



WASSERSTOFF
KOMPASS

ÜBERGREIFENDE ASPEKTE

Akzeptanz und Sicherheit





WASSERSTOFF KOMPASS

ÜBERGREIFENDE ASPEKTE

 Regulatorischer Rahmen

 Zielgerichteter H₂-Einsatz

 Fachkräftesicherung

 **Akzeptanz und Sicherheit**

 Klima und Ressourcen

BEREITSTELLUNG

 H₂-Erzeugung

 H₂-Import

 Infrastruktur

INDUSTRIEZWEIGE

 Stahlindustrie

 Chemische Industrie

 Raffinerien

 Zementindustrie

 Glasindustrie

MOBILITÄT UND TRANSPORT

 Kraftfahrzeuge

 Schifffahrt

 Luftverkehr

 Schienenverkehr

ENERGIEVERSORGUNG

 Gebäudewärme

 Prozesswärme

 Stromsystem

GLOSSAR

- 1 **Generelle Aspekte zu Akzeptanz und Sicherheit**
- 2 Schlüsselthemen zur Schaffung von Akzeptanz
- 3 Gefahrenpotenzial
- 5 **Forschungs- und Entwicklungsbedarfe**
- 5 Akzeptanzforschung
- 5 Sicherheitsforschung
- 6 Begleitforschung zu Kampagnen- beziehungsweise Informationsformaten
- 6 **Handlungsoptionen**
- 6 Kommunikation zur Wasserstoffwirtschaft
- 8 Beteiligung von Bürger*innen und Kommunen
- 11 Lokale Wasserstoffzentren
- 15 **Literatur**

Akzeptanz und Sicherheit

- › Der schnelle, nachhaltige Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft kann nur gelingen, wenn deren besondere Bedeutung für die Transformation hin zur Klimaneutralität von allen relevanten Anspruchsgruppen erkannt beziehungsweise der Hochlauf ab sofort und dauerhaft breit unterstützt wird.
- › Um eine größtmögliche Akzeptabilität des Markthochlaufs zu gewährleisten, sollte die Bundesregierung ab sofort fundiert und vollumfänglich über Ziele und Implikationen einer Wasserstoffwirtschaft informieren und den Dialog zwischen Stakeholder*innen unterstützen.
- › Beim sachgemäßen Umgang mit Wasserstoff ist der sichere Einsatz von Wasserstoff grundsätzlich möglich, wie auch beim Benzin oder Erdgas. In Industriezweigen, in denen Wasserstoff bereits langjährig eingesetzt wird, bestehen breite Erfahrungswerte und es liegen entsprechende Kenntnisse vor.
- › Wasserstoff dringt mit dem Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur zunehmend in Anwendungsfelder ein, in denen es bisher nicht bekannt ist. In diesen Anwendungsfeldern fehlt die Erfahrung im Umgang mit Wasserstoff. Vor allem erfordert die Hochskalierung des Wasserstoffsektors Anstrengungen, um den Transfer von Sicherheits-Knowhow zu neuen Anwendern zu ermöglichen.

Generelle Aspekte zu Akzeptanz und Sicherheit

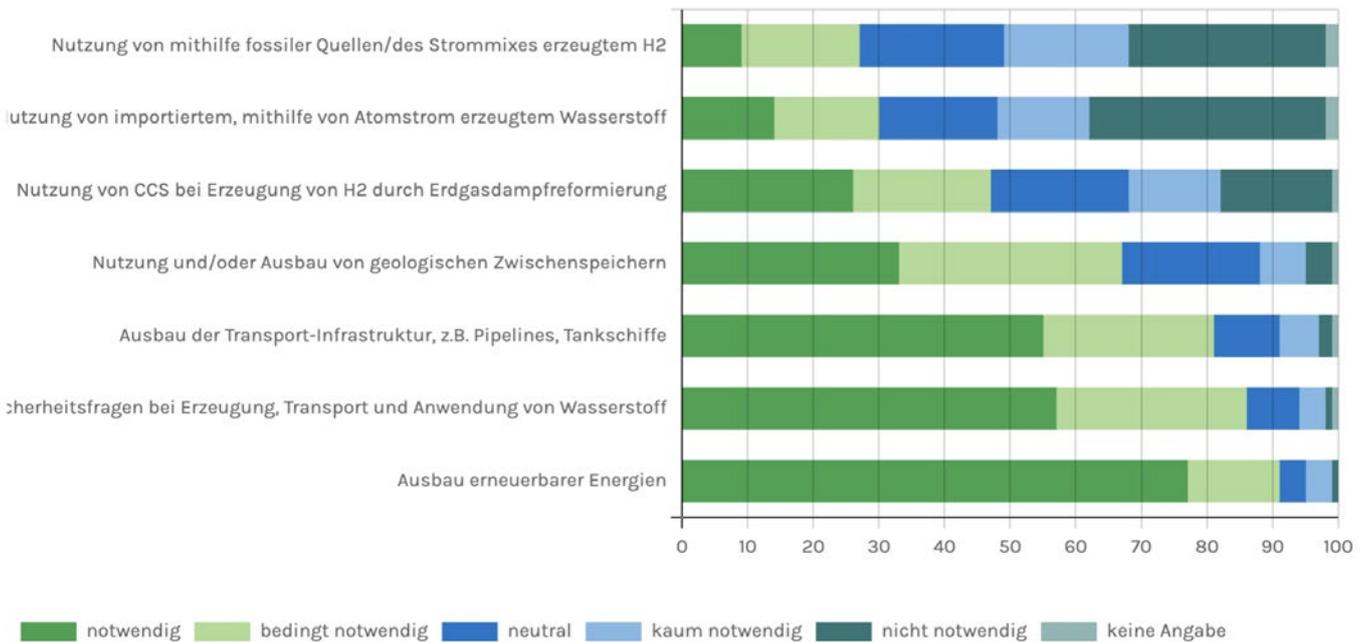
Eine vertrauensbildende öffentliche Debatte erfordert ein klares, realistisches Erwartungsmanagement seitens der Politik bezüglich der sowohl positiven als auch potenziell negativen Folgen einer Wasserstoffwirtschaft. Dabei bietet sich die Gelegenheit, die Wasserstoffthematik auch mit anderen gesellschaftlich relevanten Diskursen, zum Beispiel mit Partizipations- oder Genderfragen, zu verbinden und damit zusätzliche Mehrwerte zu schaffen.

