



## **Skills Development for Hydrogen Economies – Damit aus einer Wasserstoffstrategie eine Wasserstoff-(weiter)bildungsstrategie wird**

Léna Krichewsky-Wegener, Sebastian Abel, Marc Bovenschulte

Léna Krichewsky-Wegener, Sebastian Abel, Marc Bovenschulte

## Skills Development for Hydrogen Economies – Damit aus einer Wasserstoffstrategie eine Wasserstoff(weiter)bildungsstrategie wird

### Hintergrund

In der im Juni 2020 veröffentlichten Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS)<sup>1</sup> geht die Bundesregierung davon aus, dass angesichts der drängenden Klimaproblematik die Nachfrage nach Wasserstoff mittel- bis langfristig steigen wird. Aufbauend auf Maßnahmen wie dem Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie und zukünftig mit zusätzlichen Mitteln aus dem Corona-Konjunkturpaket und beispielsweise den „Reallaboren der Energiewende“ werden folgerichtig erhebliche Anstrengungen unternommen, um praxisnahe Technologien, Verfahren und neue Anwendungsfelder zu entwickeln, die zusätzlich zu den bisherigen Pfaden wie etwa den von Brennstoffzellen angetriebenen Fahrzeugen genutzt werden können. Gefördert wird all dies mit öffentlichen Mitteln in Höhe von rund 9 Milliarden Euro.

Angesichts der Breite der Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff, die schon heute und somit in „traditionellen“ Anwendungskontexten von der chemischen Synthese über die Nahrungsmittelindustrie und Metallerzeugung bis hin in die Elektronikindustrie reicht, ist mit einer begründeten Berechtigung zu erwarten, dass sich Wasserstofftechnologien in einer klimaneutralen Industrie zu einer Querschnittstechnologie vergleichbar der Digitalisierung entwickeln können. Dabei kann Wasserstoff neben einer unmittelbaren Nutzung in unterschiedlichen Anwendungsgebieten aufgrund seiner hohen Speicher- und Transportfähigkeit

auch eine wachsende Bedeutung für die Systemintegration von erneuerbaren Energien erlangen.<sup>2</sup> Aus Sicht der treibenden Klimaargumente kommt hierfür ausschließlich grüner und somit aus erneuerbaren Energien gewonnener Wasserstoff in Frage, wobei für einen industriellen, großskaligen Hochlauf für eine gewisse Übergangszeit vermutlich auch andere Quellen zum Einsatz kommen (müssen).<sup>3</sup>

Mit Blick auf die absehbaren Entwicklungen der Wasserstoffwirtschaft bieten Roadmaps wie die in Abbildung 1 gezeigte einen Handlungsrahmen für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Deutlich wird dabei, dass bereits innerhalb eines Jahrzehnts ein deutlicher Schritt hin zu einer in Teilen wasserstoffbasierten und damit klimafreundlicheren Energiewirtschaft, Mobilität (in Ergänzung zur Elektromobilität<sup>4</sup>) und auch Industrie möglich ist.

Ähnlich wie in anderen transformativen technologischen Entwicklungen ist auch bei den Wasserstofftechnologien zu beobachten, dass diese gegenwärtig weltweit eine hohe Aufmerksamkeit erfahren und somit im Spannungsfeld aus Kooperation und Wettbewerb signifikante Sprünge zu erwarten sind. Wasserstoffstrategien wie die der Bundesregierung existieren (oder sind in Vorbereitung) dabei sowohl auf Ebene von Bundesländern (zum Beispiel Bremen-Hamburg-Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Bayern, Baden-Württemberg), auf europäischer Ebene als auch international (zum Beispiel Japan seit 2017, China seit 2016, USA mit Vorläufern seit 2005<sup>5</sup>).

1 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg., 2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Die Bundesregierung – online unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=16](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=16)

2 Hebling, C.; Ragwitz, M.; Fleiter, T.; Groos, U.; Härle, D.; Held, A.; Jahn, M.; Müller, N.; Pfeifer, T.; Plötz, P.; Ranzmeyer, O.; Schaadt, A.; Sensfuß, F.; Smolinka, T.; Wietschel, M. (2019): Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland. Fraunhofer-Gesellschaft, S. 1 – online unter [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/2019-10\\_Fraunhofer\\_Wasserstoff-Roadmap\\_fuer\\_Deutschland.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/2019-10_Fraunhofer_Wasserstoff-Roadmap_fuer_Deutschland.pdf)

3 Schlögl, R.; Lösch, H. (2020): Wasserstoff ist das Öl der Zukunft. Gastkommentar im Handelsblatt vom 07.05.2020 – online unter <https://www.handelsblatt.com/meinung/gastbeitraege/gastkommentar-wasserstoff-ist-das-oel-der-zukunft-/25807356.html?ticket=ST-3570600-VZpYbRZ0SurXO7gV6gV4-ap5>

4 Spitzner, E.-C.; Bösche, E.; Coskina, P.; Cordeiro, S.; Kleemann, J. (2020): Wasserstoff - Rohstoff der Zukunft?! iit perspektive Nr. 52 – online unter [https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/wasserstoff-rohstoff-der-zukunft/at\\_download/download](https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/wasserstoff-rohstoff-der-zukunft/at_download/download)

