



energie | wasser-praxis

# kompakt

November 2019

## WASSERSTOFF

---

CO<sub>2</sub>-freier Wasserstoff als Schlüsselement  
für die Energiewende und den Klimaschutz

---

# wasserstoff



# inhalt

- 4 **Wasserstoff – zukunftsweisender Game Changer der Energieversorgung**
- 8 **Wasserstoff: ein wichtiges Element für die Energiewende**  
Ulrich Benterbusch, BMWi
- 9 **Nun gilt es, technologische Schlüsselkompetenzen der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland zu etablieren und abzusichern.**  
Werner Diwald, Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband e. V.
- 10 **Der Weg zu einer bundesweiten Wasserstoffwirtschaft**  
Frank Heunemann, Nowega GmbH
- 12 **INFOGRAFIK: Sechs gute Gründe für Wasserstoff**
- 14 **Eine Blaupause für die Sektorenkopplung mit Wasserstoff: der Energiepark Mainz**
- 15 **Grünen Wasserstoff speichern – das Forschungsprojekt „H<sub>2</sub>-Forschungskaverne“**
- 16 **Brennstoffzellenzüge im Schienennahverkehr – von der Weltpremiere zum Dauerbrenner**
- 17 **Wasserstoff als Schlüssel für eine klimaneutrale Zukunft**
- 18 **Wichtiger Baustein für eine erfolgreiche Energiewende: das neue H<sub>2</sub>-BHKW der Stadtwerk Haßfurt GmbH**
- 19 **So wird das Gasnetz H<sub>2</sub>-ready**
- 20 **Reallabore der Energiewende – Wasserstofftechnologien im Probetrieb**

## Impressum

### Herausgeber:

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. –  
Technisch-wissenschaftlicher Verein  
Josef-Wirmer-Straße 1–3  
53123 Bonn  
Tel.: 0228 9188-5  
Fax: 0228 9188-990  
E-Mail: [info@dvgw.de](mailto:info@dvgw.de)  
Internet: [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

### Verlag und Vertrieb:

wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH  
Geschäftsführer: Stephan Maul, M.A.  
Josef-Wirmer-Straße 3  
53123 Bonn  
Tel.: 0228 9191-40  
Fax: 0228 9191-498  
E-Mail: [info@wvgw.de](mailto:info@wvgw.de)  
Internet: [www.wvgw.de](http://www.wvgw.de)

### Schriftleiter:

Prof. Dr. Gerald Linke

### Chefredaktion:

Heike Gruber (verantw.)  
Tel.: 0228 9191-419

### Mitarbeiter dieser Ausgabe:

Martin Schramm, Marcel Pannes,  
Alfred Klees

Gezeichnete Artikel stellen die Ansicht des Verfassers dar, nicht unbedingt die der Schriftleitung und der Redaktion. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, des auszugsweisen Nachdrucks, der fototechnischen Wiedergabe und der Übersetzung liegen beim Verlag.

### Gestaltung und Satz:

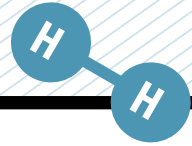
Angela Gösele (wvgw)

### Druck:

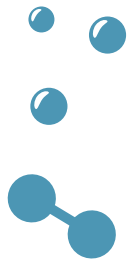
Siebel Druck & Grafik, Lindlar

### Bildnachweise:

DVGW (S. 2, S. 4, S. 7, S. 12, S. 13, S. 14, S.23)  
dragonstock – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (S. 21, S. 22),  
marialred – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (S. 16),  
[iStock.com/dikobrazy](http://iStock.com/dikobrazy) (S. 12, S. 13, S. 20, S. 21, S. 22),  
[iStock.com/FhaSud](http://iStock.com/FhaSud) (S. 20, S. 21, S. 22),  
[iStock.com/Kwangmoozaa](http://iStock.com/Kwangmoozaa) (S. 20, S. 21, S. 22),  
[iStock.com/neyro2008](http://iStock.com/neyro2008) (S. 18)



## **Wasserstoff – zukunftsweisender Game Changer der Energieversorgung**



von **Prof. Dr. Gerald Linke**, DVGW-Vorstandsvorsitzender, und **Alfred Klees**, Leiter Einheit Gastechnologien und Energiesysteme im DVGW und Mitglied im DWV-Vorstand

Wasserstoff ist der ideale Energieträger, um alle Sektoren zu koppeln und leistet einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung unserer Gesellschaft. Das hat mittlerweile auch die Politik erkannt und stärkt nicht nur die Rolle von Wasserstoff, sondern will auch der Brennstoffzellentechnologie auf Wasserstoffbasis zu einer breiten Anwendung verhelfen – ein wichtiges Signal, um Treibhausgase effizient zu vermeiden und das Klima zu schützen. Mithilfe von Wasserstoff hat Deutschland eine realistische Chance, die großen Herausforderungen der Energiewende zu bewältigen.

**Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologien** galten in den letzten Jahren bereits mehrfach als Schlüssel für das Energiesystem der Zukunft, konnten sich in der Praxis bisher aber nicht durchsetzen. Zu laut waren die Stimmen der Befürworter einer „All-Electric-World“, zu stark die

Quellen einfordert, haben den Handlungsdruck auf die Politik immens erhöht. Insbesondere die „Fridays for Future“-Bewegung hat zweifellos mit dazu beigetragen, dass das politische Berlin seine Bemühungen um den Klimaschutz intensiviert.

“ **Dort, wo heute noch CO<sub>2</sub>-intensive Energieträger das Klima belasten, können in Zukunft klimaschonende gasbasierte Lösungen eingesetzt werden.** ”

Lobby z. B. der rein strombasierten Elektromobilität. Mittlerweile haben sich die Rahmenbedingungen grundlegend verändert: Fallende Preise für erneuerbare Energien und Brennstoffzellentechnik, strikte nationale und internationale Klimaschutzziele und ein gesellschaftliches Klima, das eine schnelle Transformation des Energiesystems weg von fossilen und hin zu erneuerbaren

Im September 2019 hat die Bundesregierung nach langen Ringen ihr Klimaschutzpaket 2030 vorgelegt. Nur wenige Wochen später folgte das BMWi-Strategiepapier „Gas 2030 – eine erste Bilanz“, in dem sich – nach Jahren der Verunsicherung durch die „All-Electric-World“ – erstmals ein klares Bekenntnis zum Energieträger Gas findet. Und noch bis Ende des Jahres 2019 plant die Bundesregierung, eine nationale Wasserstoffstrategie mit einem Aktionsplan vorzulegen. Ziele dieser Strategie sind u. a. der Aufbau eines Wasserstoffmarktes in Deutschland und die Prämisse, wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen für die Produktion von CO<sub>2</sub>-freiem Wasserstoff sowie einen entsprechenden Absatzmarkt zu schaffen

(siehe auch Gastbeitrag BMWi auf S. 8). Damit wird endlich der Weg frei für die dringend benötigte, fundamental neue und konzeptionell richtige Weiterentwicklung der Energiewende. Denn dort, wo heute noch CO<sub>2</sub>-intensive Energieträger das Klima belasten, können in Zukunft klimaschonende gasbasierte Lösungen eingesetzt werden.

#### AUF DEM WEG IN DIE ZWEI-ENERGIETRÄGER-WELT

Aktuell sind rund 80 Prozent der in Deutschland genutzten Energie „molekular“, d. h. in Form von flüssigen oder gasförmigen Kraftstoffen, und nur ein Fünftel elektrisch. Um die Energiewende erfolgreich umzusetzen, kann man deshalb nicht ausschließlich auf eine „All-Electric-World“ setzen. Gasförmige CO<sub>2</sub>-freie und -neutrale Energieträger müssen neben den erneuerbaren Energien fester Bestandteil unserer Energieversorgung werden, sodass wir zukünftig in einer „Zwei-Energieträger-Welt“ leben werden. Nur mithilfe grüner und dekarbonisierter Gase können wir den Atom- und Kohleausstieg mit der Verlässlichkeit bewältigen, die der hochentwickelte Industriestandort Deutschland benötigt. Das Pariser Klimaabkommen kann so im Spannungsfeld von Klimaschutz und Wirtschaftsstärkung und unter Berücksichtigung von Versorgungssicherheit und Sozialverträglichkeit eingehalten werden.

Ein besonders vielversprechender gasförmiger Energieträger ist Wasserstoff. Warum, das erläutern wir Ihnen in dieser Ausgabe unserer Reihe ewp-kompakt.

#### KLIMASCHUTZ MIT WASSERSTOFF

Wasserstoff ist ein sauberer und sicherer Energieträger, der entscheidend zur Dekarbonisierung Deutschlands beitragen kann. Die zunehmende Beimischung von Wasserstoff wird aus fossilem Erdgas langfristig klimaneutrales Gas machen. Dies macht Wasserstoff zu einem zukunftstauglichen Energieträger, der einen großen Beitrag zum Klimaschutz und gleichzeitig zur Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit in unserem Energiesystem der Zukunft leisten kann.