Schlüsselthemen zur Schaffung von Akzeptanz

2021 befragten wir rund 600 Stakeholder*innen, für welche Aspekte akzeptanzfördernde Maßnahmen in Bezug auf die Öffentlichkeit angestoßen werden sollen. Besonders beim Ausbau der erneuerbaren Energien und der Wasserstoff-Transportinfrastruktur sowie bei Sicherheitsfragen hielten eine Mehrheit der Befragten akzeptanzfördernde Maßnahmen für dringend und notwendig.^[8]

Akzeptanzfördernde Maßnahmen

Aspekte, die aus Sicht von Stakeholder*innen akzeptanzfördernde Maßnahmen benötigen, damit sich die H₂-Wirtschaft in Deutschland effektiv entwickeln kann. Ergebnisse unserer Stakeholderumfrage im Herbst 2021. n = 545.^[300]



Gefahrenpotenzial

Entgegen der verbreiteten Annahme bestehen beim Umgang mit H₂ keine größeren Gefahren als bei anderen herkömmlichen brennbaren Gasen. Daher gibt es in Deutschland keine spezifischen Sicherheitsvorschriften für H₂. Zudem ist H₂ ein seit Langem genutzter Stoff in der chemischen Industrie, sodass Gefahrenpotenzial und Sicherheitsaspekte bekannt sind und der sichere Umgang erprobt ist.^[5]

Der Umgang mit Wasserstoff ist nicht grundsätzlich gefährlicher als mit anderen Energieträgern wie Erdöl oder Erdgas. In Deutschland und Europa gibt es entsprechende Sicherheitsvorschriften für Wasserstoff wie auch für andere brennbare Gase. Zudem ist H₂ ein seit Langem genutzter Stoff in der chemischen Industrie, wo Gefahrenpotenzial und Sicherheitsaspekte bekannt sind und der sichere Umgang erprobt ist.

Allerdings stellt die vermehrte Nutzung von Wasserstoff als Energieträger die Industrie und Anwender vor neue sicherheitstechnische Herausforderungen. Diese ergeben sich aus neuen Anwendungen, der massiven Hochskalierung der gehandhabten Mengen, dem vermehrten Einsatz unter neuen Bedingungen, wie z.B. von Flüssigwasserstoff oder Hochdruckwasserstoff bis 1.000 bar in Speicherung und Transport sowie den zahlreichen neuen Unternehmen und Anwendern, die bisher wenig bis keine Erfahrung im Umgang mit Wasserstoff haben.

Darüber hinaus werden Wasserstofftechnologien auch der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht, so dass auch ungeschulte Personen in Kontakt mit Wasserstoff kommen können (z.B. beim Tanken von PKW, Bussen, Zügen oder in Werkstätten bei der Reparatur solcher Fahrzeuge). Hier fehlt die Erfahrung im Umgang mit Wasserstoff, und sicherheitstechnische Maßnahmen sind nicht so umsetzbar wie in geschlossenen Industrieanlagen umsetzbar, wo Mitarbeitende gezielt geschult werden können.

Die Nähe zu Wohngebieten erhöht darüber hinaus das potenzielle Schadensausmaß bei Unfällen. Fehlende Regelwerke für spezielle Anwendungen von Wasserstoff stellen für die in den Markt strebenden Unternehmen zunehmend Hindernisse bei der Projektierung dar.

Die Geruchsneutralität und Farblosigkeit von H₂ stellt ein potenzielles Risiko dar. Denn Leckagen sind dadurch schwerer festzustellen. Der Zusatz von geruchsgebenden Stoffen (Odorierung) wie bei Erdgas kann hier Abhilfe schaffen (siehe z.B. das Projekt H₂-Odor). Im Falle von H₂-Bränden sind Wärmebildkameras einzusetzen, da auch die Flamme bei Tageslicht nicht sichtbar ist.

Eine hohe H₂-Konzentration in der Atemluft kann, wie bei anderen Gasen auch, aufgrund des daraus folgenden Sauerstoffmangels zu Schwindel oder im Extremfall zur Erstickungsgefahr führen.^[4] Daher ist beim Umgang mit H₂ in geschlossenen Räumen auf ausreichende Belüftung zu achten. Insgesamt hält sich dieses Risiko aber in Grenzen, da H₂ selbst ungiftig ist und sich aufgrund seiner geringen Dichte schnell nach außen beziehungsweise aufwärts in der Atmosphäre entweicht und sich dort verteilt.



Bei Anteilen zwischen 4 und 75 Prozent Wasserstoff in Luft bilden sich unter atmosphärischen Bedingungen explosionsfähige Gemische, die sich entzünden lassen, sofern eine Zündquelle vorhanden ist. Aufgrund seiner geringen Dichte hat Wasserstoff einen größeren Auftrieb als andere Gase und verflüchtigt sich im Freien im Gegensatz zu Benzin oder Erdgas schnell. Außerdem besteht, anders als bei flüssigen Energieträgern wie Benzin, keine zusätzliche Gefahr durch Brandteppiche.