5 Für eine Übersicht über ausgewählte Wasserstoffstrategien siehe Albrecht, U.; Bünger, U.; Michalski, J.; Raksha, T.; Wurster, R.; Zerhusen, J. (2020): Internationale Wasserstoffstrategien – Executive Summary. Ludwig Bölkow Systemtechnik im Auftrag des Weltenergieerats – online unter [https://www.weltenergieerat.de/wp-content/uploads/2020/11/WEC\\_H2-Strategie\\_Executive-Summary\\_DE\\_final.pdf](https://www.weltenergieerat.de/wp-content/uploads/2020/11/WEC_H2-Strategie_Executive-Summary_DE_final.pdf)

|             |                           | 2020   | 2030 |  | langfristig |
|-------------|---------------------------|--|------|--|-------------|
| Skills      | Beruflich                 | Bildungsstandards parallel zu technischen Standards<br>Inventarisierung von Bedarfen und Potenzialen<br>Zertifikate und Zusatzqualifikationen<br>Weiterbildung: Module für Upskilling<br>Grundständige Ausbildung  |      |  |             |
|             | Akademisch                | Industrial Processing<br>Übergänge beruflich-akademisch<br>MSc./PhD Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie<br>Bachelor Brennstoffzelle<br>Bachelor Elektrolyse<br>Weitere Ausdifferenzierung<br>Bachelor/Master H <sub>2</sub> -Systemtec  |      |  |             |
| F&E         | H <sub>2</sub> -Erzeugung | H <sub>2</sub> -Speicher: Technologie- und Produktionsforschung<br>Errichtung Nationaler Technologieplattformen  |      |  |             |
|             | Technologie               | Onesite H <sub>2</sub> -Erzeugung Tankstellen<br>Methanpyrolyse<br>Flexibilisierung Chlor-Alkali-Elektrolyse<br>Luftabscheidung CO <sub>2</sub><br>Lastmanagement in Stahlerzeugung<br>Reduzierung PGM-Bedarf für Katalysatoren in der PEM-Elektrolyse<br>Weiterentwicklung Fischer-Tropsch-Synthese und Methanolsynthesen<br>Systemkomponenten<br>Ammoniak als Treibstoff für Schiffe<br>Protonenleitende Membran<br>Edelmetallarme Katalysatoren<br>Erhöhung Lebensdauer HT-Elektrolyse<br>Erhöhte Betriebstemperaturen für NT-Elektrolyse |      |  |             |
| Markt       | Nachfrage                 | 4–20 TWh H <sub>2</sub> in DE<br>6 Mt DRI Rohstahl (6 THw H <sub>2</sub> )<br>250–800 TWh H <sub>2</sub> in DE<br>20–30 Mt DRI Rohstahl (38–56 TWh H <sub>2</sub> )  |      |  |             |
|             | Erzeugungskapazität       | 1–5 GW in DE<br>50–80 GW in DE   |      |  |             |
|             | Anwendung                 | 1 Mio. Pkw, 5.000 Lkw<br>10 Mio. Pkw, 0,2 Mio. Lkw<br>Einsatz EE-H <sub>2</sub> für Hydrocracking<br>EE-H <sub>2</sub> für Ammoniak<br>Großtechnische Umsetzung, Ersatz bestehender Prozesse<br>100 Pkw-Tankstellen<br>400 Pkw-Tankstellen<br>Aufbau Lkw-Tankstellen<br>Pilotbetrieb H <sub>2</sub> -Pipelines<br>1.000 Pkw-Tankstellen<br>Ausbau H <sub>2</sub> -Pipelines<br>5.000 Pkw-Tankstellen   |      |  |             |
| Technologie | Erzeugung                 | AEL<br>PEM<br>H <sub>2</sub> als Vorprodukt für synthetische Kraftstoffe<br>SOEC   |      |  |             |
|             | Anwendung                 | Kleinserien Pkw, Lkw<br>Großserien Pkw, Lkw<br>EE-H <sub>2</sub> für Ammoniak<br>Bau industrieller Erzeugungsanlagen<br>Sukzessive Marktdurchdringung CO <sub>2</sub> -freien Wasserstoffs aus Elektrolyse<br>Einkopplung von EE-H <sub>2</sub> in bestehende Industrie-Prozesse<br>DRI mit Erdgas<br>Elektrisch beheizte Reformierung von CO <sub>2</sub> und H <sub>2</sub> O aus Erdgas<br>DRI mit regenerativem H <sub>2</sub><br>CO <sub>2</sub> -Kreislauf<br>Luftabscheidung CO <sub>2</sub>  |      |  |             |
| Politik     | Marktreize                | Förderung H <sub>2</sub> im Verkehr<br>Investitionssicherheit schaffen<br>Nischenmärkte schaffen (z. B. öffentliche Beschaffung)<br>Steuern und Abgaben anpassen<br>Förderung: CO <sub>2</sub> -Preis<br>Emissionsabhängige Maut für Lkw   |      |  |             |
|             | Infrastruktur             | Unterstützung Tankstellenaufbau<br>Vereinfachte Genehmigungsverfahren<br>Reallabore zur Validierung von Geschäftsmodellen<br>Aufbau von Wasserstoffregionen als Keimzellen<br>Anpassung/Ausbau Netzinfrastruktur für synthetische Energieträger  |      |  |             |
|             | Regulierung               | H <sub>2</sub> ist Kraftstoff<br>Anpassung regulatorischer Rahmen im Energiesektor, u. a. für Strombezug<br>Anpassung Lkw Weights & Dimensionen 2015/719<br>Regulatorischer Rahmen u. a. für Strombezug von Elektrolyseuren, angepasst an die Erfordernisse der Energiewende   |      |  |             |