Wasserstoff wird heute vor allem für industrielle Prozesse genutzt und überwiegend über die Dampfreformierung von Erdgas hergestellt. Wird

“ **Nur mithilfe grüner und dekarbonisierter Gase können wir den Atom- und Kohleausstieg mit der Verlässlichkeit bewältigen, die der hochentwickelte Industriestandort Deutschland benötigt.** ”

das dabei anfallende CO<sub>2</sub> in einer CO<sub>2</sub>-Abscheideanlage aufgefangen und gespeichert (engl. Carbon Capture and Storage, kurz CCS), gelangt es nicht in die Atmosphäre und die Wasserstoffproduktion ist bilanziell CO<sub>2</sub>-neutral. Ein alternativer Erzeugungspfad ist die Pyrolyse: Anstelle von CO<sub>2</sub> entsteht dabei fester Kohlenstoff, ein Rohstoff, der beispielsweise für die Produktion von Leichtbaustoffen oder in der Batteriefertigung genutzt werden kann. Der aus Erdgas erzeugte CO<sub>2</sub>-freie Wasserstoff wird auch als „blauer“ Wasserstoff bezeichnet und seine Nutzung ist ein erfolgversprechender Lösungsansatz für die Dekarbonisierung der Industrie, für die es eine enorme Herausforderung ist, die notwendigen CO<sub>2</sub>-Reduktionen zu erreichen und gleichzeitig wettbewerbs- und innovationsfähig zu bleiben (siehe auch S. 17).

Eine andere vielversprechende Art und Weise, Wasserstoff zu erzeugen, ist die Power-to-Gas-Technologie, da als Abfallprodukt der Elektrolyse nur reiner Sauerstoff anfällt. Weiterer Vorteil: Wasserstoff lässt sich überall da herstellen, wo Wasser und erneuerbarer Strom zur Verfügung stehen. In einem zweiten Verfahrensschritt kann Wasserstoff auch noch zu Methan (CH<sub>4</sub>) umgewandelt werden. Das so gewonnene synthetische Methan ist chemisch identisch mit Erdgas und kann deshalb problemlos in das Gasnetz eingespeist werden. Allerdings wird für diese Methanisierung eine große Menge Energie benötigt. Sie sollte daher nur dann erfolgen, wenn der reine Wasserstoff nicht genutzt werden kann. Doch sei es Wasserstoff oder daraus erzeugtes synthetisches Methan: In beiden Fällen kann jedweder nicht bedarfsgerecht erzeugte Strom nutzbringend eingesetzt werden.

## DIE GASINFRASTRUKTUR ALS BACKUP DER ENERGIEWENDE

Auf diese Weise werden die Strom- und Gasnetze miteinander verbunden – hierbei spricht man von Sektorenkopplung – und überschüssiger Ökostrom langfristig gespeichert. Gerade für Energiesysteme, in denen Energie dezentral bereitgestellt wird, bildet die vorhandene Gasinfrastruktur eine effiziente und effektive Speichermöglichkeit. Durch die Speicherung im Gasnetz kann die schwankende Energieerzeugung aus Wind und Sonne zeitlich vom Energieverbrauch entkoppelt werden. Gleichzeitig werden so die Stromnetze stabilisiert. Und das Ganze funktioniert auch noch über größere Zeiträume und übersaisonal. Die Gasinfrastruktur wird dabei zum grünen Back-Up der Energiewende. Grüne Gase in Form von Wasserstoff und Synthesegas tragen in dieser „Zwei-Energieträger-Welt“ dazu bei, die Energiesektoren Verkehr, Wärmeversorgung und Stromerzeugung zügig klimaneutral zu gestalten.

Aktuell sind in Deutschland etwa 35 Power-to-Gas-Anlagen mit einer Gesamtleistung von rund 30 Megawatt in Betrieb; die meisten von ihnen als Pilot- oder Demonstrationsprojekte in kleinem Maßstab, die Forschungszwecken dienen. Eines dieser Projekte, den Energiepark Mainz, stellen wir Ihnen auf Seite 14 dieser Aus-

“**Darüber hinaus setzen wir uns dafür ein, dass das politische Bekenntnis zu grünen Gasen zeitnah auch mit einem „Grün-gas-Ziel“ gesetzlich verankert wird.**”

gabe vor. Anlagen im industriellen Maßstab sind noch die Ausnahme, doch dies beginnt sich zu ändern. In Hamburg erzeugt bereits die erste Industrieanlage fünf Megawatt grünen Wasserstoff in einer Raffinerie, und zwei ehemalige städtische Versuchsanlagen sind in den dauerhaften Betrieb übergegangen. Weitere Anlagen sind in ganz Deutschland in Planung, darunter erstmals auch 100-Megawatt-Anlagen.

Das Bundeswirtschaftsministerium fördert die Erprobung von Wasserstofftechnologien derzeit in sogenannten Reallaboren der Energiewende, von denen wir Ihnen einige Projekte ab Seite 20 vorstellen. Dabei erproben Unternehmen neue Wasserstofftechnologien im industriellen Maßstab und in realer Umgebung. Allerdings lässt sich die Energiewende nicht allein durch ein paar Dutzend Reallabore bewerkstelligen. Erfreulicherweise wurden die Hürden zur Markteinführung erneuerbarer Gase vom Klimakabinett erkannt und adressiert. Es bedarf nun jedoch konkreter und zeitnaher Maßnahmen, z. B. eine exakte Definition der erneuerbaren Gase in der Gesetzgebung und eine Anpassung des Ordnungsrahmens, die den Markthochlauf von Power-to-Gas-Technologien und klimafreundlicher Gase ermöglicht.

## ANPASSUNG DER GASINFRASTRUKTUREN FÜR WASSERSTOFF

Für größere Wasserstoffbeimengungen in das Gasnetz sind noch Anpassungen einiger Netzkomponenten, Geräte und Anlagen vonnöten, die höhere Wasserstoffanteile derzeit nicht tolerieren. Insbesondere in der Industrie können bereits geringe Schwankungen der Gasqualität negative Auswirkungen auf Produktionsprozesse und Technologien haben. Die sicherheitstechnischen Erfordernisse zur Integration erneuerbarer Gase, insbesondere von Wasserstoff, werden zurzeit in einem umfangreichen Regelsetzungsprojekt „H<sub>2</sub>-Readiness“ für die Zielgröße von 20 Prozent Beimischung gremienübergreifend ermittelt und dienen der Aktualisierung des DVGW-Regelwerkes (siehe S. 19). Bereits heute können bis zu 10 Prozent Wasserstoff in das bestehende Erdgasnetz

eingespeist werden. In einem nächsten Schritt soll diese Menge auf 20 Prozent erhöht werden und perspektivisch könnten es sogar bis zu 100 Prozent sein. Die Vision einer bundesweiten Wasserstoffinfrastruktur stellt Ihnen Frank Heunemann von der Nowega AG ab Seite 10 dieser Ausgabe vor.

Darüber hinaus setzen wir uns dafür ein, dass das politische Bekenntnis zu grünen Gasen zeitnah auch mit einem „Grüngas-Ziel“ gesetzlich verankert wird, damit der Content-Switch – also der kontinuierliche und baldige Hochlauf grüner Gase – gelingen und die notwendige Planungssicherheit für alle Akteure hergestellt werden kann. Das Ziel ist mit konkreten Ausbaumengen für Referenzjahre, vergleichbar mit den Zielen im Stromsektor, zu hinterlegen. Denn die bisherige alleinige Festlegung von grünen Zielen für Strom und Fernwärme diskriminiert den Energieträger Gas.

### WASSERSTOFF ERMÖGLICH EINEN SPARSAMEREN UMGANG MIT ENERGIE

Die Nutzung von Wasserstoff wird die Energiewirtschaft in Bezug auf Nachhaltigkeit und Sparsamkeit grundlegend verändern. Der Einsatz von Wasserstoff ist nachhaltig, weil im Wesentlichen erneuerbare Energiequellen genutzt und hauptsächlich die umweltfreundlichen Energieträger grüner Strom und grüner Wasserstoff in allen Teilen der Energiewirtschaft eingesetzt werden. Gleichzeitig sorgt die Speicherung von Strom in Wasserstoff für einen sparsameren Umgang mit Energie, weil Anlagen zur Gewinnung von grüner Energie im Überangebotsfall nicht mehr abgeschaltet werden müssen und das Gas nur im Bedarfsfall in Strom zurückverwandelt werden muss – z. B. zur Stabilisierung des Stromnetzes. Schließlich bedeutet der Einsatz von Brennstoffzellen im mobilen Bereich eine deutliche Verbesserung des Wirkungsgrades gegenüber dem Verbrauch von Verbrennungsmotoren. Über die Erfahrungen mit dem Brennstoffzellenzug Coradia iLint lesen Sie auf Seite 16.

### MIT WASSERSTOFF WIRD AUS DER STROMWENDE EINE ENERGIEWENDE

Mithilfe von Wasserstoff können die anstehenden Aufgaben der Energieverteilung, Systemvernetzung und Effizienzsteigerung gemeistert werden. Mehr noch: Wasserstoff bietet auch große Chancen für den Wirtschaftsstandort Deutschland, wie Werner Diwald auf Seite 9 darlegt. Klimaschutz und Wirtschaft können sich so Hand in Hand entwickeln, weil die benötigten Technologien und Infrastrukturen größtenteils schon vorhanden sind. Und das, ohne Versorgungssicherheit und Sozialverträglichkeit aufs Spiel zu setzen. Dabei kommt es auch darauf an, CO<sub>2</sub>-freien Wasserstoff in der ganzen Bandbreite seiner Möglichkeiten zu nutzen. Neben regenerativ erzeugtem grünem Wasserstoff wird deshalb auch blauer Wasserstoff auf Erdgasbasis eine wichtige Rolle einnehmen.

