

Wettbewerbsfaktor

Die Rolle des Wasserstoffs im Energiesystem der Zukunft



Aktueller Stand

Die globale Energiewende erfordert einen tiefgreifenden Wandel unserer Energiesysteme, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern und die Erderwärmung zu stoppen. Wasserstoff hat sich als zentraler Baustein dieser Transformation herauskristallisiert. Als vielseitiger Energieträger bietet er das Potenzial, sektorenübergreifend zur Defossilisierung beizutragen, insbesondere in Industrien und Bereichen, in denen eine direkte Elektrifizierung nur schwer umsetzbar sind. Deutschland sollte durch gezielte Investitionen in Forschung, Infrastruktur und internationale Partnerschaften frühzeitig eine Führungsrolle auf dem globalen Wasserstoffmarkt übernehmen. Nur durch eine enge Verzahnung von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft sowie des öffentlichen Sek-tors kann ein schneller Markthochlauf gewährleistet und die technologische Souveränität Deutschlands gesichert werden.



Unsere Forderungen im Fokus

- **Langfristige Investitionen in Forschung und Entwicklung:** Die Entwicklung effizienter **Wasserstofftechnologien erfordert kontinuierliche Investitionen in Forschung und Innovation.** Politische Entscheidungsträger sollten Förderprogramme ausbauen, die sich auf disruptive Technologien wie fortschrittliche Brennstoffzellentechnologien konzentrieren

Zudem sind gezielte Investitionen in die Materialforschung notwendig, um die Haltbarkeit und Effizienz aber auch die Umweltverträglichkeit von Wasserstoffkomponenten zu erhöhen.

- **Internationale Zusammenarbeit stärken:** Deutschland sollte seine internationalen Partnerschaften im Bereich Wasserstoff weiter ausbauen. Dies umfasst sowohl den **Import von grünem Wasserstoff** und seiner Derivate aus sonnen- und windreichen Regionen als auch die Zusammenarbeit bei der **Entwicklung globaler Standards und Technologien.** Ein frühzeitiges Engagement in inter-nationalen Wasserstoffmärkten kann nicht nur die Versorgungssicherheit verbessern, sondern auch die Exportchancen für deutsche Technologien erhöhen.
- **Infrastruktur aufbauen und vernetzen:** Der Aufbau einer robusten Wasserstoffinfrastruktur ist essenziell, um Wasserstoff kostengünstig und sicher zu transportieren und zu speichern. Politische Maßnahmen sollten den bereits ein-geschlagenen Weg mit der **Entwicklung des Kernnetzes fortführen,** bestehende Gasinfrastrukturen für den Wasserstofftransport anpassen und neue Pipelines entwickeln. Auch die Schaffung von Wasserstoff-Import hubs, etwa in deutschen See- und Binnenhäfen, sollte vorangetrieben werden.

Unsere forschungspolitischen Empfehlungen

- Regulierungsrahmen anpassen:** Ein verlässlicher und klarer Regulierungsrahmen ist entscheidend, um Innovationen zu fördern und gleichzeitig hohe Sicherheitsstandards zu gewährleisten. Dies umfasst die Harmonisierung von Normen und Zertifizierungen auf europäischer und internationaler Ebene sowie die **Schaffung eines förderlichen Marktumfelds** für Wasserstoffprojekte. Derzeit werden Normungsarbeiten – abgesehen von der »Normungsroadmap« – nicht finanziell unterstützt. Es ist daher ein Gebot der Stunde, Ausnahmeregelungen für eine finanzielle Beteiligung zu prüfen, um den Fortschritt in diesem Bereich weiter zu beschleunigen.
- Bildung und Qualifizierung:** Um die Innovationskraft im Wasserstoffsektor langfristig zu sichern, ist es erforderlich **gezielte Bildungs- und Qualifizierungsprogramme** zu etablieren. Der Aufbau von Wasserstoffkompetenzen in der Forschung, der Industrie, im öffentlichen Sektor und im Handwerk ist entscheidend, um den künftigen Fachkräftebedarf für die Beschaffung, Implementierung und um den Betrieb innovativer Lösungen zu decken.

Im Fokus: Wasserstoffproduktion

Skalierbare und automatisierbare Produktionsverfahren für Elektrolyseure unter Einbeziehung von Recyclingaspekten sollten gefördert werden. Diese ermöglichen die Erforschung innovativer Methoden zur Kostensenkung bei der Wasserstoffproduktion durch Elektrolyse, Biomasse oder Methanpyrolyse. Dies lässt sich vor allem durch Leitprojekte umsetzen.