Eine relevante Sicherheitsmaßnahme beim Umgang mit H_2 bezieht sich auf die Prävention des wasserstoffbedingten Versagens bei Metallen und Metalllegierungen. Denn das H_2 -Molekül diffundiert wegen seiner geringen Größe leicht in die Kristallgitter einiger Materialien und kann unter bestimmten Bedingungen zu einer beschleunigten Rissbildung führen. Insbesondere bei für den Transport umgerüsteten Gaspipelines ist dieser Sicherheitsaspekt zu beachten.^[4]

Auch ungeeignete nicht-metallische Materialien, z. B. für Dichtungen können bei ungeeigneten Betriebsbedingungen durch den Wasserstoff geschädigt werden. Zudem diffundiert Wasserstoff nicht nur in die Materialien, sondern auch durch diese hindurch, so dass je nach Material Wasserstoff in unterschiedlichen Größenordnungen und abhängig von den Betriebsbedingungen in die Umgebung gelangt. Auch diese Tatsache muss bei der Auswahl der Materialien in den Technologien berücksichtigt werden.

AUSWAHL ÖFFENTLICH GEFÖRDERTER PROJEKTE

> Kopernikus-Projekt P2X

<https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/p2x>

> Kopernikus-Projekt Ariadne

<https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/ariadne>

> Trans4Real

<https://www.ffe.de/projekte/trans4real-transferforschung-fuer-die-reallabore-der-energie-wende-zu-sektorkopplung-und-wasserstoff/>

> Wasserstoffatlas

<https://wasserstoffatlas.de/>

> H_2 -Infra – Effizienter und sicherer Betrieb von Wasserstoffverteilnetzen

<https://www.dbi-gruppe.de/h2-infra.html>

Forschungs- und Entwicklungsbedarfe

Akzeptanzforschung

Über Forschungs- und Transferprojekte lässt sich in regelmäßigen Abständen untersuchen, welche Einstellungen gegenüber H₂ und seinen Derivaten im Allgemeinen und gegenüber konkreten Anwendungsfällen bereits existieren, worauf diese Einstellungen zurückzuführen sind und wie sie sich über die Zeit verändern. Es können Einstellungen, Erwartungen und Bedarfe sowohl betroffener Personen (breite Bevölkerung) als auch handelnder Akteur*innen (Politik und Wirtschaft) entlang der gesamten Wertschöpfungskette untersucht werden.

Sicherheitsforschung

Im Rahmen des Clusters »Akzeptanz, Sicherheit und nachhaltige Markteinführung« des Forschungsnetzwerks Wasserstoff wurden folgende Forschungsbedarfe identifiziert:

- › Entwicklung innovativer Methoden zur Leckageüberwachung und von Messtechnik zur Quantifizierung und Lokalisierung von H₂-Emissionen
- › Entwicklung von Leitfäden für spezifische Schutzkonzepte und zur Festlegung von Schutzbereichen
- › Entwicklung von Werkzeugen zur quantitativen Risikoanalyse
- › Entwicklung von Modellen zur Untersuchung des Verhaltens von H₂ in Unfallszenarien
- › Entwicklung neuer Werkstoffkonzepte und von Leitfäden für die sichere Auswahl geeigneter Materialien
- › Entwicklung von Prüfverfahren und -konzepten für die H₂-Readiness und Schadensfrüherkennung sowie zur Charakterisierung des Deformations- und Schädigungsverhaltens bei hohen Temperaturen
- › Entwicklung von Lebensdauermodellen
- › Untersuchungen zur Klimawirkung von H₂
- › Untersuchungen zum Einfluss des Faktors Mensch auf die Sicherheit bei H₂-Anwendungen

Darüber hinaus muss der Wissenstransfer von Industriezweigen, in denen der Einsatz von Wasserstoff bereits seit langen Jahren etabliert ist, auf Industriezweige, in denen Wasserstoff neu zum Einsatz kommen wird und auf die Wasserstoffnutzung im urbanen Raum durch ungeschulte Personen unterstützt werden. Dabei werden sich voraussichtlich neue Wissenslücken auftun, die es zu schließen gilt.

Begleitforschung zu Kampagnen- beziehungsweise Informationsformaten

Forschung zu Formaten, zum Beispiel zu formellen oder informellen Beteiligungsverfahren für betroffene Bürger*innen, kann auf Anspruchsgruppen konkreter Projekte oder Regionen mit Bezug zu H₂ und seinen Derivaten fokussieren.

Handlungsoptionen

Kommunikation zur Wasserstoffwirtschaft

Öffentlichkeitsarbeit der Politik zum Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft (H₂-Wirtschaft) kann unter anderem folgende Ziele verfolgen:

- › Aufbau, Pflege, Veränderung des Bilds einer H₂-Wirtschaft
- › Steigerung des Bekanntheitsgrads einschlägiger Technologien
- › (aktive) Unterstützung durch Stakeholder*innen

Der Hochlauf der H₂-Wirtschaft mit ihren vielen Dimensionen (Industriepolitik, Klimaschutz, Fachkräftebedarf, Umweltauswirkungen etc.) ist für eine Vielzahl von Anspruchsgruppen relevant. Damit die Kommunikation mit verschiedenen Zielgruppen gelingt, müssen je nach Kommunikationsthema oder Unterthema unterschiedliche Botschaften, Detailgrade und Formate der Kommunikation vorbereitet werden.

