **Hochschule Reutlingen** erprobt mit dem *letsgo/ING*-Lernkonzept ein Kooperationsmodell zwischen Hochschulen und Schulen in der Region. Schüler*innen soll dadurch der Einstieg in die digitalisierte Welt ermöglicht werden. Das Konzept, abgestimmt auf den baden-württembergischen Bildungsplan für Naturwissenschaft und Technik (NwT), bietet klassische und digitale Unterrichtsmaterialien, um Algorithmen, Datenverarbeitung, Systemanalyse und Fehlererkennung zu erlernen. *letsgo/ING* umfasst Handreichungen, ein Online-Lerntool, offene Hard- und Software sowie eine organisatorische Unterstützung durch Bildungspartnerschaften, vorrangig mit Gymnasien sowie einer Realschule. Durch die Open-Source-Lizenzierung sind alle Materialien langfristig verfügbar. In der dritten Projektphase (2019-2021) wurde die Wirksamkeit des Konzepts geprüft und Strategien zur nachhaltigen Projektfinanzierung und breiten Schulversorgung entwickelt. Im Hinblick auf Wasserstoff wird das Schwerpunktthema "Intelligente Stromnetze - Die Energieversorgung der Zukunft" entwickelt.

Das **fem Forschungsinstitute Edelmetalle + Metallchemie** mit Sitz in Schwäbisch Gmünd ist als unabhängiges und gemeinnütziges Forschungsinstitut auf den Gebieten der Materialwissenschaft und der Oberflächentechnik tätig. Es ist Teil der Einrichtungen der Innovationsallianz Baden-Württemberg (innBW) und der bundesweiten Zuse-Gemeinschaft. Innovative Werkstoffe und Schichtsysteme, die für Wasserstofftechnologien benötigt werden, z.B. zur Erzeugung (Elektrolyse), der Nutzung (Brennstoffzelle) sowie der Speicherung von Wasserstoff (Speichersysteme) werden im Hinblick auf Effizienz, Kosten und Beständigkeit vor Ort erprobt.

An der Universität Ulm ist **das Zentrum für Allgemeine Wissenschaftliche Weiterbildung (ZAWiW)** angesiedelt. Die Zielgruppe der Aktivitäten des ZAWiW ist die interessierte (Fach-) Öffentlichkeit. Neben Vorträgen und Vorlesungen zum Thema Wasserstoff, die vom ZAWiW organisiert werden, ist die Ausbildung von sog. Wasserstofflotsen ein wichtiges Element zur Verbreitung von Wissen über Wasserstoff-Themen in der Gesellschaft. Wasserstofflotsen sind Ehrenamtliche, oft Menschen in der dritten Lebensphase, die dieses Wissen erwerben, um es an andere weiterzugeben. Es handelt sich hierbei um einen niedrighwelligen Ansatz an der Schnittstelle zwischen Weiterbildung und Akzeptanz, der weiter institutionalisiert werden sollte. Im konkreten Fall der Wasserstofflotsen an der Universität Ulm werden beispielsweise Blockseminare zum Thema "Erneuerbare Energien" an Schulen und für die interessierte allgemeine

Öffentlichkeit angeboten, bei denen grüner Wasserstoff und dessen Rolle bei der Erreichung der Umweltziele ein wesentlicher Bestandteil ist.

Das **Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)** ist eine wichtige Stimme in politischen sowie wissenschaftlichen Gremien. Das Forschungsinstitut mit Sitz in Stuttgart, Widderstall, Stötten und Ulm, beschäftigt sich mit angewandter Forschung zu Photovoltaik, Windenergie, Batterien, Brennstoffzellen sowie Wasserstoff und Circular Economy. Durch das Testen von Brennstoffzellen herrscht beim ZSW ein hoher Bedarf an Wasserstoff und es ist daher eng mit H2-WANDEL verzahnt.

Regionsexterne (landesweite) Akteure

Beim **Hydrogen Learning Center HyLab** handelt es sich um einen Bildungsakteur, der weder mit H2-WANDEL noch mit H2-GeNeSiS verbunden ist und damit unabhängig agiert. Das im Januar 2024 eröffnete und an die Gewerbeschule Backnang angegliederte Weiterbildungszentrum richtet sich an Schulklassen verschiedener Altersstufen sowie die interessierte Öffentlichkeit und bietet Informationen rund um die Thematik Wasserstoff.

Auf Landesebene wurde das Angebot Wasserstoff-Wissen BW initiiert und über die **Plattform H2BW** beworben. Dabei handelte es sich um ein modular aufgebautes Angebot, das Grundlagen und vertieftes Wissen vermittelt hat. Entwickelt wurde dieses Programm von der **Landesagentur e-mobil BW** in Zusammenarbeit mit dem Bildungswerk der Baden-Württembergischen Wirtschaft e.V. und dem Weiterbildungscampus der Hochschule Esslingen. Jedes Modul wurde zwei Mal angeboten – entweder in Präsenz- oder als Online-Schulungen. Das kostenfreie Angebot richtete sich an vielfältige Zielgruppen, wie kleine und mittlere Unternehmen (KMU), öffentliche Verwaltungen oder Intermediäre wie Kammern und Verbände. Insgesamt konnten etwa 500 Personen mit diesem Angebot erreicht werden. Positiv bewertet wurde die Tatsache, dass die Module jeweils von einem Dozenten aus der Wissenschaft und einem Praxispartner unterrichtet wurden. Das Angebot war befristet und für Unternehmen und ihre Mitarbeiter:innen scheinen nun spezialisierte Angebote verschiedener, etablierter Anbieter verfügbar zu sein, sodass ein staatlich gefördertes Programm hier keine Konkurrenz darstellen soll. Mit Blick auf Grundlagenwissen, das beispielsweise in der öffentlichen Verwaltung oder bei Intermediären notwendig ist, wird zu beobachten sein, wie diese Nachfrage gedeckt wird. Weiterhin wird auf der Plattform H2BW zum Thema Qualifizierung informiert. Dabei wird auf das Angebot von Hochschulen in Baden-Württemberg ebenso verwiesen wie auf Weiterbildungsanbieter³.

2.2 Zwischenfazit & SWOT

Mehrere Akteure sind mit bildungsrelevanten Aktivitäten in den Modellregionen und darüber hinaus tätig, die sehr unterschiedliche Zielgruppen adressieren: Schüler:innen sowie Lehrer:innen an Gymnasien und beruflichen Schulen, Studierende sowie Unternehmer:innen und Mitarbeiter:innen mit Bedarf an Informationen und Weiterbildung und letztlich auch die allgemeine Bevölkerung. Während ein Teil der Aktivitäten in die Modellregionen eingebunden ist, insbesondere unter dem Dach von H2-ToKnow, haben andere Akteure bislang keine Beziehungen zu den Modellregionen. Mit Blick auf die steigende (und gewünschte) Relevanz von Wasserstoff als Teil

³ <https://www.plattform-h2bw.de/qualifizierung/angebote>

des Energiemixes ist somit das Ziel verbunden, die Basis der bildungsrelevanten Akteure über alle Qualifikationsstufen zu verbreitern und entsprechende Inhalte stärker als bisher in die (grundständige) Lehre zu verankern.

Mit dem Thema Wasserstoff als Energieträger und dessen Beitrag für eine Energieversorgung der Zukunft wendet sich das Projekt letsGoING beispielsweise an die Zielgruppe der Schüler:innen und Lehrer:innen an Gymnasien im Bereich des Unterrichtsfachs Naturwissenschaft und Technik (NwT). Bislang erfolgt dies in Modellprojekten, sodass bislang nur ein Teil der Schüler:innen mit diesem wichtigen Zukunftsthema in Kontakt kommen konnte. Die aktuelle Relevanz von Wasserstoff als Thema und als Bestandteil der Lehrpläne an Schulen ist eher gering, was auch analoge Maßnahmen zu Lehrerfortbildung beinhaltet.

Wie einleitend dargestellt, zeichnet sich in der beruflichen Ausbildung aktuell kein grundlegender Bedarf an neuen Berufsbildern ab, jedoch an Formaten der Fort- und Weiterbildung, die neben Grundlagen zur Anwendung von Wasserstoff spezifisches technisches Wissen vermitteln. Dieser Befund spiegelt sich auch im Angebot in den Modellregionen wider. Mehrere Anbieter wie Effisma oder das WBZU haben spezielle Weiterbildungsangebote entwickelt, die Unternehmen und ihre Mitarbeiter in die Lage versetzen sollen, Wasserstoff- und Brennstoffzelltechnologien in den Unternehmen einzusetzen. In der Modellregion H₂-Wandel trägt der Leuchtturm H₂-ToKnow dazu bei, den Austausch der einzelnen Akteure untereinander zu ermöglichen. Sie erhalten Einblicke in die Aktivitäten der anderen und können bei Anfragen, die nicht im eigenen Angebotsspektrum abgedeckt werden, auf das passende Angebot der anderen Akteure verweisen. Die Fortsetzung der Vernetzung innerhalb der Modellregionen und speziell mit den regionalen Bildungsakteuren stellt einen wichtigen Aspekt im Hinblick auf die zukünftigen Bedarfe und zielgruppengenaue Formate dar.

Einige Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind in den Modellregionen angesiedelt und zum großen Teil in die Aktivitäten von H₂-Wandel und H₂-GeNeSiS eingebunden. Hier finden sich aktuell unterschiedliche Vorgehensweisen: während an der HS Esslingen der Master-Studiengang Wasserstoff- und Brennstoffzelltechnologien etabliert wurde, wird das Thema Wasserstoff an anderen Hochschulen in der grundständigen Lehre adressiert. Um eine praxisorientierte Forschung und Lehre zu ermöglichen, wurde beispielsweise an der TH Ulm ein Energiepark mit u.a. verschiedenen Wasserstofftechnologien etabliert. Mit ihren Aktivitäten wenden sich die Hochschulen nicht nur an Studierende und Forschende, sondern auch die breite Gesellschaft – beispielsweise bei den Angeboten des ZAWiW oder bei Vorträgen von Professoren für ein breites Publikum. Die interessierte Fachöffentlichkeit wird des Weiteren in unterschiedlichen Formaten wie Informationsveranstaltungen adressiert, in die neben Wissenschaftler:innen auch Unternehmen, die öffentliche Verwaltung oder Intermediäre eingebunden sind. Diese Aktivitäten sind vor allem an den Standorten vorzufinden, an denen beispielsweise Elektrolyseure errichtet werden, um u.a. eine frühzeitige Sensibilisierung für den technischen Wandel bzw. die Energiewende zu erreichen. Basierend auf den bisherigen Erfahrungen mit breiteren bildungsorientierten Formaten ist festzuhalten, dass diese grundsätzlich akzeptiert werden und einen wichtigen Beitrag zur Kommunikation des Themas Wasserstoff und der wissenschaftlichen Themen generell im Außenraum darstellen. Darüber hinaus sind Hochschulen und Forschungseinrichtungen wichtig zur Generierung und Vermittlung von Wissen als Kooperationspartner in Forschungsprojekten mit Unternehmen. Ein diesbezüglich interessantes Vehicle und speziell mit Blick auf die Adressierung wissenschaftlich-technischer Bedarfe von Unternehmen stellen wirtschaftsseitig finanzierte Stiftungslehrstühle. Hinweise auf aktuelle oder geplante Aktivitäten hierzu wurden im

Rahmen der Gespräche und sonstigen Recherchen nicht gefunden. Vor dem Hintergrund von Erfahrungen in anderen technologischen und wissenschaftlichen Kontexten, stellt sich mit Blick auf die absehbar zunehmende Bedeutung von Wasserstoff und analogen Technologien die Frage, ob Anstrengungen zur Ansiedlung von Stiftungslehrstühlen – möglicherweise in einem breiteren Themenbereich wie Energiewende, oder Erneuerbare Energien – intensiviert werden sollten.

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Aktivitäten und basierend auf den in den Gesprächen geäußerten Punkten sind zusammenfassend eine Reihe von **Stärken** zu nennen (zur SWOT siehe Tabelle 2): wie oben dargestellt, werden unterschiedliche Zielgruppen entlang der Bildungskette adressiert. Insbesondere die Bündelung von Akteuren und Aktivitäten unter dem Dach von H2-ToKnow trägt zu einer effizienten Koordinierung bei. Das Vorhandensein von mehreren Hochschulen und Forschungseinrichtungen in den Regionen ermöglicht eine akademische Ausbildung, die absehbar ein wichtiger Aspekt für die Weiterentwicklung und Anwendung von Wasserstofftechnologien sein wird. Diese Qualifizierung kann aufgrund der technischen Ausstattung praxisnah erfolgen. Hieraus ergeben sich vielfältige Möglichkeiten, den Wissens- und Technologietransfer effektiv zu gestalten.

Aus der Nutzung und dem weiteren Ausbau der dargestellten Stärken resultieren **Chancen**, die vor allem dann ergriffen werden können, wenn der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft erfolgt, wie von politischer Seite in Bundes- und Landesstrategien dargestellt. Im Zuge dessen würde die Nachfrage nach Bildungsangeboten steigen. Darauf gilt es mit der Fortsetzung von Angeboten, deren Koordinierung und des Austauschs von Erfahrungen zu reagieren. So können auch andere Regionen in Baden-Württemberg und deutschlandweit von den gemachten Erfahrungen profitieren.

Allerdings scheint die zunächst vorhandene Euphorie bzgl. des Auf- und Ausbaus der Wasserstoffwirtschaft aktuell aufgrund verschiedener Aspekte, wie dem Streichen von Fördermitteln, der Preisentwicklung von Elektrolyseuren oder der Debatte über Kosten-Nutzen-Abwägungen in der breiten Öffentlichkeit, nachzulassen. Dieser Aspekt stellt aktuell eine **Schwäche** dar und kann sich langfristig zu einer großen **Bedrohung** entwickeln, die die Entwicklung der Aktivitäten im Bildungssektor bremsen kann. Insofern sollten der eingeschlagene Pfad zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft bzw. zum Markthochlauf forciert, mindestens aber beibehalten werden. Zu den Schwächen zählt weiterhin, dass einige Bildungsakteure noch wenig in die Aktivitäten der Modellregionen eingebunden sind und Synergien somit nicht durchgängig gehoben werden können.