“ **Neben regenerativ erzeugtem grünem Wasserstoff wird deshalb auch blauer Wasserstoff auf Erdgasbasis eine wichtige Rolle einnehmen.** ”

Mit den Ergebnissen aus dem Gasdialog 2030, dem Klimapaket und dem Anfang November 2019 veröffentlichten Papier zur Nationalen Wasserstoffstrategie – hierin wird die Schlüsselrolle von Wasserstoff für die Energiewende vollumfänglich bestätigt – erhält das Thema Wasserstoff den nötigen Rückenwind vonseiten der Politik. Damit kann der Transformationsprozess unserer Energieversorgung und der deutschen Industrie endlich wieder an Fahrt aufnehmen. Die Speicherung von Strom wird nun zum zentralen Punkt und zum verbindenden Element zwischen den einzelnen Bereichen der Energieversorgung werden. So wird aus der Stromwende eine wirkliche, die Sektoren Mobilität, Strom und Wärme umfassende Energiewende. ■





## Wasserstoff: ein wichtiges Element für die Energiewende

von **Ulrich Benterbusch**, Ministerialdirigent im Bereich Energiepolitik – Wärme und Effizienz des BMWi

**Energieeffizienz und erneuerbare Energien** sind für eine erfolgreiche Energiewende unverzichtbar. Für deren Erfolg brauchen wir jedoch neben direkt nutzbaren erneuerbaren Energien oder Strom aus erneuerbaren Quellen auch gasförmige Energieträger wie CO<sub>2</sub>-freien Wasserstoff – und zwar in der ganzen Bandbreite seiner Möglichkeiten.

Die deutsche Wirtschaft ist bereits heute internationaler Vorreiter bei der Entwicklung und dem Export von Wasserstoff- und Power-to-X-Technologien. Diese Rolle wollen wir auf Grundlage von Forschung und Innovation behaupten. Die Herstellung der Komponenten für die Erzeugung, Nutzung und Versorgung von Wasserstoff wird dann zur regionalen Wertschöpfung beitragen und die in diesen Bereichen tätigen Unternehmen werden gestärkt. Wasserstoff steht so für wirtschaftliches Wachstum, in dessen Rahmen zukunftsfähige Arbeitsplätze in Deutschland geschaffen werden. So wird die Energiewende vor Ort erfahrbar, wodurch ihre Akzeptanz wächst.

Mittel- und langfristig wird Deutschland CO<sub>2</sub>-freien Wasserstoff in größerem Umfang importieren müssen. Deutschland muss deshalb neben der inländischen Wasserstoffindustrie parallel auch Importstrukturen für CO<sub>2</sub>-freien Wasserstoff entwickeln und aufbauen – je früher, desto besser. Einen wichtigen Beitrag kann hierbei auch der sogenannte „blaue“ Wasserstoff auf Basis von Erdgas leisten,

bei dessen Produktion CO<sub>2</sub> nachhaltig abgeschieden und gespeichert werden muss.

Im Verkehrssektor ist die wasserstoffbasierte Mobilität eine notwendige Ergänzung der batterieelektrischen Mobilität. Hier benötigen wir auch in Deutschland zukünftig im erheblichem Maße CO<sub>2</sub>-freie gasförmige oder flüssige Kraftstoffe, deren Nachfrage auch weltweit ansteigen wird. Zudem kann in der Industrie perspektivisch bei vielen Prozessen CO<sub>2</sub>-frei erzeugter Wasserstoff zum Einsatz kommen. In der Raffinerie beispielsweise lässt sich der überwiegend aus fossilen Quellen erzeugte Wasserstoff durch CO<sub>2</sub>-frei erzeugten Wasserstoff aus erneuerbaren Energien ersetzen. Dank innovativer Verfahren können einige bisher CO<sub>2</sub>-intensive Industrieprozesse durch die Nutzung von Wasserstoff zum Klimaschutz beitragen.

Derzeit ist die Erzeugung und Nutzung von CO<sub>2</sub>-freien Energieträgern noch nicht wirtschaftlich. Um die Weiterentwicklung der Technologien voranzutreiben und eine zügige Kostendegression zu erreichen, wollen wir bereits bestehende Innovationen

schnell in die Anwendung bringen und sie im industriellen Maßstab umsetzen. Weil auch ein korrespondierender Absatzmarkt vonnöten ist, wollen wir außerdem die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger oder als Grundstoff für die stoffliche Verwertung in prioritären Anwendungsbereichen befördern.

Mit der Nationalen Strategie Wasserstoff will die Bundesregierung sämtliche Aktivitäten verzahnen und bündeln. Damit schaffen wir einen Rahmen, der die industrie-, energie-, klima-, innovations- und entwicklungspolitischen Chancen von Wasserstoff vereint. Ziel ist es, Innovationen und Investitionen in die vielfältigen Technologien zu Erzeugung und Weiterverarbeitung, Transport und Speicherung sowie zur Verwendung von CO<sub>2</sub>-freiem Wasserstoff zu fördern und die gute Ausgangsposition der deutschen Industrie zu unterstützen. So wollen wir sicherstellen, Technologieführer zu sein und zu bleiben. Dazu werden wir einen Aktionsplan erarbeiten, der die aus heutiger Sicht notwendigen Schritte illustriert, um dieses gemeinsame und für den Erfolg der Energiewende wichtige Ziel zu erreichen. ■



# „Nun gilt es, technologische Schlüsselkompetenzen der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland zu etablieren und abzusichern.“

Ein Kommentar von **Werner Diwald**, Vorstandsvorsitzender des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellenverbandes e. V.

**Klimaschutz und Energiewende** bedeuten nicht zwangsläufig wirtschaftliche Einbußen. Im Gegenteil: Mit der richtigen Unternehmensstrategie kombiniert mit einer ambitionierten nationalen Wasserstoffstrategie können sich enorme wirtschaftliche Potenziale ergeben.



Quelle: DWV

**Bis zum Jahr 2050** sind in Europa voraussichtlich mindestens 2.000 TWh Wasserstoff mit einer installierten Elektrolysekapazität von über 600 GW erforderlich. Die dafür nötigen Gesamtinvestitionen werden auf 1.300 bis 2.200 Mrd. Euro prognostiziert. Um das 95%-Ziel bis 2050 zu erreichen, ergibt sich laut der Studie „Klimapfade für Deutschland“ ein Importbedarf alleine an synthetischen Kraftstoffen von etwa 340 TWh. Allein für Deutschland werden damit Elektrolysekapazitäten von 10 bis 65 GW bis 2030 bzw. 160 GW bis 2050 erforderlich – durch die Herstellung von Elektrolyseuren kann daraus ab 2030 eine inländische Wertschöpfung von 5 bis 10 Mrd. EUR/a und ein Arbeitsmarktpotenzial von 35.000 bis 70.000 Vollzeitbeschäftigten erwachsen.

Auch für den Fahrzeugbau bietet Wasserstoff zukunftsweisendes Potenzial. Mit ca. 4,4 Millionen Beschäftigten ist der Verkehrssektor zweifellos ein zentraler Zweig der deutschen Wirtschaft, steht aber auch vor großen Herausforderungen,

da er bis 2030 ca. 42 Prozent der Emissionen reduzieren muss. Diese Ziele werden in vielen Bereichen nur mit Brennstoffzellenantrieben erreicht werden können. Mehr noch: Deren Herstellung generiert eine um bis zu 50 Prozent höhere lokale Wertschöpfung als die hochautomatisierte Batteriefertigung. Im Jahr 2030 könnten bereits 3,7 Mio. Pkw, 500.000 leichte Nutzfahrzeuge und rund 45.000 Lkw und Busse mit Brennstoffzellenantrieb im europäischen Markt zur Anwendung kommen. Brennstoffzellenzüge könnten zudem rund 570 Dieselmotoren ersetzen. Mit Blick auf den europäischen Binnenmarkt ermittelte die FCH JU<sup>1</sup> der EU-Kommission, dass für das Jahr 2050 in der europäischen Wasserstoffindustrie bis zu fünf Mio. Arbeitsplätze mit einem Jahresumsatz von mehr als 800 Mrd. Euro entstehen werden. Allerdings, und auch dies wird deutlich kommuniziert, bedarf es hierfür einer intelligenten industriepolitischen Strategie.

Mit der Etablierung einer Wasserstoff-Industrie kann die heimische Industrielandschaft neue Wert-

schöpfungsketten aufbauen. Die Tatsache, dass Deutschland auch in Zukunft auf den Import von Energieträgern angewiesen sein wird, verlangt auch aus sicherheitspolitischer Sicht eine mit Weitsicht formulierte Wasserstoff-Industriestrategie, um neue Handlungsoptionen für Energieimporte zu ermöglichen. Diese können in Zukunft aus „grünem“ Wasserstoff erfolgen, der mit deutschem Know-how, mittelständischer Expertise und Entrepreneurship im Anlagenbau weltweit erzeugt wurde.

Der Aufbau und der langfristige Erfolg einer deutschen Wasserstoffindustrie muss daher neben dem Klimaschutz in die Ausgestaltung des Fahrplans zum Erreichen der Klimaziele 2050 mit einbezogen werden. Jetzt ist der richtige Zeitpunkt, den noch vorhandenen Wissensvorsprung im Bereich der Wasserstofftechnologien in Europa und insbesondere in Deutschland zur breiten Markteinführung zu nutzen. Ansonsten verliert Europa erneut den globalen technologischen Wettbewerb. ■

# Der Weg zu einer bundesweiten Wasserstoffwirtschaft

Quelle: Nowega GmbH



Den Kern für eine bundesweite Wasserstoffinfrastruktur zu etablieren, um eine effiziente Umsetzung der Energiewende möglich zu machen. Das ist das Ziel der Initiative GET H2. **Frank Heunemann, Geschäftsführer der Nowega GmbH**, über die Vision einer deutschlandweiten Wasserstoffinfrastruktur.

**2019 ist das Jahr des Wasserstoffs.** Das leichteste Element des Periodensystems wird eine gewichtige Rolle in der Energieversorgung der Zukunft spielen. Das kann nach der Entwicklung der vergangenen Monate niemand mehr anzweifeln. Ob Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier, Bundesumweltministerin Svenja Schulze, Bundesverkehrsminister Andreas Scheuer oder Bundesforschungsministerin Anja Karliczek – alle haben ein klares Bekenntnis zum Energieträger Wasserstoff abgegeben. Auch nahezu alle Bundesländer, die Energiewirtschaft und die Industrie sehen in Wasserstoff mehrheitlich eine zentrale Option zur Dekarbonisierung; vor allem dort, wo eine direkte Elektrifizierung nicht möglich ist.

Dieser (politische) Rückhalt ist wichtig. Doch nach den warmen Worten muss jetzt die heiße Phase folgen. Die entscheidende Frage dabei ist: Wie kann der Weg zu einer bundesweiten und in der Folge eu-

ropäischen Wasserstoffwirtschaft, die effizient zur Dekarbonisierung beitragen kann, gelingen? Und wie muss die Nationale Strategie Was-

serstoff aussehen, die die Bundesregierung noch vor Jahresende vorlegen will?

## DIE MEILENSTEINE AUF DEM WEG ZU EINER WASSERSTOFFWIRTSCHAFT

Um die Vision einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft Realität werden zu lassen, müssen noch zahlreiche Aufgaben bewältigt werden. Der Weg dahin lässt sich in insgesamt sieben Meilensteine einteilen (siehe Infokasten). Das Ziel des skizzierten Entwicklungspfades ist klar: Wasserstoff wird ein bedeutender erneuerbarer Energieträger für Verkehr und Industrie und eröffnet Potenziale, um weitere Sektoren zu dekarbonisieren.

### INFOKASTEN

1. Als Grundlage für eine Wasserstoffwirtschaft entsteht eine H<sub>2</sub>-Infrastruktur aus der bestehenden Gasinfrastruktur heraus (Speicher, Netze und Kraftwerke).
2. Um dies rechtlich zu ermöglichen, wird H<sub>2</sub> zur dritten Gasqualität neben L- und H-Gas.
3. Klare Regeln mit europäischen Herkunftsnachweisen sorgen für ein faires Miteinander von grünem Wasserstoff aus erneuerbaren Energien, blauem Wasserstoff, der klimaneutral hergestellt wird, sowie grauem Wasserstoff aus klassischer Erdgasreformierung.
4. Ein klarer Entwicklungspfad auf der Nachfrageseite, insbesondere bei industriellen Anwendungen und im Verkehr, sowie adäquate Förderprogramme für grünen Wasserstoff sorgen für Investitionssicherheit. Ein solcher Pfad trägt in Deutschland zusätzlich zur Technologieführerschaft im internationalen Wettbewerb und zur bestmöglichen Nutzung der Dekarbonisierungspotenziale bei.
5. Der Wettbewerb der Wasserstoff-Lieferanten sowie bei den Komponenten zur Wasserstoff-Erzeugung treibt Innovationen an und senkt zügig die Technologiekosten. Dadurch, dass die Wasserstofferzeugung von Abgaben und Umlagen entlastet wird, reduzieren sich zusätzlich die Kosten für die Anwender.
6. Die Wasserstoff-Netze ermöglichen es, dass erneuerbare Energien durch einen europaweiten Transport und die Speicherung von grünem Wasserstoff in Kavernenspeichern importiert werden können.
7. Eng angelehnt an den bestehenden Gasmarkt und in Verbindung zum Strommarkt entwickelt sich ein zunehmend liquider Wasserstoff-Markt.

## INITIATIVE GET H2 VERSAMMELT PARTNER AUS ALLEN BEREICHEN

Die Initiative GET H2, hinter der mittlerweile 25 Unternehmen und Institutionen stehen, geht diese Herausforderung konsequent an. Die Partner setzen sich aktiv dafür ein, dass ein wettbewerbsorientierter Wasserstoffmarkt geschaffen wird und forcieren die notwendigen Anpassungen der gesetzlichen und regulatorischen Grundlagen. In mehreren Projekten treiben die Partner darüber hinaus in unterschiedlicher Zusammensetzung die Entwicklung der Technologien und ihre Markteinführung voran und planen die Realisierung von Infrastrukturen zum Transport und zur Speicherung von grünem Wasserstoff.

## H<sub>2</sub>-INFRASTRUKTUR LINGEN-GELSENKIRCHEN WIRD ZUM NUKLEUS

Konkrete erste Projekte für die großskalige Erzeugung und Verteilung von grünem Wasserstoff sind essenzielle Technologietreiber. Zudem führen sie der Politik vor Augen, was bei passenden Rahmenbedingungen möglich ist. Als Nukleus einer bundesweiten Wasserstoffwirtschaft ist der Aufbau einer ersten öffentlichen Wasserstoffinfrastruktur vom niedersächsischen Lingen bis ins Ruhrgebiet aktuell in Planung (Abb. 1). Konkret soll ein Elektrolyseur mit einer Leistung von mehr als 100 Megawatt (MW) den Wasserstoff am Standort des RWE-Gaskraftwerks in Lingen erzeugen. Über umgenutzte Pipelines des bestehenden Gasfernleitungsnetzes soll der Energieträger anschließend zu Raffinerien in Lingen und Gelsenkirchen, zu den industriellen Abnehmern im nördlichen Ruhrgebiet sowie perspektivisch zur Einspeicherung in Kavernenspei-

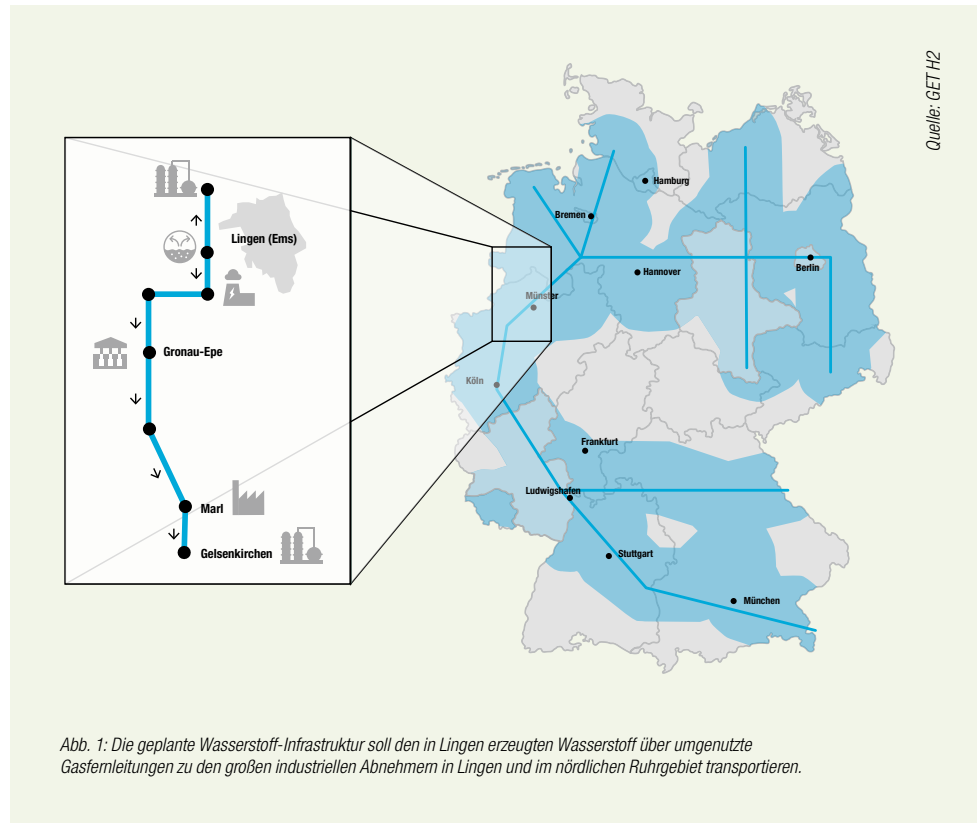


Abb. 1: Die geplante Wasserstoff-Infrastruktur soll den in Lingen erzeugten Wasserstoff über umgenutzte Gasfernleitungen zu den großen industriellen Abnehmern in Lingen und im nördlichen Ruhrgebiet transportieren.

chern, u. a. in Gronau-Epe, transportiert werden. Voraussetzung für die Umsetzung dieses Projekts ist dessen Wirtschaftlichkeit.

Eine anschließende Erweiterung dieses Nukleus, bei der weitere Wasserstoff-Erzeugungen und -Abnehmer angebunden werden sollen, wäre in einem diskriminierungsfrei zugänglichen Netz problemlos möglich. Die Planung für ein bundesweites Wasserstoffnetz sollte im Rahmen des Netzentwicklungsplans Gas (NEP Gas) systematisch erfolgen.

## POLITISCHE UNTERSTÜTZUNG FÜR GRÜNEN WASSERSTOFF

Es liegt nun maßgeblich in den Händen der Politik, die Markteinführung von grünem Wasserstoff und den Aufbau einer entsprechenden Wasserstoffwirtschaft unter

ökonomischen Gesichtspunkten zu ermöglichen. Erst wenn ein klar umrissenes Maßnahmenbündel unterstützt wird, kann die Wirtschaft entsprechende Geschäftsmodelle entwickeln. Ohne diese Voraussetzungen wird es keine entsprechenden Investitionsentscheidungen geben und die Chance auf einen zeitnahen Einstieg in die großtechnische Erschließung der CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale von grünem Wasserstoff bleibt ungenutzt. ■



# 6 gute Gründe für Wasserstoff

1

## Wasserstoff ist klimaschonend

Wasserstoff kann bis zu 100 % erneuerbar produziert werden. Bei seiner energetischen Nutzung fallen keine CO<sub>2</sub>-Emissionen an.