Das Projekt **Trans4Real** <https://www.ffe.de/projekte/trans4real-transferforschung-fuer-die-reallabore-der-energie-wende-zu-sektorkopplung-und-wasserstoff/> schlägt vor, eine zentrale Stelle beziehungsweise eine transdisziplinäre Arbeitsgruppe einzurichten, die Kommunikationsformate zu H₂-Technologien koordiniert.^[6]

Weiterhin regt Trans4Real an, auf Bundesebene ein unabhängiges, pluralistisch zusammengesetztes Gremium zu schaffen, das Dialogkorridore zwischen den verschiedenen Akteur*innengruppen öffnet und Dialogprozesse begleitet.^[6]



STIMMEN AUS DEM STAKEHOLDERDIALOG

- › Stakeholder*innen waren sich darüber einig, dass es wichtig sei, ausdifferenzierte Zielgruppen zu adressieren. Von Stakeholder*innen genannte Zielgruppen waren unter anderem Schüler*innen, kommunale Akteur*innen, Presse, Auszubildende, Studierende, Versicherungen, Investoren, Banken, Bundesländer, Akteur*innen der H₂-Wirtschaft, verschiedene Branchen der Industrie, Feuerwehr, Industrie- und Handelskammern, Handwerksbetriebe, Gewerkschaften, Anrainer*innen von Anlagen und Infrastruktur sowie die interessierte Öffentlichkeit.
- › Stakeholder*innen äußerten, dass Kommunikationsformate relevante Reaktionen auslösen und Diskussionen anstoßen können. Somit seien interaktive Dialogformate, die über die Informationsvermittlung hinausgehen, besonders wichtig und wertvoll.
- › Stakeholder*innen erwarteten von der Politik transparente und ehrliche Kommunikation zu den vielfältigen Aspekten des Hochlaufs der H₂-Wirtschaft.

AUSWAHL RELEVANTER PROJEKTE

- › Im Kopernikus-Projekt P2X
<https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/p2x>
 hat der WWF Deutschland unter anderem eine Virtual Reality Experience und ein digitales Lernmodul entwickelt, um die Chancen und Risiken von Power-to-X einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen.^[7]

MASSNAHMEN

MASSNAHME

› Begründung der Wasserstoffpolitik der Bundesregierung

Damit Anspruchsgruppen sowie die interessierte Öffentlichkeit das politische Engagement für einen zügigen Hochlauf der H₂-Wirtschaft nachvollziehen können, kann die Politik zielgruppenspezifische Kommunikationsformate zu folgenden, durch den Aufbau der H₂-Wirtschaft angestrebten Zielen umsetzen:

- › rechtzeitige Erreichung der Klimaneutralität
- › Vorantreiben innovativer H₂-Technologien und entstehender Märkte
- › engere, diversifizierte internationale Partnerschaften

MASSNAHME

› Anwendungsbereiche von Wasserstoff und seinen Derivaten

Die Politik kann Dialog- und Informationsformate zu den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von H₂ und seinen Derivaten anregen oder selbst initiieren. Folgende Punkte könnten thematisiert werden: Chancen, Risiken, Herausforderungen, Bedeutung für die Industrie-, Wirtschafts-, Energie-, Klima- und Umweltpolitik.

MASSNAHME

> Rohstoff- und Infrastrukturbedarfe

Die Politik kann zielgruppenspezifische Kommunikationsformate zu den Themen Rohstoff- und Infrastrukturbedarfe anregen oder selbst initiieren. Beispielsweise könnten die Auswirkungen der Erzeugung von H₂ und seinen Derivaten auf die Süßwasserressourcen herausgestellt werden. Über die Chancen und Risiken von Techniken wie Carbon Capture and Storage (CCS) und Carbon Capture and Utilisation (CCU) zu informieren, könnte die Akzeptanz gegenüber diesen Technologien positiv beeinflussen.

MASSNAHME

> Sicherheit und Sicherheitsvorkehrungen

Im Zuge des Hochlaufs der H₂-Wirtschaft werden H₂ und seine Derivate zunehmend Teil der Lebenswirklichkeit und damit der Sicherheitswahrnehmung von Personengruppen, die bisher keinen Bezug zum Thema hatten. Entsprechend sollten diesen Gruppen Informationen zu Risiken und zum sicheren Umgang mit H₂ zur Verfügung gestellt werden.

MASSNAHME

> Berufsbilder in der Wasserstoffbranche

Maßnahmen zur Vermittlung von Berufsbildern unter Schüler*innen, Berufsanfänger*innen, Schulabgänger*innen, Quereinsteiger*innen und Studierenden können die Attraktivität von Tätigkeiten in der H₂-Wirtschaft verdeutlichen.

Lesen Sie mehr zu Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen sowie zur Fachkräftesicherung.

Beteiligung von Bürger*innen und Kommunen

Bürgerbeteiligung ist ein demokratisches Element, über das Bürger*innen vor allem auf kommunaler Ebene an relevanten Entwicklungen, Fragestellungen und teilweise auch Entscheidungen mitwirken können. Auch eine finanzielle Beteiligung von Bürger*innen und Kommunen kann die Akzeptanz vor Ort wesentlich verbessern, wie sich beim Ausbau erneuerbaren Energien bereits gezeigt hat.

Damit sich die Beteiligung von Bürger*innen und Kommunen auch beim Aufbau der Wasserstoffwirtschaft positiv auf die Akzeptanz auswirkt, müssen Politik und Verwaltung einen angemessenen Beteiligungsrahmen definieren. Die Beteiligung an Entscheidungsfindungsprozessen sollte dialogorientiert erfolgen.^[10] Beteiligungsformate sollten nur dann angeboten werden, wenn Bürger*innen letztlich auch tatsächlich Einfluss nehmen können. Einflussmöglichkeiten sollten transparent sein.^[9] Andernfalls könnten sich Beteiligungsprozesse sogar negativ auf die Akzeptanz auswirken.



STIMMEN AUS DEM STAKEHOLDERDIALOG

› Stakeholder*innen waren sich grundsätzlich einig, dass die Beteiligung von Bürger*innen beim Aufbau der Wasserstoffwirtschaft die Akzeptanz positiv beeinflussen beziehungsweise Widerstände vermeiden kann.



› Kein Konsens herrschte unter den Stakeholdergruppen bei der Frage, ob die Beteiligung von Bürger*innen grundsätzlich stattfinden oder über Kriterien begrenzt werden sollte. Als ein mögliches eingrenzendes Kriterium wurde insbesondere die Projektgröße genannt.

Vorteile

- › Durch Beteiligungsprozesse können Konflikte vermieden oder abgeschwächt werden.
- › Im Rahmen von Beteiligungsprozessen erfahren Bürger*innen von dem Verhältnis beziehungsweise der Verteilung von Nutzen und Kosten und erhalten somit wichtige Informationen, die zu deren Akzeptanz der lokalen Wasserstoffwirtschaft beitragen können.

Nachteile

- › Die Vermeidung oder Reduzierung von Konflikten unter beteiligten Stakeholdergruppen ist nicht garantiert, was zu Verzögerungen bis hin zu Verhinderungen bei Projektumsetzungen führen kann.
- › Die mögliche Mitsprache bei kleinen Wasserstoffprojekten kann zu mehr Kosten als Nutzen führen, da diese Projekte vergleichsweise geringe Umwelteinflüsse haben. Der Aufwand eines Beteiligungsprozesses könnte sich als unverhältnismäßig erweisen.

AUSWAHL RELEVANTER PROJEKTE

- › Erneuerbare H₂-Erzeugung
https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/ministerien-behoerden/V/Presse/PI/2023/0423/230425_GrenzlandEnergie.html

durch die

- › Grenzland Bürgerenergie eG
<https://grenzland-energieprojekte.de/>
- › HyExperts II: Landkreise Reutlingen und Tübingen
<https://www.hy.land/hyexperts-ii-landkreise-reutlingen-und-tuebingen/>

MASSNAHMEN

MASSNAHME

> Finanzielle Teilnehmungsmodelle für Kommunen und Bürger*innen

Um Akzeptanz für Wasserstoffprojekte zu schaffen, könnten finanzielle Teilnehmungsmodelle für Kommunen und Bürger*innen auf lokaler Ebene angeregt werden. Beispielsweise könnten Kommunen Einnahmen durch die Verpachtung von Flächen erhalten, wie dies im Projekt BayH₂ vorgesehen ist.^[12] Zudem könnten Bürgerenergiegesellschaften im Zusammenhang mit Wasserstoffprojekten einen erleichterten Zugang zu Förderungen erhalten.^[13]



STIMMEN AUS DEM STAKEHOLDERDIALOG

> Die Stakeholder*innen bestätigten die Erkenntnisse aus der Akzeptanzforschung, dass finanzielle Teilnehmungsmodelle für Bürger*innen ein wichtiger Baustein zur lokal erfolgreichen Transformation des Energiesystems darstellen.

INITIATOREN

- > Kommunale Verwaltungen
- > Landesregierungen
- > Bundesministerium für Finanzen
- > Bundesministerium des Innern und für Heimat
- > Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

MASSNAHME

> Einbindung zivilgesellschaftlicher Stakeholdergruppen durch Landesregierungen und kommunale Verwaltungen

Landesregierungen und kommunale Verwaltungen könnten, dort wo es sinnvoll und praktikabel erscheint, zivilgesellschaftliche Stakeholdergruppen in politische Entscheidungsprozesse einbinden, um auch auf diesem Wege Akzeptanz für Transformationsschritte zu schaffen. Ein Beispiel ist die Einbindung der Bevölkerung beim Klimaschutzprogramm der Stadt Tübingen.^[11]



STIMMEN AUS DEM STAKEHOLDERDIALOG

> Die Stakeholder*innen bestätigten die Erkenntnisse zur Akzeptanzforschung von Energieerzeugungsanlagen, dass die frühzeitige und transparente Einbindung der verschiedenen Stakeholdergruppen einen wichtigen Baustein zur erfolgreichen Transformation der Wirtschaft darstellt.

INITIATOREN

- > Kommunale Verwaltungen
- > Landesregierungen

Lokale Wasserstoffzentren

Kleine, schnell zu etablierende Plattformen können lokale Akteur*innen entlang der H₂-Wertschöpfungskette zusammenbringen. Als digitale Marktplätze können sie der Akteur*innenvernetzung dienen und den Austausch von Wissen und Erfahrungen zwischen Stakeholdergruppen fördern. Kleine H₂-Zentren unterscheiden sich von größeren Plattformen oder Hubs dadurch, dass vornehmlich kleine und mittelständische Unternehmen sowie die interessierte Öffentlichkeit angesprochen werden. Sie könnten auch mit geringeren Produktionskapazitäten an Standorten entstehen, die betriebswirtschaftlich für größere Akteur*innen weniger attraktiv sind.

STIMMEN AUS DEM STAKEHOLDERDIALOG



- › Viele Stakeholder*innen betonten die Wichtigkeit, kleinformatige Cluster wie Mini-Reallabore und Insellösungen zu unterstützen. Auch der zeitnahe Aufbau von Demonstrationsanlagen sei eine Möglichkeit, die positive Wahrnehmung beziehungsweise die Erlebbarkeit von H₂ zu verstärken.