Tabelle 2: Überblick über Stärken, Schwächen, Gelegenheiten und Bedrohungen im Bereich Bildung in den Modellregionen

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none">• Angebote für verschiedene Zielgruppen und umfassende Erfahrungen mit der Umsetzung didaktischer Konzepte• Im Rahmen von H2-ToKnow Vernetzung und gute Koordinierung der Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none">• Abhängigkeit des Bildungssektors vom Erfolg der Wasserstoffwirtschaft – steigende Preise für z.B. Elektrolyseure verlangsamten Errichtung von Anlagen

<ul style="list-style-type: none"> • Mehrere Hochschulen und Forschungseinrichtungen in den Modellregionen mit Laboren für praxisnahe Ausbildung • Öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen und Kommunikationsmaßnahmen erprobt 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbaufähige Absprache zwischen Bildungsakteuren und fehlende Nutzung von Synergien • Kommunikative Maßnahmen im Außenraum bisher nur punktuell zu beobachten • Barrieren bei Nutzung der technischen Infrastruktur durch KMU
<p>Gelegenheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potenziell steigende Nachfrage nach Bildungsangeboten, wenn sich die Wasserstoffwirtschaft in verschiedenen Sektoren etabliert • Schnelle Reaktion auf eine steigende Nachfrage aufgrund vorhandener bzw. pilotierter Maßnahmen, Formate und Erfahrungen (nwendung in anderen Regionen) • Grundsätzliche Sensibilisierung im Umfeld der H2-Modellregionen für das Thema (Weiter-)Bildung (IHKn, HWKn, etc.) 	<p>Bedrohungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersättigung des Bildungssektors (im pessimistischen Szenario des Markthochlaufs): Zu viele, zu allgemeine oder zu spezifische Angebote • Allgemeine Verunsicherung über zukünftige Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft, ggfs. weniger Abnehmer und weniger Nachfrage nach Bildungsangeboten • Begrenzte budgetäre Möglichkeiten der Anschlussfinanzierung der Modellregionen (und darüberhinausgehend)

Quelle: eigene Zusammenstellung

3 Bedarfe und Qualifizierungsprofile in Baden-Württemberg

In der momentan noch sehr unsicheren Phase des Markthochlaufs ist es schwer abzuschätzen, inwiefern sich die Wasserstoffwirtschaft langfristig auf den Bereich Bildung auswirken wird.

Zur Frage, welche speziellen Qualifizierungen aktuell auf dem Arbeitsmarkt nachgefragt werden, kann eine Recherche nach Stellenanzeigen Aufschluss geben. Eine lückenlose Erfassung aller ausgeschriebenen Stellen würde zwar den besten Überblick ermöglichen, aber einen sehr großen Aufwand erfordern, da sehr viele Quellen wie die Stellenportale der Bundesagentur für Arbeit und privater Anbieter, Zeitungsinserte oder die Stellenausschreibungen auf Unternehmens- und sonstigen Organisationshomepages miteinbezogen werden müssten. Zudem stellt sich die Frage nach der Eingrenzung des Betrachtungszeitraums sowie der inhaltlichen Abgrenzung der relevanten Inserate.

Um den Rechercheaufwand in Grenzen zu halten und dennoch einen Einblick zu ermöglichen, wurden die ausgeschriebenen Stellen zum Thema Wasserstoff über einen Monat hinweg mittels Webscraping von einem Jobportal gesammelt und für die Analyse aufbereitet (Beschreibung des Vorgehens s. Box Methodik). Der so generierte Datensatz mit 195 Stellenanzeigen gibt darüber Auskunft, welche Kompetenzen von Organisationen welcher Branchen, und in welchen Bundesländern nachgefragt werden.

3.1 Methodik

Methodik

Stellenanzeigen des Anzeigenportals Stepstone, in denen der Suchbegriff "Wasserstoff" verwendet wird, wurden mithilfe eines Webscrapers gesammelt. Die Abfrage erfolgte im Juli 2024, jeweils montags für die vergangenen sieben Tage. Dabei wurden nur die Ergebnisse der ersten fünf Seiten, die mit diesem Suchbegriff angezeigt werden, berücksichtigt, um eine hohe Relevanz der gefundenen Stellen zu erzielen. Folgende Daten wurden erfasst: Titel der Stellenausschreibung, ausschreibende Organisation, Ort, Aufgaben sowie geforderte Qualifikation. Im nächsten Schritt wurden alle Stellenanzeigen gefiltert und überprüft, inwiefern das Thema Wasserstoff tatsächlich erwähnt wird. Hierbei wurden weitere Suchbegriffe wie Brennstoffzelle oder Elektrolyse berücksichtigt. Des Weiteren wurden doppelt oder mehrfach gefundene Stellenanzeigen gelöscht. Der mit dieser Herangehensweise erstellte Datensatz umfasst 195 Stellenanzeigen. Diese wurden ergänzt um Angaben zum Bundesland für den erstgenannten Arbeitsort und dem WZ-Code der ausschreibenden Organisation. Letztere Zuweisung erfolgte manuell. Darüber hinaus wurden die genannten Studiengänge unter Berücksichtigung der Fächersystematik des Statistischen Bundesamtes klassifiziert.

3.2 Ergebnisse der Qualifikationsbedarfe auf dem Arbeitsmarkt

Von den 195 enthaltenen Stellenanzeigen entfallen 33 auf Baden-Württemberg. Mit Blick auf die Wirtschaftszweige⁴ der betreffenden Unternehmen und sonstigen Organisationen sind deutschlandweit die meisten Stellenanzeigen dem Abschnitt Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen (M) zuzuordnen. Hierunter fallen außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie Dienstleister im Bereich Ingenieurwesen und Anbieter technischer, physikalischer und chemischer Untersuchungen (Abbildung 2). An zweiter Position folgt das Verarbeitende Gewerbe (C). In Baden-Württemberg zeigt sich dagegen ein leicht anderes Bild: Hier entfällt mit 13 Anzeigen eine Stellenausschreibung mehr auf das Verarbeitende Gewerbe als auf den Abschnitt M. Namentlich sind es insbesondere Stellenausschreibungen der Daimler Truck AG sowie der Bosch Gruppe, die dem Verarbeitenden Gewerbe zuzuordnen sind. Deutschlandweit folgen an dritter Stelle Unternehmen, die dem Abschnitt Energie- und Wasserversorgung zuzurechnen sind. Die Stellenausschreibungen aus dem Abschnitt Verkehr und Lagerei sind der Deutschen Bahn AG zuzuordnen. Bei den an fünfter Stelle folgenden Organisationen im Bereich der Erbringung von sonstigen Dienstleistungen (Abschnitt S) handelt es sich im Wesentlichen um Interessensvertretungen wie Verbände oder Kammern.

⁴ Gliederung gemäß der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) des Statistischen Bundesamtes. Auf Ebene der Abschnitte (Buchstaben) ist diese in 21 Kategorien untergliedert.

Abbildung 2: Stellenanzeigen nach Wirtschaftszweig (Anzahl)



Quelle: eigene Erhebung

Die größte Anzahl an Stellenanzeigen richtet sich an Personen mit Hochschulabschluss⁵ (Tabelle 3). Daneben suchen viele Arbeitgeber Personen mit einer Berufsausbildung im technischen Bereich. In einigen Fällen wird eine Berufsausbildung inkl. Meisterabschluss und mehrjährige Berufserfahrung einem Hochschulabschluss gleichgestellt. Darüber hinaus werden in den Stellenanzeigen Personen für duale Studiengänge oder für Praktika und als Werkstudierende gesucht.

Tabelle 3: Ausbildungsniveau (Anzahl und in % der Region)

	Dtld. ohne BW	BW	insgesamt
Praktikum, Duales Studium, Werkstudierende	11 (7%)	9 (27%)	20 (10%)
Berufsausbildung (inkl. Meister)	34 (21%)	7 (21%)	41 (21%)
Berufsausbildung oder Hochschulabschluss	25 (15%)	2 (6%)	27 (14%)
Hochschulabschluss (Bachelor o. Master, ohne Promotion)	87 (54%)	14 (42%)	101 (52%)
Hochschulabschluss oder Promotion	5 (3%)	1 (3%)	6 (3%)
insgesamt	162 (100%)	33 (100%)	195 (100%)

Quelle: eigene Erhebung

Die in den Stellenausschreibungen genannten Studienfächer sind überwiegend den Ingenieurwissenschaften zuzurechnen (Tabelle 4). Dies trifft insbesondere für die Stellenanzeigen in Baden-Württemberg zu: Hier werden neben technischen Fächern lediglich naturwissenschaftliche

⁵ Der Fokus auf akademische Stellenausschreibungen kann mit dem gewählten Portal Stepstone in Zusammenhang stehen.

Qualifikationen nachgefragt. In den anderen Bundesländern werden darüber hinaus Studienabschlüsse in den Bereichen Wirtschafts-, Rechts-, Politik-, Kommunikations- und Verwaltungswissenschaften nachgefragt.

In den Stellenanzeigen werden die Fachrichtungen, die den Ingenieurwissenschaften zuzurechnen sind, detailliert genannt. In Baden-Württemberg werden vor allem Arbeitskräfte mit Kenntnissen der Fächer Wirtschaftsingenieurwesen, Elektrotechnik, Verfahrenstechnik, Maschinenbau, Bauingenieurwesen, Mechatronik, Energietechnik, Chemieingenieurwesen, Fahrzeugtechnik oder Informatik gesucht.

Tabelle 4: Studienfachrichtung (Mehrfachnennungen möglich)

	Deutschland (ohne Baden-Württemberg)	Baden-Württemberg
Ingenieurwissenschaften	86	23
Wirtschaftswissenschaften	51	0
Rechtswissenschaften	7	0
Naturwissenschaften	6	5
Politikwissenschaften	6	0
Kommunikationswissenschaften	3	0
Verwaltungswissenschaften	1	0
Studium allgemein	0	1

Quelle: eigene Erhebung

Das hier angewendete Vorgehen ermöglicht einen Einblick in die von Unternehmen und anderen Organisationen nachgefragten Qualifikationen. Kritisch anzumerken ist, dass der Bezug zum Thema Wasserstoff unterschiedlich stark ist. Dies wird deutlich, wenn beispielsweise formuliert wird: "Neue Technologien wie z.B. Wasserstoff oder E-Mobility begeistern dich und du möchtest die Energiewende aktiv mit unterstützen". Nichtsdestotrotz hat der überwiegende Teil der Stellenanzeigen einen starken Bezug zum Thema Wasserstoff und liefert somit wichtige Informationen in Bezug auf Qualifizierungsbedarfe. Für Baden-Württemberg zeigt sich insbesondere ein Bedarf an Qualifizierungen in technischen/ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen – sowohl akademische Abschlüsse als auch Ausbildungsberufe.

4 Zielgruppenspezifische Handlungsoptionen

Basierend auf dem bisherigen Förderzeitraum der baden-württembergischen Modellregionen "Grüner Wasserstoff" lassen sich erste Handlungsempfehlungen ableiten, die den Akteuren offenstehen, um die umwelt-, energie- und strukturpolitische Förderung der Wasserstoffwirtschaft komplementär mit den Themen Bildung und Qualifizierung zu ergänzen. Das Ziel besteht darin, Kompetenzen und Qualifikationen bereitzustellen, die der erwartbaren Nachfrage auf dem baden-württembergischen Arbeitsmarkt Rechnung tragen. Es geht hierbei um alle Bildungstufen, wobei aufgrund der noch frühen Phase der Wasserstoffwirtschaft aktuell eher die höheren

Qualifikationsstufen nachgefragt werden (ab Stufe 5 gem. des Deutschen Qualifikationsrahmens). Weiterhin werden die beruflichen Weiterbildungsformate angesprochen (z.B. Fortbildung, Umschulungen Zusatzqualifikationen oder berufsbegleitende Weiterbildungen), die die vorhandene berufliche Vorbildung vertiefen oder erweitern.

Die abgeleiteten Handlungsempfehlungen richten sich analog zu den Analysen, speziell den Interviewergebnissen, an die unterschiedlichen Akteursgruppen, die für den Bereich berufliche Qualifikation, Aus- und Weiterbildung zuständig sind. Auch wenn sich der Fokus der Analyse naturgemäß auf die beiden Modellregionen richtete, lassen sich die Erkenntnisse durchaus auf andere regionale Systeme in Baden-Württemberg beziehen. Aufgrund der unterschiedlichen Zuständigkeiten haben wir auf eine Priorisierung der Maßnahmen bewusst verzichtet. Das vorliegende Dossier soll in diesem Sinne eine Grundlage für den weiteren Diskurs zum Thema "Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft" sein und erhebt zum jetzigen Zeitpunkt – also zweieinhalb Jahre nach Beginn der Förderung der Wasserstoff-Modellregionen – keinen Anspruch auf abschließende Vollständigkeit. Die Begleitforschung wird die Entwicklung in den nächsten eineinhalb Jahren weiter beobachten und das vorliegende Dossier basierend auf aktuellen Rechercheergebnissen ggf. fortschreiben.

4.1 Handlungsoptionen für die *Modellregionen* H2-Wandel und H2-GeNeSiS

Die beiden Modellregionen haben sich analog zu den ursprünglichen Anträgen in unterschiedlicher Art und Intensität mit dem Thema Bildung im Zusammenhang mit Wasserstoff beschäftigt. Die Aktivitäten reichen von einer institutionalisierten und projektfizierten Förderung der H2-Weiterbildung mit einer hohen Sichtbarkeit bei H2-Wandel (im Leuchtturm "H2-ToKnow") bis hin zu informellen bis losen Kontakten zu Bildungsinstitutionen und vereinzelt Aktivitäten unabhängig⁶ von der Förderung (bei H2-GeNeSiS). Unabhängig von den unterschiedlichen Vorgehensweisen der beiden Modellregionen, aber basierend auf den Erkenntnissen bei der bisherigen Umsetzung der Maßnahmen in H2-Wandel, schlagen wir folgende Handlungsoptionen vor, die perspektivisch für die Modellregionen in Frage kommen:

- Fortsetzung der Vernetzung mit den regionalen Bildungsakteuren

Ein Ziel der Modellregionen sollte darin bestehen, die weitere Zusammenarbeit mit den Bildungsakteuren in der Region zu verstetigen, um die Bildungsangebote und die Nachfrage der Unternehmen nach Kompetenzen und Qualifikationen kontinuierlich abzugleichen und Schlussfolgerungen daraus zu ziehen. Die Koordinatoren der Modellregionen sind aufgrund ihrer Funktion nach innen, in das Netzwerk, als auch nach außen Richtung Politik und Verwaltung hierfür prädestiniert. Es wird empfohlen, geeignete Formate und Methoden zu entwickeln, um die Möglichkeiten und Interessen der Bildungsinstitutionen (nicht zwingend mit Blick auf eine mögliche Förderung) im Hinblick auf Qualifikations- und Didaktikkonzepte regelmäßig zu erfassen und gleichzeitig die Bedarfe der regionalen Wirtschaft mitzudenken. Eine Projektifizierung von Bildungs- und Qualifizierungsaktivitäten wie in H2-Wandel ist dem Gedanken der Vernetzung

⁶ wobei dies eine enge Abstimmung mit der Modellregion nicht ausschließt (z.B. Führungen für Schulklassen am Stuttgarter Hafen und Hydrogen Hub mit einer Besucherplattform).

grundsätzlich zuträglich, da hierdurch der Austausch über die einzelnen Förderprojekte hinweg gewährleistet wird.

- Fortsetzung der Verankerung der Inhalte zum Thema Wasserstoff in Schulen, einschl. Lehrerfortbildung

Die gezielte Verankerung des Themas Wasserstoff in regionalen Schulen bzw. im Unterricht der Sekundarstufe II wurde in der Modellregion H2-Wandel verankert und entsprechend umgesetzt (im Rahmen des naturwissenschaftlichen Profils einzelner Gymnasien in der Region im Profulfach Naturwissenschaft und Technik (NwT)). Aufgrund der insgesamt guten bis sehr guten Erfahrungen hiermit schlagen wir die Fortsetzung der Aktivitäten in der Modellregion H2-Wandel sowie eine Übertragung auf andere Regionen und Gymnasien vor, um das Thema nachhaltig und flächendeckend zu verankern. Die Empfehlung schließt die Finanzierung von neuen Lehrmaterialien, didaktischen Innovationen und der Lehrerfortbildung mit ein. Durch die Ergänzung des Fachs NwT durch Themen rund um Wasserstoff, wird eine gezielte Sensibilisierung von Schülerinnen und Schülern sowie eine frühzeitige Qualifizierung im Zusammenhang mit der Vermittlung von Grundwissen bewerkstelligt. Vertreter:innen der Modellregionen könnten in diesem Zusammenhang weitere mögliche Schulen identifizieren, die das Thema ebenfalls als Bestandteil des Profulfachs NwT aufnehmen möchten, sowie bei der Moderation des Gesamtprozesses und bei der Einbettung in die regionale Strategie unterstützen.

- Weitere Institutionalisierung von Wasserstofflotsen

Wasserstofflotsen sind im Sinne der Modellregion H2-Wandel Ehrenamtliche, die am Zentrum für Wissenschaftliche Weiterbildung (ZAWiW) der Universität Ulm angesiedelt sind und das Thema grüner Wasserstoff in die interessierte Bürgerschaft tragen. Aufgrund der positiven Erfahrung mit den Wasserstofflotsen in Ulm ist nun die Ausbildung weiterer Wasserstofflotsen in Göppingen, Reutlingen und Tübingen geplant. Hilfreich hierfür ist es, an ein bestehendes Format wie das ZAWiW anknüpfen zu können (beispielsweise ein Technikforum o.ä.). Basierend auf diesem positiven Ansatz der Wasserstofflotsen in der Modellregion H2-Wandel schlagen wir vor, kreative Ideen zu entwickeln, wie der Ansatz in andere Regionen Baden-Württembergs übertragen und verstetigt werden kann. Aufgrund vergleichsweise geringer finanzieller Mittel zum Aufbau der Struktur (im Wesentlichen Koordination der Aktivitäten und Pflege des Netzwerks der Ehrenamtlichen), erscheinen das Konzept und die bis dato erzielten Erfolge interessant genug, um verschiedene Ziele kombiniert zu erreichen. Die Aufgabe eines regionalen Projektmanagements würde in der Initiierung und Moderation der Aktivitäten liegen.

- Ansiedlung von Stiftungslehrstühlen zum Thema Energiewende / Erneuerbare Energien

Stiftungslehrstühle stellen eine interessante Form der Integration der regionalen Wirtschaft in die Systeme Forschung und Lehre dar. Typischerweise werden Stiftungslehrstühle und -professuren von Unternehmen und Privatpersonen finanziert, um das Studienangebot zu erweitern und die Wirtschaft durch Forschungsergebnisse und qualifizierte Mitarbeiter zu unterstützen. Üblicherweise engagieren sich die Stifter bei der Definition der thematisch-fachlichen Ausrichtung der Lehrstühle an aktuellen technologischen und gesellschaftlichen Herausforderungen, zu denen beispielsweise die Energiewende zählt. Im Falle der Modellregionen könnte vor diesem Hintergrund perspektivisch über die Institutionalisierung von Stiftungslehrstühlen in den Themenfeldern Energiewende / Erneuerbare Energien nachgedacht werden, um Wissenschaft und Wirtschaft stärker als bisher zu einer langfristigen Zusammenarbeit zu bewegen. Der konkrete

Impuls und die Ausgestaltung würde faktisch zwar über die relevanten Hochschulen und die Stifter zu bewerkstelligen sein, die Modellregionen könnten aufgrund ihrer regionalen Kontakte und Netzwerke allerdings eine wichtige begleitende Rolle übernehmen.

- Events und Veranstaltungen organisieren (z.B. "Woche des Wasserstoffs")

Ergänzend zu den Bildungsformaten im engeren Sinne schlagen wir vor, weiterhin gezielt regionale Events und Veranstaltungen zu organisieren, um die interessierte (Fach-)Öffentlichkeit zu informieren und Grundwissen zur Herstellung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff zu vermitteln. Erfahrungsgemäß eignen sich bei neuen und komplexen (sowie riskanten) Technologien anschauliche und niedrigschwellige Formate des "Erlebarmachens" sehr gut, um mögliche Bedenken und Ängste abzubauen. Die Modellregionen könnten aufgrund ihrer Funktion, ihrer Netzwerke und Sichtbarkeit in ihren Regionen bei der Organisation und Durchführungen solcher Events eine zentrale Rolle spielen und für eine Verstetigung und mediale Aufbereitung sorgen.

4.2 Handlungsoptionen für die Hochschulen und Forschungseinrichtungen (in den Modellregionen und darüber hinaus)

Neben den Modellregionen als strukturierte Netzwerke können auch die regionalen Hochschulen und Forschungseinrichtungen Aktivitäten entfalten, die auf (Weiter-)Bildungsthemen, -angebote und Abschlüsse sowie deren Kommunikation nach außen abzielen. Hierbei können grundsätzlich drittmittelbasierte und projektifizierte Aktivitäten in Betracht kommen, wie bei einzelnen Vorhaben in den Modellregionen praktiziert, oder als Teil der curricularen Verankerung in der Lehre und damit einhergehend komplementär zu spezifischen Forschungsaktivitäten. Vor diesem Hintergrund und mit Blick auf die Erhöhung des Angebots von Absolvent:innen mit Kompetenzen im Bereich Wasserstoff schlagen wir folgende Handlungsoptionen vor:

- Inhalte zum Thema Wasserstoff stärker in die grundständige Lehre integrieren und entsprechende Abschlüsse ermöglichen (Bachelor & Master)

Das Ziel dieser Maßnahme sollte darin bestehen, das Thema Wasserstoff in seiner ganzen Breite stärker als bisher in die grundständige Lehre zu verankern und speziell über Vertiefungen in den Master-Studiengängen zu adressieren. Neben den prädestinierten technisch-ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen (MINT-Fächer) sind weiterhin auch die komplementären nicht-technischen Fachrichtungen im Blick zu behalten. Die konkreten Formate sollten von den Hochschulen selbst entwickelt werden, wobei Pflicht- oder Wahlpflichtveranstaltungen in Frage kommen. In den Modellregionen hat sich beispielsweise die Hochschule Esslingen mit dem berufsbegleitenden Studiengang Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien (Abschluss: M.Eng.) profiliert. Die Technische Hochschule Ulm bietet ähnliche Veranstaltungen am Institut für Energietechnik und Energiewirtschaft an (zu den Themen: Energiespeicher, Wasserstoff und Brennstoffzellen). Das Institut für Gebäudetechnik, Thermotechnik und Energiespeicherung der Universität Stuttgart bietet im Spezialisierungsfach Gebäudeenergetik eine Vorlesung zum Thema Wasserstofftechnologie an.

- Angebote im Bereich der beruflichen Weiterbildung ausbauen

Mit Blick auf die gezielte Weiterbildung und -qualifizierung von Beschäftigten schlagen wir – analog zu o.g. Empfehlung – einen Ausbau des Angebots im Bereich Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien an den Hochschulen Baden-Württembergs vor. Entsprechende Formate

sind das berufsbegleitende Studium, Gasthörerstudium (Studium generale) oder öffentliche Veranstaltungen und Vorträge. Wie auch bei anderen berufsbegleitenden Weiterbildungsangeboten sollten mindestens einzelne Module sowie der Master-Abschluss angeboten werden. Da die berufsbegleitenden Weiterbildungsstudien in der Regel zu Vollkosten angeboten werden, die vom Arbeitgeber übernommen werden, ist über eine direkte oder indirekte Kompensation der Kosten durch die Landesregierung – beispielsweise über Gutscheinmodelle – nachzudenken. Neben dem oben genannten Beispiel der Hochschule Esslingen ist in den Wasserstoff-Modellregionen weiterhin das Zentrum für Allgemeine Wissenschaftliche Weiterbildung (ZAWIW) der Universität Ulm mit der berufsbegleitenden (informellen) Veranstaltungsreihe H2-Pioniere in Erscheinung getreten.

- Bereitstellung und Ermöglichung der Nutzung der technischen Infrastruktur an Hochschulen und Forschungseinrichtungen für Unternehmen

Die Hochschulen und Forschungseinrichtungen sollten in die Lage versetzt werden, stärker als bisher Unternehmen die Möglichkeit zur Nutzung technischer Anlagen und Infrastruktur anzubieten. Erfahrungsgemäß können speziell forschungsnahe KMU nicht alle benötigten technischen Anlagen selbst vorhalten, insbesondere wenn es um neue und kostenintensive Apparaturen geht, die für Forschung und Entwicklung notwendig sind. Aufgrund der generell hohen Investitionskosten für Unternehmen im Bereich Wasserstoff wäre mit der Öffnung der Hochschulen und Forschungseinrichtungen für die (kooperative) Nutzung der Anlagen ein großer kosteneffizienter Mehrwert verbunden. Hier gilt es administrative und organisatorische Erleichterungen zu schaffen und die bestehenden Hemmnisse abzubauen, um für KMU entsprechende Anreize zu schaffen. Konkret ginge es um die Möglichkeit Analysen, Testreihen, Demonstrationsvorhaben oder die technische Machbarkeit im Bereich Prozess- und Produktinnovationen im Bereich Wasserstoff durchzuführen. Ergänzt werden könnte die Ermöglichung der Nutzung von technischen (Groß-)Anlagen durch eine (anteilige) Förderung der anfallenden Kosten.

- Schaffung von Koordinatoren und Fachberatern für das Bildungsthema im Bereich Wasserstoff

Zwecks Intensivierung der Teilnahme an entsprechenden Studiengängen schlagen wir den Ausbau von Kapazitäten zur Beratung von Studierenden an den Hochschulen vor. Die Etablierung von Fachberatern und Koordinatoren würde sich sowohl auf das erstmalige Einschreiben für einen Studiengang als auch für die bereits jetzt oftmals obligatorische Beratung bei einem Wechsel von einem grundständigen Studiengang (Bachelorstudiengang) in einen anderen Studiengang beziehen. Der Vorteil besteht für Studierende in der Vermittlung von Informationen zu den Themen Studienplanung, Studien- und Lernorganisation, Schwierigkeiten in sensiblen Studienphasen und Studienabbruch. Gerade in einem nicht ausschließlich den Ingenieurwissenschaften zuzuordnenden Thema wie Wasserstoff kommt es darauf an, interessierten Studienanfängern die Breite der Themen und Möglichkeiten zu vermitteln.

- Initiierung eines regelmäßigen Austauschs mit regionalen Akteuren, speziell den Modellregionen zu H2-bezogenen Bildungs- und Weiterbildungsthemen

Die Hochschulen und Forschungseinrichtungen in den Modellregionen und darüber hinaus sollten über geeignete Formate nachdenken, um einen regelmäßigen Informationsaustausch mit den weiteren regionalen Wasserstoffakteuren herzustellen. Das Ziel solcher Austauschformate besteht in der Notwendigkeit eines kontinuierlichen Monitorings der technischen Entwicklungen

in der Wirtschaft und der kommenden Qualifizierungsbedarfe. Generell sind intermediäre Umfeldakteure wie die Kammern, regionale Agenturen, die Wirtschaftsförderung oder die Cluster und Netzwerke prädestiniert für diese Art der Übersetzungsfunktion, da es bei vielen Intermediären zu den Kernaufgaben gehört, die Herausforderungen und Bedarfe der Unternehmen zu adressieren und spezifische Lösungsmöglichkeiten anzubieten. Beispielsweise besteht beim HyLab der Gewerbeschule Backnang kein Kontakt zur Modellregion H2-GeNeSiS, obwohl die beiden Städte Backnang und Stuttgart geographisch nah beieinander liegen, und sich auch im Bildungsbereich thematische Synergien ergeben könnten. In diesem Fall könnte die Aufnahme und Intensivierung des Austauschs zur Abstimmung über Inhalte und Themen vielversprechend sein, auch hinsichtlich des in Stuttgart entstehenden Green Hydrogen Hubs. Vereinzelt herrscht jedoch bereits reger Austausch, so etwa bei zwei Bildungsakteuren, die beide Wasserstoffkurse anbieten. Die beiden Ansprechpartner*innen leiten eingehende Anfragen entsprechend weiter: Ist die Anfrage für den allgemeinen Anbieter zu spezifisch, wird sie zum spezialisierten Wasserstoff-Institut geleitet. Ist die Anfrage nach Wasserstoff-Wissen eher grundlegender Natur, leitet das eher spezialisierte Institut die Anfrage entsprechend an das allgemein unterrichtende Institut weiter, das diese Anfragen besser abdecken kann.

4.3 Handlungsoptionen der (Landes-)Politik und -verwaltung

Politik und Verwaltung kommt bei der Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft auf allen Ebenen sowie in mehreren Politikbereichen eine zentrale Rolle zu. Dies bezieht sich neben umwelt-, klima- und wirtschaftspolitischen, auch auf bildungspolitische Themen und Maßnahmen. So werden im Rahmen der Förderung der baden-württembergischen Modellregionen (und darüberhinausgehend) – komplementär zum Aus- und Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur – auch spezifische Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen finanziert (s.o.). Diese Maßnahmen und Ansätze gilt es in Baden-Württemberg weiter voranzutreiben sowie neue Instrumente zu entwickeln.

