



**DATEN UND FAKTEN WASSERSTOFF**

# WASSERSTOFF

Schlüssel für das Gelingen  
der Energiewende in allen Sektoren

Daten, Fakten und  
Initiativen der Gaswirtschaft



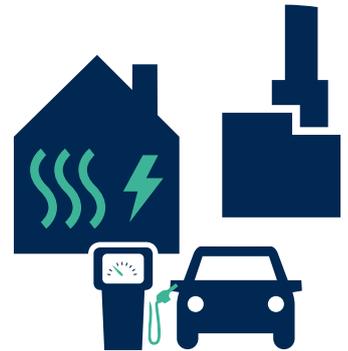
***„Wir wollen bei Wasserstofftechnologien die Nummer 1 in der Welt werden. Wasserstofftechnologien bieten enorme Potenziale für die Energiewende und den Klimaschutz wie auch für neue Arbeitsplätze.“***

*— Peter Altmaier, Bundeswirtschaftsminister*

# WASSERSTOFF

## Das Element, mit dem die Energiewende in allen Sektoren gelingt

**Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologien galten in den letzten Jahren bereits mehrfach als Schlüssel für das Energiesystem der Zukunft, konnten sich in der Praxis aber bisher nicht durchsetzen. Jetzt haben sich die Rahmenbedingungen entscheidend verändert: Fallende Preise für erneuerbare Energien und Brennstoffzellentechnik, strikte Klimaschutzziele in Deutschland, Europa und weltweit sowie ein gesellschaftliches Klima, das eine schnelle Transformation des Energiesystems von fossilen zu erneuerbaren Quellen einfordert. Gleichzeitig setzt sich die Erkenntnis durch, dass die vorhandene Gasinfrastruktur (Transport- und Verteilnetz) den Schlüssel einer stetig wachsenden Wasserstoffverteilung bietet.**



Im Stromsektor hat Deutschland mit rund 45 % Anteil an erneuerbaren Energiequellen bereits viel erreicht. Aktuell ist aber nur ein Fünftel der in Deutschland genutzten Energie elektrisch, rund 80 % sind „molekular“, d. h. liegen in Form von flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen vor. Um die Energiewende erfolgreich umzusetzen, kann man deshalb nicht ausschließlich auf eine „All-Electric-World“ setzen. Folgerichtig hat die Bundesregierung Anfang Oktober 2019 die Rolle von Gas im zukünftigen Energiesystem neu definiert: Der Energieträger Gas und die Gasinfrastruktur werden auch langfristig essentieller Bestandteil des deutschen Energiesystems sein, sodass wir auch zukünftig in einer „Zwei-Energieträger-Welt“ (Strom und Gas) leben werden.

Für ein integriertes Energiesystem bedeutet das, dass Gas zunehmend CO<sub>2</sub>-neutral und perspektivisch ganz ohne schädliche Emissionen auskommen muss. Dies geht nur mit synthetischen gasförmigen und flüssigen Gasen auf Basis erneuerbarer Energien oder Erdgas. Ein besonders vielversprechender gasförmiger Energieträger ist Wasserstoff:

1

### Wasserstoff ist klimaschonend

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

2

### Wasserstoff ist flexibel

Wie Erdgas kann Wasserstoff zusammengepresst und unter hohem Druck oder in flüssiger Form gespeichert und transportiert werden.

3

### Wasserstoff löst das Speicherproblem bei den erneuerbaren Energien

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

4

### Über das Gasnetz kann der aus erneuerbaren Energien erzeugte Wasserstoff in allen Sektoren eingesetzt werden

In Form von Wasserstoff wird Wind- und Sonnenenergie auch in andere Sektoren wie Wärme, Verkehr und Industrie gebracht.

5

### Wasserstoff bietet die Chance, die bislang getrennten Sektoren Strom, Wärme und Mobilität zu verbinden

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

# WIE WIRD DER ENERGIETRÄGER WASSERSTOFF ERZEUGT?

Wasserstoff kann über verschiedene Prozesse erzeugt werden. Die Energiequelle und die Methode entscheidet darüber, wieviel CO<sub>2</sub> eingespart werden kann.