Wasserstoff – gasförmig

### Fast immer und überall verfügbar

Wasserstoff ist das häufigste Element des Universums und nahezu unbegrenzt verfügbar.

### Immer gebunden

Auf der Erde kommt Wasserstoff hauptsächlich in gebundener Form, z.B. in Wasser, vor. Um es elementar zu nutzen, muss Wasserstoff extrahiert werden.

### Farb- und geruchlos

In ungebundener Form ist Wasserstoff ein farb- und geruchsloses Gas.

### Energiegeladen

In Wasserstoff ist dreimal so viel Energie enthalten wie in der gleichen Masse Benzin.

Rund **414 TWh**

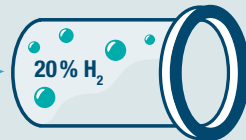
beträgt das heimische Erzeugungspotenzial aller erneuerbaren Gase (grüner Wasserstoff, synthetisches Methan, Biomethan). Das entspricht etwa der Hälfte des heutigen Erdgasabsatzes in Deutschland.

2

## Wasserstoff ist flexibel

Wie Erdgas kann Wasserstoff zusammengepresst und unter hohem Druck oder in flüssiger Form gespeichert und transportiert werden. Bereits heute können bis zu 10 Prozent Wasserstoff in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden. In einem nächsten Schritt soll diese Menge auf 20 Prozent erhöht werden.

Ziel: 20% Wasserstoffeinspeisung in das Gasnetz



Perspektivisch können Teilabschnitte sogar für den Transport von

**100 % Wasserstoff**

umgestellt werden.

3

## Wasserstoff löst das Speicherproblem der erneuerbaren Energien

Die in Wasserstoff umgewandelte erneuerbare Energie kann entweder direkt genutzt oder in die vorhandene Gasinfrastruktur eingespeist und dort über Monate gespeichert werden.

Speicherdauer im Vergleich von Strom- zu Gasspeichern bei einer angenommenen Maximallast von 84 GW



Stromspeicher  
36 Minuten



Gasspeicher  
3 Monate

Rund **500.000 Kilometer**

Erdgasleitungen und über 47 Untertagespeicher mit einem Speichervolumen von ca. 23 Milliarden m<sup>3</sup> Gas

Bis 2022 sollen in Niedersachsen  
**15 Diesellocks**

durch wasserstoffbetriebene  
Brennstoffzellenzüge  
ersetzt werden.



4

## Wasserstoff punktet auch bei Anwendungen mit wenig CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial

*In Form von Wasserstoff wird Wind- und Sonnenenergie auch in Sektoren nutzbar, die ansonsten wenig CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial bieten, wie z. B. die Industrie oder Teile des Verkehrsbereichs.*

Einsatzbereiche für Wasserstoff sind insbesondere Anwendungen, die sonst wenig CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial bieten



Energieintensive Industrie



Ersatz für dieselbetriebene Züge



Schwerlastverkehr



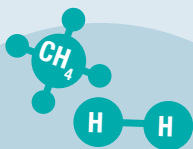
Binnenschiffe / Passagierschiffe



Busse



Flugzeuge



5

Rund

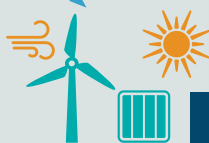
## 50 Power-to-Gas-Projekte

in Deutschland sind bereits in Betrieb oder in Planung.

## Wasserstoff verbindet die bislang getrennten Sektoren Strom, Wärme und Mobilität

*Mittels Wasserstoff wird aus der Stromwende eine wirkliche Energiewende, die alle Sektoren gleichermaßen umfasst.*

Strom aus erneuerbaren Energien wird speicherbar und transportfähig durch Umwandlung in Wasserstoff (H<sub>2</sub>) oder Methan (CH<sub>4</sub>) – Power-to-Gas.



Schwankende Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Power-to-Gas

speicherbar und transportfähig



Strom



Wärme



Verkehr



Industrie



Mögliches Arbeitsmarktpotenzial in Deutschland:

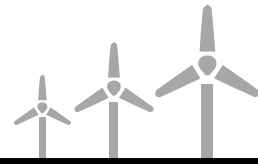
**35.000 bis 70.000 Vollzeitbeschäftigte\***

\* Quelle: Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWW)

6

## Wasserstoff birgt enorme wirtschaftliche Potenziale

*Um das 95%-Ziel zu erreichen, werden in Deutschland Elektrolysekapazitäten von 160 GW bis 2050 benötigt. Durch die Herstellung der Elektrolyseure kann daraus ab 2030 eine inländische Wertschöpfung von bis zu 10 Mrd. Euro jährlich erwachsen.\**



# Eine Blaupause für die Sektorenkopplung mit Wasserstoff: der Energiepark Mainz

von **Michael Theurer**, Leiter Unternehmenskommunikation der Mainzer Stadtwerke AG

**Gemeinsam** mit weiteren Projektpartnern zeigen die Mainzer Stadtwerke mit dem „Energiepark Mainz“ seit mehreren Jahren, wie Wasserstoff in der Praxis nachhaltig erzeugt und zweckdienlich in verschiedenen Sektoren eingesetzt werden kann.

**Kann man Wind tanken?** Kann man durch erneuerbare Energien Heizungen oder Großkraftwerke unabhängiger von Erdgasimporten machen und somit umweltfreundlich Strom und Wärme erzeugen? Und können Windkraftwerke Autos und Busse antreiben? Vier Partner aus der Industrie, der Versorgungswirtschaft und der Wissenschaft waren bereits vor einigen Jahren überzeugt, dass all dies möglich ist. Deshalb haben Siemens, die Linde Group, die Hochschule Rhein-Main und die Mainzer Stadtwerke den „Energiepark Mainz“ entwickelt, in dem seit dem Jahr 2015 in einer weltweit einzigartigen Elektrolyseanlage mithilfe von umweltfreundlich erzeugtem Windstrom Wasserstoff produziert wird. Unterstützung für ihr ehrgeiziges Vorhaben haben die Projektpartner aus der Politik erhalten: Knapp die Hälfte der Investitionskosten in Höhe von 17 Mio. Euro hat seinerzeit das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) übernommen.

Nach seiner Eröffnung hat der Energiepark Mainz zunächst eine Testphase durchlaufen, um die neue Technologie genauestens zu erforschen. Im Jahr 2017 startete dann der kommerzielle Probebetrieb, heute läuft die Anlage im Regelbetrieb technisch einwandfrei. Der Energiepark Mainz ist darüber hinaus seit 2017 ein ausgezeichnete Ort der Initiative „Deutschland – Land der Ideen“ und wird von den Mainzer Stadtwerken und Linde inzwischen gemeinsam betrieben.

Der Standort des Energieparks vor den Toren der rheinland-pfälzischen Landeshauptstadt ist ideal: Vier nahegelegene Windkraftanlagen

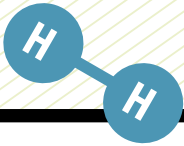
der Stadtwerke stellen die Energie bereit, aus der in der weltgrößten Power-to-Gas-Anlage ihrer Art nachhaltiger Wasserstoff produziert wird. Der Energiepark erfüllt damit zwei für die Energiewende elementare Aufgaben: Zum einen macht er Strom aus erneuerbaren Quellen speicherbar und entlastet damit das Stromnetz. Zum anderen liefert er „grünen“ Wasserstoff, mit dem anschließend Brennstoffzellen-Fahrzeuge betankt oder Industrieprozesse versorgt werden können. Dass diese Vision nicht nur in der Theorie funktionieren kann, wollen die Projektpartner ab Mitte des nächsten Jahres beweisen: Dann werden vier Linienbusse der Stadtwerke-Tochtergesellschaft Mainzer Verkehrsgesellschaft und vier weitere Linienbusse in Wiesbaden dank Brennstoffzellentechnik umweltfreundlich mit dem erzeugten Wasserstoff durch beide Städte fahren.

Darüber hinaus wird der produzierte Wasserstoff bereits in das lokale Erdgasnetz eingespeist. Bis zu 10 Prozent Wasserstoff werden hierbei in das vorhandene Gasnetz beigemischt. Der Einsatz von Wasserstoff für ca. 1.000 Haushalte ist derzeit wohl weltweit einmalig – auch deshalb gilt der Energiepark in Mainz als Blaupause für eine nachhaltige Sektorenkopplung und Energiespeicherung. ■



*Vier Windkraftanlagen der Stadtwerke Mainz (im Hintergrund) erzeugen den Strom, der im Energiepark Mainz in Wasserstoff umgewandelt wird.*

Quelle: Mainzer Stadtwerke AG



# Grünen Wasserstoff speichern – das Forschungsprojekt „H<sub>2</sub>-Forschungskaverne“

von **Marco Henel**, (DBI - Gastecnologisches Institut gGmbH)  
und **Lars Winkler** (VNG Gasspeicher GmbH)

Im sachsen-anhaltischen **Bad Lauchstädt** entsteht derzeit ein wichtiges Leuchtturmprojekt für die Speicherung von grünem Wasserstoff: Hier soll ein bestehender Salzkavernenspeicher umgewidmet werden, um in Zukunft 50 Mio. Kubikmeter des umweltfreundlichen Energieträgers zu speichern.