- Den eingeschlagenen Pfad zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft forcieren

Anbieter von Weiterbildungsformaten nehmen aktuell eine Verunsicherung bzgl. der zukünftigen Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft bei Unternehmen wahr. Auch in der öffentlichen Debatte, wird der Nutzen von Wasserstoffprojekten teilweise in Frage gestellt. Dies führt dazu, dass Unternehmen bei Investitionsentscheidungen zurückhaltend reagieren, und schwächt die Nachfrage für Weiterbildungsangebote. Um die bisher entstandenen Aktivitäten nicht zu konterkarieren, ist deshalb weiterhin eine klare Formulierung von Zielen zum Ausbau der Wasserstoffwirtschaft und Flankierung dieser mit politischen Maßnahmen notwendig.

- Horizontale Abstimmung und Koordinierung zwischen den zuständigen Instanzen im Land

Um die zukünftigen Schwerpunkte der H2-bezogenen Bildungspolitik zu koordinieren und einem möglichen Fachkräftemangel, speziell in den ingenieurwissenschaftlichen Studienabschlüssen, aber auch den technischen Ausbildungsgängen, entgegenzuwirken, bedarf es einer horizontalen Koordination zwischen den beteiligten Ressorts, um eine Bildungspolitik im Wasserstoffbereich "aus einem Guss" sicherzustellen. Die aktuelle Kampagne Baden-Württembergs "The Chance" sollte diesbezüglich ebenfalls eine Rolle spielen, um den Fachkräftemangel insgesamt, aber auch bezogen auf benötigte Kompetenzen im Wasserstoffbereich zu adressieren und Baden-Württemberg im Ausland als Standort für Wasserstoff zu positionieren.

- Finanzierung der laufenden Projekte und Vorhaben mit Wasserstoffbezug sicherstellen

Im Rahmen der laufenden Landesförderung wurden bereits gute Erfahrungen mit einzelnen Projekten und Aktivitäten gemacht, die dezidiert auf Qualifizierungs- und Bildungsangebote und -formate abzielen (s.o.). Diese gilt es weiterzuführen, um Kontinuität und Transfer guter Erkenntnisse und Erfahrungen in der Entwicklung und Umsetzung von Bildungs- und Qualifizierungsformaten zu gewährleisten. Es geht somit um die weitere Mobilisierung von Projektmitteln mittels derer wie bisher Weiterbildungsträger, Projektaktivitäten, Kurse und Dozenten finanziert werden können, die entsprechende H₂-bezogene (Weiter-)Bildungsinhalte anbieten (Personal- und Sachmittel). Um einen möglichst effizienten Mitteleinsatz zu gewährleisten, sollte zuvor eine Evaluierung der abgeschlossenen Maßnahmen erfolgen, um bessere Steuerungsinformationen zur Verfügung zu haben.

- Gesetzliche Vorgaben auf den Prüfstand stellen und administrative Barrieren abbauen

Die (Bildungs-)Politik sollte Maßnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass die rechtlichen Rahmenbedingungen so gestaltet sind, dass Betriebe und Unternehmen entsprechend ihrer Bedürfnisse die nötige Rechtssicherheit zur Einstellung von Fachkräften (im H₂-Bereich) und darüber hinausgehend, zum Betreiben von Elektrolyseuren und die Nutzung von Wasserstoff generell, haben. Zu denken ist beispielweise an die Absicherung der Arbeitgeber im Rahmen erhöhter (Sicherheits-)Risiken bei der Produktion oder der Nutzung von Wasserstoff (Unfallversicherung). Weitere existierende Vorgaben sind auf den Fall des Wasserstoffs zu prüfen und ggf. anzupassen.

- Fortlaufende Prüfung der Anpassungsbedarfe bei Aus- und Weiterbildungsangeboten

Wie eingangs dargestellt, zeichnet sich aktuell kein Bedarf an grundsätzlich neuen Ausbildungsberufen ab. Dennoch ist die Vermittlung von Grundlagenwissen während der Berufsausbildung sowie spezialisierte Weiterbildungsangebote für bestimmte Anwendungsfelder sehr wichtig. Vor diesem Hintergrund regen wir auch die Intensivierung der Kooperation zwischen den Industrie- und Handelskammern und den betroffenen Industrieunternehmen in Baden-Württemberg an, um Anpassungsbedarfe und Bedarfe zur Neukonzipierung von Aus- und Weiterbildungsangeboten sowie Umschulungs- und Teilqualifikationen fortlaufend zu monitoren und Änderungen entsprechend voranzutreiben. Diese sind darauf auszurichten, alle Beschäftigten bestmöglich auf die Veränderungen, die die Transformation im Arbeitsalltag mit sich bringt, vorzubereiten.

- Möglichkeiten zur Kompensation der Kosten von Unternehmen für die berufliche Qualifizierung und Weiterbildung prüfen

Auf die von der Transformation zu einer Wasserstoffwirtschaft betroffenen Unternehmen kommen absehbar größere Herausforderungen zu, die es wirtschaftspolitisch zu mildern gilt. Auch die auf der technologischen Seite den H₂-bezogenen Wandel vorantreibenden Unternehmen werden diesen nicht ohne Risiken bewerkstelligen können. Qualifizierte Mitarbeitende, die ggf. weiter zu qualifizieren sind, stellen einen wesentlichen Ansatzpunkt der Unternehmen im Strukturwandel bzw. der Transformation dar. Insofern sind Maßnahmen zu entwickeln, die die Unternehmen kostenseitig bei Bildungsmaßnahmen entlasten. Zu denken ist beispielweise an Gutscheinmodelle, die Unternehmen in Anspruch nehmen können, um ihre Mitarbeitenden zu beruflichen Weiterbildungsmaßnahmen zu entsenden. Gutscheine sind insofern wettbewerbskonform, als Unternehmen selbst den passenden Anbieter im Bereich der beruflichen Weiterbildung auswählen können.

5 Gesamtfazit & Ausblick

Dieser Bericht betrachtete die bisherigen Bildungs- und Qualifizierungsaktivitäten der beiden Modellregionen H2-GeNeSiS sowie H2-Wandel. Basierend auf den bisherigen Förderphasen der Wasserstoff-Modellregionen in Baden-Württemberg wurden Handlungsempfehlungen zur Integration von (beruflicher) Bildung und Qualifizierung in die Förderung der Wasserstoffwirtschaft abgeleitet. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass eine Vielzahl an Bildungsinstitutionen im Bereich Wasserstoff tätig ist. Gleichzeitig zeigt sich in der H2-Wandel Region insgesamt eine höhere Relevanz von H2-bezogenen Bildungsaktivitäten, die im ursprünglichen Konzept entsprechend stärker gewichtet wurden. Dies könnte jedoch der Struktur der beiden Modellregionen geschuldet sein, da H2-Wandel in verschiedene geographische Leuchttürme unterteilt ist, während sich H2-GeNeSiS auf die Region Stuttgart konzentriert. In den Gesprächen mit verschiedenen Bildungs-Stakeholdern trat während der letzten zweieinhalb Jahre mitunter Ernüchterung auf: Waren die angebotenen Bildungskurse anfangs noch gut ausgebucht, sahen sich die jeweiligen Institute in folgenden Kursen mit fallenden Teilnehmendenzahlen konfrontiert. Die sinkende Nachfrage könnte die Folge einer ersten erfolgreichen Bildungswelle, die eine Sättigung nach sich zieht, oder aber ein Zeichen für eine generelle Stagnation des Interesses an Wasserstoff widerspiegeln.

Ziel ist es daher, Qualifikationen bereitzustellen, die der spezifischen Nachfrage auf dem Arbeitsmarkt entsprechen, insbesondere in höheren Bildungsstufen und beruflicher Weiterbildung. Schwerpunkte liegen auf der Vernetzung mit Bildungsakteuren, der Verankerung von Wasserstoffthemen in Schulen, der Institutionalisierung von Wasserstofflotsen, der Ansiedlung von Stiftungslehrstühlen und der Organisation von Veranstaltungen zur Sensibilisierung und Wissensvermittlung. Die Modellregionen könnten hierbei als Schnittstelle zwischen Wirtschaft, Bildung und Politik agieren und die Umsetzung dieser Maßnahmen moderieren.

Darüber hinaus wird empfohlen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen stärker in Bildungs- und Weiterbildungsinitiativen einzubinden. Dies umfasst die Integration von Wasserstoffthemen in die grundständige Lehre (Bachelor und Master), den Ausbau berufsbegleitender Weiterbildungsangebote und die Förderung von Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Dabei können spezifische Studiengänge wie Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien eine zentrale Rolle spielen. Die finanzielle Unterstützung durch die Landesregierung, etwa in Form von Gutscheinen, könnte die Teilnahme an diesen Programmen erleichtern. Insgesamt sollen diese Maßnahmen dazu beitragen, die Wasserstoffwirtschaft nachhaltig zu stärken und Kompetenzen für die Energiewende zu fördern.

6 Literatur

- Felkl, Thomas (2023): Sektoranalyse der Chemie- und Raffinerieindustrie. eine Untersuchung im Rahmen des Projekts "H2PRO: Wasserstoff - Ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende". Bonn. Online verfügbar unter https://res.bibb.de/vet-repository_781297.
- Hiller, Barbara (2023): 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". Bonn. Online verfügbar unter https://res.bibb.de/vet-repository_781324.
- Hochschule Esslingen: Studiengangsflyer Master Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie. Online verfügbar unter https://www.hs-esslin-gen.de/fileadmin/media/Studiengange_NEU/Master_berufsbegleitend/Wasserstoff_und_Brennstoffzellentechnologie/GC_Studienflyer_Wasserstoff_Brennstoff.pdf.
- Ronsiek, Linus; Schneemann, Christian; Mönning, Anke; Samray, David; Schoer, Jan Philipp; Schur, Alexander; Zenk, Johanna (2024): Arbeitskräftebedarf und Arbeitskräfteangebot entlang der Wertschöpfungskette Wasserstoff. Szenario-v2.1. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Nürnberg (IAB-Forschungsbericht, 7/2024). Online verfügbar unter <https://hdl.handle.net/10419/298662>.
- Samray, Davi; Schur, Alexander (2024): Angebote zur beruflichen Weiterbildung im Themenbereich Wasserstoff. In: *BWP* 53 (4), S. 56–57.
- Schneider, Maximilian (2023): Sektoranalyse: Wasserstoff im Verkehrssektor - eine erste Bestandsaufnahme zu technologischen Veränderungen und neuen Anforderungen in der Fachkräftequalifizierung. Bonn. Online verfügbar unter https://res.bibb.de/vet-repository_781261.
- Schur, Alexander; Mönning, Anke; Ronsiek, Linus; Schneemann, Christian; Schoer, Jan Philipp; Zenk, Johanna (2023): Arbeitskräftebedarf und Arbeitskräfteangebot entlang der Wertschöpfungskette "Wasserstoff" : Abschlussbericht der ersten Projektphase. Bonn. Online verfügbar unter https://res.bibb.de/vet-repository_781481.
- Wald, Mareike (2022): Berufliche Qualifikation in der Wasserstoffindustrie. Recherche und Katalogisierung von Berufsbildern sowie Kompetenzen für eine proaktive Qualifizierung in der Wasserstoffökonomie in den fünf ostdeutschen Bundesländern. Hg. v. Hypos und Zentrum digitale Arbeit.
- Zinke, Gert (2022): Sektoranalyse: Erzeugung, Speicherung und Transport von Wasserstoff. eine Untersuchung im Rahmen des Projekts "H2PRO: Wasserstoff – ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende". Online verfügbar unter https://res.bibb.de/vet-repository_780890.

Die Reihe "Arbeitspapiere Unternehmen und Region" präsentiert Forschungsergebnisse der Abteilung "Politik und Gesellschaft" des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe. Alle Veröffentlichungen dieser Reihe finden sich hier:

<https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/politik-gesellschaft/publikationen/unternehmen-region.html>

Nr.	Autor:innen	Titel
R2/2025	Thomas Stahlecker Esther Schnabl Wiebke Baumann Nico Ulmer Sophie Lohmann Catrice Christ	Die baden-württembergischen Modellregionen Grüner Wasserstoff im Kontext Bildung & Qualifizierung
R1/2025	Florian Wittmann Esther Schnabl Andrea Zenker	Structural change through innovation new elements in funding guidelines
R2/2022	Hendrik Hansmeier Knut Koschatzky Andrea Zenker Thomas Stahlecker	Transformative Entwicklungsprozesse in strukturschwachen Regionen des Wandels
R1/2024	Florian Wittmann Esther Schnabl Andrea Zenker	Structural change through innovation new elements in funding guidelines
R2/2022	Hendrik Hansmeier Knut Koschatzky Andrea Zenker Thomas Stahlecker	Transformative Entwicklungsprozesse in strukturschwachen Regionen des Wandels
R1/2022	Knut Koschatzky Hendrik Hansmeier Esther Schnabl Thomas Stahlecker Florian Wittmann Andrea Zenker	Transformative Entwicklungsprozesse in strukturschwachen Regionen des Wandels
R1/2020	Henning Kroll Knut Koschatzky	Potentials and role of peripheral or weakly structured regions in national innovation systems
R1/2019	Knut Koschatzky Henning Kroll	Innovationsbasierter regionaler Strukturwandel – Strukturschwache Regionen in Deutschland

Nr.	Autor:innen	Titel
R3/2018	Thomas Stahlecker Knut Koschatzky Henning Kroll	Innovationsbasierter regionaler Wandel in Europa - Herausforderungen und politischer Handlungsrahmen in unterschiedlichen regionalen Kontexten
R2/2018	Knut Koschatzky Henning Kroll Mirja Meyborg Esther Schnabl Thomas Stahlecker	Politische Maßnahmen zur Unterstützung von innovationsbasiertem regionalen Strukturwandel
R1/2018	Knut Koschatzky	Innovation-based regional structural change – Theoretical reflections, empirical findings and political implications
R2/2017	Knut Koschatzky	A theoretical view on public-private partnerships in research and innovation in Germany
R1/2017	Henning Kroll	The Challenge of Smart Specialisation in less favoured Regions
R3/2016	Henning Kroll Niclas Meyer	Analysing FP7 from a Systemic Perspective What Role for the Delineation and the Set up of the Sub-Programmes?
R2/2016	Henning Kroll	Supporting New Strategic Models of Science-Industry R&D Collaboration – A Review of Global Experiences
R1/2016	Henning Kroll	Understanding the "Regional Policy Mix" – A Classification and Analysis of European Regions' Support Policies
R2/2015	Knut Koschatzky Henning Kroll Mirja Meyborg Thomas Stahlecker Anne Dwertmann Monika Huber	Public-private partnerships in Research and Innovation – Case studies from Australia, Austria, Sweden and the United States
R1/2015	Henning Kroll	Exploring Pathways of Regional Technological Development in China through Patent Analysis

Bestelladresse (Printexemplar):

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48 | 76139 Karlsruhe

Tel. +49 / 721 / 6809-217 / -219

E-Mail: bibl@isi.fraunhofer.de