## Konventioneller Wasserstoff

Heute werden rund 96 % des weltweit genutzten Wasserstoffes fossil hergestellt. Bei der Erzeugung fällt CO<sub>2</sub> an, das in der Regel nicht weiterverwendet wird.

### Wichtigste Produktionswege

- ➔ Dampfreformierung

### Charakteristik

keine CO<sub>2</sub>-Einsparung



Stand der Technik



## CO<sub>2</sub>-neutraler / -freier Wasserstoff

Wird das bei der Erzeugung von Wasserstoff 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. Erfolgt die Dampfreformierung auf Basis von Biogas, fällt die CO<sub>2</sub>-Bilanz sogar negativ aus. Bei der sogenannten Methanpyrolyse wird Erdgas thermisch in seine Bestandteile Wasserstoff und Kohlenstoff gespalten. Anstelle von CO<sub>2</sub> entsteht als Nebenprodukt sehr reiner, pulverförmiger Kohlenstoff, dessen Bedeutung als industrieller Rohstoff stetig zunimmt.

### Wichtigste Produktionswege

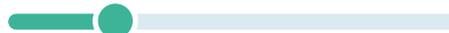
- ➔ Dampfreformierung von Erdgas + CCS
- ➔ Dampfreformierung von Biogas
- ➔ Methanpyrolyse + CCU (Carbon Capture and Usage)

### Charakteristik

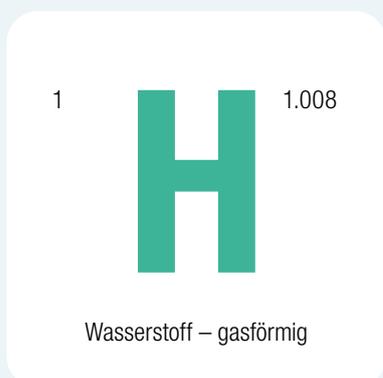
Hohe CO<sub>2</sub>-Einsparung  
(bei Dampfreformierung von Erdgas nur bilanziell durch CCS)



Stand der Technik: Pilotvorhaben



## WAS IST WASSERSTOFF?



### 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.

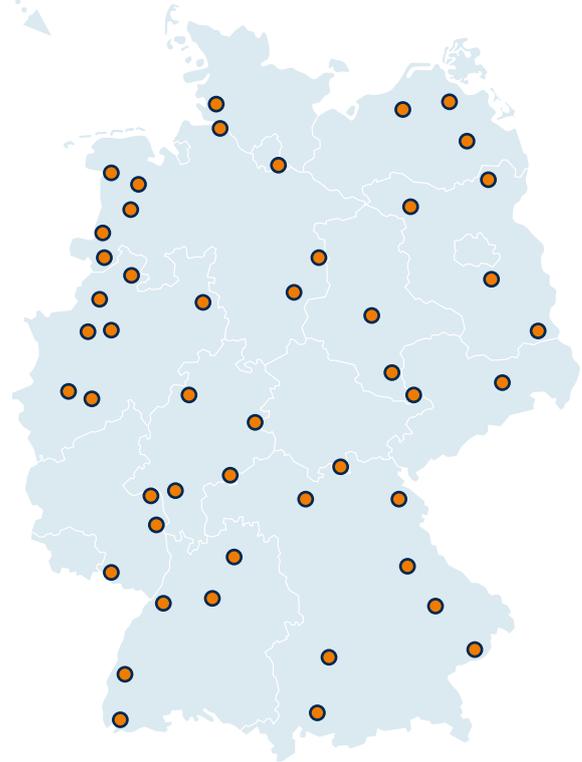
### Farb- und geruchlos

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 50 Power-to-Gas-Projekte in Deutschland sind bereits in Betrieb oder in Planung



## Erneuerbarer Wasserstoff

Wasserstoff kann auch über die Elektrolyse von Wasser hergestellt werden. Wenn der für die Elektrolyse eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energien stammt, fallen keine CO<sub>2</sub>-Emissionen an. So wird Strom aus Wind- und Sonnenenergie in Gas umgewandelt.

### Wichtigste Produktionswege

- ➔ Elektrolyse / Power to Gas

### Charakteristik

Hohe CO<sub>2</sub>-Einsparung



Stand der Technik: Demonstrationsvorhaben



Die Power-to-Gas-Technologie ist eine vielversprechende Technologie zur Erzeugung von klimaschonendem Wasserstoff, da als Nebenprodukt der Elektrolyse nur reiner Sauerstoff anfällt, der unbedenklich für die Umwelt ist. Weiterer Vorteil: Wasserstoff lässt sich überall 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 und nahezu unbegrenzt in das Gasnetz eingespeist werden. Allerdings bedeutet Methanisierung einen weiteren Umwandlungsschritt, weshalb er nur erfolgen sollte, wenn der reine Wasserstoff nicht genutzt werden kann. Doch ob Wasserstoff oder daraus er-

zeugtes synthetisches Methan: In beiden Fällen kann jedweder nicht bedarfsgerecht erzeugte Strom nutzbringend eingesetzt werden.

Aktuell sind in Deutschland etwa 35 Power-to-Gas-Anlagen mit einer Gesamtleistung von rund 30 Megawatt in Betrieb. Die meisten von ihnen sind Pilot- oder Demonstrationsprojekte in kleinem Maßstab und dienen zu Forschungszwecken. In Hamburg jedoch 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.



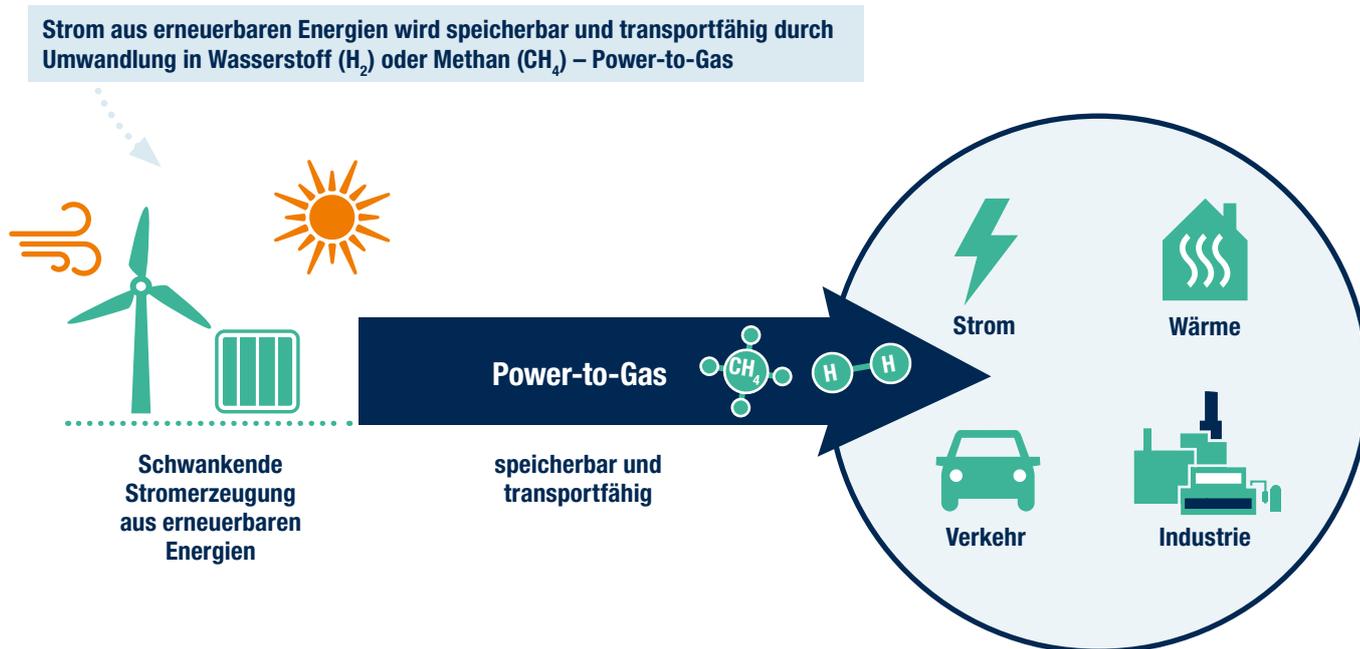
# WIE KANN WASSERSTOFF KONKRET BEI DER ENERGIEWENDE HELFEN?

## Wasserstoff als „Batterie“ der Energiewende

Sonne und Wind, die beiden wichtigsten erneuerbaren Energiequellen, stehen nicht gleichmäßig zur Verfügung und die Stromproduktion schwankt je nach Wetter und Tageszeit. Übersteigt das Angebot den Bedarf, werden Erneuerbare-Energien-Anlagen häufig abgeschaltet, weil das Stromnetz die anfallenden Strommengen nicht mehr aufnehmen kann. Bei sehr hohem Strombedarf müssen wiederum konventionelle Kraftwerke zugeschaltet werden. Versorgungssicherheit kann mit erneuerbaren Energien also nur erreicht werden, wenn es gelingt, die produzierte Energie effizient zu speichern, um die schwankende Erzeugung von Strom aus Windkraftwerken und Solaranlagen zu verstetigen.

Wasserstoff kann hierzu der entscheidende Baustein sein. Weil die Erzeugung von reinem Wasserstoff nur durch den Einsatz von Energie – insbesondere von elektrischem Strom (per Elektrolyse) – möglich ist, kann die ihm damit innewohnende chemische Energie wieder in Elektrizität (per Brennstoffzelle), Wärme (per direkter Verbrennung) oder auch in mechanische Energie (per Verbrennungsmotor) umgewandelt werden. Deshalb ist Wasserstoff als Medium zur Speicherung von Elektrizität sehr gut geeignet.

Für die Speicherung und den Transport von Wasserstoff bestehen verschiedene Möglichkeiten; eine besonders vielversprechende ist die anteilige Einspeisung in das vorhandene Gasnetz. **Damit können die erneuerbaren Energien nicht nur im Strombereich, sondern auch in anderen Verbrauchssektoren (Wärme, Mobilität, Industrie) genutzt werden. Das nennt man Sektorenkopplung.**



## Wasserstoff in Industrieprozessen

Wasserstoff ist ein wichtiger Rohstoff für industrielle Produktionsprozesse und wird bereits in großem Maßstab eingesetzt: jährlich werden in Deutschland rund 20 Mrd. m<sup>3</sup> Wasserstoff<sup>1</sup> meist dort erzeugt, wo er stofflich verwertet wird – beispielsweise in der Stahl-

industrie, der chemischen oder in der petrochemischen Industrie. CO<sub>2</sub>-neutraler/-freier oder erneuerbarer Wasserstoff muss mittel- und langfristig den fossil erzeugten Wasserstoff ersetzen und kann damit entscheidend zur Energiewende im Industriesektor beitragen.

## Die Speicherfunktion des Gasnetzes

Das vorhandene Gasnetz stellt einen riesigen Speicher dar, in dem erneuerbare Energie in Form von Wasserstoff oder synthetischem Methan über große Zeiträume gespeichert und über weite Strecken transportiert werden kann. Damit wird die schwankende Energieerzeugung aus Wind und Sonne zeitlich und räumlich vom Energieverbrauch entkoppelt. Gleichzeitig werden dadurch die Stromnetze entlastet und somit stabilisiert. Auch der Ausbau der Stromfernleitungen kann dadurch reduziert werden.

### Speicherkapazitäten in Deutschland im Vergleich

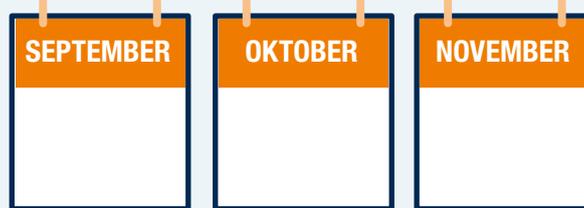
0,04 TWh  
in allen Stromspeicher

220 TWh  
im Gasnetzes und  
der Gasinfrastruktur

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



**Stromspeicher**  
36 Minuten

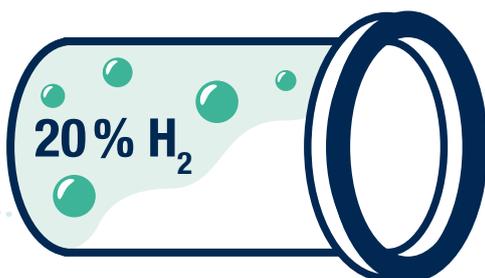


**Gasspeicher**  
3 Monate

## Wasserstoffeinspeisung in das Gasnetz

Bereits heute können bis zu 10 Prozent<sup>2</sup> Wasserstoff in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden. In einem nächsten Schritt soll diese Menge auf 20 Prozent erhöht werden und perspektivisch können Teilabschnitte, in denen Angebot und Nachfrage zusammentreffen, technisch auf den Transport von reinem Wasserstoff (100 %) umgestellt werden.

### Ziel: 20% Wasserstoffeinspeisung in das Gasnetz



Mit 20 % Wasserstoff können rund 94 TWh grüner Strom im Gasnetz gespeichert werden. Das entspricht fast der gesamten 2018 in Deutschland erzeugten Windstromleistung.<sup>3</sup>

Für größere Wasserstoffbeimengungen in das Gasnetz sind zunächst jedoch 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. Der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) hat bereits das Startsignal für die gebündelte und umfassende Weiterentwicklung seiner technischen Regeln für Erzeugung, Einspeisung, Beimischung, Transport, Verteilung und Speicherung von Wasserstoff in der Erdgas-Infrastruktur gegeben. Die dazu notwendigen Lösungen werden im Rahmen praxisorientierter Forschungsprojekte erarbeitet. So wird die Gasinfrastruktur für eine schrittweise Erhöhung des Wasserstoffanteils fit gemacht unter Beibehaltung des gewohnt hohen Sicherheitsstandards.

<sup>2</sup> Mit Einschränkungen nach DVGW Regelwerk

<sup>3</sup> Zahlenbasis: [www.energy-charts.de](http://www.energy-charts.de) und Monitoringbericht Bundesnetzagentur

# IN WELCHEN BEREICHEN KANN WASSERSTOFF EINGESETZT WERDEN?

Das Erdgasnetz erreicht schon heute rund 50 Prozent aller Haushalte in Deutschland. So kann über die vorhandene Infrastruktur bereits die Hälfte der deutschen Haushalte mit grünem Gas versorgt werden. Hier kann der aus erneuerbaren Energien erzeugte Wasserstoff z. B. zum Heizen verwendet werden. Darüber hinaus steht er aber auch als Kraftstoff an Tankstellen oder als Energieträger für die industrielle Produktion zur Verfügung.

Grüne Gase können über die vorhandene Gasinfrastruktur genutzt werden

Grüne Gase



50 % aller Haushalte werden über das Gasnetz mit Wärme versorgt



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



Energieintensive Industrie



Ersatz für Dieselbetriebene Züge



Schwerlastverkehr



Binnenschiffe / Passagierschiffe



Busse



Flugzeuge

## Reichen die Mengen aus?

Das heimische Erzeugungspotenzial aller erneuerbaren Gase (grüner Wasserstoff, synthetisches Methan, Biomethan) liegt mit rund 414 TWh etwa bei der Hälfte des heutigen Erdgasabsatzes in Deutschland. Auch in einer dekarbonisierten Welt wird Deutschland Energieträger in großem Umfang wie erneuerbaren Wasserstoff z. B. aus sonnenreichen Ländern importieren müssen; dies bietet Chancen für einen klimaschonenden Technologietransfer in andere Regionen der Welt. Zusätzlich kann CO<sub>2</sub>-neutraler / -freier Wasserstoff in den benötigten Mengen hergestellt werden.