Die Fähigkeit, große Energiemengen speichern zu können, wird für die Energieversorgung der Zukunft elementar wichtig sein – das gilt auch für den Energieträger Wasserstoff, der perspektivisch zu 100 Prozent mittels Power-to-Gas-Technologie aus Überschussstrom aus erneuerbaren Quellen hergestellt werden kann. Für seine Speicherung sind Salzkavernen besonders geeignet, da sie eine geringe Kontaktfläche zwischen Gestein und Gas aufweisen und das schnelle Ein- und Ausspeisen der Speichergase erlauben.

Das HYPOS-Projekt „H<sub>2</sub>-Forschungskaverne“ bereitet in diesem Zusammenhang seit Mai 2019 die Genehmigung der weltweit ersten Salzkaverne für grünen Wasserstoff am Standort Bad Lauchstädt vor. Ziel ist es, alle wesentlichen technologischen und genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen für die Errichtung und den Betrieb einer



Blick auf die bestehende Obertageanlage des Gasspeichers Bad Lauchstädt

Speicherforschungsplattform zu entwickeln. So müssen beispielsweise alleine für die Wasserstoff-Obertageanlagen entsprechende Messstrecken, Verdichterstation, Filter- und Gasreinigungseinheiten sowie Untertageausrüstungen konzipiert und errichtet werden. Hierbei kann der Standort Bad Lauchstädt seine Vorteile ausspielen: Vor Ort existiert bereits eine gesolte Kaverne, die ursprünglich für den Erdgasbetrieb vorgesehen war und in die zukünftig ca. 50 Mio. m<sup>3</sup> Wasserstoff bei einem max. Speicher-

druck von 140 bar gespeichert werden sollen. Auch hinsichtlich der Anbindung des Gasspeichers an die Netzinfrastruktur profitiert das Projekt von dem Standort: Eine bereits bestehende 20 km lange Gasleitung wird im Projektverlauf umgewidmet werden, um den gespeicherten grünen Wasserstoff in Zukunft an die bestehende Wasserstoff-Infrastruktur des mitteldeutschen Chemiedreiecks Leuna-Merseburg-Bitterfeld zu liefern. Die Erzeugung des Wasserstoffs erfolgt über einen Elektrolyseur und einen eigenen Windpark; Speicherforschungsplattform, Elektrolyse und Windpark bilden gemeinsam das Reallabor Energiepark Bad Lauchstädt.

Bis Mitte 2021 sollen die technische Entwurfsplanung für die Systemkomponenten und die standortspezifische Anlagendokumentation abgeschlossen und die Genehmigung für die Errichtung der Speicherforschungsplattform und den Forschungsbetrieb am Standort Bad Lauchstädt erteilt sein. Der Genehmigungsantrag erfolgt dabei in enger Abstimmung mit den zuständigen Behörden in Sachsen-Anhalt. ■

Quelle: VNG Gasspeicher GmbH / Jellmann Photographik

# Brennstoffzellenzüge im Schienennahverkehr – von der Weltpremiere zum Dauerbrenner

von Carmen Schwabl, Sprecherin der Geschäftsführung der Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen (LNVG)

Quelle: evb

**Eine „Weltpremiere“** – mit diesem Wort war der Start der beiden Brennstoffzellenzüge bei den Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser (evb) vor einem Jahr überschrieben. Wir Niedersachsen sind zwar bescheiden, aber in diesem Fall können wir den großen Begriff akzeptieren. Die iLint-Prototypen von Alstom sind seither je rund 150.000 km gefahren und hatten dabei eine Verfügbarkeit von fast 95 Prozent, zudem ist kein Zug auf der Strecke liegengeblieben. Premiere gelungen!



Seit Herbst 2018 im öffentlichen Linienverkehr in Niedersachsen unterwegs: der Wasserstoff-Brennstoffzellenzug „Coradia iLint“.

**Das Interesse** an dem neuen Brennstoffzellenzug ist bis heute ungebrochen groß. Delegationen kamen u. a. aus Russland, Japan, Malaysia, Kanada, Großbritannien, Frankreich, Chile und kürzlich erst aus Südkorea. Sie alle sind im Linienbetrieb zugestiegen und haben live miterlebt, dass Pendler den Zug lächelnd erwarten. Durch die Brennstoffzelle ist die Fahrt viel leiser und die Züge laufen sehr ruhig – Fahrgäste können sogar eine volle Tasse Kaffee auf den Tisch stellen und beim Anfahren schwappt nichts über.

Unser Unternehmen möchte Vorreiter bei der Technik bleiben. Spätestens ab Dezember 2022 sollen deshalb alle 15 bislang genutzten

Dieseltriebzüge durch Brennstoffzellenzüge ersetzt werden. Sie werden eine Reichweite von 1.000 Kilometern haben – wie Dieselfahrzeuge. Alstom wird die Züge liefern und in Stand halten, das Konsortium Alstom/Linde wird den Wasserstoff bereitstellen. Fahrzeuge und neue Tankstelle werden vom Land Niedersachsen und dem Bund finanziert. Noch sind die Brennstoffzellenzüge zwar rund 30 Prozent teurer als gleichwertige Dieselmotoren, aber wir erwarten, dass mehr Züge gekauft werden und der Preis dann deutlich sinkt.

Zwar ist in Deutschland bereits lange über die Energiewende und die Möglichkeit, die fossilen Energieträ-

ger zu ersetzen, gesprochen worden. Gleichwohl gab es im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) keine Projekte, in denen Alternativen zum Diesel gesucht wurden. Für uns ist der Brennstoffzellen-Test auch eine strategische Entscheidung. Bis Mitte der 2020er-Jahre müssen wir 24 Dieselfahrzeuge ersetzen. Falls mittel- oder langfristig keine Elektrifizierung der Strecken ansteht, werden wir zwischen Brennstoffzellen oder Batterietechnik entscheiden. Batterien bieten sich wegen deren Reichweite aktuell nur für kurze Strecken an.

Was spricht in Niedersachsen für Wasserstoff? Wind und Kavernenspeicher stehen zur Verfügung. Zunächst nutzen wir Wasserstoff aus verschiedenen Quellen, auch solchen, der bei der Industrie quasi als Abfall anfällt. Perspektivisch soll der Wasserstoff aber vor Ort durch Elektrolyse aus Windstrom erzeugt werden. Wir sehen unser Projekt – von der Beschaffung, über die Instandhaltung bis zur Energieversorgung – als wegweisendes, ganzheitliches System. Aus der Weltpremiere soll ein erfolgreicher Dauerbrenner werden. ■





# Wasserstoff als Schlüssel für eine klimaneutrale Industriegesellschaft

von Samir Khayat, Geschäftsführer IN4climate.NRW



Quelle: IN4climate.NRW

**Der Schutz des Klimas** ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Immer deutlicher wird, dass dafür eine erhebliche Transformation von industriellen Wertschöpfungsketten und Produktionsprozessen erforderlich ist. Dabei wird CO<sub>2</sub>-frei erzeugter Wasserstoff eine entscheidende Rolle spielen. Zu dem Schluss kommt ein im Rahmen der Arbeits- und Dialogplattform IN4climate.NRW entwickeltes Diskussionspapier.

**Nationale und globale Szenarien** machen deutlich, dass CO<sub>2</sub>-frei erzeugter Wasserstoff in Zukunft eine tragende Säule der Energiewende sein wird, insbesondere für eine klimaneutrale Produktion in der Chemie- und Stahlindustrie. Zudem kann er sowohl in der Industrie als auch im Verkehrs- und Mobilitätssektor fossile Energieträger ersetzen und leistet so einen wesentlichen Beitrag zur Sektorenkopplung. Darüber hinaus lässt er sich gut transportieren und speichern. Zukünftig ist daher mit einem hohen Wasserstoffbedarf zu rechnen – dieser kann aktuellen Szenarien zufolge in Deutschland bei über 600 Terrawattstunden (Heizwert) pro Jahr liegen.

Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft erfordert eine Einstiegsstrategie, für deren erfolgreiche Umsetzung Anpassungen der politischen Rahmenbedingungen notwendig sind. Zentrale Elemente sind der schrittweise Aufbau einer Transport-, Speicher- und Erzeugungsin-

frastruktur, ein koordiniertes Vorgehen der Akteure und die Zusammenarbeit mit internationalen Partnern. Mit seiner zentralen Lage in Europa und einzigartigen Potenzialen in Industrie und Forschung kann NRW dabei zu einer Modellregion für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft werden. Her-

stellung, Transport und Nutzung von klimafreundlichem Wasserstoff und der Export von Technologien in einem internationalen Wasserstoffmarkt bieten dabei große Chancen für die wirtschaftliche Entwicklung in NRW und Deutschland. Die acht Industrieunternehmen (AirLiquide, Amprion, BP, Covestro, Open Grid Europe, RWE, Shell und thyssenkrupp) und vier Forschungsinstitute (Wuppertal Institut, Fraunhofer UMSICHT, BFI sowie das IW Köln), die das Diskussionspapier gemeinsam erarbeitet haben, wollen zu diesem Aufbau beitragen. Zahlreiche Projekte mit Schwerpunkt Wasserstoffnutzung, -erzeugung und -transport sind dazu bereits in der Umsetzung und untermauern den Anspruch des Landes, eine Vorreiterrolle zu spielen. ■

## INFOKASTEN

### Die zentralen Forderungen des Diskussionspapiers

- Förderliche Rahmenbedingungen für die Bereitstellung hinreichender zusätzlicher Kapazitäten für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien schaffen
- Handelbare Herkunftsnachweise entwickeln, die über den Beitrag von grünem und blauem Wasserstoff zur Reduktion von Treibhausgasemissionen Auskunft geben
- Das Steuer- und Abgabensystem im Strombereich anpassen, um den Anforderungen der Sektorenkopplung gerecht zu werden
- Positive Anreize für die Erzeugung und Nutzung CO<sub>2</sub>-frei erzeugten Wasserstoffs durch neue Instrumente schaffen
- Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie, die die Anrechenbarkeit von CO<sub>2</sub>-frei erzeugtem Wasserstoff auf Minderungsquoten im Verkehr gewährleistet, zügig umsetzen
- Wasserstoff in den relevanten gesetzlichen Regelungen konsequent berücksichtigen
- Den Netzentwicklungsplan Gas (d. h. Vorausschau für Wasserstoff) und eine kombinierte Planung der Strom- und Gasinfrastruktur konsequent ergänzen



## Wichtiger Baustein für eine erfolgreiche Energiewende: **das neue H<sub>2</sub>-BHKW der Stadtwerk Haßfurt GmbH**

**Die Stadtwerk Haßfurt GmbH** ist bereits seit einigen Jahren Vorreiter im Bestreben, die Transformation des Unternehmens und seiner Dienstleistungen für eine Energiezukunft auf Basis erneuerbarer Energien voranzutreiben. Bereits 2016 wurde daher eine Power-to-Gas-Anlage (PtG) in Betrieb genommen, die im Sommer 2019 um ein wegweisendes Wasserstoff-Blockheizkraftwerk (H<sub>2</sub>-BHKW) erweitert wurde. Die Vorteile des gesamten Systems erläutert **Norbert Zösch**, Geschäftsführer der Stadtwerk Haßfurt GmbH.

**Im Unterschied** zur bisher praktizierten Beimischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz mit Rückverstromung über konventionelle Blockheizkraftwerke ermöglicht das neue H<sub>2</sub>-BHKW einen Betrieb mit reinem Wasserstoff ohne fossile Brennstoffanteile. Mit diesem von der Bayerischen Landesregierung geförderten Vorhaben wurde erstmals in der kommunalen Praxis eine wasserstoffbasierte und CO<sub>2</sub>-freie Speicherkette für regenerativen Strom umgesetzt. Diese führt von der Stromerzeugung aus Windenergie über die Umwandlung in Wasserstoff mittels Elektrolyse sowie die Speicherung in Drucktanks bis zur Rückverstromung über Kraft-Wärme-Kopplung. Der Wasserstoffspeicher erlaubt einen Dauerbetrieb des BHKW für rund 15 Stunden und steigert damit erheblich die Flexibilität des Gesamtsystems.

Die gesamte Speicherkette leistet einen wichtigen Beitrag zum Ausgleich von Erzeugung und Bedarf von Energie: Da sowohl die PtG-An-

lage als auch das H<sub>2</sub>-BHKW eine hohe Dynamik haben, können mit dem Gesamtsystem Elektrolyseur – Speicher – H<sub>2</sub>-BHKW Stromüberschüsse und Unterdeckungen aus der erneuerbaren Stromerzeugung im lokalen Bilanzkreis oder übergeordnet mit Regelenergie im Verteilnetz ausgeglichen werden.

Herzstück der gesamten Anlage ist ein containergroßer PEM-Elektrolyseur des Typs Silyzer 200 von Siemens mit 1,25 MW Spitzenleistung, der überschüssigen Strom aus mehreren Windenergie- und Solaranlagen in erneuerbaren Wasserstoff umwandelt. Damit bilden Anlagen wie in Haßfurt einen wichtigen Baustein für eine erfolgreiche Energiewende: Sie machen erneuerbare Energien in großen Mengen langfristig speicherbar und gewährleisten so auch bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien Versorgungssicherheit. Elektrolyseure auf Basis der PEM (Polymer Electrolyte Membrane)-Technologie wandeln überschüssigen Wind- und Solarstrom mit einem Wirkungsgrad

von etwa 70 Prozent in Wasserstoff um und sorgen so dafür, dass jede Kilowattstunde an grünem Strom tatsächlich genutzt werden kann und die Erneuerbaren-Anlagen nicht abgeregelt werden müssen, wenn das Stromangebot die Nachfrage übersteigt. Die PEM-Anlagen sind äußerst reaktionsschnell, da der Elektrolyseur binnen Millisekunden automatisch seine Leistung verändert, um die Frequenz im Netz zu stabilisieren und so beispielsweise Blackouts durch Netzüberlastung zu verhindern.

Das Projekt wird technisch-wissenschaftlich durch das Institut für Energietechnik begleitet. Die Forscher erhoffen sich aus dem Vorhaben nicht nur praktische Erkenntnisse und Langzeiterfahrungen mit wasserstoffbetriebenen Blockheizkraftwerken; das Modul dient im Konsortium auch als Forschungsplattform für Weiterentwicklungen der H<sub>2</sub>-BHKW-Technologie und wurde daher mit speziellen Messtechnik-Zugängen ausgestattet. ■

# So wird das Gasnetz H<sub>2</sub>-ready

von Frank Dietzsch & Andreas Schrader, DVGW e. V.

**Ab Ende 2021** sollen einem Netzabschnitt in Sachsen-Anhalt dem Erdgas erstmals bis zu 20 Prozent Wasserstoff beigemischt werden. Das ist ein neuer Spitzenwert, bislang liegt die Beimischungsgrenze bei rund 10 Prozent. Das Gemeinschaftsprojekt des Verteilnetzbetreibers Avacon und der DVGW ist Vorbild für den zukünftigen Einsatz von Wasserstoff in Gasverteilnetzen. Die Erkenntnisse aus Projekt sind wichtige Erkenntnisquellen für die Weiterentwicklung des DVGW-Regelwerks. Diese ist notwendig, um den klimaschonenden Energieträger Wasserstoff technisch sicher in das vorhandene Leitungssystem bis zum Endverbraucher zu integrieren – eine wichtige Voraussetzung für die Praxis der Gasversorgung.

Um die „H<sub>2</sub>-Readiness“ für die gesamte Wertschöpfungskette der Gasversorgung zu gewährleisten, wird das DVGW-Regelwerk vollumfänglich durch die Technischen Komitees überprüft und ggfs. angepasst oder ergänzt. Ziel ist es dabei auch, die unmittelbare Anwendbarkeit des DVGW-Regelwerks für neu erstellte oder auf Betrieb mit Wasserstoff umgestellte Gasleitungen zu ermöglichen. Darüber hinaus muss der regulatorische Rahmen so ausgestaltet werden, dass die Netze auch mit Wasserstoff wirtschaftlich betrieben werden können.

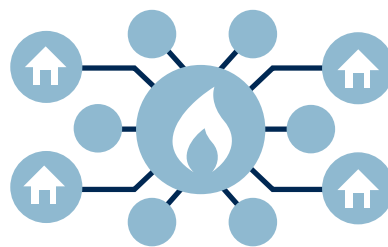
22 Regelwerksdokumente erfüllen noch keine H<sub>2</sub>-Readiness bis 10 Prozent und stehen damit im Fokus. Themenschwerpunkte sind dabei

die Untertagespeicherung, die Gasmessung und -abrechnung und die Gasmobilität. Vorrangig bearbeitet werden die technischen Regeln zu Gasbeschaffenheiten und zur Umstellung von Methan- auf Wasserstoff-Pipelines. Aufgrund der engen Verknüpfung des nationalen Rechtsrahmens mit europäischen Vorgaben müssen die entsprechenden technischen Anpassungen dabei in Deutschland und in Europa koordiniert werden.

Bereits seit 2014 ist die Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz im DVGW-Regelwerk verankert. Da unter Gas im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) grundsätzlich alle gasförmigen und für die Energieversorgung geeigneten Ener-

gieträger zu verstehen sind, gilt das EnWG auch für die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Wasserstoff als Energieträger. Allerdings wurde 2011 in der Ergänzung des Begriffes Gas gemäß § 3 Nr. 19a EnWG lediglich wasserelektrolytisch erzeugter Wasserstoff aufgeführt, sodass hinsichtlich dieser Legaldefinition noch Klärungsbedarf besteht.

Im April 2019 hat der DVGW das Startsignal für die gebündelte und umfassende Weiterentwicklung der technischen Regeln für Erzeugung, Einspeisung, Beimischung, Transport, Verteilung und Speicherung von Wasserstoff in der Erdgas-Infrastruktur gegeben. Bis zum Jahr 2030 soll der bereits heute in großen Teilen der Gasnetze mögliche Wert von 10 Prozent Wasserstoffeinspeisung ohne Einschränkungen verbindlich gelten. Das künftige Regelwerk soll zunächst eine Zielgröße von etwa 20 Volumenprozent Wasserstoffbeimischung zum Erdgas ermöglichen. Daneben gilt es aber auch, den Wert von 100 Prozent Wasserstoff abzudecken, um die Errichtung und den Betrieb von Rohrleitungen und (Teil-)Netzen mit reinem Wasserstoff nach DVGW-Regelwerk zu ermöglichen und das Regelwerk dort, wo neue Netzelemente oder Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen sind, um neue Dokumente zu ergänzen. ■



# Reallabore der Energiewende – Wasserstofftechnologien im Probebetrieb

Der Energieträger Wasserstoff rückt seit einiger Zeit verstärkt ins Zentrum der Bundesregierungspläne für die zu meisternde Energiewende. In diesem Zusammenhang wurden im Rahmen des Ideenwettbewerbs „Reallabore der Energiewende“ insgesamt zwanzig Vorhaben als besonders förderungswürdig eingestuft. Mit den Reallaboren werden zukunftsfähige Energietechnologien unter realen Bedingungen und im industriellen Maßstab erprobt. Konkret bedeutet dies: Reallabore sind wichtige Experimentierräume, in denen in einem geografisch abgegrenzten und rechtlich abgesicherten Raum unter realistischen Bedingungen Erfahrungen gesammelt werden können. Außerdem lässt sich gut beobach-

ten, wie sich das Zusammenspiel von Innovationen und regulatorischen Instrumenten entwickelt. Hauptziel ist dabei, den Regulierungsrahmen innovationsfreundlich und flexibel zu gestalten, unnötige Bürokratie zu vermeiden und die gesellschaftlichen Konsequenzen von Innovationen im Blick zu behalten.

Zentrales Thema im Ideenwettbewerb ist CO<sub>2</sub>-armer Wasserstoff, um – so Bundeswirtschaftsminister Peter Altmeier –, „bei Wasserstofftechnologien die Nummer eins in der Welt zu werden.“ Wir stellen Ihnen sieben der ausgewählten Vorhaben kurz vor.

Projekt: Energiewende mit  
Sektorenkopplung

Thema: Sektorenkopplung und  
Wasserstofftechnologien

Land: Niedersachsen

Fokus: Planungsstudie für Endausbau-  
stufe 100-Megawatt-Elektrolyseur

Konsortialführer: Thyssengas GmbH

## Element Eins



Die Anlage koppelt im Industriemaßstab leistungsfähige Strom- und Gas-Infrastrukturen, um die Gas-Infrastruktur als zusätzliche Transportmöglichkeit für „grüne Energie“ nach Süden nutzbar zu machen. Regenerativer Strom kann so effizient mit bestehender Technik in vorhandener Gasinfrastruktur gespeichert werden. Die zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch wird im Großmaßstab realisiert. ELEMENT EINS ermöglicht auf diese Weise die Verbindung von der Stromquelle über die Strom- und Gas-Infrastruktur bis zum Verbraucher. ■



**Projekt:** Entwicklung und Untersuchung eines Testraums für die lokale Energie- und Rohstoffversorgung der Sektoren Gebäude, Verkehr und Industrie auf Basis regenerativen, strombasierten Wasserstoffs

**Thema:** Sektorenkopplung und Wasserstofftechnologien

**Land:** Baden-Württemberg

**Fokus:** bis zu 10 Megawatt alkalische Elektrolyse mit Strom aus Wasserkraftwerk

**Konsortialführer:** Energiedienst AG



## H<sub>2</sub> Wyhlen

In der Elektrolyse-Anlage in Grenzach-Wyhlen wird Wasser mithilfe von Strom, der im dortigen Wasserkraftwerk erzeugt wird, in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Mit dem Projekt soll die bereits bestehende Power-to-Hydrogen-Infrastruktur mit dem angrenzenden Quartier und Industrieareal zu einem Testraum ausgebaut werden: Vorgängig werden Geschäftsmodelle für die bedarfsgerechte Erzeugung, lokale Verteilung und Nutzung des Gases in den verschiedenen Sektoren entwickelt und bei Tragfähigkeit erprobt. Dabei steht nicht nur die Entwicklung großskalig fertigerer Elektrolysetechnologie im Fokus, sondern auch die Frage, wie die entstehende Prozesswärme weiterverwendet werden kann. Eine Begleitforschung berücksichtigt zusätzlich gesellschaftliche Faktoren. ■

## Norddeutsches Reallabor

Im Norddeutschen Reallabor soll die ganzheitliche Transformation des Energiesystems erprobt werden: Um CO<sub>2</sub> einzusparen, werden z.B. Rückstände aus Raffinerien mit grünem Wasserstoff weiterverarbeitet. Darüber hinaus wird untersucht, wie sich das Beimischen von Wasserstoff in Erdgasbrennern auswirkt. Um den Verkehrssektor systemisch einzubinden, sollen vermehrt Brennstoffzellenfahrzeuge genutzt und Wasserstofftankstellen gefördert werden. Für das Vorantreiben der Wärmewende wollen die Partner zudem die Abwärme einer Müllverbrennungs- und einer Industrieanlage mittels vorhandener Fernwärmeleitungen nutzbar machen. ■



**Projekt:** Norddeutsches Reallabor – die Energiewendeanallanz für Sektorenkopplung

**Thema:** Sektorenkopplung, Wasserstofftechnologien und Quartierslösungen

**Land:** Hamburg, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern

**Fokus:** Elektrolyse mit insgesamt 77 Megawatt; H<sub>2</sub>-Tankstellen und -Transport

**Konsortialführer:** Competence Center für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (CC4E) der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg



**Projekt:** Reallabor Westküste 100

**Thema:** Sektorenkopplung und Wasserstofftechnologien

**Land:** Schleswig-Holstein

**Fokus:** 30-Megawatt-Elektrolyse, Kavernenspeicher, Gas- und Wasserstoffnetz

**Konsortialführer:** Raffinerie Heide GmbH



## ReWest100

Mit ReWest100 entsteht die „Musterregion Heide“, in der in kleinem Maßstab erprobt wird, was die Industriegesellschaft künftig möglichst flächendeckend leisten soll: ein nahezu klimaneutrales Gewinnen von Energie und Produzieren von Gütern. Dafür wollen die Projektpartner mithilfe eines 30 Megawatt starken Elektrolyseurs Strom aus Wind in Wasserstoff umwandeln, der in einer Salzkaverne gespeichert wird. Geplant ist auch ein Modellnetz zum Wasserstofftransport an verschiedene Abnehmer. Zudem soll der bei der Elektrolyse gewonnene Sauerstoff im Verbrennungsprozess in einem etwa 60 Kilometer entfernten Zementwerk zu hochreinem Kohlenstoffdioxid umgewandelt werden. Daraus lassen sich beispielsweise chemische Grundstoffe für Lösemittel herstellen. ■





**Projekt:** Reallabor Wasserstofftechnologien zur schrittweisen Dekarbonisierung der Stahlindustrie

**Thema:** Sektorenkopplung und Wasserstofftechnologien

**Land:** Nordrhein-Westfalen

**Fokus:** 10.000 m<sup>3</sup> pro Stunde Wasserstoffeinblausung in Hochofen und 6,5 km Wasserstoffpipeline

**Konsortialführer:** thyssenkrupp Steel Europe AG



## H<sub>2</sub>Stahl

Das Reallabor H<sub>2</sub>Stahl setzt auf Wasserstofftechnologien, um aus Erz Eisen zu gewinnen. Bisher wird für diesen Prozess im Hochofen Einblaskohle verwendet. In einer Übergangsphase soll in den bestehenden Anlagen reiner Wasserstoff beige-mischt werden, der den Prozess teilweise dekarbonisiert. Ziel ist eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20 Prozent. Um in späteren Schritten die CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter zu senken, wird parallel erprobt, reinen Wasserstoff in einer Versuchsanlage für Direktreduktion einzusetzen. ■

## HydroHub Fenne

Am Standort des STEAG-Kraftwerks Fenne in Völklingen produzieren die Projektpartner in Zeiten des Überangebots an Wind- und Sonnenenergie mithilfe eines Elektrolyseurs Wasserstoff, der z. B. an nahegelegene Stahlunternehmen geliefert wird, die ihn für industrielle Prozesse einsetzen. Er wird außerdem ins regionale Gasnetz eingespeist und versorgt zusätzlich öffentliche Wasserstoff-Tankstellen im Saarland. Die Wärme, die bei der Erzeugung des Wasserstoffs entsteht, wird in das Netz des Fernwärmeverbands Saar ausgekoppelt. ■



**Projekt:** Reallabor Wasserstoff-Elektrolyse am EnergieHub Fenne

**Thema:** Sektorenkopplung und Wasserstofftechnologien

**Land:** Saarland

**Fokus:** 17,5-Megawatt-Wasserstoff-PEM-Elektrolyse für Mobilität und Industrie

**Konsortialführer:** STEAG GmbH



**Projekt:** Referenzkraftwerk Lausitz

**Thema:** Sektorenkopplung und Wasserstofftechnologien

**Land:** Brandenburg

**Fokus:** 10-Megawatt-PEM-Elektrolyse, 500 MWh Wasserstoffspeicher, 7,9 MW Gasturbine, 2 MW Superkondensator, 2 MW Li-Batterie und 2 MW Brennstoffzelle

**Konsortialführer:** Zweckverband Industriepark Schwarze Pumpe



## RefLau

Im Reallabor Referenzkraftwerk Lausitz will das Konsortium Schlüsseltechnologien der Energieversorgung mit erneuerbaren Energien und Wasserstoff als chemischem Speicher in der Praxis erproben und den Umbau zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen, sektorübergreifenden Energieversorgung beschleunigen. Mit einem Referenzkraftwerk unter Nutzung erneuerbarer Energien sollen Strom und Wärme für alle Sektoren bereitgestellt werden. Wasserstoff soll für Verkehr und Industrie verfügbar gemacht und in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden. Zudem wollen die Partner gesetzliche und regulatorische Hürden, die einen wirtschaftlichen Betrieb bei der Kombination der verschiedenen Technologien erschweren, identifizieren und durch konkrete Anpassungen des regulatorischen Rahmens abbauen. ■



Noch mehr Informationen  
zum Thema finden Sie auf  
[www.dvgw-wasserstoff.de](http://www.dvgw-wasserstoff.de)