Abbildung 1: Roadmap für eine Wasserstoffwirtschaft in Deutschland (Quelle: iit nach Hebling et al. 2019, S. 5, erweitert um die Dimension „Skills“)

Dabei wird das Potenzial von H<sub>2</sub> bzw. von Technologien zur Erzeugung, Speicherung/Transport und Nutzung von Wasserstoff als Chance zum Strukturwandel gesehen, wie exemplarisch das gemeinsame Eckpunktepapier der ostdeutschen Kohleländer zur Entwicklung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft von Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg deutlich macht. Darin heißt es, dass Wasserstoff als zukünftig bedeutender Energieträger gerade für die Energieregionen im Osten Deutschlands, die sich aufgrund des Ausstiegs aus der Kohleverstromung in einem tiefgreifenden Wandlungsprozess befinden, eine Chance auf klimaneutrale Wertschöpfung und Beschäftigung bietet.<sup>6</sup>

In ähnlicher Weise setzt auch ein Verbund der norddeutschen Küstenländer Akzente, die anstreben, bis zum Jahr 2035 eine grüne Wasserstoffwirtschaft aufzubauen, um den regionalen Bedarf fast vollständig aus eigener Kraft zu decken. Nach dem Willen der Küstenländer sollen auf ihrem Gebiet bis zum Jahre 2025 mindestens 500 Megawatt und bis zum Jahre 2030 mindestens fünf Gigawatt Elektrolyseleistung zur Erzeugung von grünem Wasserstoff installiert werden.<sup>7</sup> Die genannten Zahlen fügen sich sehr passgenau in die in Abbildung 1 beschriebene Roadmap. Im schleswig-holsteinischen Heide soll auf dem Gelände einer Raffinerie im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie die gegenwärtig größte Elektrolyse-Anlage der Welt zur Erzeugung von grünem Wasserstoff entstehen. Bis zum Jahr 2030 soll die Fabrik eine Leistung von 700 Megawatt haben.<sup>8</sup>

## Beschäftigungspotenziale und Qualifizierungserfordernisse einer Wasserstoffökonomie

Den Erwartungen hinsichtlich der technologischen Entwicklung und einem klimafreundlichen Wirtschaftswachstum stehen nicht weniger hohe Erwartungen in Bezug auf die Schaffung neuer Arbeitsplätze gegenüber. Beispielsweise geht die Europäische Union in ihrer Vorausschau von der Schaffung von 5,4 Millionen neuer Arbeitsplätze bis zum Jahr 2050 aus, insbesondere für die Wasserstoffproduktion, die Produktion der technischen Infrastruktur und Maschinen sowie Zuliefererin-

dustrien (ohne indirekte Effekte).<sup>9</sup> Auch in einer der wenigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen, die sich explizit mit den Aus- und Weiterbildungsbedarfen einer zukünftigen Wasserstoffökonomie befassen, wird mit Blick auf die USA festgestellt, dass das Wachstum in der Wasserstoff- und Brennstoffzellenindustrie zu weitreichenden neuen Beschäftigungsmöglichkeiten führen dürfte, die sich in einer Vielzahl von Branchen, Fertigkeiten, Aufgaben und Einkünften manifestieren werden. Allerdings würden viele dieser Arbeitsplätze derzeit noch nicht existieren, sodass sich demzufolge keine korrespondierenden Berufsbezeichnungen in den offiziellen Klassifikationen finden. Es sei jedoch zu erwarten, dass diese Arbeitsplätze andere Fähigkeiten und andere Ausbildungsinhalte als derzeit Bestehende erfordern, sodass die entsprechenden Anforderungen neu erfasst und bewertet werden müssen, um sicherzustellen, dass dieser schnell wachsende Teil der Wirtschaft über ein ausreichendes Angebot an ausgebildeten und qualifizierten Arbeitskräften verfügt.<sup>10</sup>

Für die Ermittlung künftiger Qualifikationsbedarfe muss die gesamte Wertschöpfungskette in den Blick genommen werden. Erfahrungen aus anderen Bereichen der Energiebranche zeigen ebenfalls die Notwendigkeit, in Phasen zu denken, um lokal ausdifferenzierte Aus- und Weiterbildungsstrategien zu entwickeln.<sup>11</sup> So kann die Nachfrage nach qualifizierten Fachkräften für die Projektentwicklung und den Bau neuer Anlagen starken Schwankungen auf lokaler oder regionaler Ebene unterliegen und schnell zu Engpässen führen.

Eine weitere Herausforderung für die Wasserstoffökonomie liegt in dem generell hohen Bedarf an Ingenieur:innen und Techniker:innen, die weltweit zu den am häufigsten vom Fachkräftemangel betroffenen Berufen gehören. In vielen Ländern des globalen Südens sind die Studienangebote für Ingenieur:innen quantitativ unzureichend, während zugleich auch die Qualität und Arbeitsplatzrelevanz der Ausbildungsangebote, vor allem in der beruflichen Bildung, von Arbeitgeber:innen bemängelt werden. In Südafrika stehen beispielsweise folgende, für die Entwicklung einer Wasserstoffökonomie höchst relevanten Berufe, auf der Liste der Top 20 am meisten von Fachkräftemangel betroffenen Berufe: Electrical Engineer, Chemical Engineer, Energy Engineer, Physical and