Im Fokus: Wasserstoffanwendungen

Die Förderung der Wasserstoffnutzung ist entscheidend für die Dekarbonisierung von schwer zu elektrifizierenden Sektoren. In der Stahlproduktion kann Wasserstoff als Reduktionsmittel in der Elektrometallurgie eingesetzt werden, was die CO₂-Emissionen signifikant reduziert. Eine **EU-weite CO₂-freie Stahlquote** könnte Unternehmen anreizen, wasserstoffbasierte Produktionsverfahren zu

implementieren. Im Transportbereich eröffnet Wasserstoff innovative Lösungen, insbesondere im Schwerlastverkehr, wo batteriebetriebene Fahrzeuge oft an ihre Grenzen stoßen. Politische Maßnahmen sollten die **steuerlichen Anreize oder Abnahmegarantien** zur Förderung wasserstoffbetriebener Fahrzeuge unterstützen. Zudem sollte der Luftfahrtsektor als wachsender Anwendungsbereich in den Fokus rücken. Die Entwicklung von wasserstoffbetriebenen Flugzeugen könnte den CO₂-Fußabdruck der Branche erheblich verringern. Hierbei ist die Zusammenarbeit mit der Industrie und die Schaffung von Sicherheitsstandards entscheidend, um den Einsatz von Wasserstoff als Treibstoff zu fördern.

Im Fokus: Wasserstoffinfrastruktur

Ein **robustes und umfassendes Wasserstoffnetz** ist essenziell für die kosteneffiziente und sichere Verteilung und Speicherung von Wasserstoff. Der Ausbau eines europäischen Wasserstoffpipelinesystems sollte an bestehende Gasnetze anknüpfen und die grenzüberschreitende Versorgung sicherstellen. Politische Entscheidungsträger müssen die Planung und Finanzierung solcher Infrastrukturen unterstützen. Darüber hinaus sind effiziente Speicherlösungen wie Salzkavernen notwendig, um saisonale Schwankungen auszugleichen und eine zuverlässige Energieversorgung zu gewährleisten. Der Ausbau von Import- und Exportkapazitäten in deutschen See- und Binnenhäfen ist ebenfalls wichtig, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit im Wasserstoffhandel zu sichern. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Schaffung von Wasserstoff-Hubs in Deutschland. Diese Hubs spielen eine zentrale Rolle, um die Resilienz der H₂-Infrastruktur zu gewährleisten, der Industrie frühzeitig Zugang zu diesem neuen Energieträger zu ermöglichen und gleichzeitig die aktuellen und zukünftigen Potenziale der Forschung sichtbar zu machen.

Im Fokus: Wasserstoffsicherheit, -regulierungen und -zuverlässigkeit

Die **Schaffung eines klaren und verlässlichen normativen und regulatorischen Rahmens** ist entscheidend, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Wasserstoffanwendungen zu gewährleisten. Dies erfordert die **Entwicklung und Harmonisierung internationaler Normen und Standards** für den Transport, die Lagerung und die Nutzung von Wasserstoff. Ein **verlässlicher rechtlicher Rahmen** sollte Innovationen fördern und

gleichzeitig hohe Sicherheitsstandards einhalten. Zudem ist ein effektives Risikomanagement notwendig, das robuste Systeme zur Risikoüberwachung und Frühwarnung für Wasserstoffanwendungen etabliert. Diese Maßnahmen sind besonders in urbanen und industriellen Umgebungen wichtig, um das Vertrauen in Wasserstofftechnologien zu stärken. Die Einkalkulierung und Einberufung von Fachpersonal, die einen solchen Rechtsrahmen mit Normen und Standards entwickeln, spielen dabei eine große Rolle.

» Im Fokus: Wasserstoff-Systemmodellierungen

Der **Einsatz moderner Technologien wie Digitaler Zwillinge und Künstlicher Intelligenz** kann dazu beitragen, Wasserstoffwertschöpfungsketten zu optimieren und die Planungssicherheit für Unternehmen, den öffentlichen Sektor und politische Entscheidungsträger zu erhöhen. Durch digitale Modelle lassen sich verschiedene Szenarien zu erwartender Wasserstoffpreise simulieren, was Entscheidungen zu Investitionen und Infrastruktur erleichtert. Politische Entscheidungsträger sollten **Reallabore und Modellregionen** unterstützen, um innovative Konzepte wie Power-to-X zu testen und nachhaltige Lösungen zu entwickeln. Die **Festlegung von Nachhaltigkeitsstandards** in diesen Kontexten wird die Akzeptanz und Implementierung neuer Technologien fördern.

» Im Fokus: Wasserstoffmaterialien

Investitionen in die Erforschung neuer Materialien und in die Weiterentwicklung bewährter Materialien sind entscheidend für die Steigerung der Leistungsfähigkeit, der Zuverlässigkeit und der Lebensdauer von Anlagen für Wasserstofftechnologien. Bestehende und neue Infrastrukturkomponenten, in der Regel aus Stahl, müssen hinsichtlich ihrer Lebensdauer und Betriebsfestigkeit bewertet werden können. Für Elektrolyseure und Brennstoffzellen sind Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS) aufgrund ihrer einzigartigen chemisch-physikalischen Eigenschaften unverzichtbare Materialien für die Funktionsfähigkeit dieser Technologien, da sie hohe Anforderungen an chemische und thermische Beständigkeit erfüllen. Im Rahmen des REACH-Beschränkungsprozesses kann die EU-Kommission die Verwendung von PFAS einschränken oder verbieten. Aktuell gibt es jedoch keine adäquaten Alternativen, insbesondere für Anwendungen mit hohen technischen Anforderungen. Politische Entscheidungsträger sollten Initiativen unterstützen, die den

Einsatz von PFAS in kritischen Anwendungen ermöglichen und gleichzeitig die Entwicklung sicherer, nachhaltiger Alternativen fördern. Darüber hinaus sollte in allen Gliedern der Wertschöpfungskette, von der Erzeugung über Transport und Speicherung bis zur stofflichen oder energetischen Nutzung des Wasserstoffs, die **Kreislaufwirtschaft durch Recyclingfähigkeiten und die Entwicklung nachhaltiger Materialien gestärkt werden**, um Rohstoffabhängigkeiten zu verringern. Die Schaffung von Test- und Prüfumgebungen für Materialien und Komponenten im Kontakt mit Wasserstoff, die Anpassung von Standards und Regelwerken zur Auswahl von Materialien und zur Auslegung von Komponenten sowie die Digitalisierung von Materialeigenschaftsdaten sind notwendig, um die Wasserstoff-spezifische Eignung innovativer Materialien unter realen Bedingungen zu validieren und dadurch die Markteinführung innovativer Wasserstofftechnologien zu beschleunigen.

Schnittstellen

	Innovative Gesundheitsforschung	Circular Economy	Zukunftsfähige Wasserversorgung	Energiesystem der Zukunft	Leistungsfähige und nachhaltige Mobilitätswirtschaft	Digitaler Industriestandort	Cybersicherheit	Quantentechnologien	Verteidigungsforschung in der Zeitenwende	Luft- und Raumfahrt	ZukunftsMission Bau. Sicher.nachhaltig.bezahlbar.
● Hauptbezug											
○ Nebenbezug											
Innovative Gesundheitsforschung	●					○					
Circular Economy		●	○	○	○	○				○	○
Zukunftsfähige Wasserversorgung		○	●			○					
Energiesystem der Zukunft		○		●	○	○				○	○
Leistungsfähige und nachhaltige Mobilitätswirtschaft		○		○	●	○				○	
Digitaler Industriestandort	○	○	○	○	○	●	○	○	○		○
Cybersicherheit						○	●	○			
Quantentechnologien						○	○	●			
Verteidigungsforschung in der Zeitenwende						○			●	○	
Luft- und Raumfahrt		○		○	○				○	●	
ZukunftsMission Bau. Sicher.nachhaltig.bezahlbar.		○		○		○					●

Über die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,4 Mrd. €. Davon fallen 3,0 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.

Kontakt

Herausgeber

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.

Im Auftrag des Vorstands
Hansastraße 27 c, 80686 München
<https://www.fraunhofer.de>

Ansprechperson

Dr. Simon Kapitza
Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft, Abteilung Wissenschaftspolitik
Telefon: +49 30 688 3759-1607
E-Mail: pierre.prasuhn@zv.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Gesellschaft e. V., München 2024

Verzeichnis der Mitwirkenden

Prof. Dr. Ulf-Peter Apfel

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

Prof. Dr. Christian Elsässer

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

Prof. Dr. Christopher Hebling

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Prof. Dr. Hans-Georg Herrmann

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Dr.-Ing. habil. Matthias Jahn

Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKTS

Dr. Simon Kapitza

Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Jenny Lehmann

Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Maximilian Pfennig

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

Prof. Dr. Karsten Pinkwart

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT

Prof. Dr. Mario Ragwitz

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG

Julia Seitz

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Dr. Tom Smolinka

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Dr. Thorsten Spillmann

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG

Robert Szolak

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Prof. Dr. Martin Wietschel

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI