WASSERSTOFF
FORSCHUNGSNETZWERKE
ENERGIE

Stellungnahme des *Clusters 1 „Erzeugung von Wasserstoff und Folgeprodukten“ aus dem Forschungsnetzwerk Wasserstoff* im Rahmen des BMWE-Konsultationsprozesses zur Ausgestaltung des neuen Energieforschungsprogramms der Bundesregierung

1. Einleitung

Wasserstoff und seine Derivate sind zentrale Bausteine zur Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung und für den Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung. Insbesondere in Sektoren und Anwendungen, die nicht oder nur eingeschränkt direkt elektrifiziert werden können, leisten sie einen wesentlichen Beitrag zur Defossilisierung. Darüber hinaus können Wasserstoff und seine Folgeprodukte die saisonale Energiespeicherung unterstützen, die Versorgungssicherheit erhöhen und die Resilienz des Wirtschaftsstandorts Deutschland und Europas stärken.

Deutschland hat in den vergangenen Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um die Grundlagen für die Erzeugung, Infrastruktur und Nutzung von nachhaltigem Wasserstoff zu schaffen. Mit der Nationalen Wasserstoffstrategie, dem 8. Energieforschungsprogramm, Wasserstoff-Leitprojekten und Reallaboren sowie europäischen Förderinstrumenten wie den IPCEI wurden wichtige Voraussetzungen für den Technologiehochlauf geschaffen. Bereits heute nimmt Deutschland in mehreren innovativen Technologiefeldern der Wasserstoffwirtschaft eine führende Rolle in Europa ein. Dies beruht insbesondere auf einer leistungsfähigen Forschungslandschaft, Fördermöglichkeiten über alle technologischen Reifegrade hinweg sowie der engen Verzahnung von Industrie, universitärer und außeruniversitärer Forschung.

Für den Übergang von Forschung, Entwicklung und Demonstration in eine breite industrielle Anwendung sind jedoch langfristig stabile und verlässliche Rahmenbedingungen erforderlich. Dies betrifft die Kontinuität der Forschungs- und Innovationsförderung ebenso wie den Markthochlauf, die regulatorische Ausgestaltung, die Genehmigungspraxis sowie die Planungssicherheit für Investitionen.

Die vorliegende Stellungnahme basiert auf der Expertenempfehlung 2025 des Forschungsnetzwerks Wasserstoff (FNE-H2). Sie fokussiert auf die Erzeugung von Wasserstoff und seinen Folgeprodukten, ohne damit die Bedeutung der weiteren Bereiche einer integrierten Wasserstoffwirtschaft – insbesondere Infrastruktur, Nutzung, Sicherheit, Akzeptanz und Systemintegration – zu schmälern.

2. Kurzzusammenfassung des aktuellen FuE- und Handlungsbedarfs

Im Mittelpunkt der Empfehlung steht der Übergang von Forschung, Entwicklung und Demonstration zu kosteneffizienten, robusten und skalierbaren Lösungen im industriellen Maßstab.

Im Bereich Prozesse und Materialien sind fortgeschrittene Katalysatoren und Funktionsmaterialien für Elektrolyse- und thermochemische Verfahren erforderlich. Bei Elektrolyseuren steht die Reduktion kritischer und kostenintensiver Materialien sowie deren Recyclingfähigkeit, hohe Stromdichten, Effizienz, Lebensdauer sowie geringere Herstell- und Betriebskosten im Vordergrund. Weiterzuentwickeln sind zudem Betriebsfenster wie Druckbetrieb, Ko-Elektrolyse und CO_2-Elektrolyse mit Festoxid-Elektrolyseuren. Für strombasierte und biomassebasierte Folgeprodukte sind Gesamtwirkungsgrade, Downstream-Prozesse und die nachhaltige Bereitstellung geeigneter Kohlenstoffquellen zu verbessern. Ebenso muss die Substitution per- und polyfluorierter Alkylsubstanzen (PFAS), insbesondere in der PEM-Elektrolyse, aber auch in der AEM-Elektrolyse und der alkalischen Elektrolyse, vorangetrieben werden.

Für den industriellen Einsatz sind intelligente Systeme zur Zustandsüberwachung erforderlich. Feld- und Labordaten müssen systematisch abgeglichen werden, um Degradationsmechanismen großer Anlagen besser zu verstehen, Lebensdauern zu verlängern und Wartungsstrategien ohne kostenintensives Over-Engineering zu optimieren.

Ein weiterer zentraler FuE-Bedarf besteht in der system- und netzdienlichen Integration von Elektrolyseuren und nachgelagerten thermochemischen Prozessen unter dynamischer erneuerbarer Stromerzeugung. Benötigt werden Umsetzungsprojekte unter realen Bedingungen, die vollständige Prozessketten untersuchen – von Strombereitstellung und Produktion über Speicherung und Qualitätskontrolle bis zu Genehmigung, Betrieb, Wartung, Rückbau und Recycling.

Da hohe Kosten weiterhin den Hochlauf begrenzen, sollten FuE-Aktivitäten konsequent auf Kostensenkung und CO_2-Vermeidung ausgerichtet werden. Technologieoffenheit sollte dabei mit einer Priorisierung besonders aussichtsreicher Technologien und Prozessketten verbunden werden. Künstliche Intelligenz und Digitalisierung können die Materialentwicklung beschleunigen, Lebensdauer und Wartungsbedarf prognostizieren sowie Anlagenbetrieb und Systemintegration optimieren. Zusätzlich sind industrielle Umsetzungsprojekte mit begleitender Forschung erforderlich, damit Betriebserfahrungen, Fehlermechanismen und Skalierungseffekte frühzeitig in die Technologieentwicklung zurückfließen.

Die Expertinnen und Experten empfehlen, Wasserstoff stärker anhand spezifischer CO_2-Emissionen statt anhand von „Farben“ zu bewerten. Technologieoffene Förder- und Anreizmechanismen sollten sich an den Kosten der CO_2-Vermeidung orientieren und damit ein breites, resilientes Technologieportfolio ermöglichen.

3. Empfehlungen für das neue Energieforschungsprogramm

Die konkreten Empfehlungen des Clusters 1 werden im weiteren Abstimmungsprozess entlang der folgenden Leitfragen konkretisiert.

3.1 Forschungsziele und Sprinterziele der Mission Wasserstoff

Besonders wichtige Forschungs- und Sprinterziele sowie deren Begründung
Der Förderrahmen für Wasserstoff und seine klimaneutralen Derivate ist in dem 8. EFP sehr breit angelegt und ermöglicht die Förderung unterschiedlicher Erzeugungstechnologien. Insbesondere sind an dieser Stelle folgende Forschungsziele hervorzuheben: Fokussierung auf FuE-Vorhaben, die Wirtschaftlichkeit, Flexibilität, Sicherheit und Zuverlässigkeit der Wasserstofferzeugungstechnologien gewährleisten, Augenmerk auf Wartungsarmut und lange Lebensdauer der Anlagen und deren Komponenten sowie das netzdienliche Verhalten (z.B. Teillastbetrieb der Wasserstofferzeugungsanlagen) und Nachhaltigkeit/Ressourceneffizienz in der Produktion. Ein wichtiges Thema bleibt die Automatisierung der Fertigung und Skalierung von Systemen sowie die Resilienz durch technologische Diversifizierung und Dezentralisierung in der Wasserstofferzeugung.

Fehlende Forschungs- und Sprinterziele, die ergänzt werden sollten
Obwohl das 8. EFP alle wichtigen Aspekte der Wasserstoffwirtschaft gut erfasst, ist es angesichts der Erfahrungen aus früheren Förderprojekten notwendig, weitere Ziele zu ergänzen. So sind die Sprinterziele für den Hochlauf der Wasserstofferzeugung sehr wichtig, insbesondere müssen *OPEX, CAPEX und Anlagenverfügbarkeit gleichzeitig* als kurzzeitige Zielstellungen berücksichtigt werden. Der Vorschlag ist daher das *Sprinterziel von < 400 Euro/kW mit den Angaben der Mindestlebensdauer (40.000 Betriebsstunden)* zu ergänzen. Darüber hinaus sollen die Forschungsziele ergänzt werden, welche nicht nur die elektrischen Netze im Sinne der Netzdienlichkeit adressieren, sondern *die Netzdienlichkeit auf die Gasnetze und Gasspeicher und reversible Elektrolysesysteme* erweitern. Weiterhin sollen die *Grenzen der Wasserstofferzeugung auf die Wasseraufbereitung und Abwassernachnutzung sowie die CO_2-Abscheidung und -Aufbereitung ausgedehnt* werden, um die Effizienz des Gesamtsystems und nicht nur der die Effizienz der Wasserstofferzeugung als alleiniges Ziel zu fördern. Zur Stimulierung der Marktseite für Wasserstofferzeugung sollte generell die *Entwicklung von innovativen Geschäftsmodellen* als Forschungsziel eingeschlossen werden. Im neuen EFP sollte bei den alternativen Wasserstofferzeugungs-Verfahren die Effizienzsteigerung stärker berücksichtigt werden, da mittlerweile zahlreiche alternative Verfahren in der Pilotphase sind und ein erhebliches Erzeugungs- und Technologieexportpotenzial bieten.

Forschungs- und Sprinterziele, die überarbeitet oder gegebenenfalls nicht weiterverfolgt werden sollten
Das Ziel zur Rückgewinnung von reinem Wasserstoff aus Derivaten sollte um Aspekte der Systemeffizienz ergänzt werden. An dieser Stelle bietet eine direkte Nutzung von Derivaten einen Effizienzvorteil und es muss kein Zwang zur Wasserstoffrückgewinnung bestehen. Das

entsprechende Ziel könnte wie folgt umformuliert werden: „Da der Import von Wasserstoff über Derivate erfolgen kann, ist auch die Rückgewinnung (z.B. Ammoniakspaltung) von reinem Wasserstoff aus den Derivaten, so diese nicht direkt genutzt werden, ein relevantes Forschungsthema."
Bei der Erzeugung von kohlenstoffhaltigen Derivaten sollte die direkte Kopplung von strom- und biobasierten Produktionsrouten ohne zwischenzeitliche CO_2-Abscheidung fokussiert werden, die erhebliche Prozessvorteile und damit Kostensenkungen bietet. Ein weiteres zusätzliches Forschungsziel sollte der Aspekt Wassernutzung und Abwassernachnutzung bei der Wasserelektrolyse sein. Dies fördert die Resilienz gerade unter dem Aspekt des Klimawandels und reduziert Nutzungskonflikte insbesondere in niederschlagsarmen Regionen.

3.2 Übergeordnete Prioritäten für die Weiterentwicklung des Programms

Als besondere Prioritäten haben sich in den letzten Jahren die Resilienz des Energiesystems und Versorgungssicherheit herausgestellt, was auch im Cluster 1 des FNE-H2 als besonders bedeutend angesehen wird. Insbesondere eine Diversifizierung von Importrouten in Kombination mit einer Verringerung der Importabhängigkeit durch Produktion erneuerbarer Energieträger spielt hier eine zentrale Rolle. Dies gilt insbesondere für schwer elektrifizierbare Sektoren wie Luft- und Schifffahrt, die auch langfristig auf flüssige Energieträger angewiesen sind. Daraus ergeben sich im Bereich Wasserstoff- / Derivate -Herstellung Forschungsprioritäten, die auf Themen wie flexible Einsatzmöglichkeiten, dynamischen Betrieb, Kombination und Integration von komplementären Technologien und dezentrale Herstellung energiereicher Moleküle fokussiert sind.

Ein weiterer Schwerpunkt sollte die angewandte Forschung sein, die auf den Wasserstoff-Leitprojekten und Kopernikus-Projekten aufbaut und möglichst unmittelbar und zeitnah auf den Hochlauf einzahlt. Insbesondere sind der Betrieb von Anlagen unter realen Bedingungen, z. B, Integration in das Energienetz oder Integration in reale Standorte wichtig, um gewonnene Erkenntnisse auf auch internationale Standorte übertragen zu können. Großskalige Erzeugungsanlagen müssen einen stabilen und zuverlässigen Betrieb erreichen; hierfür ist insbesondere eine Verringerung der Degradation, Risikominimierung durch Betriebserfahrung sowie eine Anpassung an äußere Erfordernisse wie Stromnetz, ggf. Gasnetz / Wasserstoffkernnetz sowie Downstream-Prozesse erforderlich. Großskalige Umsetzungsprojekte mit wissenschaftlicher Begleitung können diese Phase des Hochlaufs gezielt unterstützen.

3.3 Weiterentwicklung von Förderformaten, Programmdesign und Begleitmaßnahmen

In den letzten zwei Jahren gab es insbesondere für die Anschlussförderung nach Projektende große Lücken, was u. a. zu Know-how-Verlusten geführt hat. Um Projektergebnisse erfolgreich umzusetzen und Wissen in den Institutionen zu halten und kontinuierlich weiterzuentwickeln, wäre die Möglichkeit der Anschlussförderung bereits gegen Ende des Projekts, insbesondere für erfolgreiche Projekte, wünschenswert.

Die Vernetzung über spezifische Projekte hinaus wird im FNE rege genutzt. Insbesondere die Vernetzung von Wissenschaft und Praxis könnte in diesem Rahmen gestärkt werden, z.B. durch speziell konzipierte Formate, die sich an Anwender und Betreiber richten. Zur Stärkung themenspezifischer Communities wären insbesondere Netzwerkprojekte hilfreich, die z. B. kleine Tagungen, Workshops oder Besichtigungen von Standorten fördern (v.a. Reisekosten), vergleichbar mit den europäischen „Coordination and Support Action" -Projekten.

Bezüglich der Geschwindigkeit des Förderverfahrens wäre es ideal, wenn sich die Zeit zwischen Skizze und Start verkürzen ließe, etwa in die Größenordnung von sechs Monaten statt einem Jahr. Die lange Antragsphase führt bei Industriepartnern dazu, dass Forschungsfragen eine gewisse Zeit nicht adressiert werden können, was die gesamte Entwicklung verlangsamt.

3.4 Zu stärkende oder neu einzuführende Förderformate

Verbundprojekte bieten viele Vorteile gegenüber Einzelförderungen und erlauben Informationsaustausch in größerem Rahmen. Die Zusammenarbeit mit Projektpartnern führt meistens zu deutlich mehr Wissenszuwachs und innovativen Ideen. Um Agilität mit Kooperation zu verbinden, sind Verbundprojekte mit kleiner Partnerzahl geeignet. Ein Austausch mit anderen, passenden Projekten kann durch gezielte Etablierung von Hub-Strukturen unterstützt werden, bei denen die einzelnen Verbundprojekte in sich autark bleiben.

Großskalige Vorhaben sind für den Hochlauf wichtig und müssen sich nicht auf Demonstration beschränken. Offene Plattformen bieten hier die Chance, Infrastrukturen für eine Vielzahl von Akteuren zugänglich zu machen. Solche Vorhaben können insbesondere Probleme bei der Skalierung adressieren. Sie können auch durch eine gesunde Mischung von Technologien auf unterschiedlichen TRL-Ebenen einen kontinuierlichen Übergang von Grundlagenforschung über angewandte Forschung in die Anwendung und über diese Grenzen hinweg den Austausch und die Interaktion ermöglichen.

Autoren:
Christoph Arndt (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Institut für Verbrennungstechnik)
Siegfried Bajohr (Karlsruher Institut für Technologie KIT, Engler-Bunte-Institut EBI)
Andy Gradel (BtX energy GmbH)
Isabel Kundler (DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.)
Mihails Kusnezoff (Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS)
Natalia Levin (Zentrum für Brennstoffzellentechnik ZBT)
Anna Mechler (AVT- Aachen Process Engineering, RWTH Aachen University)
Kai Schulze (VNG AG)
Tom Smolinka (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE)
David Wekerle (Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein)

Bei Rückfragen wenden Sie sich bitte an:
Isabel Kundler (isabel.kundler@dechema.de)
Tom Smolinka (tom.smolinka@ise.fraunhofer.de)

Forschungsnetzwerk Wasserstoff - forschungsnetzwerke-energie.de