6 Günther, W.; Steinbach, J.; Dalbert, C.; Willigmann, A. (Hg., 2020): Eckpunktepapier der ostdeutschen Kohleländer zur Entwicklung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft, S. 3 – online: [https://mule.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/MLU/MLU/00\\_Aktuelles/2006/200615\\_Wasserstoff\\_Eckpunktepapier\\_Kohlelaender.pdf](https://mule.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/MLU/00_Aktuelles/2006/200615_Wasserstoff_Eckpunktepapier_Kohlelaender.pdf)

7 Die Wirtschafts- und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer (Hg) (2019): Norddeutsche Wasserstoffstrategie. S. 1 – online unter <https://www.ham-burg.de/contentblob/13179812/f553df70f865564198412ee42fc8ee4b/data/wasserstoff-strategie.pdf>

8 Theurer, M. (2020): Die grüne Raffinerie. Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung – Wirtschaft – vom 08. November 2020

9 Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (2019): Hydrogen Roadmap Europe. A sustainable pathway for the European Energy transition. Publications Office of the European Union, S. 18 – online unter [https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Hydrogen%20Roadmap%20Europe\\_Report.pdf](https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Hydrogen%20Roadmap%20Europe_Report.pdf)

10 Bezdek, R. H. (2019): The hydrogen economy and jobs of the future. *Renew. Energy Environ. Sustain.* 4, 1/2019, p. 1 – online unter <https://www.rees-journal.org/articles/rees/pdf/2019/01/rees180005s.pdf>

11 ILO (2011): Skills and Occupational Needs in Renewable Energy. International Labour Organisation

Engineering Science Technicians, Energy Engineering Technologist.<sup>12</sup> In Deutschland bieten vorhandene Bildungsprogramme im Bereich der Erstausbildung (beruflich und hochschulisch) aufgrund ihrer Breite eine gute Basis für die Beschäftigung in der Wasserstoffbranche. Der Qualifizierungsbedarf kann daher zunächst relativ kurzfristig mit Zusatzqualifikationen und Weiterbildungsangeboten abgedeckt werden. Auch hier stellt sich jedoch die Frage nach der Attraktivität naturwissenschaftlicher und technischer Berufe und der Rekrutierung von Nachwuchskräften; dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und der möglichen Konkurrenz mit anderen Technologien wie der Batterietechnik, in der verwandtes, zum Beispiel (elektro)chemisches, Know-how benötigt wird.

Noch fehlt es an wissenschaftlich fundierten Prognosen und Detailstudien zum tatsächlichen Beschäftigungspotenzial und zu den Qualifikationsbedarfen für die Entwicklung einer wasserstoffbasierten Wirtschaft. Erste Untersuchungen und die Erfahrungen aus anderen Branchen legen jedoch die Notwendigkeit nahe, Aus- und Weiterbildungsfragen strategisch zu entwickeln und politisch zu gestalten. Ein internationales und koordiniertes Vorgehen bietet sich aufgrund der sich vollziehenden Herausbildung von technischen Standards in den internationalen Wertschöpfungsketten und aufgrund der Sicherheitsanforderungen in diesem Bereich besonders an. Dabei stehen nicht nur die Anbieter und Nutzer von Wasserstofftechnologien vor der Herausforderung, qualifiziertes Personal aufbauen zu müssen, sondern auch Zulassungs- und Aufsichtsbehörden. Nur durch entsprechendes Fachpersonal kann gewährleistet werden, dass Genehmigungsverfahren etwa nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zeitnah und prozesssicher erfolgen können.

## Die Bildungsdimension, ein vernachlässigtes Feld aktueller strategischer Ansätze

Da Wasserstoff als Alternative zu fossilen Energieträgern und als Ausgangsmaterial für industrielle Grundstoffe eine hochskalige und querschnittliche Bedeutung zugemessen wird, wird in den genannten Strategien – stellvertretend für eine umfangreiche Auswahl an ähnlichen Dokumenten, Analysen und Policy-Papieren – die Notwendigkeit unterstrichen, die eigene (Wettbewerbs-)Position durch intensive Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen zu sichern und auszubauen. Dies gilt insbesondere für Deutschland als europaweit führender Stand-

ort für Wasserstofftechnologien. Wenngleich Forschung und Entwicklung ohne Frage eine zentrale Bedeutung bei der Erschließung der Potenziale der Wasserstofftechnologie zukommt (siehe dazu die entsprechende Dimension in Abbildung 1) und entsprechend in den einschlägigen Veröffentlichungen gewürdigt wird, fällt auf, dass das Thema Aus- und Weiterbildung nur in geringem Umfang adressiert wird; Gleiches gilt für wirtschaftsnahe Papiere.<sup>13</sup> In der Nationalen Strategie wird dazu festgestellt, dass Wasserstoff auch ein Bildungsthema ist, bei dem ab dem Jahr 2021 neue Wege beschritten werden, um die für die Wasserstoffwirtschaft benötigten Fachkräfte auszubilden: „Mit der Unterstützung und Weiterentwicklung der beruflichen und wissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung im Bereich der Wasserstofftechnologien ebnen wir den Weg für Arbeitende und Betriebe hin zu einer effizienten und sicheren Handhabung von Wasserstofftechnologien. Dies betrifft vor allem die Qualifizierung von Personal zur Produktion, Betrieb und Wartung in Bereichen, in denen Wasserstoff bisher nur eine untergeordnete Rolle gespielt hat. [...] Mit Exportländern legen wir Berufsausbildungsk Kooperationen auf und verstärken gezielt das Capacity Building mit eigenen Programmatiken wie für Doktoranden.“<sup>14</sup> Auch in den Strategien auf Länderebene wird das Thema Qualifizierung zwar genannt, aber kaum mehr als im Sinne einer Inventur behandelt. Trotz ihrer deutlichen Ausbauziele zur Erzeugung von grünem Wasserstoff (s. o.) beschränken sich die norddeutschen Küstenländer gemäß ihrer Wasserstoffstrategie zunächst darauf zu prüfen, welche Lehrinhalte zum Thema Wasserstoff in den relevanten Bildungsgängen in Norddeutschland bereits bestehen. Darauf aufbauend sollen „bei Bedarf Vorschläge entwickelt werden, wie das Thema Wasserstoff fester Bestandteil geeigneter Bildungsgänge werden kann.“<sup>15</sup>

Diese unzureichende Berücksichtigung des auch für andere transformative Entwicklungen elementaren Themas „Aus- und Weiterbildung“ – und zwar deutlich über die akademische Ausbildung und die damit verbundene Fokussierung auf Ingenieur:innen hinaus – findet stückweise auch Eingang in die politische Debatte. So wird im Zuge einer parlamentarischen Anhörung festgestellt: „Mit dem Einsatz von Wasserstoff werden in vielen Bereichen neue Technologien und Anwendungsfelder zum Einsatz kommen, für die bisher vielfach noch nicht die nötigen Qualifikationen bei den beschäftigten vorliegen. Das reicht von mehr Kenntnissen in der Elektrotechnik, der Heiztechnik und der Kraft-Wärme-Kopplung, dem Handling von Brennstoffzellenfahrzeugen bis zu ganz neuen Anwendun-

12 Department of Higher Education and Training (2014): National scarce skills list: Top 100 occupations in demand. In: Government Gazette, 23.05.2014 – online unter [https://www.gov.za/sites/default/files/gcis\\_document/201409/37678gen380.pdf](https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201409/37678gen380.pdf)

13 Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V. (Hg., 2020): Wasserstoff DIHK-Faktenpapier – online unter <https://www.handelskammer-bremen.de/blueprint/servlet/resource/blob/4827504/f1fc0cb61692c2f8364ee4e7fdb13f1a/dihk-faktenpapier-wasserstoff-data.pdf>

14 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg., 2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Die Bundesregierung, S. 25/26

15 Die Wirtschafts- und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer (Hg., 2019): Norddeutsche Wasserstoffstrategie, S. 30

gen bei wasserstoffbetriebenen Hochöfen in der Stahlerzeugung. Die NWS setzt auf Forschung und Entwicklung, vernachlässigt aber die Aus- und Weiterbildung der Beschäftigten.“<sup>16</sup>

## Europäische und internationale Dimension

Das Bestreben, Wasserstoff als eine zentrale Komponente des integrierten Energie- und Mobilitätssystems in Deutschland zu etablieren, ist stark mit europäischen und internationalen Entwicklungen verknüpft. Internationale Kooperationspotenziale umfassen etwa den Import von grünem Wasserstoff, Exportmärkte für deutsche H<sub>2</sub>-Technologie, einheitliche Standards und Zertifizierungen für grünen Wasserstoff (dies ist aus europäischer Sicht vor dem Hintergrund des „Green Deal“ besonders relevant – siehe unten) oder die gemeinsame Durchführung von Leuchtturmprojekten (z. B. Elektrolyse, Wasserstofftransport).<sup>17</sup>

Besonders deutlich wird die Verflechtung durch die im Juli 2020 veröffentlichte Wasserstoffstrategie der Europäischen Union, die Wasserstoff als prioritären Faktor zur Umsetzung des Europäischen „Green Deal“ und des Ziels der weitgehenden Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 benennt. Kernziele sind der Aufbau industrieller Wertschöpfungsketten sowie die massive Steigerung der Erzeugungskapazität und der Nachfrage nach grünem Wasserstoff in Europa.<sup>18</sup> Doch obwohl die Wasserstoffwirtschaft – über alle Sektoren hinweg – als potenzieller Jobmotor beschrieben wird, beinhaltet auch die europäische Strategie in ihrer Roadmap bis 2050 keinen integrierten Aus- und Weiterbildungspart. Stattdessen wird für das Thema „Skills Development“ auf die gleichzeitig ins Leben gerufene European Clean Hydrogen Alliance verwiesen, die aus Geschäftsführer:innen führender europäischer Industrieunternehmen, darunter Bosch und Siemens, sowie Vertreter:innen aus Politik und Zivilgesellschaft besteht. Doch auch diese Allianz rückt primär die Umsetzung der Strategie und die Unterstützung des Markthochlaufs in den EU-Mitgliedsstaaten, etwa durch den Aufbau einer Pipeline prioritärer Investitionsvorhaben, in den Fokus. So ist nur allgemein von der weiteren Aufgabe der Identifizierung von Herausforderungen und „bottlenecks“ für die schnelle Skalierung der Wasserwirtschaft die Rede ohne beispielsweise das Thema

Berufsprofilentwicklung explizit zu nennen.<sup>19</sup> Auch in einem aktuellen Positionspapier von Hydrogen Europe, der Interessenvertretung der europäischen Wasserstoff- und Brennstoffzellenwirtschaft, findet sich unter ihren zentralen Forderungen an die europäische Politik kein Bezug zu Investitionen in Aus- und Weiterbildung<sup>20</sup>. Ebenso wird die Frage aktueller und vor allem zukünftiger Qualifizierungsbedarfe („Skills Needs“) in den Wasserstoffstrategien von Korea, Japan, China den USA und anderen Industrieländern nur randständig behandelt. Die Bedeutung der Qualifikation für eine zukünftige Wasserstoffökonomie wird betont, jedoch – mit Ausnahme der akademischen Ausbildung etwa in Form von neu zu schaffenden Bachelor- und Masterstudiengängen – meist nicht mit konkreten Maßnahmen und Schritten untersetzt. Die Weiterbildung fehlt fast durchgängig. So ist beispielsweise in der japanischen Roadmap für Wasserstoff und Brennstoffzellen nur die lapidare Aussagen enthalten: „Japan will provide opportunities to learn about hydrogen and promote training of the personnel that will be needed in a ‚hydrogen society‘.“<sup>21</sup>

## Perspektiven und Ansätze internationaler Zusammenarbeit

Ein erster Schritt, um die Frage der Aus- und Weiterbildung für eine Wasserstoffwirtschaft zu adressieren, besteht in der wissenschaftlichen Erkundung der Qualifizierungsbedarfe. Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene fehlen bisher die grundlegenden Anhaltspunkte, um die konkrete Bedeutung der anvisierten Entwicklung einer Wasserstoffökonomie zu ermitteln. In einem zweiten Schritt könnten bereits vorhandene Ansätze der Zusammenarbeit weiterentwickelt werden. Für die Schaffung internationaler Qualifikationsstandards haben einige europäische Projekte bereits Pionierarbeit geleistet. Im EU-Projekt HyProfessionals wurde zunächst ein Mapping aller relevanten Universitätsangebote zum Thema Wasserstoff durchgeführt.<sup>22</sup> Das European Network of Excellence „Safety of Hydrogen as an Energy Carrier“ (HySafe) hat ein International Curriculum on Hydrogen Safety Engineering entwickelt.<sup>23</sup>

16 IG Metall Vorstand (Hg., 2020): Stellungnahme zur öffentlichen Anhörung des Ausschusses für Wirtschaft und Energie am 26.10.2020 im deutschen Bundestag. Ausschussdrucksache 19(9)767, S. 3 – online unter <https://www.bundestag.de/resource/blob/800130/424bd4738330b237ef419375add45563/sv-jansen-data.pdf>

17 Adelphi, dena, GLZ, Navigant (2020): Grüner Wasserstoff: Internationale Kooperationspotenzial für Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

18 European Commission (2020): A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, S. 1 – online unter [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen\\_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf)

19 Webseite der European Clean Hydrogen Alliance: <https://www.ech2a.eu/qanda>

20 Hydrogen Europe (2020): The EU Hydrogen Strategy: Hydrogen Europe's Top 10 Key Recommendations – online unter <https://hydrogeneurope.eu/news/eu-hydrogen-strategy-hydrogen-europes-top-10-key-recommendations>

21 Hydrogen and Fuel Cell Strategy Council Japan (2019): The Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells.

22 Webseite des Projekts HyProfessionals: <https://www.h2euro.org/hyprofessionals/>

23 Dahoe, A.E.; Molkov, V.V. (2007): On the development of an International Curriculum on Hydrogen Safety Engineering and its implementation into educational programmes. In: International Journal of Hydrogen Energy, 32/ 8, S. 1113-1120 – online unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319906002850>



### Project TeachHy: Teaching Fuel Cell and Hydrogen Science and Engineering Across Europe within Horizon 2020

TeachHy2020 befasst sich mit der Bereitstellung von Grund- und Aufbaustudiengängen vom Bachelor bis zum PhD in Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien (FCHT) in ganz Europa. Hierzu werden eine Sammlung von Lehrmaterialien für die Hochschulausbildung aufgebaut und ein Master of Science (MSc)-Kurs in FCHT entwickelt, der für Studierende aus allen Teilen Europas zugänglich ist.

Das Projekt hat eine Kerngruppe von erfahrenen Institutionen zusammengestellt, die mit einem Netzwerk von assoziierten Partnern (Universitäten, Berufsbildungseinrichtungen, Industrie und Netzwerken) zusammenarbeitet.

TeachHy2020 bietet diesen Partnern Zugang zu seinem Bildungsmaterial und die Nutzung der MSc-Kursmodule, die auf der TeachHy2020-Website verfügbar sind. Jede Universität, die in der Lage ist, 20 % der Kursinhalte lokal anzubieten, kann auf die anderen 80 % zurückgreifen, die durch das Projekt bereitgestellt werden. Auf diese Weise kann sich jede Institution mit einem Minimum an lokalen Investitionen an dieser europäischen Initiative beteiligen.

Darüber hinaus werden im Rahmen des Projektes auch Lösungen für die Akkreditierung und Qualitätskontrolle von Kursen entwickelt, sowie Schemata der kontinuierlichen beruflichen Weiterbildung (CPD). TeachHy bietet ebenfalls Bildungsmaterial für die breite Öffentlichkeit (z. B. MOOC's) an.

**Für weitere Informationen:** [hydrogeneurope.eu/project/teachy](https://hydrogeneurope.eu/project/teachy)

Zuletzt wurden mit Beteiligung deutscher Akteure internationale Weiterbildungsstandards sowie Lehr- und Lernmaterialien für einen Master-Studiengang aufgesetzt.<sup>24</sup> Diese punktuelle Initiativen beschränken sich bislang allein auf die hochschulische Bildung und lassen Angebote der Berufsbildung außen vor. In Fortführung dieses Ansatzes internationaler Zusammenarbeit zur Etablierung von Standards bieten Allianzen zwischen Industrie, Forschungs- und Bildungseinrichtungen eine interessante

Lösung nach den bewährten Beispielen aus anderen Energiebereichen wie der Windenergie- oder der Geothermiebranche.

Aufgrund der geografischen Nähe und der Möglichkeit eines gemeinsamen Wasserstoff-Wirtschaftsraums sowie auf Basis der vielfältigen langjährigen Verknüpfungen aus der internationalen Zusammenarbeit kommt aus deutscher und europäischer Perspektive insbesondere dem afrikanischen Kontinent eine besondere Bedeutung zu. Besonders deutlich zeigt sich dies am prominenten Beispiel der deutsch-marokkanischen Zusammenarbeit. So hat das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) mit Marokko jüngst eine „Allianz zur Entwicklung des Power-to-X-Sektors“ vereinbart, um zunächst die erste industrielle Anlage für grünen Wasserstoff in Afrika aufzubauen. Langfristig soll die Erschließung von „Absatzmärkten in Deutschland und Europa für grünen Wasserstoff“ im Mittelpunkt stehen.<sup>25</sup> Hierbei sollen laut BMZ auch Ausbildungsmaßnahmen durchgeführt werden. Im Juli 2020 wurde zudem eine Nationale Wasserstoffkommission in Marokko gegründet, deren Aufgabe unter anderem die Erarbeitung einer Roadmap für die Wasserstoffenergie ist. Im Green Hydrogen & Ammonia Park wird mit der Universität UM6P an neuen Lösungen für Power To Hydrogen gearbeitet, mit Unterstützung des Institut de Recherche en Énergie Solaire et Énergies Nouvelles (IRESEN). Grundlage für die Zusammenarbeit bildet die Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft (PAREMA), die bereits 2012 mit der Unterzeichnung einer gemeinsamen Absichtserklärung ins Leben gerufen wurde. Ein weiteres aktuelles Beispiel ist die durch das Bundesforschungsministerium im Februar 2020 geschlossene Vereinbarung im Rahmen des West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL) für den Aufbau eines Graduiertenschulprogramms zu Wasserstofftechnologien, das 2021 starten soll. Die Vereinbarung hat damit den Wissensaufbau zu Wasserstofftechnologien in Westafrika zum Ziel und nicht die Schaffung von Produktionskapazitäten für grünen Wasserstoff, wie die Wasserstoffpartnerschaft mit Marokko.<sup>26</sup>

Auch die im Jahr 2013 gegründete deutsch-südafrikanische Energiepartnerschaft unterstreicht dieses Bild: Die Themen Wasserstoff und Power-to-X spielen seit 2016 eine zentrale Rolle in der bilateralen Zusammenarbeit: „Im Jahr 2019 stellten die Partner gemeinsam das Konzept für eine südafrikanische Förder- und Koordinierungsinstitution nach Vorbild der deutschen Nationalen Organisation Wasserstoff (NOW) fertig. [...] Die Energiepartnerschaft unterstützte auch 2019 den deutsch-südafrikanischen Austausch im Bereich Forschung- und Wissen-

<sup>24</sup> In dem Horizon2020-Projekt „TeachHy 2020“ (<https://hydrogeneurope.eu/project/teachy>, 01/11/2017 – 31/10/2020) wird ein Master of Science entwickelt, der als MOOC von verschiedenen europäischen Universitäten gemeinsam angeboten wird.

<sup>25</sup> Deutscher Bundestag (2020): Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage der FDP-Fraktion. Drucksache 19/23026

<sup>26</sup> Deutscher Bundestag (2020): Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage der FDP-Fraktion. Drucksache 19/23026

### Hydrogen South Africa Public Awareness, Demonstration and Education Platform (HySA PADEP)

In dem Projekt werden Bildungs- und Karrierewege für Jugendliche in der Wasserstoffwirtschaft aufgezeigt, wobei der Fokus stark auf tertiäre Bildung und Forschungskarrieren gelegt wird.

Die Hydrogen South Africa Public Awareness, Demonstration and Education Platform (HySA PADEP) wurde gegründet, um die Sichtbarkeit der Wasserstofftechnologie in Südafrika zu stärken. Sie ist Bestandteil der südafrikanischen Strategie für Forschung, Entwicklung und Innovation auf dem Gebiet der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien (Hydrogen South Africa), die 2008 verabschiedet wurde.

Das Hauptziel von HySA PADEP besteht darin, Bewusstsein, Sichtbarkeit und Akzeptanz für die Herausforderungen, Vorteile und Sicherheit des Einsatzes von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in der alternativen Energiewirtschaft zu stärken. Sie richtet sich sowohl an die Öffentlichkeit, als auch an die Industrie und allen relevanten. Im Fokus der Aktivitäten der Plattform stehen vor allem Jugendliche. Informationsmaterialien, Wettbewerbe und Kampagnen in Sekundarschulen sollen das Interesse an der Thematik wecken, Ausbildungs- und Karrieremöglichkeiten aufzeigen und über neueste Forschungsergebnisse informieren.

Die HySA PADEP ist bei der South African Agency for Science and Technology Advancement (SAASTA) angesiedelt und wird vom Department of Science and Technology (DST) finanziert.

**Für weitere Informationen:** [www.hysa-padep.co.za](http://www.hysa-padep.co.za)

schaft (z. B. bei einem deutsch-südafrikanischen Kolloquium im April).“<sup>27</sup>

Auch in Bezug auf die allgemeine Stärkung der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildungen zeigt ein Beispiel aus Südafrika das Potenzial von internationalen Kooperationspartnerschaften mit Beteiligung der Privatwirtschaft. So haben Anglo Ameri-

can Platinum zusammen mit der Gruppe Young Engineers and Scientists of Africa (YESA) und der South African Agency for Science and Technology Advancement (SAASTA) ein Bildungsprogramm zum Thema „Brennstoffzellen“ in den Schulen der Provinz Eastern Cape umgesetzt und die beteiligten Schulen auch mit entsprechenden Technologien ausgerüstet. Damit wird im Rahmen der „HySA Public Awareness, Education and Demonstration Platform“ (HySA PADEP) der südafrikanischen Regierung bereits auf der Sekundarstufe für Lern- und Beschäftigungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit Wasserstoff sensibilisiert (siehe Box). Deutschland gilt allgemein als geschätzter Partner für die Reform und Weiterentwicklung von Bildungssystemen. So verfügt das Land über zahlreiche Instrumente und Erfahrungen für die internationale Zusammenarbeit in diesem Bereich, wie nicht zuletzt durch die Einrichtung des Informationsportals GOVET und der Etablierung der Marke „Training made in Germany“ durch die iMove-Initiative beim Bundesinstitut für Berufsbildung bezeugt wird.<sup>28</sup>

Eine enge Verknüpfung der Instrumente internationaler Bildungszusammenarbeit mit der Forschungs- und Innovationspolitik wird in der Internationalisierungsstrategie für Bildung, Wissenschaft und Forschung der Bundesregierung von 2017 angestrebt. Innovationscluster stellen in diesem Kontext ein gutes Beispiel für die Konkretisierung einer solchen Zielstellung dar. Deutsche Cluster verfügen über umfangreiche Erfahrungen im Bereich „human resource development“ für innovative Technologien. Teilweise sind Aktivitäten in diesem Bereich bereits international ausgerichtet (z. B. das Projekt MaiTeck zu Karbonfasertechnologien der BMBF-Förderrichtlinie zur Internationalisierung der Berufsbildung), das Potenzial erscheint jedoch nicht ausgeschöpft. Hier stellt sich die Frage, welche Cluster möglicherweise Interesse an einer Internationalisierung ihrer Aktivitäten hätten und mit welchen Instrumenten diese gezielt unterstützt werden könnten.

### Zusammenfassung der aktuellen Entwicklungen und Ausblick

- ▶ Neben digitalen Technologien zeichnet sich im Zuge der grünen Transition ab, dass auch Wasserstofftechnologien das Potenzial einer Querschnittstechnologie in einer klimaneutralen Industrie haben.
- ▶ Eine wachsende Anzahl von Staaten – unter ihnen die Bundesrepublik Deutschland – etabliert Wasserstoffstrategien; allgemein werden großskalige industrielle Anwendungen im laufenden Jahrzehnt erwartet.

<sup>27</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019): Jahresbericht der Energiepartnerschaften und Energiedialoge 2019 – online unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/jahresbericht-energiepartnerschaften-2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/jahresbericht-energiepartnerschaften-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=10), S. 39

<sup>28</sup> Siehe dazu die Webseiten <https://www.imove-germany.de> und <https://www.bibb.de/govet/de/index.php>



- ▶ Wettbewerb und Fortschritt scheinen international noch recht ausgeglichen zu sein – es gibt keine alles dominierenden „Champions“, und Deutschland ist wissenschaftlich-technisch sehr gut positioniert.
- ▶ Das Bildungsthema wird in den politischen und Strategiepapieren zwar durchgehend adressiert, verbleibt aber meist vage (kaum konkrete Maßnahmen). Dessen ungeachtet entsteht eine Akteurslandschaft rund um das Thema „Skills Needs for Hydrogen Economies“.
- ▶ Mit Blick auf den zeitlichen Vorlauf bietet sich die Chance, das Thema der beruflichen Aus- und Weiterbildung im Kontext Wasserstoff frühzeitig im Verbund mit europäischen und internationalen Partnern aufzugreifen und parallel zu den entstehenden technologischen Standards durchgängige (Weiter-)Bildungsstandards zu entwickeln.
- ▶ Insbesondere die Energie-Partnerschaften mit afrikanischen Ländern bieten konkrete Ansatzpunkte, durch flankierende Aus- und Weiterbildungsangebote einen Beitrag zur technologischen und wirtschaftlichen Entwicklung zu leisten.

**Herausgeber**

Prof. Dr. Volker Wittpahl  
Institut für Innovation und Technik (iit)  
in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH  
Steinplatz 1, 10623 Berlin

**Kontakt**

Marc Bovenschulte  
Tel.: 030 310078-108  
E-Mail: [bovenschulte@iit-berlin.de](mailto:bovenschulte@iit-berlin.de)

**iit perspektive Nr. 55**

Dezember 2020

Layout: VDI/VDE-IT

Bildnachweis:  
Anusorn/AdobeStock

ISBN: 978-3-89-750228-4