## Ist Wasserstoff auch sicher?

Der Umgang mit Wasserstoff ist nicht gefährlicher als mit anderen Energieträgern. Wie Erdgas oder Benzin hält Wasserstoff Energie bereit. Beim Umgang mit energietragenden Substanzen ist es generell wichtig, bestimmte Regeln einzuhalten, damit die Energie ausschließlich gezielt und in gewünschtem Ausmaß freigesetzt wird. Wasserstoff wird seit über 100 Jahren in großen Mengen in verschiedenen Sektoren sicher und vielseitig eingesetzt. Das DVGW-Regelwerk garantiert seit vielen Jahrzehnten sichere und effiziente Best-Practice-Lösungen in der Gaswirtschaft.

# AKTUELLE WASSERSTOFF-PROJEKTE – REALLABORE DER ENERGIEWENDE

Im Februar 2019 hat das Bundeswirtschaftsministerium den Ideenwettbewerb „Reallabore der Energiewende“ gestartet und 20 Projekte prämiert, die sich mit Wasserstofftechnologien, Stromspeichern oder energieoptimierten Quartieren befassen; drei Beispiele, an denen Forschungsinstitute oder Mitglieder des DVGW aktiv beteiligt sind:



## Element Eins: Kopplung von Strom und Gas im Industriemaßstab

- ➔ Bau eines 100-MW-Elektrolyseurs als größte deutsche Power-to-Gas-Anlage
- ➔ Inbetriebnahme: schrittweise ab 2022
- ➔ Ziel: Abbildung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft im industriellen Maßstab
- ➔ Projektpartner: Gasunie Deutschland, TenneT und Thyssengas
- ➔ Wissenschaftliche Begleitung: Universitäten Clausthal, Dortmund, Duisburg Essen, die Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg sowie das Gas- und Wärme-Institut Essen

Zur Website: <https://www.element-eins.eu/>



## Energiewerk Bad Lauchstädt: Grüner Wasserstoff für Mitteldeutschland

- ➔ Bau einer Großelektrolyse-Anlage von bis zu 35 MW
- ➔ Inbetriebnahme ab 2020
- ➔ Ziel: Herstellung, Transport, Speicherung (Salzkaverne) und der wirtschaftliche Einsatz von grünem Wasserstoff in industriellem Maßstab im mitteldeutschen Chemidreieck
- ➔ Projektpartner: Uniper, VNG Gasspeicher, Ontras, Terrawatt, DBI – Gastecnologisches Institut

Zur Website: <https://energiewerk-bad-lauchstaedt.de/>



## Westküste 100: Grüner Wasserstoff und Dekarbonisierung in allen Sektoren

- ➔ Bau eines 30-MW-Elektrolyseurs, um grünen Wasserstoff aus Offshore-Windkraftanlagen zu produzieren
- ➔ Nutzung der dabei entstehenden Abwärme
- ➔ Im Anschluss Wasserstoff-Einspeisung in das Gasnetz und Produktion als klimafreundlicher Kraftstoff für Flugzeuge
- ➔ Zusätzlich soll der ebenfalls gewonnene Sauerstoff in einem Zementwerk weiterverarbeitet werden
- ➔ Projektpartner: u.a. Open Grid Europe, Stadtwerke Heide, Orsted, EDF, Thyssenkrupp, FH Westküste

Zur Website: <https://www.westkueste100.de/>

# WASSERSTOFF – DER ENERGIETRÄGER DER ZUKUNFT

Mit Hilfe von Wasserstoff können die anstehenden Aufgaben der Energieverteilung, Systemvernetzung und Effizienzsteigerung gemeistert werden. Mehr noch: Klimaschutz und Wirtschaft können sich Hand in Hand entwickeln, weil die benötigten Technologien und Infrastrukturen größtenteils schon vorhanden sind. Und das, ohne Versorgungssicherheit und Sozialverträglichkeit aufs Spiel zu setzen.

**Die Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen wird zum zentralen Punkt und zum verbindenden Element zwischen den einzelnen Bereichen der Energieversorgung. So wird aus der Stromwende eine wirkliche Energiewende, welche alle Sektoren umfasst: Strom, Wärme, Mobilität.**

## H<sub>2</sub>-Readiness: Kooperation von DVGW und DWV

Gemeinsam mit dem Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband (DWV) setzt sich der DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. für den Zukunftsenergieträger Wasserstoff ein. Im Januar 2019 haben sich beide Verbände auf eine enge Kooperation und eine Wasserstoffstrategie verständigt. Ziel ist es, die Potenziale von Wasserstoff für den zwingend erforderlichen Transformationsprozess in der Energiewirtschaft aufzuzeigen:



### ➔ Forschung

Initiierung und Durchführung von FuE-Vorhaben z. B. zu werkstoffseitigen Wechselwirkungen beim Wasserstofftransport in Erdgasleitungen

### ➔ Ordnungsrechtlicher Rahmen

Aufzeigen von Handlungsfeldern im ordnungsrechtlichen Rahmen

### ➔ Regelwerk

Ausrichtung des bestehenden DVGW-Regelwerkes für Gasinfrastrukturen und Gasanwendungen auf höhere Wasserstoffanteile; Ergänzung eines neuen Regelwerkes für 100 % Wasserstoff gemeinsam mit dem DWV

### ➔ Berufsbildung und Information

Aufnahme des Themas Wasserstoff in die jeweiligen Programme zur berufsbegleitenden Bildung, für Informationsveranstaltungen und für mögliche Qualifizierungsbausteine

### ➔ Europa

Engagement in Europa für den Energieträger Wasserstoff über den Verband der europäischen Gasversorger marcogaz

**Weitere Informationen zum Thema Wasserstoff, zum Stand der Technik, zu aktuellen Pilotprojekten und Anwendungen finden Sie unter:**

- ➔ [www.dvgw-wasserstoff.de](http://www.dvgw-wasserstoff.de)
- ➔ [www.dwv-info.de](http://www.dwv-info.de)



**„Die Klimaziele und die gesetzlichen Vorgaben zur CO<sub>2</sub>-Reduktion können nur mit der Gasinfrastruktur in Kombination mit Power-to-Gas-Kapazitäten im industriellen Maßstab erreicht werden. Die Speicherung erneuerbarer Energieträger als grüne Gase und die sektorenübergreifende Bereitstellung CO<sub>2</sub>-neutraler Energiegase sind die wirksamsten Beiträge, die Deutschland zur weltweiten Treibhausgasneutralität leisten kann.“**

— Prof. Dr. Gerald Linke, Vorstandsvorsitzender des DVGW



### **Herausgeber**

DVGW Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e. V.  
Technisch-wissenschaftlicher Verein  
Josef-Wirmer-Straße 1 – 3  
53123 Bonn

Tel.: +49 228 9188-5  
Fax: +49 228 9188-990  
E-Mail: [info@dvgw.de](mailto:info@dvgw.de)  
Internet: [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

© DVGW Bonn, November 2019  
Jede Art der urheberrechtlichen  
Verwertung und öffentlichen Wiedergabe,  
auch auszugsweise, ist nur mit  
Genehmigung des DVGW gestattet.

### **Gestaltung**

[www.mehrwert.de](http://www.mehrwert.de)

### **Bildnachweise**

MR1805/istockphoto.com, Uwe Tölle (Seite 6)  
Uwe Trölle (Seite 5)  
ELEMENT EINS/Thyssengas GmbH, VNG Gas-  
speicher GmbH, Westküste 100/Raffinerie Heide  
GmbH (Seite 9)  
Uniper SE (Seite 11)