Voraussetzungen

- › Genehmigungsprozesse sind (insbesondere für kleine und mittelständische) Unternehmen sowie Verwaltungen auf Gemeinde- und Landkreisebene oft zu komplex und daher zeit- und ressourcenaufwendig. Sie müssten vereinfacht werden.
- › Auch wenn die Akzeptanzsteigerung und nicht die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund steht, muss die Volllaststundenzahl hoch genug sein (circa 3.000 Stunden pro Jahr), um eine verlustfreie H₂-Produktion zu gewährleisten.^[15]

Vorteile

- › Lokale Zentren mit Anwendungen wie dem H₂-Einsatz im öffentlichen Nahverkehr bieten einen erfahrbaren Nutzen für die Bevölkerung und können so Berührungspunkte mindern.
- › Bei kleineren Elektrolyseuren sind die absoluten Investitionsausgaben überschaubar (knapp eine Million Euro bei einem Megawatt installierter Leistung).^[15]
- › Lokale Reallabore können Keimzellen für Innovationen sein.
- › Wenig neue Infrastruktur wird benötigt, weil Verbrauch und Produktion nah beieinander liegen.
- › Lokale H₂-Zentren eignen sich für gute (Begleit-)Forschung, zum Beispiel zur Haltung lokaler Akteur*innene und Anspruchsgruppen gegenüber H₂.

Nachteile

- › Aufgrund vergleichsweise geringer H₂-Produktionsmengen ist die Auswahl potenzieller Abnehmer beschränkt. Es kämen vor allem Transportunternehmen oder kleinere Industrieabnehmer wie Glas- oder Papierhersteller infrage, nicht aber größere industrielle Abnehmer.^[15]
- › Sobald eine Region durch ein größeres Pipelinenetz von extern mit günstigem H₂ versorgt werden kann, könnten lokale H₂-Produzenten aufgrund der Preiskonkurrenz ihre Abnehmer verlieren.^[15]
- › MobilitätsAkteur*innen (zum Beispiel Bus- oder Lastkraftwagenflottenbetreiber) bieten sich zwar gut als Verbraucher von lokal erzeugtem H₂ an, um den Nutzen H₂ für Bürger*innen erfahrbar zu machen. Jedoch könnten Investitionen in H₂-Mobilitätsanwendungen (teilweise) verloren gehen, wenn sich längerfristig alternative Technologien wie batterieelektrische Antriebe als effizienter beziehungsweise kostengünstiger herausstellen sollten.

Folgen

- › Würde Momentum erreicht und eine Vielzahl lokaler H₂-Zentren etabliert, könnten diese zu den von der Politik ausgegebenen H₂-Mengenzielen beitragen.^[14]
- › Wenn dank nah beieinander liegender lokaler Produktion und Nachfrage auf größere Infrastruktur wie Pipelines verzichtet werden kann, könnte dies die Schaffung von Akzeptanz deutlich begünstigen. Denn die gesellschaftliche Akzeptanz für größere Infrastrukturprojekte ist nur schwach ausgeprägt.^[14]
- › Die lokalen wirtschaftlichen Akteur*innene (insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen) könnten sich wechselseitig Planungssicherheit bieten.
- › Entlang der lokalen Wertschöpfungsketten könnten wichtige Erfahrungswerte für den Markthochlauf gesammelt werden.

Versorgungssicherheit

Lokale H₂-Zentren könnten zur H₂-Versorgungssicherheit vor Ort beitragen. Durch Speicherung und Rückverstromung könnten die lokalen H₂-Zentren ebenfalls die Versorgungssicherheit des Gesamtenergiesystems unterstützen.

AUSWAHL RELEVANTER PROJEKTE

- › H₂Werkstatt RheinBerg
<https://www.h2werkstatt.de/>
- › H₂ Wasserstoffregion Uckermark-Barnim UB
<https://h2-uckermark-barnim.de/>

MASSNAHMEN

MASSNAHME

> Bildung lokaler oder regionaler Wasserstoffnetzwerke

Lokale beziehungsweise regionale H₂-Netzwerke können ein wichtiger Bestandteil von H₂-Zentren sein. Denn sie versetzen diese in die Lage, auch den breiteren Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Wirtschaft, Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Gesellschaft gezielt zu fördern.^{[16][17]} Politik und Verwaltung auf lokaler Ebene können die Bildung solcher Netzwerke durch die Bereitstellung personeller, finanzieller oder geldwerter Ressourcen unterstützen.

INITIATOREN

- > Politik und Verwaltung auf kommunaler Ebene, vor allem in den Bereichen Wirtschaft(-sförderung) und Verkehr

MASSNAHME

> Bildung lokaler oder regionaler Wasserstoffmarktplätze

Lokale oder regionale H₂-Marktplätze könnten potenzielle Erzeuger und Abnehmer von H₂ und seinen Derivaten dabei helfen, zusammenzufinden. In dieser Funktion fungiert ein H₂-Zentrum als H₂-Handelsbörse. Politik und Verwaltung auf Bundes-, Landes- oder auch kommunaler Ebene könnten die Bildung solcher Marktplätze durch die Bereitstellung personeller, finanzieller oder geldwerter Ressourcen unterstützen.

INITIATOREN

- > Politik auf Bundes-, Landes- sowie kommunaler Ebene, vor allem in den Bereichen Wirtschaft(-sförderung), Verkehr und Forschung

MASSNAHME

> Schaffung von Sichtbarkeit der H₂-Zentren

Mit Veranstaltungen, Führungen durch Demonstrationsanlagen, einem Informationszentrum oder Ähnlichem kann erfolgreichen H₂-Initiativen als Teil lokaler Wertschöpfungsketten beziehungsweise H₂-Zentren mehr Sichtbarkeit verschafft werden. Die Politik könnte dies über gezielte Maßnahmen oder im Rahmen bestehender Förderprogramme unterstützen.

INITIATOREN

- > Politik auf Bundes-, Landes- sowie kommunaler Ebene, vor allem in den Bereichen Wirtschaft(-sförderung), Verkehr und Forschung

MASSNAHME**> Unterstützung für lokale Investitionen**

Wirtschaftliche Akteur*innen entlang der lokalen H₂-Wertschöpfungskette könnten über finanziell unterstützt werden. Neben der finanziellen Förderung wäre eine Unterstützung durch ein vereinfachtes und beschleunigtes Planungs- und Genehmigungsrecht von zentraler Bedeutung.

STIMMEN AUS DEM STAKEHOLDERDIALOG

> Viele Stakeholder*innen hielten Investitionsförderungen für H₂-Technologien wie Brennstoffzellenbusse für sinnvoll. Beispielweise würden sich kommunale Unternehmen häufig neue Technologien ohne Förderungen nicht leisten können. Diese sollten zu Beginn des Hochlaufs zur Verfügung stehen.

INITIATOREN

> Politik auf Bundes-, Landes- sowie kommunaler Ebene, vor allem in den Bereichen Wirtschaft(-sförderung), Verkehr und Forschung

Literatur

- [1] **Bundesministerium für Bildung und Forschung:** Wie das Kopernikus-Projekt Ariadne den Weg für eine erfolgreiche Gestaltung der Energiewende weist, zuletzt aufgerufen am: 13.02.2023. <https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/p2x>
- [2] **Bundesministerium für Bildung und Forschung:** Wie das Kopernikus-Projekt Ariadne den Weg für eine erfolgreiche Gestaltung der Energiewende weist, zuletzt aufgerufen am: 13.02.2023. <https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/ariadne>
- [3] **Forschungsstelle für Energiewirtschaft:** Trans4Real – Transferforschung für die Reallabore der Energiewende zu Sektorkopplung und Wasserstoff, zuletzt aufgerufen am: 13.02.2023. <https://www.ffe.de/projekte/trans4real-transferforschung-fuer-die-reallabore-der-energiewende-zu-sektorkopplung-und-wasserstoff/>
- [4] **TÜV Nord:** Wasserstoff: Eigenschaften, Sicherheit, Gefahren, zuletzt aufgerufen am: 02.08.2023. <https://www.tuev-nord.de/de/unternehmen/energie/wasserstoff/wasserstoff-eigenschaften-sicherheit-gefahren/>
- [5] **TÜV Süd:** Sicherheit von Wasserstoff, zuletzt aufgerufen am: 02.08.2023. <https://www.tuvsud.com/de-de/indust-re/wasserstoff-brennstoffzellen-info/wasserstoff/sicherheit-von-wasserstoff>
- [6] **Trans4Real (2023):** Wie kann der Markthochlauf von Wasserstoff beschleunigt werden? Aktuelle Erkenntnisse aus den Reallaboren der Energiewende. Stand Februar 2023. Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) e.V., München. https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2023/04/TRANS4REAL_Wie_kann_der_Markthochlauf_von_Wasserstoff_beschleunigt_werden_Feb_2023.pdf
- [7] **WWF Deutschland:** Die Virtuelle Realität (VR) im Kopernikus-Projekt P2X erleben, zuletzt aufgerufen am: 11.05.2023. <https://www.wwf.de/aktiv-werden/bildungsarbeit-lehrerservice/klima/power-to-x>
- [8] **Wasserstoff-Kompass (2022):** Auf dem Weg in die deutsche Wasserstoffwirtschaft: Resultate der Stakeholder*innen -Befragung. acatech und DECHEMA, Berlin. https://doi.org/10.48669/h2k_2022-1
- [9] **Mischinger et al. (2022):** Netzstudie III Stakeholderdialog zur Weiterentwicklung der Planungsverfahren für Energieinfrastrukturen auf dem Weg zum klimaneutralen Energiesystem, Deutsche Energie-Agentur. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/Abschlussbericht_dena-Netzstudie_III.pdf
- [10] **Abt, Jan; Bock, Stephanie; Reimann, Bettina:** Das 3x3 einer guten Öffentlichkeitsbeteiligung bei Großprojekten. Dokumentation des Fachgespräch, zuletzt aufgerufen am: 31.05.2023. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/dokumentation_des_fachgespraechs.pdf
- [11] **Klimaschutzprogramm 2020 bis 2030 für die Zielsetzung »Tübingen klimaneutral 2030«:** zuletzt aufgerufen am: 31.05.2023. https://www.tuebingen.de/Dateien/broschuere_klimaschutzprogramm.pdf
- [12] **BayH₂:** Bayerische Kommunen haben teil an einem hocheffizienten Klima- und Wirtschaftsprojekt, zuletzt aufgerufen am 27.07.2023. <https://bayh2.de/vorteile-fuer-kommunen/>
- [13] **Bundesnetzagentur:** Ausschreibungen zur Ermittlung der finanziellen Förderung von Windenergieanlagen an Land, zuletzt aufgerufen am: 27.07.2023. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Wind_Onshore/artikel.html



- [14] **Glanz, Sabrina und Schonauer, Anna-Lena (2019):** H₂/CCS chains in Germany – Social Perception and Acceptance, zuletzt aufgerufen am: 17.04.2023. <https://blog.sintef.com/sintefenergy/h2-ccs-chains-germany-social-perception-acceptance/>
- [15] **Schalling et al. (2022):** Netzdienliche Wasserstoffherzeugung. Studie zum Nutzen kleiner, dezentraler Elektrolyseure. Reiner Lemoine Institut, Berlin. https://reiner-lemoine-institut.de/wp-content/uploads/2022/03/2022-03-10_Abschlussbericht_Netzdienliche_Wasserstoffherzeugung.pdf
- [16] **RheinBerg (2023):** H₂Werkstatt RheinBerg | Kompetenzzentrum | Bergisch Gladbach, zuletzt aufgerufen am: 17.04.2023. <https://www.h2werkstatt.de/>
- [17] **Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe, Referat Energie (2021):** H₂-ROADMAP. Fahrplan zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft für das Land Brandenburg und die Hauptstadtregion zugleich Maßnahmenkonkrete Strategie für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft im Land Brandenburg, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Landes Brandenburg, Potsdam. https://www.berlin.de/sen/energie/energiepolitik/20211129_h2_roadmap_final.pdf



Beteiligte Institutionen

DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.

acatech berät Politik und Gesellschaft, unterstützt die innovationspolitische Willensbildung und vertritt die Technikwissenschaften international. Ihren von Bund und Ländern erteilten Beratungsauftrag erfüllt die Akademie unabhängig, wissenschaftsbasiert und gemeinwohlorientiert. acatech verdeutlicht Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen und setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Wohlstand, Wohlfahrt und Lebensqualität erwachsen. acatech bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Die Mitglieder der Akademie sind herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Ingenieur- und den Naturwissenschaften, der Medizin sowie aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Senatorinnen und Senatoren sind Persönlichkeiten aus technologieorientierten Unternehmen und Vereinigungen sowie den großen Wissenschaftsorganisationen. Neben dem acatech FORUM in München als Hauptsitz unterhält acatech Büros in Berlin und Brüssel.

www.acatech.de

Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

Die DECHEMA ist das kompetente Netzwerk für chemische Technik und Biotechnologie in Deutschland. Sie vertritt als gemeinnützige Fachgesellschaft diese Gebiete in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Die DECHEMA fördert den technisch-wissenschaftlichen Austausch von Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen, Organisationen und Generationen und bündelt das Know-how von über 5.500 Einzel- und Fördermitgliedern. Sie engagiert sich in (inter-)nationalen technischen Expertengremien und ist in öffentlich geförderten F&E-Projekten sowie der Auftragsforschung aktiv. Dabei koordiniert sie große Forschungsverbände und ist in verschiedenen Fördermaßnahmen für die Begleitforschung verantwortlich.

www.dechema.de

Autor*innen

- > **Dr. Jens Artz**
Teamleiter DECHEMA
- > **Dr. Benjamin Baur**
Referent Stakeholder-Dialog acatech
- > **Marie Biegel**
Studentische Hilfskraft acatech
- > **Dr. Dominik Blaumeiser**
Wissenschaftlicher Referent DECHEMA
- > **Jasper Eitze**
Teamleiter acatech
- > **Dr. Alexandra Göbel**
Wissenschaftliche Referentin DECHEMA
- > **Tamara Hanstein**
Wissenschaftliche Referentin DECHEMA
- > **Dr. Christopher Hecht**
Wissenschaftlicher Referent ISEA RWTH Aachen University / acatech
- > **Thomas Hild**
Wissenschaftlicher Referent DECHEMA
- > **Florian Hölting**
Wissenschaftlicher Referent ISEA RWTH Aachen University / acatech
- > **David Knichel**
Wissenschaftlicher Referent acatech
- > **Valerie Kwan**
Referentin Stakeholder-Dialog acatech
- > **Jördis Lemke**
Teamassistentin acatech
- > **Dr. Michaela Löffler**
Wissenschaftliche Referentin DECHEMA
- > **Dr. Andrea Lübcke**
Teamleiterin acatech
- > **Alena Müller**
Referentin Stakeholder-Dialog acatech
- > **Lars Ole Reimer**
Redakteur Multimedia acatech
- > **Dr. Damien Rolland**
Wissenschaftlicher Referent DECHEMA
- > **Anna Runkel**
Studentische Hilfskraft acatech
- > **Emre Yildirim**
Studentische Hilfskraft acatech

Ansprechpartner*innen acatech

- > **Jasper Eitze**
eitze@acatech.de
- > **Dr. Andrea Lübcke**
luebcke@acatech.de

Ansprechpartner*innen DECHEMA

- > **Dr. Jens Artz**
jens.artz@dechema.de
- > **Dr. Michaela Löffler**
michaela.loeffler@dechema.de



WASSERSTOFF KOMPASS

IMPRESSUM

Wasserstoff-Kompass
- Handlungsoptionen für die Wasserstoffwirtschaft

Herausgebende

**acatech – Deutsche Akademie
der Technikwissenschaften e.V.**

Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0) 89 / 52 03 09-0
F +49 (0) 89 / 52 03 09-900
info@acatech.de
www.acatech.de

**DECHEMA Gesellschaft für
Chemische Technik und Biotechnologie e.V.**

Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main
T +49 (0) 69 / 75 64-0
info@dechema.de
www.dechema.de

Geschäftsführendes Gremium des Präsidiums / acatech

Prof. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Prof. Dr. Ursula Gather,
Dr. Stefan Oschmann, Manfred Rauhmeier,
Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber,
Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner
Vorstand i.S.v. § 26 BGB:
Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner,
Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier

Verantwortlicher im Sinne des Presserechts

Dr. Jens Artz, DECHEMA

Redaktion

Jasper Eitze, Dr. Andrea Lübcke / acatech
Dr. Jens Artz, Dr. Michaela Löffler / DECHEMA

Gestaltung und Satz

Lindner & Steffen GmbH, www.lindner-steffen.de

Bildnachweis

AdobeStock: colnihko

Die Projektpartner danken dem Bundesministerium
für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) sowie dem
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens
(FKZ 03EWT002).

Betreut wurde das Projekt durch den Projektträger Jülich.

Erschienen im März 2024 in Frankfurt am Main

1. Auflage

ISBN 978-3-89746-245-8

www.wasserstoff-kompass.de

Empfohlene Zitierweise

acatech, DECHEMA (Hrsg.): Wasserstoff-Kompass
- Handlungsoptionen für die Wasserstoffwirtschaft,
Frankfurt am Main 2023, ISBN: 978-3-89746-245-8
<https://www.wasserstoff-kompass.de/handlungsfelder#>



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages