

# Infopoint

## TECHNIK

BAUINDUSTRIE

figawa



## Wasserstoff – Grundlagen, die Sie kennen sollten



Wasserstoff kann in Abhängigkeit seiner Erzeugungsart im Mobilitäts- und Industriesektor sowie im Wärmemarkt einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Er bietet aber auch die Chance neue Wertschöpfungsketten zu entwickeln, die vom Anlagenbau über die Infrastruktur bis hin zu Anwendungen reichen.

Daher hat auch die Bundesregierung die Schlüsselfunktion des vielseitigen Energieträgers erkannt und bereitet eine nationale Wasserstoffstrategie vor. Mit dem Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft werden Anpassungen der Infrastruktur einhergehen. Welche Veränderungen sich durch den Energieträger

Wasserstoff im Einzelnen für Rohrleitungsbaunternehmen ergeben, ist wegen des noch nicht geklärten Ausbaus der Wasserstoffinfrastruktur und des noch nicht abgeschlossenen Forschungsbedarfs derzeit nicht im Detail bewertbar.

## Einleitung

Wasserstoff ist auf der Erde in nahezu unbegrenzten Mengen vorhanden, allerdings fast ausschließlich in chemischen Verbindungen (Wasser, Säuren, Kohlenwasserstoffe und anderen organischen Verbindungen). Wasserstoff ist ein farb- und geruchloses Gas und mit einer Dichte von 0,08 kg/m<sup>3</sup> gegenüber Erdgas mit H-Qualität (Dichtebereich von 0,55 – 0,75 kg/m<sup>3</sup>) wesentlich leichter. Trotz des höheren massebezogenen Energieinhalts beträgt der volumenbezogene Energieinhalt von Wasserstoff daher etwa 25 Prozent bis 30 Prozent der im Gasnetz üblichen Erdgasqualitäten.

Wasserstoff wird für zahlreiche industrielle Prozesse verwendet. So wird ein Anteil von circa 55 Prozent des weltweit produzierten Wasserstoffs für die Düngemittelherstellung mittels Ammoniaksynthese genutzt, 25 Prozent für die Veredelung von Öl und Zwischenprodukten in Raffinerien und rund 10 Prozent zur Methanolvergasung.

Eigenschaft	Wasserstoff	Erdgas (CH <sub>4</sub> )	Stadtgas	Benzin	Diesel
Aussehen	farblos	farblos	farblos	farblos bis leicht bernsteinfarben	leicht bernsteinfarben
Geruch	geruchlos	odoriert	odoriert	charakteristisch / unangenehm	charakteristisch / unangenehm
Molmasse	2,02 g/mol	16,04 g/mol	11,5 g/mol	~ 107 g/mol	~ 120 g – 320g/mol
Zustand bei 20°C	gasförmig	gasförmig	gasförmig	flüssig	flüssig
Dichte (20°C, 1 bar)	0,089 kg/m <sup>3</sup>	0,718 kg/m <sup>3</sup>	0,514 kg/m <sup>3</sup>	0,7 – 0,78 kg/l	0,84 – 0,88 kg/l
Relative Dichte, gasf. (Luft = 1)	0,070	0,55	0,398	Flüssigkeit	Flüssigkeit
Siedepunkt	-252,7°C	-161,5°C	***	30°C – 215°C	170°C – 390°C
Kritische Temperatur / Druck	-239,3°C / 13 bar	-82,5°C / 45 bar	***	267 – 296°C / 24 – 27 bar	** 617,7°C / 21,1 bar
Dampfdruck bei 20°C	entfällt	entfällt	entfällt	0,78 bar	** 0,001 bar
Löslichkeit in Wasser (20°C, 1 bar)	1,6 mg/l	26 mg/l	***	nicht löslich	nicht löslich
Flammenfarbe	unsichtbar (ultravioletter Bereich)	sichtbar	sichtbar	sichtbar	sichtbar
Flammpunkt	entfällt	entfällt	entfällt	-20°C	> 55°C
Zündtemperatur	560°C	595°C	560°C	220°C	250°C
Zündgrenzen (in Luft): UEG/OEG	4/77 Vol.-%	5/15 Vol.-%	4/40 Vol.-%	0,6/8 Vol.-%	0,6/6,5 Vol.-%
Detonationsgrenze	(11) 18 – 59 %	6,3 – 13,5 %	***	1,1 – 3,3 %	entfällt
Verbrennungsgeschwindigkeit	102 – 346 cm/s	43 cm/s	95 cm/s	40 cm/s	entfällt
Mindestzündenergie	0,02 mJ	0,28 mJ	***	0,24 mJ	entfällt
Verdampfungswärme	445,4 kJ/kg	509,9 kJ/kg	***	309 kJ/kg	544 – 785 kJ/kg
Wärmeleitfähigkeit Gas*	1,897 mW/cmK	0,33 mW/cmK	***	0,12 mW/cmK	entfällt
Wärmeleitfähigkeit Flüssigkeit	1 mW/cmK	1,86 mW/cmK	***	1,31 mW/cmK	1,5 mW/cmK
Unterer Heizwert	2,995 kWh/Nm <sup>3</sup>	9,968 kWh/Nm <sup>3</sup>	4,891 kWh/Nm <sup>3</sup>	42,5 MJ/kg	43 MJ/kg
Oberer Heizwert	39,4 kWh/kg	13,9 kWh/kg	10,7 kWh/kg	46,7 MJ/kg	45,9 MJ/kg

\* Normbedingungen

\*\* n-Decan

\*\*\* keine Information verfügbar

In der öffentlichen Gasversorgung war Wasserstoff mit einem Volumenanteil von über 50 Prozent seit Mitte des 19. Jahrhunderts ein relevanter Bestandteil von Stadtgas, welches durch Kohlevergasung erzeugt und ausschließlich in lokalen Gasnetzen verteilt wurde. Mit der 1995 in Deutschland abgeschlossenen Umstellung auf Erdgas werden die Gasnetze anstelle der als 1. Gasfamilie bezeichneten wasserstoffreichen Gase mit den methanreichen Gasen der 2. Gasfamilie betrieben: Diese sind praktisch frei von Wasserstoff, sofern keine wasserstoffhaltigen Gase zugesetzt werden. Vor 1995 verbaute Infrastrukturelemente wie Rohrleitungen, Gasanlagen, Dichtungen und Gasendgeräte waren daher auf das wasserstoffreiche Gas ausgelegt.

Im Hinblick auf den Ausstieg aus nuklearen und fossilen Energieträgern wird Wasserstoff von Wirtschaft und Politik neben der Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien eine wachsende Bedeutung zugeschrieben. Dies gilt sowohl für das Erreichen der Klimaschutzziele als auch für eine sichere und bezahlbare Energieversorgung.

## Erzeugung

Das wichtigste großtechnische Verfahren zur industriellen Erzeugung von molekularem Wasserstoff ( $H_2$ ) ist die Dampfreformierung. Hierbei wird  $H_2$ -reiches Synthesegas aus leichten Kohlenwasserstoffen (Erdgas, Flüssiggas oder Naphtha) und Wasserdampf erzeugt [2]. Erdgas ist derzeit der wichtigste Energieträger für die Wasserstofferzeugung nach diesem Verfahren.

Allerdings gewinnt die Elektrolyse von Wasser immer mehr an Bedeutung. Bei diesem Verfahren wird Wasser mittels elektrischer Energie in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Der Wirkungsgrad für die Umwandlung der aufgewendeten elektrischen Energie in die chemische gebundene Energie des Wasserstoffs beträgt circa 70 Prozent. Wirtschaftlich gesehen ist die Elektrolyse zum gegenwärtigen Zeitpunkt daher nicht konkurrenzfähig gegenüber der Dampfreformierung von Erdgas.

Bei der Verwendung von Wasserstoff ist daher generell zu berücksichtigen, dass dieser auf verschiedenen Wegen erzeugt werden kann und damit nicht in jedem Fall zu einer Einsparung beziehungsweise Vermeidung von

klimaschädlichem  $CO_2$  führt. Um dies zu verdeutlichen und aufgrund von mangelnden Standards wird gegenwärtig oftmals eine farbliche Klassifizierung verwendet, siehe Abbildung 1.

<b>Grauer Wasserstoff</b>	Das $CO_2$ aus der Wasserstofferzeugung durch Dampfreformierung wird in die Atmosphäre abgegeben. Das ist das derzeit am weitesten verbreitete Verfahren. Es ist allerdings nicht für die Energiewende geeignet.
<b>Blauer Wasserstoff</b>	Das bei diesem Verfahren aus der Dampfreformierung entstehende $CO_2$ kann eingefangen und mit dem sogenannten CCS-Verfahren (Carbon Capture and Storage) zum Beispiel in erschöpften Gasfeldern gelagert werden oder mit dem CCU-Verfahren (Carbon Capture and Usage) in anderen chemischen Prozessen zur Anwendung kommen. Blauer Wasserstoff ist daher $CO_2$ -neutral.
<b>Türkiser Wasserstoff</b>	Bei der Methanpyrolyse wird Erdgas durch hohe Temperaturen in Wasserstoff und festen Kohlenstoff gespalten, sodass keine $CO_2$ -Emissionen in die Luft entweichen.
<b>Grüner Wasserstoff</b>	Er wird über Elektrolyse erzeugt. Hierzu benötigt man nur reines Wasser und Strom aus erneuerbaren Quellen. Im Elektrolyseur wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Bei diesem Prozess wird somit $CO_2$ -freier Wasserstoff erzeugt.

**Abbildung 1: Mangels bislang verfügbarer Standards wird Wasserstoff im Hinblick auf die Freisetzung von  $CO_2$  bei seiner Erzeugung oftmals farblich klassifiziert.**

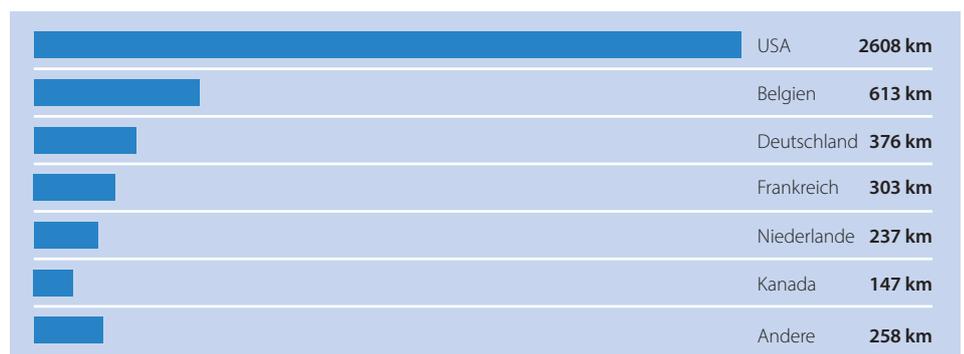
## Gesetzliche Grundlagen zur Errichtung und zum Netzbetrieb von Wasserstoffrohrleitungen

Wasserstoffrohrleitungen werden seit vielen Jahrzehnten verwendet, um Wasserstoff von der Erzeugungs- oder Auslieferungsstelle bis zur Verwendungsstelle zu transportieren.

Bereits 1938 wurden in der Metropolregion Rhein-Ruhr die ersten Wasserstoffrohrleitungen mit einer Gesamtlänge von etwa 240 Kilometer gebaut. Sie wurden für einen Druck von 20 – 210 bar im Durchmesserbereich von DN 250 bis DN 300 Millimeter errichtet und sind heute noch in Betrieb.

Weltweit existieren (2016) insgesamt über 4.500 Kilometer Wasserstoff-Pipelines, die überwiegend von Gaserzeugern betrieben werden. Die längsten Pipelines gibt es in den USA, gefolgt von Belgien sowie Deutschland [3].

Die Errichtung und der Betrieb von Rohrleitungsanlagen für Gase und brennbare Flüssigkeiten fällt unter das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG).



**Abbildung 2: Wasserstoffrohrleitungslängen nach Ländern [3].**

Dieses legt in Abhängigkeit des jeweiligen Vorhabens sowie dimensions- und längenabhängig eine Umweltverträglichkeitsprüfungspflicht oder allgemeine beziehungsweise standortbezogene Vorprüfungen fest. Es gilt gemäß seiner Anlage 1 Nr. 19.2 auch für Gasversorgungsleitungen im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG).

Laut § 3 19a EnWG bedeutet Gas: Erdgas, Biogas, Flüssiggas im Rahmen der §§ 4 und 49 sowie, wenn sie in ein Gasversorgungsnetz eingespeist werden, Wasserstoff, der durch Wasserelektrolyse erzeugt worden ist, und synthetisch erzeugtes Methan, das durch wasserelektrolytisch erzeugten Wasserstoff und anschließende Methanisierung hergestellt worden ist.

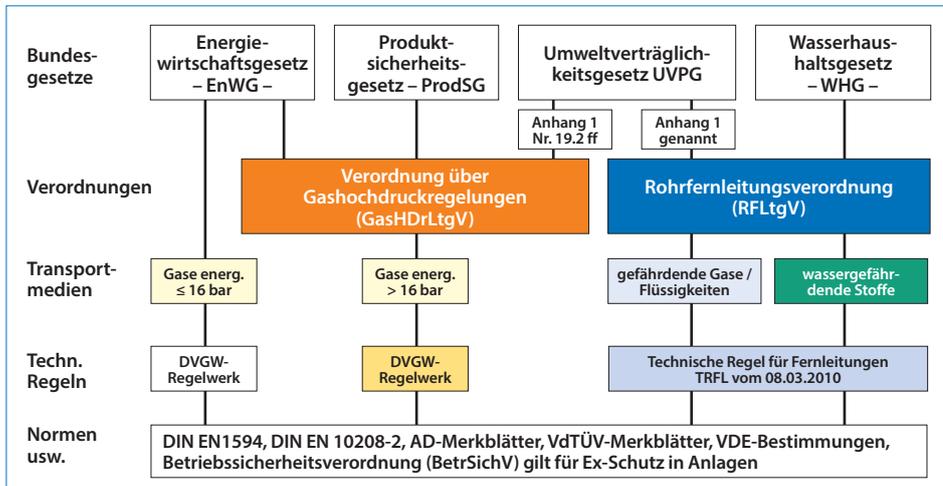


Abbildung 3: Maßgebliche Gesetze, Verordnungen und Regelwerke für Rohrleitungsanlagen für Brenngase in Deutschland [4].

Während das EnWG bezüglich Gashochdruckleitungen der öffentlichen Gasversorgung durch die Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDrLtGv) umgesetzt wird, gilt die Rohrfernleitungsverordnung (RFLtGv) für Rohrleitungen für brennbare, giftige, ätzende oder wassergefährdende Gase oder Flüssigkeiten, die das Werksgelände überschreiten und nicht der öffentlichen Gasversorgung dienen.

Das Regelwerk für die Errichtung und den Betrieb von Rohrfernleitungen richtet sich daher nach dessen Zweck. Liegt dieser in der öffentlichen Gasversorgung, dann wird gemäß EnWG für Rohrleitungen mit einem Betriebsdruck bis 16 bar und gemäß GasHDrLtGv für Rohrleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 16 bar vermutet, dass der Stand der Technik durch Anwendung des Regelwerkes

der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) eingehalten wird. Hierunter fällt derzeit auch der Transport von elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff, zum Beispiel als Beimischung beziehungsweise als alleiniges Transportmedium, sofern dies der öffentlichen Gasversorgung dient und ein entsprechendes Regelwerk vorliegt.

Für die Errichtung, den Betrieb, die Änderung sowie die Prüfung von Wasserstoff-Netzen für andere Zwecke als die der öffentlichen Gasversorgung gilt gemäß RFLtGv die Technische Regel für Rohrfernleitungen (TRFL), die das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU) veröffentlicht.

Zusätzlich existieren weitere Regelwerke auf internationaler und europäischer Ebene. Umfangreiche Empfehlungen für Planung, Bau, Betrieb und Sicherheit von metallischen Transport- und Verteilernetzsystemen, die reinen Wasserstoff beziehungsweise Wasserstoffgemische führen, enthält die EIGA-Richtlinie IGC Doc 121/14 der European Industrial Gases Association [5].

## Sicherheitstechnische Kenngrößen von Wasserstoff

Gasförmiger Wasserstoff ist im Freien kaum nachweisbar, da er sich sofort nach Austritt verflüchtigt. Die maximale Flammgeschwindigkeit von Wasserstoff ist circa acht Mal größer als die der kohlenwasserstoffbasierten Gase.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden die Auswirkungen von Wasserstoffzusätzen zum Erdgas im Hinblick auf den Explosionsschutz untersucht und sicherheitstechnische Kenngrößen für Erdgas-Wasserstoff-Gemische bestimmt, die bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung zum Explosionsschutz für Wasserstoff-Einspeiseanlagen zu berücksichtigen sind. Die Untersuchungen ergaben, dass bei einem Zusatz von bis zu 10 Mol-% Wasserstoff zu den in Deutschland üblichen Erdgasqualitäten keine der untersuchten Kenngrößen relevant beeinflusst wird. Die Gemische haben nur geringfügig erweiterte Explosionsbereiche und bleiben, wie die rei-

nen Erdgase, in der Explosionsgruppe IIA. Auch die maximalen Explosionsdrücke und die zeitlichen Druckanstiege bei den Gasexplosionen werden nur wenig beeinflusst. Vergleichende Berechnungen zur Festlegung von explosionsgefährdeten Bereichen (Ex-Zonen) auf Basis von Gasausbreitungsberechnungen ergaben ebenfalls nur geringfügige Unterschiede im Rahmen der Fehlertoleranz für Erdgas und Erdgas-Wasserstoff-Gemische

mit bis zu 10 Mol-% Wasserstoff. Der Einsatz von Gaswarngeräten, die für reines Erdgas geeignet sind, ist für Erdgas-Wasserstoff-Gemische mit bis zu 10 Mol-% Wasserstoff grundsätzlich möglich, erfordert aber eine gesonderte Sicherheitsbewertung und gegebenenfalls eine Nachkalibrierung [6].

Ergebnisse für höhere Wasserstoffkonzentrationen liegen noch nicht im Einzelnen vor.

Aus sicherheitstechnischer Sicht ist der große Zündbereich von 4 Vol.-% bis 73 Vol.-% Wasserstoff in Luft im Vergleich zu Methan (Zündbereich von 5 Vol.-% bis 14 Vol.-% in Luft) von hoher Bedeutung. Die benötigte Zündenergie ist sehr gering und beträgt minimal 0,02 mJ bei einer stöchiometrischen Mischung von 30 Vol.-% Wasserstoff in Luft. Neben den üblichen Zündquellen, wie beispielsweise elektrische Funken, können bereits auf den Boden fallende Werkzeuge oder Reibung von Textilien eine Zündung auslösen. Verbrennt reiner Wasserstoff in Luft, ist die Flamme bei Tageslicht kaum sichtbar. Die Flamme ist durch eine vergleichsweise geringe Wärmestrahlung, dafür aber mit einem höheren UV-Anteil charakterisiert [7].

## Energiewende

Bei der Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Erdöl und Erdgas entsteht das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>). Weitere Treibhausgase – Methan, Lachgas und fluorierte Gase – werden in großem Maße durch Prozesse in der Chemieindustrie oder durch Massentierhaltung und Überdüngung freigesetzt [3].

Den größten Anteil an den deutschen CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen verursacht die Energiewirtschaft mit knapp 36 Prozent (2017) – vor allem durch die Verbrennung fossiler Energieträger für die Strom- und Fernwärmeversorgung.

An zweiter Stelle der CO<sub>2</sub>-Verursacher steht die energieintensive Industrie mit rund 22 Prozent (2017). Die Emissionen entstehen zu zwei Dritteln durch Industriefernung zum Zwecke der Energiegewinnung. Ein Drittel wird bei der Herstellung energieintensiver Produkte frei-

gesetzt, vor allem in der Metall- und Chemieindustrie: etwa für Eisen, Stahl und Zement.

Den dritten Platz belegt der Verkehrssektor mit knapp 19 Prozent CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Hauptverursacher ist der Straßenverkehr: 96 Prozent der Verkehrsemissionen stoßen Pkw und Lkw aus. Pkw verursachen zwei Drittel davon.

Bis zum Jahr 2030 will Deutschland den Treibhausgasausstoß um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 verringern. Dafür hat die Bundesregierung in einem am 18. Dezember 2019 in Kraft getretenen Klimaschutzgesetz ihr nationales Klimaschutzziel verbindlich festgeschrieben. Im Klimaschutzprogramm der Bundesregierung ist hierfür festgelegt, bis zum Jahr 2030 den Anteil erneuerbarer Energien (EE) an der Stromerzeugung in Deutschland auf 65 Prozent zu erhöhen, wobei der Durchschnittswert für das Jahr 2019 bei insgesamt 46,2 Prozent lag [8].

Für dieses Ziel muss berücksichtigt werden, dass Ende 2022 der Atomausstieg abgeschlossen sein soll und damit der Kernenergieanteil von etwa zwölf Prozent zur deutschen Stromerzeugung durch andere Energieträger – unter Berücksichtigung der erforderlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungsziele – übernommen werden muss. Verschärft wird diese Situation, wenn bei einem Verzicht auf fossile Energieträger zukünftig auch der aus Kohle, Erdöl und Erdgas erzeugte Strom klimaneutral kompensiert werden muss [9].

Da Strom auch im Verkehr und in anderen Sektoren fossile Energielieferanten ersetzen soll, können daraus Schwierigkeiten entstehen, den künftigen, steigenden Strombedarf aus erneuerbaren Quellen zu decken. Betrachtet man daher nicht nur den EE-Anteil an der Stromerzeugung, sondern dessen Anteil am Primärenergieverbrauch, dann lag dieser im Jahr 2018 bei 14 Prozent [10].

## Wasserstoff als eine Säule der Energiewende

Für die auf regenerativ erzeugtem Strom basierende Energiewende müssen einerseits große Mengen elektrischer Energie mittels neu zu errichtender Höchstspannungstrassen über weite Strecken transportiert werden. Andererseits unterliegt das Angebot regenerativer Energien Schwankungen und ist durch einen jahreszeitlich unterschiedlichen Angebots- und Nachfragebedarf gekennzeichnet. Daher muss davon ausgegangen werden, dass zukünftig geeignete Speichermöglichkeiten für Strom aus erneuerbaren Energien benötigt werden [11]. Bislang und vermutlich auf absehbare Zeit stehen hierfür noch keine Batterielösungen oder Pumpspeicherkraftwerke in der benötigten Größenordnung zur Verfügung.

Da mittels erneuerbarer Energien elektrolytisch erzeugter Wasserstoff gespeichert und transportiert werden kann, wird Wasserstoff als eine Schlüsseltechnologie für die Energiewende betrachtet. Außerdem kann gespeicherter Wasserstoff im Bedarfsfall rückverstromt werden, ohne dass es dabei zu einer Entstehung von CO<sub>2</sub> kommt. Allerdings sind damit erhebliche Wirkungsgradverluste verbunden.

Eine größere Bedeutung für die Dekarbonisierung wird erwartet, wenn grüner Wasserstoff als CO<sub>2</sub>-freier Energieträger zur direkten Nutzung für industrielle Prozesse beziehungsweise Mobilitätsanwendungen genutzt wird.

Hierfür muss jedoch sowohl genügend klimaneutraler Wasserstoff zur Verfügung stehen als auch zunächst eine entsprechende Infrastruktur errichtet werden. Daher wird bereits von politischer Seite der Import von regenera-

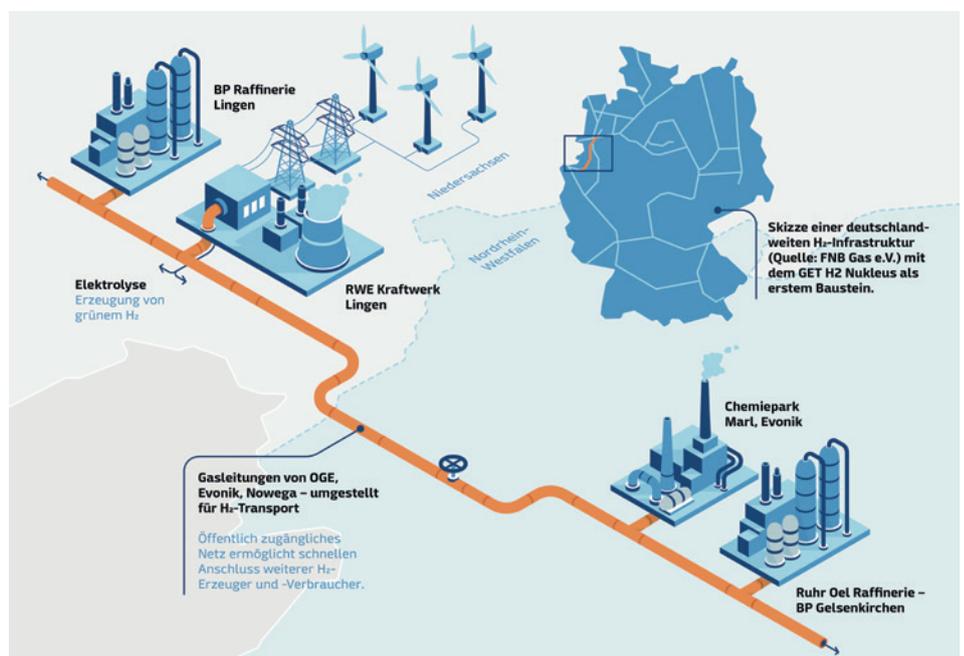


Abbildung 4: Projekt GET H2 Nukleus für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur in Lingen/Emsland [12].

## Power-to-X-Technologien

tiv erzeugtem Wasserstoff geprüft. Weiterhin bestehen bereits mehrere Projekte, wie beispielsweise der GET H2 Nukleus für den Aufbau einer bundesweiten H<sub>2</sub>-Infrastruktur [12]. In Lingen im Emsland sollen im industriellen Maßstab alle Elemente der Erzeugung, Speicherung, Nutzung und des Transports von grünem H<sub>2</sub> kombiniert werden. An das geplante, öffentlich zugängliche Wasserstoffnetz mit einer Länge von rund 130 Kilometern sollen bis Ende 2022 industrielle Abnehmer in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen angeschlossen und zunehmend mit grünem Wasserstoff versorgt werden. Hierfür ist vorgesehen, größtenteils bestehende Gasleitungen auf den Transport von 100 Prozent Wasserstoff umzustellen und nur in einem Teilbereich neue Leitungen zu errichten.

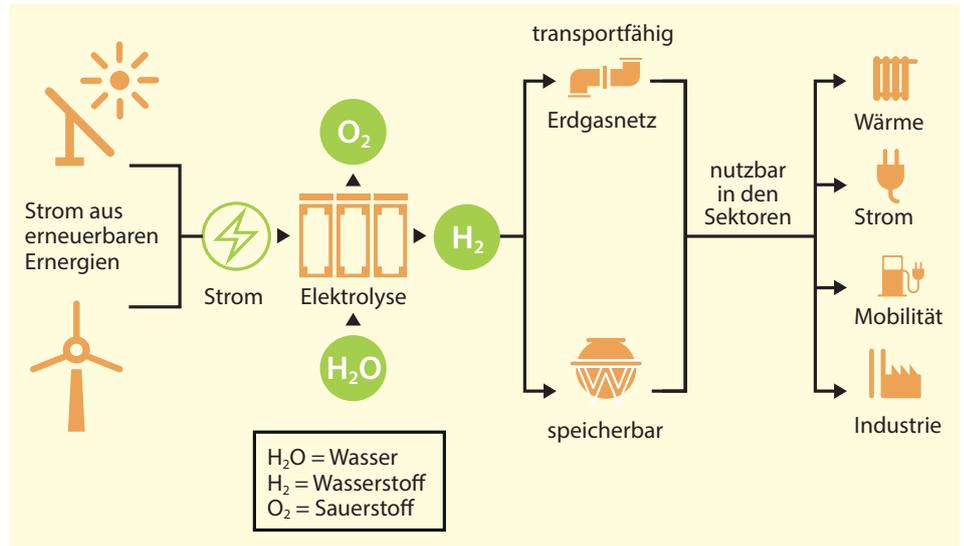


Abbildung 5: Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse aus erneuerbaren Energien und Nutzung über Power-to-X-Technologien in verschiedenen Sektoren [20].

## Wasserstoff als Energieträger

Die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger erfolgt mittels Brennstoffzellen. Diese haben in den vergangenen Jahren große technische Fortschritte gemacht und weisen prinzipbedingt deutlich höhere elektrische und Gesamtwirkungsgrade als Wärme-Kraft-Prozesse auf. Die Niedertemperatur-Polymermembran-Brennstoffzelle (PEMFC) dominiert heute den Weltmarkt für Brennstoffzellen. Sie ist aufgrund ihrer Leistungsdichte, Flexibilität und Kostensenkungspotenziale für Mobilitätszwecke am besten geeignet. Zum zweitwichtigsten Brennstoffzellentyp hat sich die Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC) entwickelt. Diese Hochtemperatur-Brennstoffzelle wird für die kontinuierliche Hausenergie- beziehungsweise Stromversorgung sowie im Kraftwerksbereich eingesetzt [3].

Wasserstoff als Energieträger oder Prozessgas ist auch für die Industrie zunehmend interessant, um einen Beitrag für das Erreichen der Klimaziele in diesen Sektoren zu leisten. So lassen sich beispielsweise bei der Roheisen- und Stahlerzeugung erhebliche Mengen Kohlendioxid durch die Verwendung von Wasserstoff einsparen. Bestes Beispiel liefert hier das Projekt SALCOS der Salzgitter AG [3].

Bei Power-to-X-Technologien (PtX) wird mittelstechnischer Konversionsverfahren Strom aus erneuerbaren Energien in diverse Zwischen- und Endprodukte (Brenn-, Kraft- und chemische Grundstoffe) für unterschiedliche Nutzungsbereiche umgewandelt. Bei Power-to-Liquid (PtL) in flüssigen Kraft- oder Brennstoff oder bei Power-to-Gas (PtG) in gasförmige Energieträger. Zentral ist dabei die Erzeugung von Wasserstoff, der entweder direkt genutzt wird oder in einem weiteren Schritt zu Folgeprodukten, wie zum Beispiel zu synthetischem Erdgas (Methan), Benzin, Diesel oder Kerosin weiterverarbeitet wird.

Die Elektrolyse von Wasser stellt im Hinblick auf die Energiewende insofern ein wesentliches Bindeglied zwischen den beiden Infrastrukturen Strom und Wasserstoff dar. Sie wandelt nicht nur Strom in Wasserstoff für die einzelnen Verbrauchssektoren um und ist damit die Schlüsseltechnologie zur Erzeugung des grünen Wasserstoffs, sondern kann auch als flexible Last zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen. Analog dazu können geeignete Gasturbinen- und Brennstoffzellensysteme elektrische Energie aus Wasserstoff wieder zurückgewinnen und ähnlich wie regelbare Kraftwerke flexibel zur Deckung der direkten Stromnachfrage beitragen. Die dabei entstehende Abwärme kann außerdem als Nebenprodukt im Wärmesektor synergetisch genutzt werden.

## Wasserstoff und die bestehende Erdgasinfrastruktur

Eine prinzipielle Möglichkeit der Speicherung und des Transports von Wasserstoff besteht dagegen schon heute in der Mitbenutzung der Gasspeicher und der über 530.000 Kilometer langen Gasleitungen des Transport- und Verteilnetzes in Deutschland. Hierzu hat die Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas (FNB Gas) einen Entwurf für ein knapp 6.000 Kilometer langes Wasserstoff-Transport-

netz vorgelegt, welches weitestgehend auf die bestehende Infrastruktur zurückgreift [14]. Da diese bislang mit fossilem Erdgas betrieben wird, bestehen für dessen Umwandlung in ein reines Wasserstoffnetz – aber auch für eine Zumischung von Wasserstoff – technische sowie netzplanerische und regulatorische Grenzen.

Durch die Beimischung von Wasserstoff in Erdgasnetzen können zwei Energieträger gleichzeitig transportiert werden und (falls notwendig) vor Ort wieder getrennt oder umgewandelt werden. Der DVGW arbeitet dazu an wettbewerbsfähigen Standardverfahren zur Wasserstoffabtrennung und zur Methanisierung von im Gasstrom mitgeführten Wasserstoffmengen zu reinem Methan, so dass auch die auf den Bezug auf reines Methan angewiesene Industrie mit einem Produkt von stabiler Qualität beliefert werden kann.

Für die Beimischung von Wasserstoff in die vorhandene Erdgasinfrastruktur enthält das DVGW-Regelwerk bislang folgende Festlegungen: Die Anforderungen an die Beschaffenheit von Gasen der öffentlichen Gasversorgung sind im DVGW-Regelwerk in den Arbeitsblättern DVGW G 260 (2013-03) „Gasbeschaffenheit“ und DVGW G 262 (2011-09) „Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung“ festgelegt. Für die Einspeisung von Wasserstoff enthält das Regelwerk des DVGW einen technischen Hinweis in Form des Merkblattes DVGW G 265-3 (2014-05) „Anlagen für die Einspeisung von Wasserstoff in Gasversorgungsnetze; Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb“.

Die technischen Regeln des DVGW befinden sich hinsichtlich Wasserstoff in der Erdgas-Infrastruktur in einer umfassenden Weiterentwicklung (siehe Abschnitt: Ziele des DVGW).

## Bestehende Beschränkungen für den Wasserstoffgehalt

In Bezug auf Überlegungen, regenerativ erzeugten Wasserstoff in das Erdgasnetz als Zusatzgas einzuspeisen, wird in DVGW G 262 ausgeführt, dass basierend auf bestehenden Untersuchungen ein Wasserstoffgehalt im einstelligen Prozentbereich, das heißt < 10 Vol.-%, im Erdgas in vielen Fällen unkritisch ist. Dabei müssen jedoch folgende Restriktionen beachtet werden:

- In der DIN 51624 ist ein Grenzwert für Wasserstoff von 2 Prozent angegeben, da es bei höheren Konzentrationen zu einer Versprödung der Stahltanks von CNG-Fahrzeugen kommen kann.
- Gasturbinen mit schadstoffarmen Vormischbrennern können empfindlich auf Wasserstoff reagieren. Daher limitieren verschiedene Gasturbinenhersteller den H<sub>2</sub>-Anteil im Erdgas auf 5 Prozent, teilweise auch auf 1 Prozent.
- Viele Prozessgaschromatographen sind nicht ohne Weiteres in der Lage, Wasserstoff zu analysieren.
- Wasserstoff ist ein gutes Substrat für sulfat-reduzierende Bakterien. Daher besteht in Untertageporenspeichern die Gefahr eines Bakterienwachstums mit dadurch ausgelöster H<sub>2</sub>S-Produktion. Eine Einspeicherung von Wasserstoff in Untertageporenspeicher ist zu minimieren. Ein Biogasanteil von 5 Vol.-% im einzuspeichernden Gas sollte daher nicht überschritten werden.

Es gibt auch jahreszeitlich bedingte Abhängigkeiten. In den verbrauchsarmen Sommermonaten geht mit einem geringen Durchsatz eine verminderte Fließgeschwindigkeit einher. Bei einer geringen Fließgeschwindigkeit ist bei einer ausschließlichen Einspeisung von Wasserstoff keine gute Durchmischung mit dem vorhandenen Erdgas gegeben. Dadurch kann es zu lokalen Wasserstoffblasen mit hohen Wasserstoffkonzentrationen im Erdgasnetz kommen, wenn keine geeigneten Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Weiterhin verändern sich durch eine Beimischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz einerseits die brenntechnischen Kenndaten, wie Dichte, Brennwert und Wobbe-Index, wobei letzterer als Kennwert für die Austauschbarkeit von Gasen hinsichtlich der Wärmebelastung der Gasgeräte dient. Andererseits ändert sich auch das Transportvolumen für das Gasgemisch gegenüber einer reinen Erdgasversorgung.

Der Einfluss der Beimischung von H<sub>2</sub> auf die brenntechnischen Kenndaten, die in DVGW G 260 festgelegt sind, kann der Abbildung 7 entnommen werden [15]. Dieser ist zu entnehmen, dass bezüglich Brennwert und Wobbe-Index in Abhängigkeit des verteilten Grundgas-H<sub>2</sub>-Konzentrationen bis zu 30 Prozent möglich wären. Allerdings wird der untere

Grenzwert für die Dichte bereits bei vergleichsweise geringen Beimischungen unterschritten, die gemäß DVGW G 260 eine Einzelfallprüfung erforderlich macht.

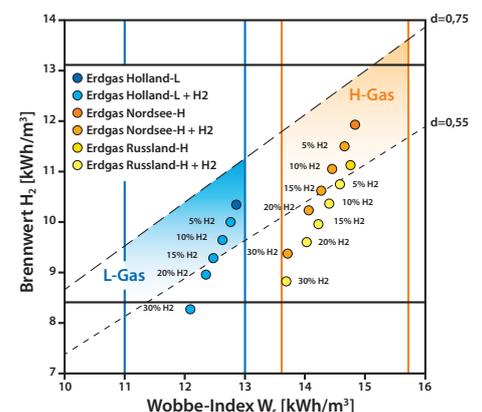


Abbildung 7: Mögliche H<sub>2</sub>-Einspeisung als Zusatzgas in Abhängigkeit des Grundgases und Einfluss auf Wobbe-Index, Brennwert und Dichte des Gasgemisches [15].

Der Einfluss auf die Transportkapazität stellt zwar keine Beschränkung im Sinne des Regelwerkes dar, führt jedoch in Abhängigkeit des Wasserstoffanteils im Erdgasnetz zu einer Reduzierung der Transportmenge. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Transportkapazität noch stärker von dem verteilten Grundgas abhängig ist [15].

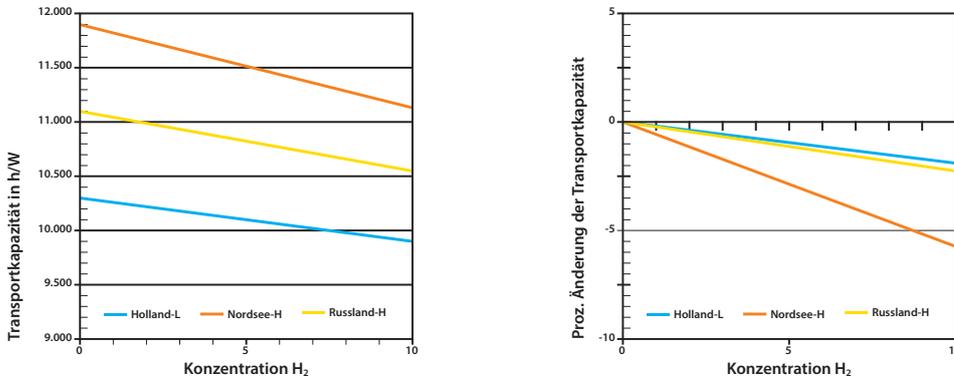


Abbildung 8: Änderung der Transportkapazität (links: absolut, rechts: prozentual) in Abhängigkeit der H<sub>2</sub>-Konzentration für drei verschiedene Erdgase (V<sub>n</sub>= 1 Mio. m<sup>3</sup>(n), p= 80 bar, t=10 °C) [15].

## Untersuchungsergebnisse für die Eignung von Komponenten der Erdgasinfrastruktur

Eine Zusammenfassung von Untersuchungsergebnissen für die Eignung von Komponenten der Erdgasinfrastruktur (Rohrleitungen, Gasturbinen, Verdichtern, Untergrundspeichern, Ultraschall-, Turbinen- und Balgengaszählern, Mengenumwertern, Gasdruckregelanlagen und Armaturen, Gashausinstalltionen und Gasströmungswächtern, häuslichen Gasendgeräten, industriellen Endanwendungen, Erdgas-Tanks, Tankstellen und Gasmotoren) für die Beimischung von Wasserstoff sowie daraus resultierende Auswirkungen auf Transportkapazität und Permeation sind bereits in einer Studie aus dem Jahr 2013 ausführlich beschrieben worden [15].

Zudem sind die Grenzen der Verträglichkeit wesentlicher Elemente der Erdgasinfrastruktur in Bezug auf eine Zumischung von Wasserstoff in einer aktuellen Übersicht der technischen Vereinigung der nationalen Verbände der Gasversorgung in Europa MARCOGAZ dargestellt [16]. Hierfür haben MARCOGAZ-Mitglieder mit Erfahrung im Betrieb von Gasinfrastrukturen oder mit Beteiligung an einschlägigen Forschungsarbeiten mehr als 60 Referenzen [17] zur Wasserstofftoleranz der vorhandenen Gasinfrastruktur und der Endanwendungen geprüft und aufgezeigt, bei welchen Komponenten noch Anpassungs- und Forschungsbedarf besteht.

Das Ergebnis der Prüfung verfügbarer Testergebnisse und bestehender Grenzwerte aus Vorschriften für die Zumischung von Wasserstoff wird wie folgt zusammengefasst [16]:

### Erdgasinfrastruktur und Gasgeräte in der Haustechnik:

- Es wird erwartet, dass die meisten Infrastrukturelemente für Gastransport, -speicherung und -verteilung sowie von Gasgeräten in der Haustechnik ohne Änderung 10 Vol.-% H<sub>2</sub> aufnehmen können.
- Einige Netze und Gasgeräte in der Haustechnik werden bereits mit 20 Vol.-% H<sub>2</sub> betrieben [18].
- Wesentliche Elemente der Infrastruktur und der Gasgeräte in der Haustechnik können (nach den in den Referenzen aufgeführten Studien) mit Modifikation voraussichtlich 20 Vol.-% H<sub>2</sub> aufnehmen.
- Höhere Konzentrationen (> 20 Vol.-% H<sub>2</sub>) können mittels Forschung und Entwicklung (F&E), durch weitere Maßnahmen oder durch Ersatz erreicht werden.

### Industrielle Prozesse:

- Es wird erwartet, dass viele industrielle Prozesse (außer Rohstoffe für die organische Chemie) ohne Modifikation 5 Vol.-% H<sub>2</sub> aufnehmen können.
- Derzeitige Gasturbinen in Kraftwerken und Industrien, die Erdgas als Ausgangsmaterial

verwenden, sowie CNG-Stahl tanks werden als empfindlich für geringe Mengen Wasserstoff eingestuft und erfordern weitere F&E-beziehungsweise Minderungsmaßnahmen, wenn höhere Wasserstoffkonzentrationen transportiert werden sollen.

- Thermoprozessanlagen (wie Öfen und Brenner) sollen mit Modifikationen voraussichtlich 15 Vol.-% H<sub>2</sub> (nach den in den Referenzen aufgeführten Studien) aufnehmen können.
- Höhere Konzentrationen (> 15 Vol.-% H<sub>2</sub>) können durch F&E, weitere Maßnahmen oder Ersatz toleriert werden.

### Nächste Schritte:

- Für Wasserstoffkonzentrationen im Bereich von 5 bis 10 Vol.-% H<sub>2</sub> wird F&E zur Ermittlung der Auswirkungen auf Erdgaspeicher, Gasturbinen und erdgasbasierten Prozessanlagen der chemischen Industrie sowie für Stahl tanks für CNG-Fahrzeuge empfohlen.
- Bei Wasserstoffkonzentrationen > 10 Vol.-% H<sub>2</sub> ist zusätzlich F&E für Fernleitungsnetze (einschließlich Rohrleitungssysteme und Kompressorstationen) erforderlich. Unterirdische Gasspeicher sollten, Messgeräte und die industrielle Gasverwendung müssen miteinbezogen werden.
- Besonders für Konzentrationen > 20 Vol.-% H<sub>2</sub> (im Einzelfall > 10 Vol.-% H<sub>2</sub>) wird F&E empfohlen, um die Auswirkungen unterschiedlicher Wasserstoffkonzentrationen für Gasgeräte der Haustechnik zu ermitteln.
- Ein weiterer Schwerpunkt sollte auf der Entwicklung von Nachrüstlösungen für installierte Gasgeräte liegen, damit diese Wasserstoff/Erdgas-Gemische vertragen.
- Membranen und Methanisierung können durch Reduzierung der Wasserstoffkonzentration für den Schutz sensibler Geräte und Prozesse vorab installiert beziehungsweise verwendet werden. Hierfür wird weitere F&E empfohlen.
- Weitere Forschung und Entwicklung bedeutet nicht zwangsläufig, dass vorhandene Gasgeräte für den Betrieb mit Wasserstoff/Erdgas-Gemischen nicht geeignet sind. Vielmehr sollen neue Möglichkeiten geschaffen werden, um den größten Nutzen aus der vorhandenen Infrastruktur zu erzielen.

## Die Industrie als Akteur in einer Wasserstoffwirtschaft

Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft bietet Industrieunternehmen weitreichende Chancen neue Produkte zu entwickeln, Prozesse nachhaltiger zu gestalten und somit zum Erreichen der Klimaschutzziele in verschiedenen Sektoren beizutragen. Dem gegenüber stellt diese Entwicklung die Industrie vor neue Herausforderungen. Es gilt, den regulatorischen Rahmen – Gesetze, Normen, Regelwerke, Prüfgrundlagen, etc. – auszugestalten, den Raum für neue Ideen zu schaffen und mit der Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft Schritt zu halten, um die Realisierung von wasserstoffbasierten Lösungen zeitnah zu ermöglichen.

Wasserstoff stellt ein sektor- und gewerkeübergreifendes Themengebiet dar, welches gemeinsam zu bearbeiten ist. Einige Sektoren, wie die Chemie-, Stahl- oder Ölindustrie, arbeiten bereits seit langem mit Wasserstoff, was die Nutzung von Synergien ermöglicht. Aber insbesondere in der Gasindustrie, wo das Hauptaugenmerk bislang auf der Speicherung, dem Transport und der Verwendung von Erdgas liegt, ist die Schaffung eines regulatorischen Rahmens für Wasserstoff und Ge-

mische aus Erdgas und Wasserstoff wichtig, um am Aufbau der Wasserstoffwirtschaft zu partizipieren.

Um das Themengebiet Wasserstoff gewerkeübergreifend für Unternehmen der Gasindustrie zu erschließen und einen einheitlichen regulatorischen Rahmen zu schaffen, bietet die Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e. V. (figawa) eine Plattform, die sich aktiv in die Mitgestaltung von technischem Recht und dessen Umsetzung in Standards und Normen einbringt. Dadurch wird es Unternehmen ermöglicht, bestehende Produkte hinsichtlich ihrer Wasserstofftauglichkeit zu verifizieren und neue Produkte nach definierten Maßgaben zu entwickeln. Ein wesentlicher Aspekt sind europäische und nationale Prüfgrundlagen, die durch Normen und Zertifizierungsprogramme dargelegt werden sowie deren Überführung in Hersteller-/Konformitätser-

klärungen wie z. B. die „H2-Readiness“ von Produkten. Die Partizipation in Forschungsprojekten sowie die Vernetzung und Kooperation mit anderen Industrieverbänden sind weitere Instrumente der figawa, um einen einheitlichen, gemeinsamen Weg bei dem Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft zu verfolgen.

### Kontakt



Michael Reinders  
Referent  
Fachbereich Gas/Wasser  
figawa

T +49 221 37668-40  
reinders@figawa.de

Kontakt für Industrieunternehmen in den Bereichen Speicherung, Transport, Verteilung und Verwendung von Wasserstoff



## Aktuelle Pilotprojekte zur Beimischung von Wasserstoff

Vorgenannte Ausführungen machen deutlich, dass die Einspeisung von Wasserstoff in Erdgasnetze Gegenstand von weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeit sowie von Untersuchungen und Pilotprojekten sein muss. Hierzu zählen beispielhaft:

### H2-20-Wasserstoff in der Gasinfrastruktur (G 201902, Laufzeit 10/2019-09/2022)

In dem im Oktober 2019 gestarteten und auf drei Jahre angelegten Projekt H2-20 soll nachgewiesen werden, dass in einem existierendem Gasverteilnetz mehr als 10 Vol.-% H<sub>2</sub> beigemischt werden können. Dafür führen das Engler-Bunte-Institut (EBI) und das Gas-Wärme-Institut (GWI) des DVGW-Forschungsnetzwerks gemeinsam mit der Avacon Netz GmbH Feldtests im örtlichen Gasverteilnetz von Schoppsdorf, Sachsen-Anhalt, durch [19]. In dem Pilotvorhaben ist eine Einspeisung von bis zu 20 Vol.-% H<sub>2</sub> in das Gasverteilnetz ge-

plant, um zu zeigen, dass bisherige Ergebnisse von Experimenten und Laboruntersuchungen auf den aktuellen Gerätebestand übertragbar sind. Dafür werden 400 bis 500 Heizungen und andere Endgeräte in dem örtlichen Verteilnetz getestet und neben der Untersuchung der Anwendungstechnik auch die Analyse des betroffenen Verteilnetzes und der (Haus-) Gasinstallationen durchgeführt.

### Wasserstoffinsel Öhringen

Weiterhin soll im Jahr 2020 ein mehrjähriger Pilotversuch der Netze BW GmbH in Öhringen zur Einspeisung elektrolytisch erzeugten Wasserstoffs in das Erdgasnetz durchgeführt werden. Der Wasserstoffanteil soll dabei stufenweise bis auf einen maximalen Anteil von 30 Prozent gesteigert werden. Das Projekt startet in der Phase 1 zunächst innerhalb der dortigen Betriebsstelle des Netzbetreibers. Anschließend sollen angrenzende Straßenzüge mit etwa 20 Wohngebäuden im realen Netzbetrieb ein Gasgemisch mit einem Wasserstoffanteil von maximal 30 Prozent beziehen. Hierfür wird der ausgewählte Bereich des Erdgasnetzes von der umliegenden Versorgungsinfrastruktur abgekoppelt und als sogenanntes Inselnetz betrieben [20].

## Ziele des DVGW

Nach den Plänen des DVGW soll einerseits die bestehende Gasinfrastruktur für eine schrittweise Erhöhung des Wasserstoffanteils und andererseits das DVGW-Regelwerk weiterentwickelt werden. Bisher lässt das Regelwerk 10 Vol.-% Wasserstoff im Gasnetz zu, zukünftig sollen 20 Vol.-% Wasserstoffeinspeisung erreicht werden, wobei Schätzungen des DVGW von einer möglichen Zumischung von 50 Prozent regenerativ erzeugtem Wasserstoff ausgehen. Für die Erhöhung des Wasserstoffanteils müssen entsprechende netz- und geräteseitige Anpassungen wie beispielsweise andere Werkstoffe in Verdichtern, Heizkesseln oder Fahrzeugtanks vorgenommen werden [21].

Daher vertritt der DVGW als technischer Regelsetter in Deutschland und Mitwirkender in europäischen Normungsinstitutionen das Ziel, zukünftig dem Erdgas bis zu 20 Prozent Wasserstoff beizumischen. Dafür sprechen folgende Argumente [22]:

- Alle in Deutschland in der Anwendung befindlichen Gasendgeräte werden im Zuge der Qualitätssicherung und der Gerätetests mit einem Prüfgas beaufschlagt, das einen Anteil von 23 Prozent H<sub>2</sub> ausweist.

- Der für das Flammenbild charakterisierende Gasparameter „Wobbe-Index“ ändert sich bei einer Zunahme des Wasserstoffanteils nur unwesentlich.
- Bereits erfolgte Feldversuche mit einer Zumischung von 10 Prozent H<sub>2</sub> bestätigten den einwandfreien Betrieb an Anlagen mit diesem Gasgemisch. Das Flammenbild ist nahezu unverändert. Veränderungen sind mit den bekannten aus der Umstellung auf andere Erdgastypen einhergehenden Anpassungen (Gerätetuning und -optimierung) vergleichbar.
- Feldversuche zur Umstellung ganzer Gemeinden auf die eine Gasversorgung mit einem Anteil von 20 Prozent H<sub>2</sub> sind Bestandteil laufender Projekte.
- Ein 20/80-Wasserstoff-Erdgas-Gemisch liegt mit Ausnahme der Dichte in der zulässigen Qualitätsbandbreite des bestehenden Regelwerkes, das mit der nächsten Revision entsprechend erweitert werden soll.
- In EU-Gremien und -Verbänden wird der gleiche Zielwert genannt. So verpflichten sich etwa die europäischen Turbinenhersteller auch auf eine Wasserstofftoleranz ihrer Maschinen von bis zu 20 Prozent.

- Eine Beimischung von CO<sub>2</sub>-neutralem oder regenerativ erzeugtem Wasserstoff erlaubt ferner jedem Verbraucher den Zugang zu einem innovativen und klimafreundlichen Energieträger.
- CO<sub>2</sub>-freier Wasserstoff sollte daher ins Erdgasnetz eingespeist werden. Dies muss nicht zwangsweise flächendeckend geschehen, sondern kann auch in einzelnen Regionen erfolgen.

Gleichzeitig kann es sinnvoll sein, punktuell ein reines Wasserstoffnetz zu etablieren. Die bereits bestehenden Wasserstoffnetze bieten hierfür geeignete Aufsatzpunkte [22]. Damit ein Regelwerk für die gesamte Power-to-Gas-Prozesskette zur Verfügung steht, soll langfristig das bestehende DVGW-Regelwerk gemeinsam mit dem Kooperationspartner DWV (Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband) um ein neues für 100 Prozent Wasserstoff ergänzt werden [21].

## Nationale Wasserstoffstrategie

Die Bundesregierung hat am 10. Juni 2020 eine nationale Wasserstoffstrategie (NWS) beschlossen, die Deutschland zum weltweit führenden Ausrüster für Wasserstofftechnologien machen soll [23]. Kernstück der NWS ist ein Maßnahmenkatalog, der fokussiert auf grünen Wasserstoff die Bereiche Erzeugung, Industrie, Infrastruktur, Verkehr, Wärme und Forschung umfasst.

Damit werden entlang der gesamten Wertschöpfungskette Investitionen in die wirtschaftliche und nachhaltige Erzeugung, den Transport und die Nutzung von Wasserstoff unterstützt. Im Einzelnen sind sieben Milliarden Euro für den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien hierzulande und zwei Milliarden Euro für internationale Partnerschaften beim Thema Wasserstoff vorgesehen.

Mit den geplanten Maßnahmen, die im Bereich Infrastruktur/Versorgung vorgesehen sind, sollen die Potenziale bestehender Infrastrukturen genutzt und, wenn nötig, der Aufbau neuer Versorgungsstrukturen erfolgen.

Als ersten Schritt will die Bundesregierung demnach die inländische Wasserstoffproduktion und Wasserstoffverwendung ankurbeln. Unter anderem

- soll ein Erzeugungspotenzial in Höhe von bis zu fünf Gigawatt (GW) Elektrolyseleistung bis zum Jahr 2030 aufgebaut werden.
- ist eine massive Unterstützung der Industrie, die auf den Einsatz von CO<sub>2</sub>-freien Technologien umrüsten muss, vorgesehen.
- ist geplant, einen Teil der bestehenden Gasleitungen für Wasserstoff zu nutzen und außerdem auch reine Wasserstoffnetze zu schaffen.

Dafür werden folgende Maßnahmen vorgesehen:

- Erarbeitung des langfristigen Handlungsbedarfs mit den beteiligten Kreisen im Jahr 2020 und Erstellung eines Berichts mit Handlungsempfehlungen. Dazu zählen Möglichkeiten zur Nutzung bestehender Strukturen (Wasserstoff-Infrastrukturen und H<sub>2</sub>-Readiness des Gassystems) sowie Optionen zur Umwidmung von Leitungen für die zukünftige Versorgung mit Wasserstoff (Maßnahme 20).
- Verzahnung von Strom-, Wärme- und Gasinfrastrukturen zur koordinierten, energiewendetauglichen, bedarfsgerechten und kosteneffizienten Weiterentwicklung (Maßnahme 21).
- Beim Aufbau neuer Infrastruktur wird besonderes Augenmerk auf den Ausbau des Wasserstofftankstellennetzes gelegt (Maßnahme 22).

## Zusammenfassung

Für den Aufbau einer Wasserstoff-Wirtschaft muss Wasserstoff sowohl in der benötigten Größenordnung als auch wirtschaftlich zur Verfügung stehen. Dafür ist es einerseits erforderlich, dass Power-to-X-Technologien den Schritt aus dem Labor in das reale Energiesystem gehen und andererseits, dass Bezugsmöglichkeiten für klimaneutralen Wasserstoff vorhanden sind.

Welche konkreten Veränderungen sich durch den Energieträger Wasserstoff für Rohrleitungsbauunternehmen ergeben, ist wegen des noch nicht geklärten Ausbaus der Wasserstoffinfrastruktur im Einzelnen noch nicht abschließend bewertbar. So erfordern Industrieanwendungen in der Regel den Ausbau einer 100-Prozent-Wasserstoffinfrastruktur, bei der eine teilweise Umwidmung zukünftig nicht mehr benötigter Teilnetze, die bislang mit Erdgas in L-Qualität betrieben wurden, denkbar ist.



© Petmal | iStock

Daneben ist die Zumischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz geplant und soll für einen Anteil von 20 Prozent bis zum Jahr 2030 durch entsprechende Untersuchungen und die Anpassung des DVGW-Regelwerkes ermöglicht werden. Dabei werden auch Aspekte, die den Neubau von Leitungen sowie das Bauen im Bestand betreffen, wie zum Beispiel das Blasen setzen, das Schweißen von Stahlleitungen

und das Abquetschen von Kunststoffleitungen zu berücksichtigen sein.

Eine weitere schrittweise Erhöhung des Wasserstoffanteils im Erdgasnetz erscheint im Hinblick auf den derzeitigen Erkenntnisstand wegen der zu erwartenden Anpassung beziehungsweise Auswechslung von Endgeräten momentan wenig aussichtsreich.

Überblick über die verfügbaren Testergebnisse\* und Grenzwerte aus Rechtsvorschriften für die Zumischung von Wasserstoff in eine bestehende Erdgasinfrastruktur und für die Endverwendung

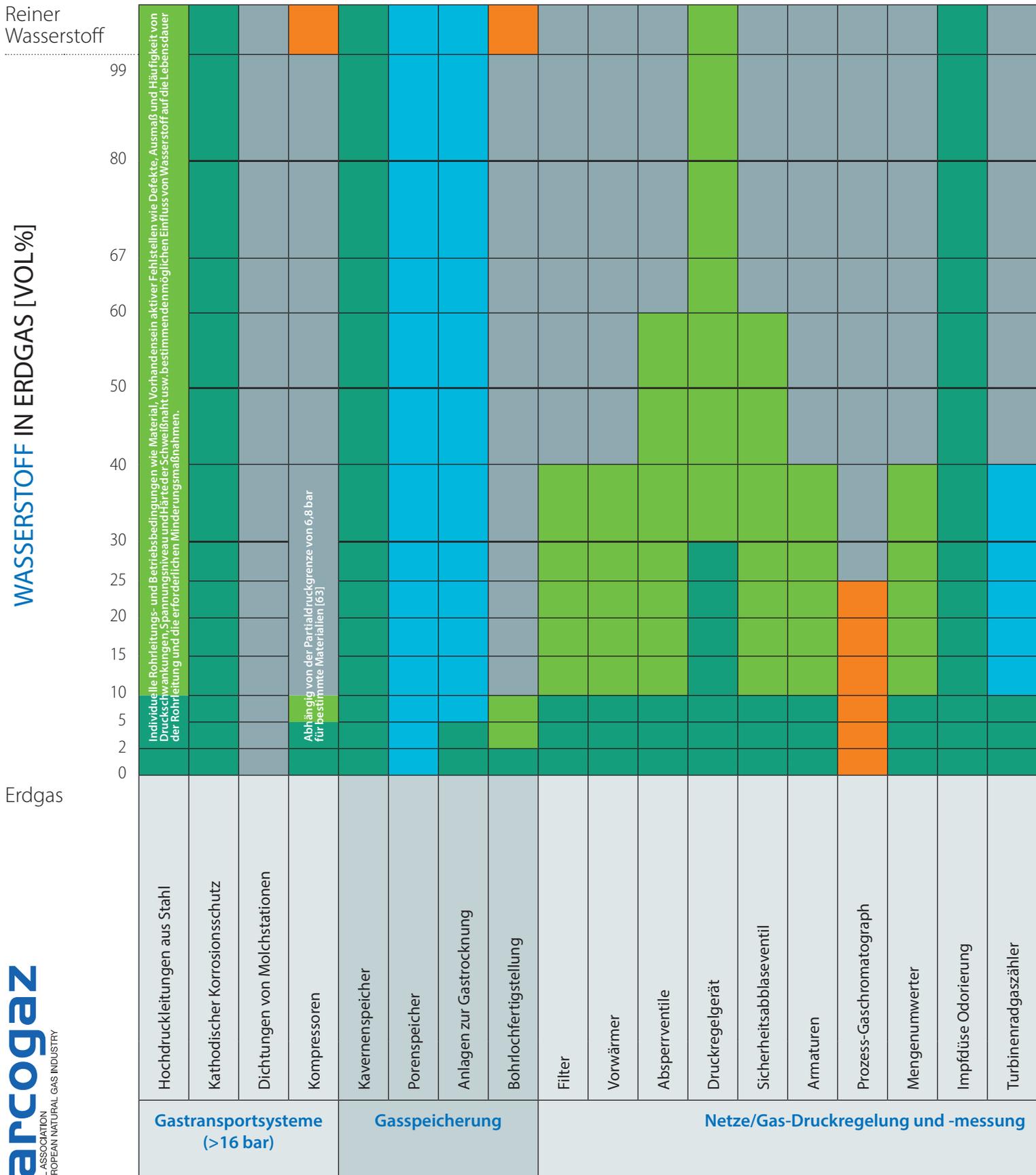


Abbildung 9: Europäischer Konsens zur Wasserstofftauglichkeit der Erdgasinfrastruktur: MARCOGAZ-Übersichtsmatrix vorhandener Testergebnisse und behördlicher Grenzwerte für die Beimischung von Wasserstoff in die vorhandene Erdgasinfrastruktur und für Endanwendungen [11].



## Literatur\*

- [1] BGI 5108, Wasserstoffsicherheit in Werkstätten, Oktober 2009, Berufsgenossenschaftliche Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit.
- [2] <http://www.iee.tu-clausthal.de/fileadmin/downloads/Scripte/W8830K6.pdf> (S. 9), TU Clausthal.
- [3] SHELL WASSERSTOFF-STUDIE – ENERGIE DER ZUKUNFT? Nachhaltige Mobilität durch Brennstoffzelle und H<sub>2</sub>, 2017.
- [4] Darstellung TÜV Süd, Pipelines – Vorschriften & Technische Regeln: <https://www.tuvsud.com/de-de/indust-re/druckgeraete-info/pipelines-info/vorschriften> (abgerufen am 15.01.2020).
- [5] Hydrogen Pipeline Systems; IGC Doc 121/14 (Revision of Doc 121/04); EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION (EIGA).
- [6] Sicherheitstechnische Eigenschaften von Erdgas-Wasserstoff-Gemischen. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben 2539 (September 2016).
- [7] Wasserstoff und dessen Gefahren – Ein Leitfaden für Feuerwehren; Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland. (Bearbeitungsstand: Oktober 2008).
- [8] Interaktive Grafiken zu Stromproduktion und Börsenstrompreisen in Deutschland, [https://www.energy-charts.de/index\\_de.htm](https://www.energy-charts.de/index_de.htm), Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (abgerufen am 15.01.2020).
- [9] Ökostrom könnte knapp werden. Zeit Online: <https://www.zeit.de/wirtschaft/2020-01/energiewende-oekostrom-oel-kohle-alternative-energie> (abgerufen am 06.01.2020).
- [10] Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) (Stand: Februar 2020), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- [11] Untersuchung der Auswirkung von Wasserstoffzumischung ins Erdgasnetz auf industrielle Feuerungsprozesse in thermoprozesstechnischen Anlagen, IGF-Vorhaben Nr. 18518 N/1 der Forschungsvereinigung Deutsche Vereinigung für Verbrennungsforschung, Schlussbericht GWI, Dr.-Ing. Tim Nowakowski, 2017.
- [12] GET H2 Nukleus. H2-Infrastruktur Lingen-Gelsenkirchen: <https://www.get-h2.de/projekt-nukleus/> (abgerufen am 21.4.2020).
- [13] Systemlösung Power to Gas. Chancen, Herausforderungen und Stellschrauben auf dem Weg zur Marktreife. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), November 2015.

- [14] Gasnetzbetreiber legen Plan für deutschlandweites Wasserstoffnetz vor, Handelsblatt: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energiewende-gasnetzbetreiber-legen-plan-fuer-deutschlandweites-wasserstoffnetz-vor/25476674.html?ticket=ST-2806640-bhMCwTgc1bbqTAVqyW-ap3> (abgerufen am 28.01.2020).
- [15] Müller-Syring et al 2013, Entwicklung von modularen Konzepten zur Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff und Methan ins Erdgasnetz. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Bonn 2013.
- [16] OVERVIEW OF AVAILABLE TEST RESULTS\* AND REGULATORY LIMITS FOR HYDROGEN ADMISSION INTO EXISTING NATURAL GAS INFRASTRUCTURE AND END USE (\*ACCORDING TO THE LIST OF REFERENCES), MARCOGAZ – Technical Association of the European Natural Gas Industry, Oktober 2019.
- [17] Liste der Referenzen für [16]: <https://www.MARCOGAZ.org/publications-1/documents/hydrogen-infographic/> (abgerufen am 15.01.2020).
- [18] Boivinet, Xavier: À Dunkerque, Grhyd injecte 20% d'hydrogène dans le réseau de gaz naturel, 12.06.2019, Industries et Technologies (<https://www.industrie-techno.com/article/grhyd-atteint-les-20-d-hydrogene-dans-le-reseau-de-gaz.56465>).
- [19] <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-20/> (abgerufen am 15.01.2020).
- [20] <https://www.netze-bw.de/unsernetz/netzinnovationen/wasserstoff-insel> (abgerufen am 15.01.2020).
- [21] Presseinformation DVGW-Regeln für klimafreundliche Energieinfrastruktur. Mehr Wasserstoff technisch sicher verankern Berlin, 9. April 2019.
- [22] DVGW-POSITIONSPAPIER vom 5. Dezember 2019 zur Nationalen Wasserstoff-Strategie.
- [23] Die nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.html> (abgerufen am 10.06.2020).

\* Literaturstellen sind mit den Fundstellen verlinkt, sofern ein Abruf zum Zeitpunkt der Drucklegung möglich war. Einzelne Dokumente können auch beim Autor angefragt werden.

Übernahme und Nutzung der im Infopoint Technik publizierten Inhalte bedürfen der schriftlichen Zustimmung des rbv e. V.

## Zusätzliche Literaturstellen

- [24] Müller-Syring, G., Henel, M., Krause, H., Rasmusson, H., Mlaker, H., Köppel, W., Höcher, T., Sterner, M., Trost, T., „Power-to-Gas: Entwicklung von Anlagenkonzepten im Rahmen der DVGW-Innovationsoffensive“, gwf-Gas|Erdgas, Ausgabe 11, S. 770–777, 2011.
- [25] DVGW-Positionspapier vom 19.07.2019 zum Gas 2030 Dialog des BMWi.
- [26] Unser Beitrag zur Sicherheit von Wasserstoff, Bundesanstalt für Materialprüfung und -forschung (BAM), September 2019.

## Kontakt



Dipl.-Ing.  
Andreas Hüttemann  
Referent rbv

T +49 221 37668-68  
[huettemann@rbv-koeln.de](mailto:huettemann@rbv-koeln.de)



Dipl.-Wirtsch.-Ing., Dipl.-Ing.  
Dieter Hesselmann  
Geschäftsführer BFA LTB

Bundesfachabteilung  
Leitungsbau (BFA LTB)  
im Hauptverband der  
Deutschen Bauindustrie e. V.  
c/o Rohrleitungsbau-  
verband e. V.  
Marienburger Straße 15  
50968 Köln

T +49 221 37668-22  
F +49 221 37668-26  
[leitungsbau@bauindustrie.de](mailto:leitungsbau@bauindustrie.de)  
[www.bauindustrie.de](http://www.bauindustrie.de)

## Impressum

Rohrleitungsbauverband e. V.  
Marienburger Str. 15  
50968 Köln  
T + 49 221 37668-20  
[info@rohrleitungsbauverband.de](mailto:info@rohrleitungsbauverband.de)  
[www.rohrleitungsbauverband.de](http://www.rohrleitungsbauverband.de)



verbinden. vernetzen. versorgen.

# Infopoints und Publikationen aus dem Bereich **TECHNIK**



**48. Auflage 1.2020**  
**Zusammenstellung der technischen Regeln im Rohrleitungsbau**  
[Technische Mitteilungen](#)



**Building Information Modeling (BIM) im Leitungsbau – Was Sie wissen sollten!**  
[Infopoint 1.2019](#)



**Bau von Infrastrukturtunneln mittels Rohrvortrieb – Was Sie wissen sollten!**  
[Infopoint 1.2018](#)



**Bürgschaften/Bürgschaftsmanagement – Was Sie wissen sollten!**  
[Infopoint 2.2018](#)



**Umgang mit mineralischen Abfällen im Leitungsbau – Was Sie wissen sollten!**  
[Infopoint 1.2017](#)



**Die GW 301 – Was Sie wissen sollten!**  
[Infopoint 1.2016](#)



**Allgemein anerkannte Regeln der Technik kontra Stand der Technik**  
[Infopoint 1.2015](#)



**Die neue GW 15 – Was Sie wissen sollten!**  
[Infopoint 2.2014](#)



**Zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe (ZFSV). Eine Bestandsaufnahme**  
[Infopoint 1.2014](#)



**Die neue DIN 4124 – Was Sie wissen sollten!**  
[Infopoint 3.2012](#)



**Weiterbildung als Grundlage der Firmenzertifizierung nach GW 301**  
[Infopoint 2.2012](#)

Alle Publikationen sind als gedrucktes Exemplar in der Geschäftsstelle des [rbv](#) erhältlich.