



**ASUE**

Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

LESEPROBE

# Energieträger Wasserstoff

Grundlagen, Anwendung, Speicherung, Infrastruktur



1	<b>Kenndaten von Wasserstoff</b>	2
2	<b>Warum Wasserstoff?</b> <b>Vergleich mit Erdgas und anderen Energieträgern</b>	4
3	<b>Herkunft von Wasserstoff</b>	5
	Natürliche Vorkommen	5
	Erdgas-Dampfreformierung	5
	Methan-Pyrolyse	6
	Glycerin-Pyrolyse	6
	Elektrolyse	6
	Elektrolyse in der Energiewende / Power-to-Gas	8
	Gasgemische	8
	Projektkarte: Grüner Wasserstoff in Deutschland	9
4	<b>Wasserstoff Anwendung</b>	10
	Brennstoffzellen	10
	Wasserstoff in Gasbrennern aller Art	12
	KWK-Anlagen	13
	Methanisierung von Wasserstoff	13
5	<b>Wasserstoffspeicherung</b>	14
	Unterirdische Wasserstoffspeicherung	14
	Druck- und Kryospeicherung	15
	Flüssigspeicher	16
	Metallhydrid Speicher	17
	Adsorption	19
6	<b>Wasserstoffinfrastruktur</b>	20
	Wasserstofftransport	20
	Beimischungsgrenzen und Leitungsanforderungen	20
	Wasserstoff im Erdgasnetz: Ausblick	21
	Tankstellen	22
7	<b>Zusammenfassung</b>	23

Wasserstoff wurde 1766 von Henry Cavendish beim Experimentieren mit Quecksilber und Salzsäure entdeckt und von ihm als brennbare Luft bezeichnet. Unter Umgebungsbedingungen tritt Wasserstoff in der Regel als aus zwei Wasserstoffatomen zusammengesetztes Molekül –  $H_2$  auf. Die Bezeichnung Wasserstoff existiert seit 1787. Der Franzose Lavoisier „taufte“ den Wasserstoff als „hydrogène“ (Altgriechisch: hydor = Wasser und genes = erzeugend) = Wasser-Bildner. Obwohl Wasserstoff im Weltall mit über 90 % aller Atome, das sind rund drei Viertel der gesamten Masse, vorkommt, macht freier Wasserstoff nur etwa 1 % der Erdkruste aus und kommt in der Erdatmosphäre sogar nur in Spuren vor.

In chemischer Verbindung mit anderen Elementen ist Wasserstoff auf der Erde jedoch weit verbreitet. Er ist das kleinste der Elemente und gleichzeitig das leichteste Gas. Der Siedepunkt von Wasserstoff liegt bei  $-253\text{ °C}$ . Wasserstoff hat im Vergleich zu anderen Energieträgern die höchste massenspezifische, aber gleichzeitig auch die geringste volumenspezifische Energiedichte.



### Elektrolyse in der Energiewende / Power-to-Gas

Im Zuge der Energiewende wird elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen (Wind, Sonne, Wasserkraft) im Power-to-Gas-Verfahren (PtG) genutzt, um elektrolytisch Wasserstoff zu erzeugen. Dieser „grüne Wasserstoff“ überführt die natürlichen Energieformen in eine gut speicher- und transportfähige Form. Begrifflich wird der so erzeugte „grüne Wasserstoff“ im Energiewirtschaftsgesetz als Biogas eingeordnet (EnWG §3, 10c.).

Der weitere Ausbau der PtG-Leistung erfolgt derzeit im Rahmen von Pilotanlagen an Orten mit guten Einspeisemöglichkeiten oder besonders viel abgegenerter Windleistung. Ende 2019 waren in Deutschland 62 PtG-Projekte mit einer gesamten Anschlussleistung von mindestens 308 MW<sub>el</sub> geplant. Deutschlands derzeit größte in Betrieb befindliche Elektrolyseanlage REFHYNE liefert bei 10 MW<sub>p</sub> jährlich etwa 1.300 t Wasserstoff. Sie steht im rheinländischen Werk Wessel, wird von Shell und ITM Power betrieben und soll die dort ansässigen Raffinerien mit CO<sub>2</sub>-neutralem Wasserstoff versorgen.

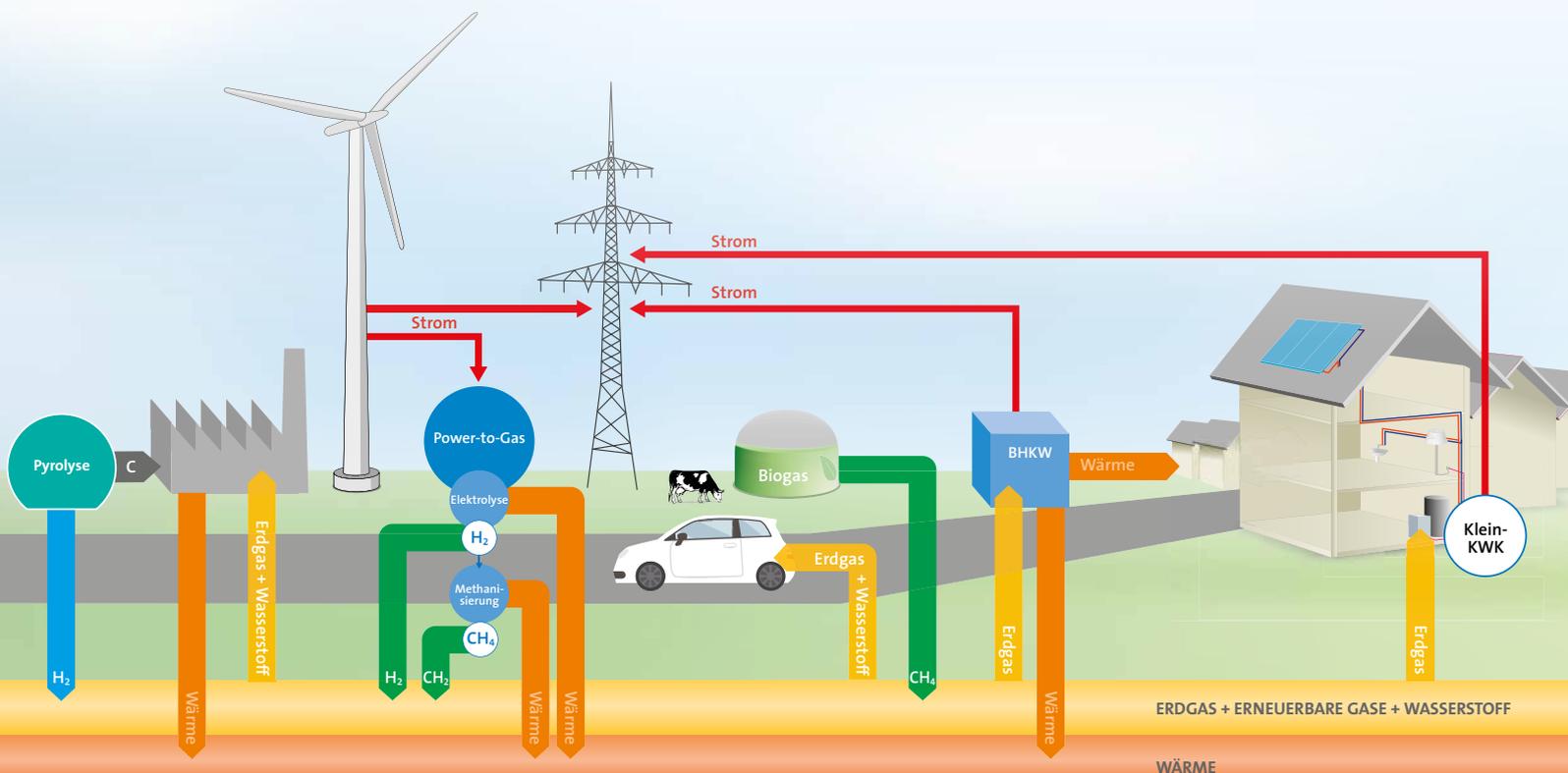
Für einen beschleunigten Ausbau fehlen noch die rechtlichen Rahmenbedingungen. So werden z. B. Elektrolyseure rechtlich noch als Letztverbraucher und damit EEG-umlagepflichtig definiert, wodurch die Wirtschaftlichkeit hinfällig ist.

Um dennoch den notwendigen Ausbau voranzubringen, hat der DVGW 2018 zusammen mit Partnern das Projekt PORTAL GREEN gegründet, um einen Genehmigungsleitfaden für PtG-Anlagen zu erstellen. Nach aktueller Praxis werden PtG-Anlagen als chemische Industrieanlagen betrachtet, womit massive Forderungen seitens der Behörden verbunden sind. Dies soll durch den Leitfaden deutlich vereinfacht und damit die Umsetzung von PtG-Projekten erleichtert werden, da sich Anlagenbauer und genehmigende Behörden dann auf gemeinsame Richtlinien berufen können.

### Gasgemische

Die langfristige Nutzung der Gasnetze ist gegenwärtig Gegenstand umfangreicher Untersuchungen und Abwägungen. Schon heute ist das in den Leitungen gemäß den DVGW-Arbeitsblättern G260 und G262 transportierte Gas ein Gemisch aus Methan und kleineren Anteilen von Wasserstoff, Butan, Propan und anderen Gasen. Es wird diskutiert, den maximalen Anteil von Wasserstoff auf bis zu 20 % anzuheben und so die großflächige Nutzung erneuerbarer Gase zu aktivieren.

Neben erneuerbarem Wasserstoff wird auch mit Erdgas chemisch vergleichbares Biogas eingespeist, so dass an der Entnahmestelle immer eine gewisse Bandbreite an Gasbestandteilen festgestellt werden wird. Sowohl die Hersteller von Anwendungstechnik als auch die Gasversorger entwickeln derzeit Lösungen dafür in Form von Abrechnungs- und Bilanzierungsmethoden sowie technischen Anpassungen.



## Wasserstoff in KWK-Anlagen

### Motor-BHKWs

Stationäre Gasmotor-Blockheizkraftwerke wurden historisch schon an viele verschiedene Brennstoffe, wie Biogas, Holzgas, Propan, Klärgas etc., angepasst. Dies erfolgte häufig durch Änderungen in der Mischung von Brenngas und Verbrennungsluft und durch Anpassungen im Zündregime.

Wegen des abweichenden Brennverhaltens von Wasserstoff müssen gegebenenfalls die Werkstoffe im Brennraum der Motoren geändert werden. Gleiches betrifft die Ventile und die Zündeinrichtung. Betrachtet man diese Änderungen in Bezug auf das gesamte BHKW, so sind die Mehrkosten für die sogenannte H<sub>2</sub>-Readiness gering. Entsprechende Aggregate sind seit 2018 auf dem Markt.

### Gasturbinen

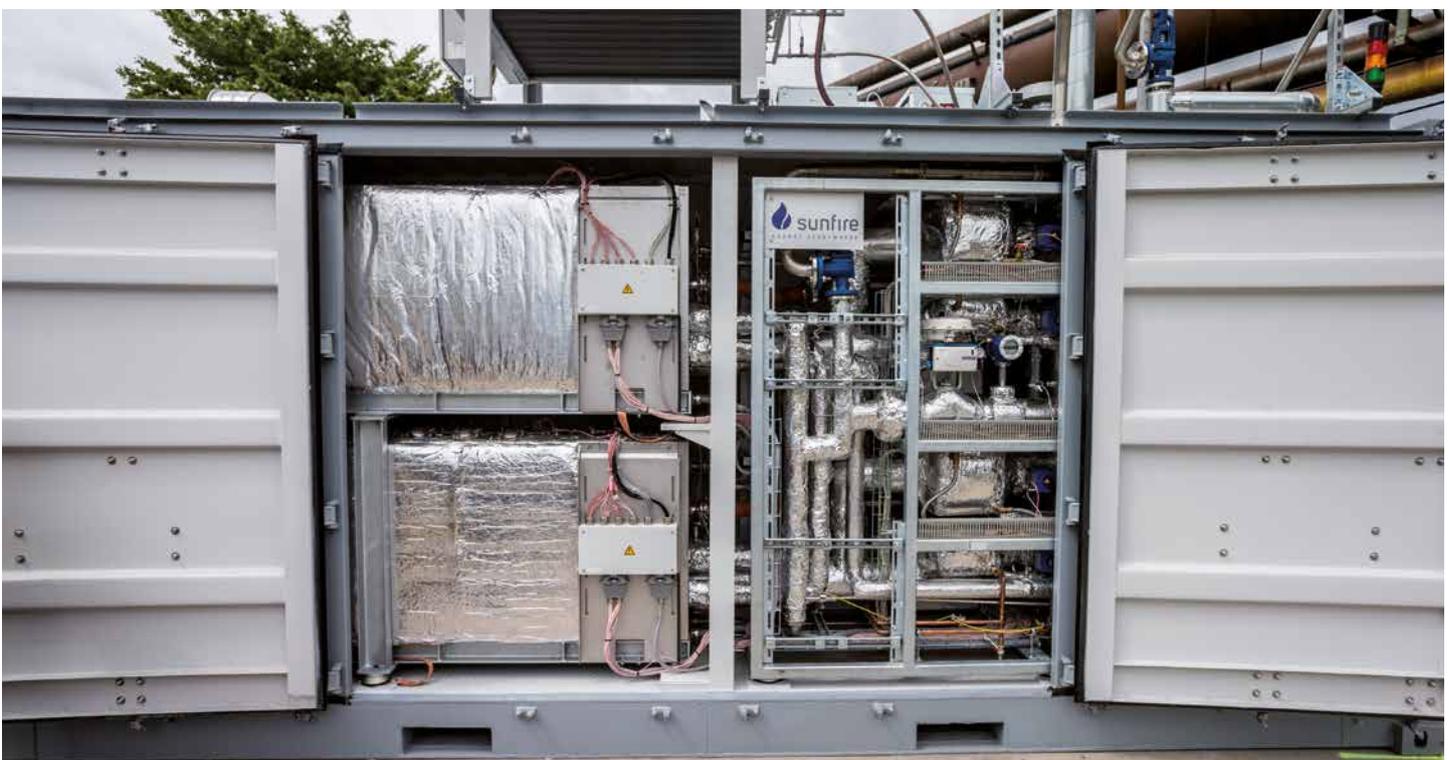
Für Gasturbinen gelten die gleichen Aussagen in der Modifikation des Brennraumes wie für Motor-BHKWs. Allerdings beschränken sich die bei den bis 400 kW<sub>e</sub> als Mikrogasturbinen bezeichneten KWK-Anlagen notwendigen Anpassungen meist auf den Brenner. Denn in Gasturbinen strömt das heiße Gas erst nach der Verbrennung in die sich drehenden Turbinenschaufeln und kann in seiner Temperatur leicht so eingestellt werden, dass es dort auch ohne Werkstoffanpassung keine Schäden verursacht.

Für den Brenner haben Hersteller von Gasturbinen bereits technische Lösungen gefunden, mit denen vollmodulierend zwischen 100 % Methan und 100 % Wasserstoff gefahren werden kann. Wegen der Vielzahl an miniaturisierten Flammen hat z. B. KAWASAKI seinen entsprechenden Brenner „Micro-Mix“ getauft.

## Methanisierung von Wasserstoff

Ist eine direkte Nutzung von Wasserstoff nicht möglich und der Transport nicht wirtschaftlich, kann er zu Methan oder anderen Basischemikalien umgewandelt werden.

So kann Wasserstoff chemisch im sogenannten Sabatier-Prozess zusammen mit CO<sub>2</sub> unter Abgabe von Wärme zu Methan umgesetzt werden. Des Weiteren gibt es mit dem Fischer-Tropsch-Prozess ein Verfahren, in dem Synthesegas (H<sub>2</sub> und Kohlenstoffmonoxid – CO) zur Kohlenwasserstoffsynthese eingesetzt wird und dort Grundlage grüner Erdölersatzstoffe sein kann. Zudem gibt es in der Pilotphase befindliche biologische Verfahren, in denen Archae-Bakterien unter Sauerstoffabschluss den Wasserstoff zusammen mit CO<sub>2</sub> zu Methan umsetzen.



**Herausgeber**

ASUE Arbeitsgemeinschaft für  
sparsamen und umweltfreundlichen  
Energieverbrauch e. V.  
Robert-Koch-Platz 4  
10115 Berlin

Telefon 0 30 / 22 19 1349-0

info@asue.de

www.asue.de

**Bearbeitung**

ASUE-Arbeitskreis Erneuerbare Gase  
Thomas Wencker  
Jürgen Kukuk

**Grafik**

Kristina Weddeling, Essen

**Verlag**

wvgw Wirtschafts- und  
Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH  
Josef-Wirmer-Straße 3  
53123 Bonn  
Telefon 0228/9191-40  
info@wvgw.de  
www.wvgw.de

Energieträger Wasserstoff

Bestellnummer: 310929

Stand: Februar 2020

Überreicht durch:

