

STELLUNGNAHME

vom 25. September 2020 zur

Wasserstoff-Roadmap Nordrhein-Westfalen

DVGW Deutscher Verein des
Gas- und Wasserfaches e.V.

Ansprechpartner

Heinz Esser

Josef-Wirmer-Str. 1-3

D-53123 Bonn

T +49 228 91 88-976

E-Mail: heinz.esser@dvgw-nrw.de

Robert Ostwald

Robert-Koch-Platz 4

D-10115 Berlin

T + 49 30 794736-46

E-Mail: robert.ostwald@dvgw.de

Executive Summary

Der Klimawandel stellt eine globale Herausforderung dar. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, ist es notwendig, die richtigen Weichen bei den energiewirtschaftlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen zu stellen. Nur auf diese Weise kann die Energiewende, die bislang vor allem im Stromsektor vollzogen wurde, auch in anderen gesellschaftlichen Bereichen gelingen.

Für die Dekarbonisierung weiterer Sektoren – insbesondere der Haushalte, des Verkehrs und der Industrie – und den Aufbau einer CO₂-neutralen Wirtschaft sind klimaneutrale Gase eine Grundvoraussetzung: Denn eine Vielzahl von industriellen Prozessen und anderen Anwendungen lassen sich technisch nicht auf direktem Weg elektrifizieren oder deren Elektrifizierung ist nicht immer sinnvoll. Klimaneutrale Gase können zudem einen Beitrag zur wirtschaftlichen Effizienz und zum schonenden Einsatz von Ressourcen liefern, da sich mit ihnen das vorhandene Gasnetz auch in Zukunft nutzen lässt. Neue Infrastrukturvorhaben, wie der Ausbau neuer Stromtrassen und der Neubau von Transportnetzen für Wasserstoff und andere umweltfreundliche Gase, können so reduziert werden.

Die Entwicklung einer Wasserstoff-Roadmap für Nordrhein-Westfalen kann in diesem Zusammenhang einen Mehrwert zu bestehenden Strategien und Politikinstrumenten auf europäischer Ebene und auf Bundesebene bilden, indem regionale Akzente gesetzt und bestehende Lücken auf anderen Ebenen gefüllt werden. Für die Entwicklung der Landesstrategie zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft ergeben sich die folgenden Handlungsoptionen:

1. **Ausschöpfung aller Potentiale bei der emissionsarmen Wasserstoffherzeugung:** Um einen schnellen Markthochlauf einer Wasserstoffwirtschaft in Nordrhein-Westfalen zu ermöglichen, sollte die Wasserstoff-Roadmap alle Formen von emissionsarmem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten berücksichtigen. Dazu zählen neben grünem vor allem blauem und türkiser Wasserstoff sowie Biomethan und grünes Synthesegas. Die Landesregierung sollte einen technologieoffenen Einsatz der verschiedenen Wasserstoff- und Gaserzeugungstechnologien ermöglichen.
2. **Verwendung der bestehenden Infrastruktur:** Nordrhein-Westfalen muss neben der inländischen Wasserstoffindustrie parallel Importstrukturen für CO₂-freien Wasserstoff entwickeln und aufbauen. Um die Kosten dieses Infrastrukturausbaus zu begrenzen, sollte wo immer möglich die bestehende Infrastruktur genutzt werden. Die Wasserstoff-Roadmap sollte insbesondere Maßnahmen für den Verkehrssektor umfassen, die den Ausbau der Tankstelleninfrastruktur adressieren.
3. **Stärkere Berücksichtigung des Wärmemarktes:** Der Einsatz von Wasserstoff im Wärmemarkt hat hohe Potentiale in Bezug auf die Minderung von THG-Emissionen und kann einen sinnvollen Beitrag zur Sektorenkopplung leisten. Die Wasserstoff-Roadmap sollte einen Mehrwert zur europäischen und zur nationalen Wasserstoffstrategie bilden und eigene Maßnahmen für diesen Bereich definieren, der bislang zu wenig Beachtung findet.
4. **Verstärkter Einsatz von Wasserstoff und grünen Gasen im Verkehr:** Damit die Klimaschutzziele im Verkehrsbereich erreicht werden können, sind kurzfristige Maßnahmen erforderlich. Neben dem Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen kann ein verstärkter Markthochlauf von methanbasierten Kraftstoffen aus erneuerbaren Quellen einen solchen zeitnahen Beitrag zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors leisten.

Weitergehende Hintergrundinformationen zu den genannten Handlungsmöglichkeiten, werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

Themenfelder einer Wasserstoffwirtschaft

Wasserstofferzeugung

Wasserstoff und andere klimaneutrale Gase lassen sich auf vielfältige Weise erzeugen. Einen Umfassenden Überblick dazu gibt Anhang I.

Um eine umfangreiche Dekarbonisierung des Energiesystems von Nordrhein-Westfalen bis spätestens 2050 zu ermöglichen, werden außer Elektrolyseverfahren zur Erzeugung von Wasserstoff alle weiteren verfügbaren Optionen zur Herstellung klimafreundlicher Gase benötigt. Dazu zählen auch Wasserstoff aus Reforming- und Pyrolyseverfahren sowie zukünftig aus biologischen Verfahren, Biomethan und synthetisches Methan aus erneuerbaren Stromquellen, sowie (teil-)dekarbonisierter Wasserstoff (siehe Anhang I). Entscheidend für den Einsatz sollte immer die Treibhausgasreduzierung bzw. die Treibhausgasbilanz des Energieträgers sein. Beim Einsatz klimafreundlicher Gase entstehen deutlich weniger Emissionen als bei anderen Energieträgern (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Emissionswerte einzelner Energieträger

Energieträger	g CO ₂ -eq / kWh
Strom Mix DE 2018*	505
Strom Mix DE 2020**	385
Strom Mix DE 2030**	179
Strom Mix DE 2040**	80
Fernwärme Mix*	243
Nahwärme Mix*	221
Heizöl EL*	310
Flüssiggas*	295
Erdgas H*	231
Blauer Wasserstoff***	68
Biomethan (Reststoffe)***	48
Türkiser Wasserstoff***	26-37
Solarwärme*	24-34
Holz-Pellets*	17
Grüner Wasserstoff aus Elektrolyse***	<10
Biomethan***	-360

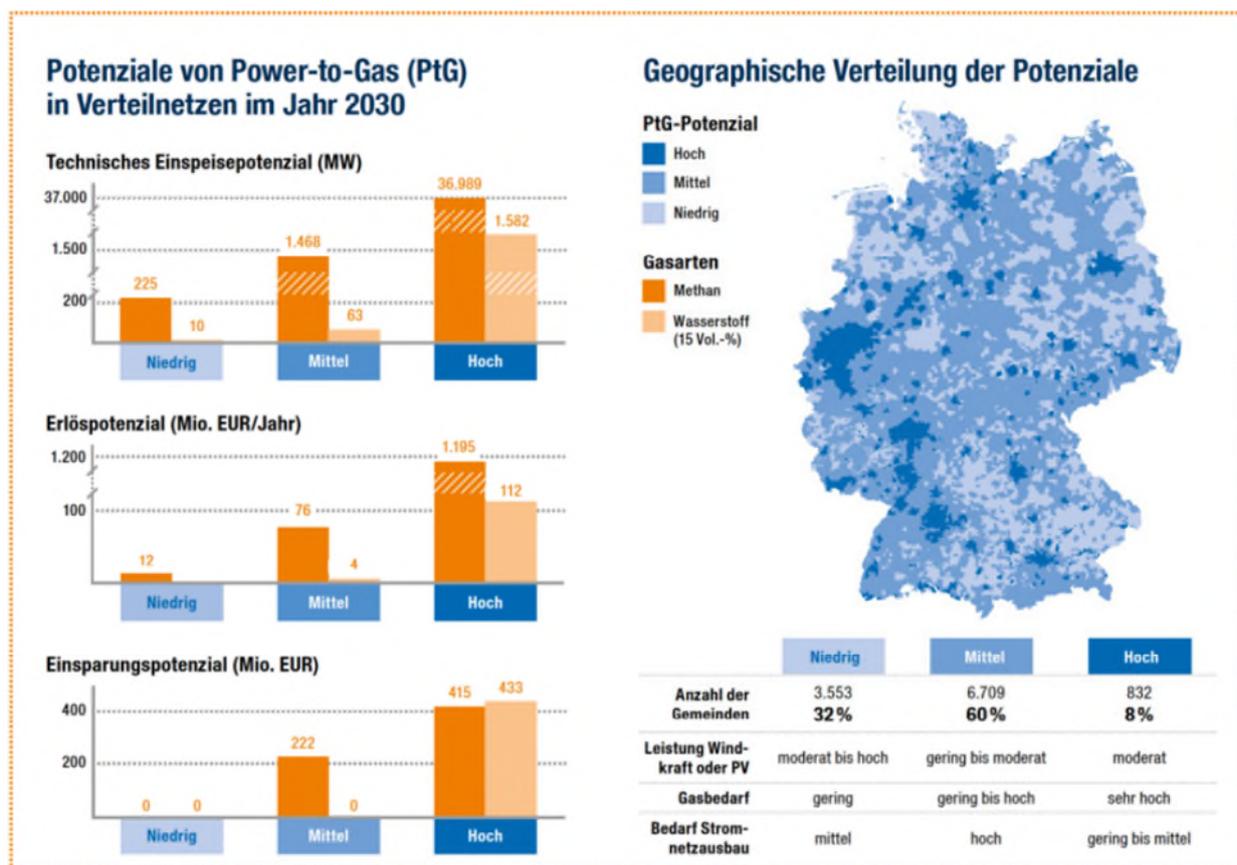
Quelle: *Institut Wohnen und Umwelt IWU (2020): Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen; **DVGW (2020): GreenGasMobility, Seite 106; ***DVGW: Eigene Berechnungen.

Grüner Wasserstoff aus Elektrolyse hat mit <10 gCO₂/kWh mit die geringsten Gesamtemissionen, ist aber nur langsam skalierbar und wird durch die begrenzten erneuerbaren Strommengen limitiert. Festzuhalten ist, dass wahrscheinlich auch 2038 noch Kohlestrom im deutschen Strommix vorhanden sein wird. Auch wenn dieser Strom nicht für Elektrolyseure genutzt wird, kann der genutzte Grünstrom keinen fossil erzeugten Strom substituieren. Kurz- bis mittelfristig wird damit das gesamtsystemische Potential der CO₂-Vermeidung belastet.

Für Nordrhein-Westfalen erwächst im Bereich des Wasserstoffes aus Power-to-Gas-Anlagen das Potenzial insbesondere aus der Kopplung der regionalen Strom- und Gasverteilnetze. Die Gasverteilnetze bieten im gesamten Bundesgebiet die technische Möglichkeit, erneuerbare Gase aufzunehmen. Ausgehend von einer Power-to-Gas-Anlage pro Gemeinde mit mindestens 500 kW elektrischer Leistung ergibt sich für Deutschland im Fall der Methanisierung ein gesamtes Einspeisepotenzial von fast 40 GW im Jahr 2030 (siehe Abbildung 1). Dieses ist je nach Gasbedarf der Gemeinden regional verteilt. Mittlere und große Anlagen sind insbesondere in urbanen und industriellen Gemeinden mit hohem Gasvolumenstrom möglich. Die konkrete regionalen Potenziale (auch für Nordrhein-Westfalen) können in Zdrallek et al.¹ nachgelesen werden.

¹ Zdrallek et al.; Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen, Hrsg. DVGW, Januar 2019

Abbildung 1 Potentiale von Power-to-Gas in Deutschland



¹ Die möglichen positiven Effekte von Power-to-Gas auf den Ausbaubedarf und Maßnahmen zur Systemsicherheit im Hochspannungs- und Übertragungsnetz wurden in dieser Studie nicht bewertet.
² <https://www.ptx-allianz.de/markteinfuehrungsprogramm>

³ Randbedingungen: 1 Anlage/Gemeinde, minimaler Gasbedarf an Sommertagen, Mindestanlagengröße und 15 Vol.% Beimischungsgrenze für Wasserstoff.

⁴ DVGW (2015): Nutzen der Power-to-Gas-Technologie zur Entlastung der 110-kV-Stromverteilungsnetze

© DVGW Juni 2019

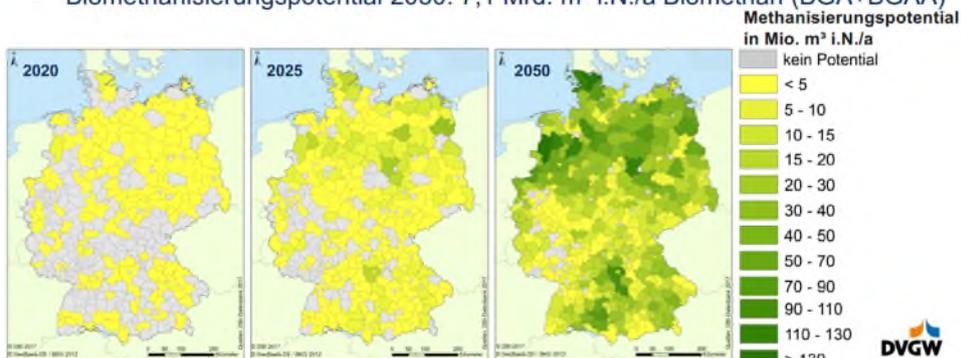
Quelle: Zdrallek et al. (2019): Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen, Hrsg. DVGW.

Weiteres Erzeugungspotenzial kommt hinzu, wenn man die Biogastechnologie mit der PtG-Technologie koppelt. Der Gasoutput bestehender und neuer Biogasanlagen kann bei gleichem Substrateinsatz durch die PtG-Technologie nahezu verdoppelt werden, indem der Wasserstoff mit CO₂ aus Biogasanlagen reagiert und weiteres erneuerbares Methan bildet. Für Gesamtdeutschland ergibt sich dadurch ein Potenzial von rund 7 Mrd. Kubikmetern (siehe Abbildung 2). Die für Nordrhein-Westfalen besonders interessanten Regionen liegen vor allem im Norden des Landes.

Abbildung 2: Potentiale von der Wasserstoffherzeugung in Deutschland aus erneuerbarem Strom

Wasserstoffmengen aus EE-Strom

- Methanisierungspotential vor allem in Süd- u. Norddeutschland
- ab 2040 stellt Wasserstoff kaum limitierenden Faktor dar
- Biomethanisierungspotential 2050: 7,1 Mrd. m³ i.N./a Biomethan (BGA+BGAA)



Quelle: Erler et. al. (2019): Potenzialermittlung zur Erzeugung erneuerbarer Gase mittels Methanisierung; Hrsg. DVGW.

Blauer Wasserstoff (68g/kWh) – aus Erdgas gewonnen – kann einen kurzfristigen Markthochlauf sicherstellen, im Zeitverlauf sind weitere Effizienzsteigerungen zu erwarten. Kurz- bis mittelfristig bietet blauer Wasserstoff den besten Trade-Off zwischen CO₂-Einsparpotential und geringen Kosten. Für einen schnellen Markthochlauf ist blauer Wasserstoff besonders geeignet, weil dessen vergleichsweise geringen Kosten den anderen Herstellungspfaden für Wasserstoff überlegen ist. Ein Hindernis für diese Technologie sind allerdings begrenzte Speicherkapazitäten für abgeschiedenes CO₂. Türkiser Wasserstoff (26-37g/kWh) könnte mittel- bis langfristig eine wichtige Rolle für die Deckung der Nachfrage spielen, da ab 2030 mit deutlichen Kostenreduktionen zu rechnen ist.

Blauer und türkiser Wasserstoff lassen sich auf Basis der heutigen Erdgasmengen in sehr hohem Umfang erzeugen. Hierfür ist der Leistungsfähigkeit der Gasinfrastruktur die limitierende Größe, die jedoch bedarfsabhängig angepasst werden könnte. Somit sind hierfür keine Potenzialangaben sinnvoll. Grundsätzlich lassen sich in Deutschland 414 TWh an grünem Gas nachhaltig heimisch erzeugen. Das ist in etwa die Hälfte des heutigen Gasabsatzes, der derzeit zu über 90% importiert wird. Die technischen Verfahren für blauen und türkisen Wasserstoff (Reforming und Pyrolyse) lassen sich ebenfalls auf Biomethan anwenden. Hierdurch kann weiteres Wasserstofferzeugungspotenzial entstehen.

Infrastrukturausbau

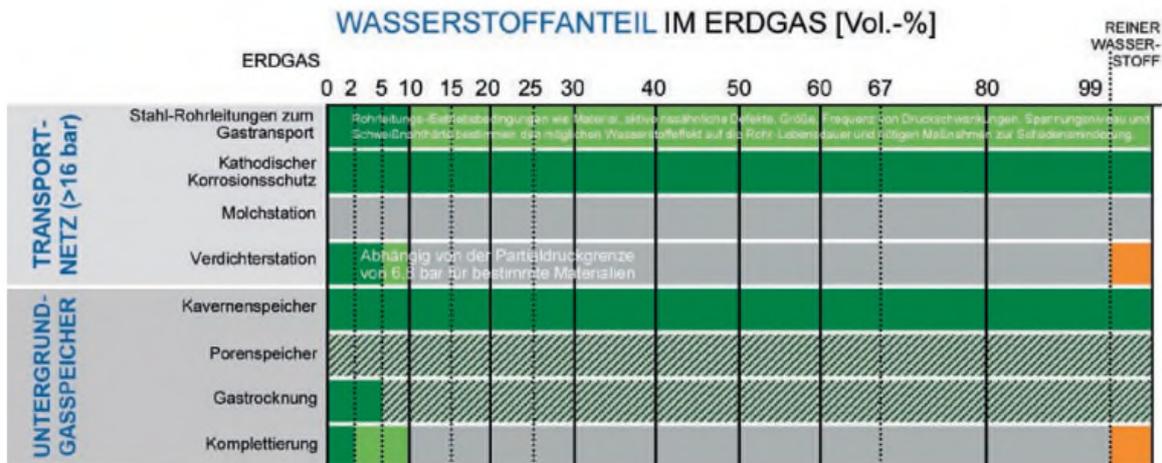
Mittel- und langfristig wird Deutschland und damit auch Nordrhein-Westfalen, CO₂-freien Wasserstoff in größerem Umfang importieren müssen. Denn aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien und der offenen Frage der Akzeptanz von CCS in Deutschland, sind der heimischen Produktion von CO₂-freiem Wasserstoff Grenzen gesetzt. Nordrhein-Westfalen muss deshalb neben der inländischen Wasserstoffindustrie parallel auch Importstrukturen für CO₂-freien Wasserstoff entwickeln und aufbauen – je früher, desto besser. Wo immer möglich, sollte dabei auf die bereits bestehende Gasinfrastruktur zurückgegriffen werden. Die Netze selbst sind in weiten Teilen bereits Wasserstoffkompatibel (siehe Abbildung 3 – Abbildung 6).

Abbildung 3: In Abbildung 4 – 6 verwendeter Farbcode

Farbe	Bedeutung
	Keine signifikanten Auswirkungen gemäss den beigezogenen Studien (Referenzliste: siehe Box).
	Überwiegend positive Einschätzung basierend auf beigezogenen Studien (Referenzliste: siehe Box). Modifikationen oder andere Massnahmen können erforderlich sein.
	Technisch grundsätzlich machbar, aber es wird erwartet, dass erhebliche Anpassungen, zusätzliche Massnahmen oder Ersatz nötig sind.
	Derzeit technisch nicht machbar.
	Unzureichende Informationen über die Auswirkungen von Wasserstoff; F&E erforderlich.
	Es wurden widersprüchliche Referenzen gefunden; F&E und/oder Klärung ist erforderlich.

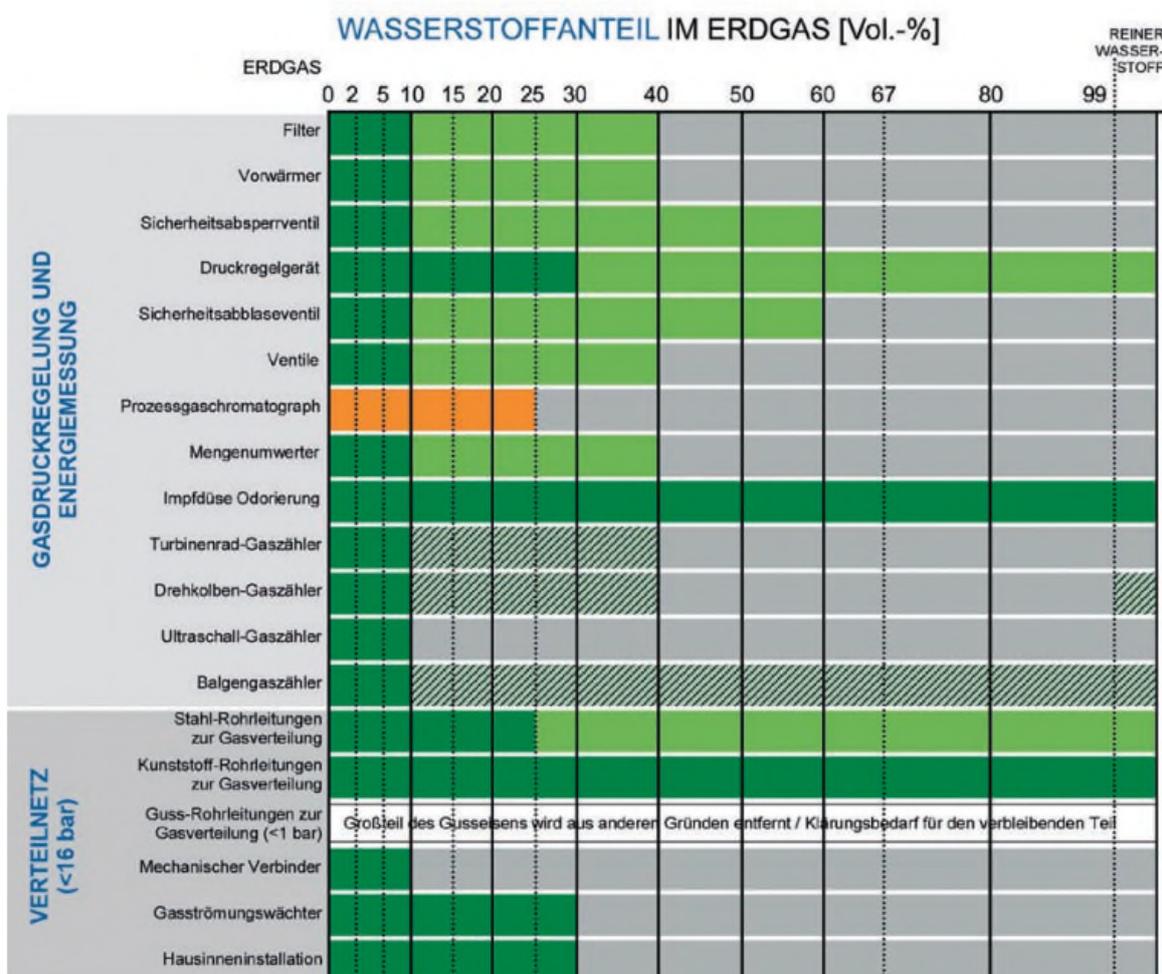
Quelle: Bucheli, Margarete; Modolell, Diego (2020): Wasserstoff im Erdgasnetz: Auswirkungen von erhöhten Wasserstoffanteilen auf Erdgasnetz und -geräte.

Abbildung 4: Übersicht der verfügbaren Untersuchungsergebnisse und regulatorischen Grenzwerte für die Beimischung von Wasserstoff in bestehende Erdgassysteme: Gastransport und -speicherung



Quelle: Bucheli, Margarete; Modolell, Diego (2020): Wasserstoff im Erdgasnetz: Auswirkungen von erhöhten Wasserstoffanteilen auf Erdgasnetz und -geräte.

Abbildung 5: Übersicht der verfügbaren Untersuchungsergebnisse und regulatorischen Grenzwerte für die Beimischung von Wasserstoff in bestehende Erdgassysteme: Gasdruckregelung und Energiemessung sowie Gasverteilung



Quelle: Bucheli, Margarete; Modolell, Diego (2020): Wasserstoff im Erdgasnetz: Auswirkungen von erhöhten Wasserstoffanteilen auf Erdgasnetz und -geräte.

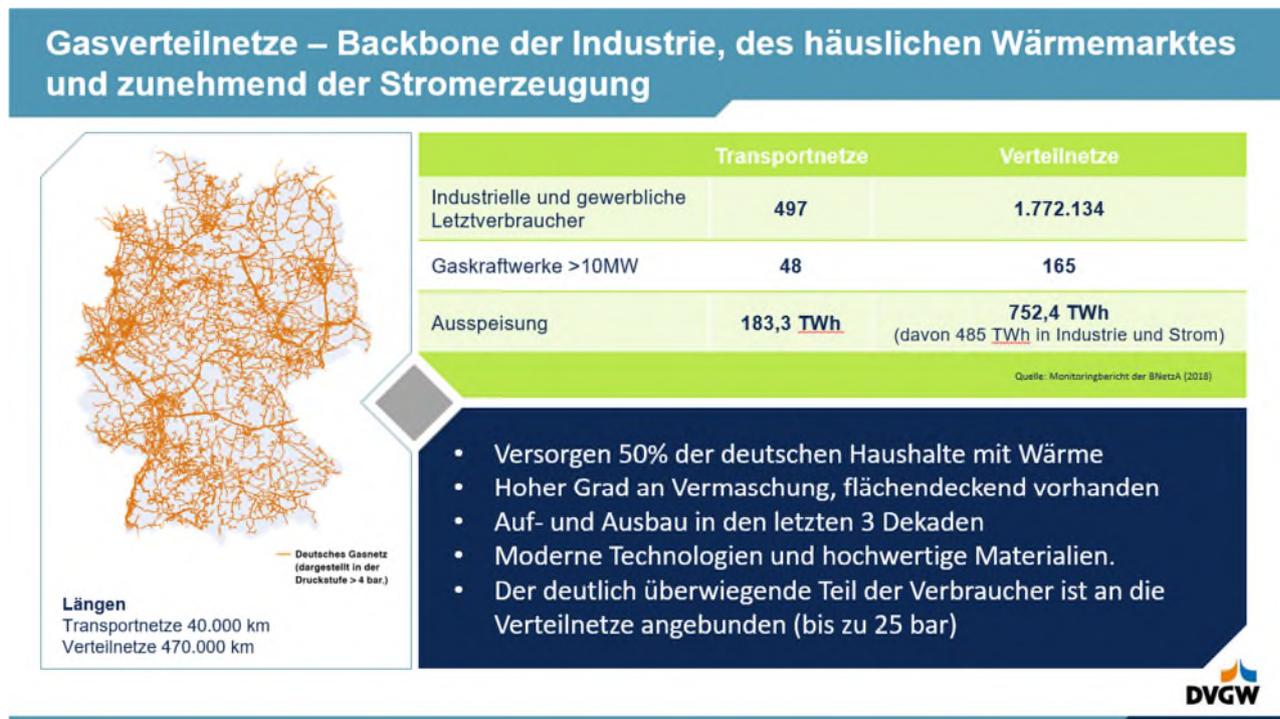
Abbildung 6: Übersicht der verfügbaren Untersuchungsergebnisse und regulatorischen Grenzwerte für die Beimischung von Wasserstoff in bestehende Erdgassysteme: Gasanwendung



Quelle: Bucheli, Margarete; Modolell, Diego (2020): Wasserstoff im Erdgasnetz: Auswirkungen von erhöhten Wasserstoffanteilen auf Erdgasnetz und -geräte.

Notwendige Ertüchtigungen sollten frühzeitig und wo immer möglich in die etablierten Ersatz- und Erneuerungsmaßnahmen integriert werden, um dadurch die Kosten zu senken. Das gilt für Gastransport- und Gasverteilnetze gleichermaßen. Die in der nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) als zeitlich prioritär angesehenen Sektoren Industrie und Mobilität, werden weit überwiegend über das Gasverteilnetz mit Energie versorgt. Auch für den zusätzlich an das Gasverteilnetz angeschlossene Wärmesektor wird in der NWS grundsätzlich ein Bedarf an Wasserstoff gesehen.

Abbildung 7: Rolle der Gasverteilnetze in der Energieversorgung.



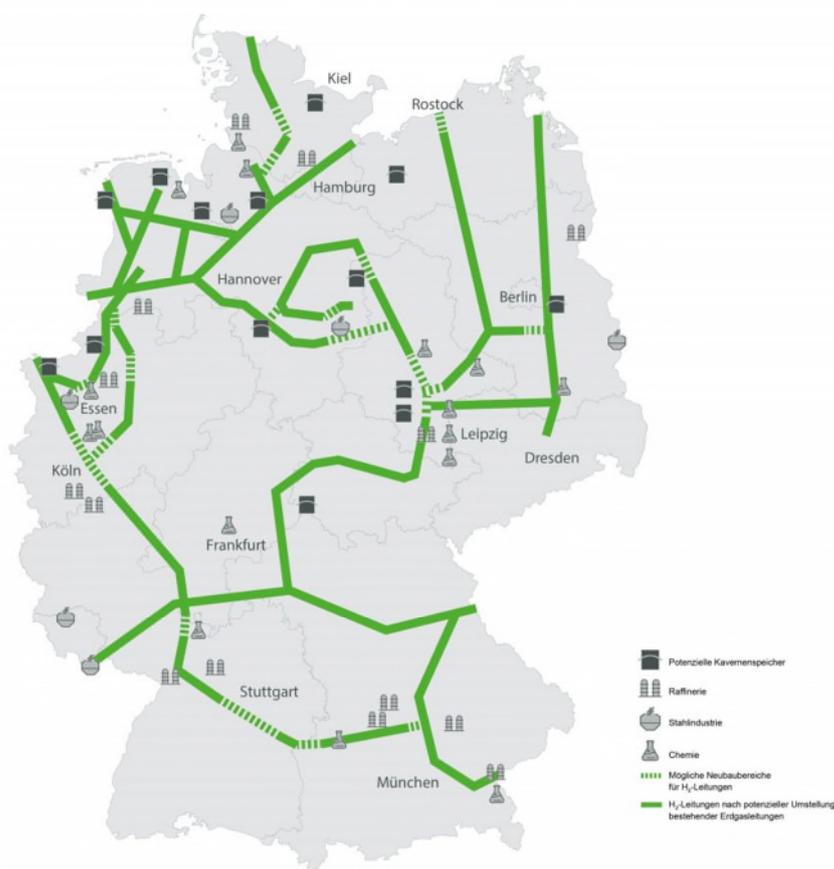
Quelle: DVGW.

Deutschland verfügt über eine gut ausgebaute Gasinfrastruktur, die aus 40.000 km Transportnetzen und 470.000 km Verteilnetzen besteht (siehe Abbildung 7). Der DVGW hat bereits frühzeitig mit der umfassenden Weiterentwicklung technischer Regeln für Erzeugung, Einspeisung, Beimischung, Transport, Verteilung und Speicherung von Wasserstoff in der Erdgas-Infrastruktur begonnen. Das bestehende DVGW-Regelwerk ermöglicht bereits heute überall dort, wo es keine Einschränkungen durch spezifische Anwendungen gibt (siehe Abbildung 3 – Abbildung 6), Beimischungen von knapp zehn Prozent in das vorhandene Gasnetz. Das künftige Regelwerk soll zunächst eine Zielgröße von etwa 20 Volumenprozent Wasserstoffeinspeisung abdecken – was bereits heute technisch möglich ist. Andere klimafreundliche Gase, wie Methan aus grünem Wasserstoff oder Biomethan aus Reststoffen und Gülle, können zusätzlich zum Wasserstoff in unlimitierter Konzentration von der Infrastruktur aufgenommen werden.

Eine reine Wasserstofftransport- und Verteilinfrastruktur wird sich als Startnetz vorrangig durch Umstellung bestehender Erdgasleitungen auf Fernleitungs- und Gasverteilnetzebene zur Anbindung bestehender Wasserstoffabnahmeschwerpunkte der Industrie entwickeln (Vgl. Konsultationsdokument Netzentwicklungsplan 2020-2030 und Vorschlag der Fernleitungsnetzbetreiber für ein visionäres Wasserstoffnetz in Deutschland – siehe dazu auch Abbildung 8). In der Folge können dann sukzessiv weitere Regionen – auch in Nordrhein-Westfalen – mit hohem Erzeugungsaufkommen oder hoher Nachfrage nach Wasserstoff, an das Startnetz angeschlossen werden. Die Nachfrage nach einer reinen Wasserstoffinfrastruktur wird sich darüber hinaus auch über die Wasserstoffmobilität oder Quartierslösungen ergeben.

Abbildung 8: Vorschlag der Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) für eine deutschlandweite Wasserstoffinfrastruktur

Vision für ein H₂-Netz



Disclaimer: Bei der Karte handelt es sich um eine schematische Darstellung, die hinsichtlich der eingezeichneten Speicher und Abnehmer keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Quelle: FNB-Gas (2020): Netzentwicklungsplan Gas 2020–2030, Entwurf.

Die Hürden für den Einsatz von Wasserstoff im Erdgas-Verteilnetz bzw. Wärmemarkt sind im Vergleich zur Anwendung in anderen Sektoren deutlich geringer. Die bestehende Gasinfrastruktur des Erdgas-Verteilnetzes und die vorhandenen Endanwendungen können im Wesentlichen weiter genutzt werden, da sie für eine Beimischung von rund 20 % Wasserstoff zu Erdgas ohne erhebliche Umbauten geeignet sind. Einzig eine dezentrale Wasserstoffproduktion müsste aufgebaut bzw. Elektrolyseure an die erneuerbaren-Stromerzeugungsanlagen angeschlossen werden.

Für den Einsatz von Wasserstoff in anderen Sektoren, beispielsweise in der Industrie, sind Umwidmungen der Erdgas-Transportnetze möglich, um den Transport von Wasserstoff zu realisieren. Ein Ausbau der Wasserstofftransportinfrastruktur (Neubau) ist in einigen Fällen z.B. zur Anbindung an die industrielle Infrastruktur erforderlich.

Für die Nutzer von Personenkraftwagen (PKW) ist ein dichtes und zugleich flächendeckendes Tankstellennetz von großer Bedeutung. In Deutschland und zahlreichen anderen Ländern werden H₂-Tankstellennetze zur Versorgung von Brennstoffzellen-PKW (BZ-PKW) und leichten Nutzfahrzeugen aufgebaut. BZ-PKW benötigen 700-bar-Druckwasserstoff. Bei schweren Nutzfahrzeugen werden Tanksysteme mit 350/700 bar Druck-H₂ und Flüssig-H₂ benötigt. In Deutschland verfolgt die H₂ Mobility Deutschland GmbH & Co.KG den Aufbau eines Wasserstoff-Tankstellennetzes. Das Tankstellennetz soll – in Abhängigkeit der Zulassungszahlen von BZ-Fahrzeugen – von derzeit 81 Einheiten (2020) auf 140 Einheiten (2021) bzw. 400 Einheiten (2023) ausgebaut werden.

Um kurzfristig die Emissionen im Schwerlastverkehr zu senken, bietet neben Wasserstoff der Ausbau der LNG-Trankstellen-Infrastruktur eine zusätzliche Option. LNG-betriebene LKW emittieren im Vergleich zu dieselbetriebenen LKW 15 % weniger CO₂-Emissionen. Für eine Basisversorgung des LKW-Verkehrs mit LNG werden deutschlandweit nur zehn Tankstellen benötigt. Für PKW bietet der verstärkte Einsatz von Erdgas (Compressed Natural Gas – CNG) eine Übergangslösung. Hier besteht in Deutschland bereits ein Netz von rund 800 CNG-Tankstellen, von denen bereits ein Viertel Bio-CNG-Tankstellen sind. Das Netz soll in Zukunft weiter ausgebaut und der Anteil von Biomethan deutlich gesteigert werden (siehe Kapitel: „Wasserstoff in der Mobilität“). Eine Beimischung von Wasserstoff zu CNG ist derzeit bis zu einem Anteil von 2 % möglich.

Wasserstoff in der Mobilität

Straßenverkehr

Damit Deutschland seine Klimaziele erreichen kann, müssen die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) auch im Verkehrssektor drastisch sinken. Bisher konnten im Verkehrssektor trotz Effizienzsteigerungen keine Treibhausgaseinsparungen erzielt werden, was insbesondere auf die zunehmende Verkehrsleistung zurückzuführen ist. Um die Klimaschutzziele für die Jahre 2021 - 2030 nicht zu verfehlen, sind daher kurzfristig umsetzbare Maßnahmen erforderlich. Ein verstärkter Markthochlauf von methanbasierten Kraftstoffen aus erneuerbaren Quellen könnte hierbei zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors beitragen. Der DVGW zeigt in der Studie „GreenGasMobility“² auf, wie ein solcher Markthochlauf im Zeitraum 2020 - 2040 ausgestaltet werden kann.

Als Übergangslösung zum verstärkten Einsatz von erneuerbarem Methan bietet sich zudem der Einsatz von verdichtetem Erdgas (Compressed Natural Gas – CNG) an. Ein Fuel Switch von diesel- und benzinbetriebenen Fahrzeugen zu gasbetriebenen Fahrzeugen, bietet ein deutliches THG-Minderungspotential. Die Beimischung von Biomethan verstärkt diesen Effekt: CNG wurde bereits vor 2020 durchschnittlich 20 % Biomethan beigemischt. Fahrzeuge stießen damit bis zu 65 % weniger CO₂ aus als benzinbetriebene Fahrzeuge und 77 % weniger als dieselbetriebene Fahrzeuge. Noch in diesem Jahr soll der Anteil weiter angehoben werden und ein durchschnittlicher

² DVGW (2020): Roadmap von Kraftstoffen zur Marktdurchdringung im Rahmen der Energiewende und die kurzfristige Umsetzung des Greening von LNG/CNG (GreenGasMobility).

Anteil von Biomethan im CNG von mindestens 50 % erreicht werden. Dadurch verstärkt sich der klimapolitische Nutzen von CNG-betriebenen Fahrzeugen. In Deutschland sind rund 90.000 Fahrzeuge mit CNG-Antriebstechnologie zugelassen. Der Einsatz von CNG bietet zudem den Vorteil, dass weitere negative Umwelteinflüsse reduziert werden. CNG-Fahrzeuge emittieren 80 % weniger Stickoxide und 91 % weniger Feinstaub als die aktuelle Euro-Norm 6D TEMP vorschreibt.

Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)

Der DVGW hat sich in mehreren Studien eingehend mit der Frage der Einbindung und Nutzung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im ÖPNV befasst.³ Die Analyse einer Well-to-Wheel-Betrachtung (WtW) für Busse zeigt, dass sich durch den Einsatz von Wasserstoff im Vergleich zu Dieselfahrzeugen erhebliche THG-Minderungen erzielen lassen (siehe Abbildung 9). Die Studien zeigen aber auch den Mehrwert anderer Gase für die Erreichung umwelt- und klimapolitischer Ziele auf: Wie Wasserstoff können auch Biogas (Biomethan) und synthetisches Methan (E-Methan), das auf Basis von erneuerbaren Energien hergestellt wurde, THG-Emissionen bei Bussen deutlich mindern. LNG betriebene Fahrzeuge können Dieselfahrzeuge ersetzen und so kurzfristig dazu beitragen, THG-Emissionen im Verkehrssektor zu reduzieren. Ein weiterer Vorteil LNG-betriebener Fahrzeuge besteht außerdem darin, dass diese im Vergleich zu Diesel-Fahrzeugen niedrigere Stickoxid-, Lärm- und Feinstaub-Emissionen aufweisen.

Batterieelektrische Busse, die mit Netzstrom versorgt werden, haben bis mindestens 2030 eine schlechtere WtW-Bilanz als gasbetriebene Fahrzeuge, die Brennstoffe auf Basis erneuerbarer Energien einsetzen. Erst bei einem Einsatz von 100 % erneuerbarem Strom für die Kraftstoffproduktion und den Ladevorgang kann eine deutlich niedrigere THG-Bilanz bei Batteriebussen erzielt werden. Brennstoffzellenbusse erreichen mit emissionsarmem Wasserstoff sehr weitreichende THG-Reduzierungen. Im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen haben Brennstoffzellenbusse zudem deutliche Vorteile hinsichtlich höherer Reichweiten und kürzerer Betankungszeiten. Brennstoffzellenfahrzeuge verfügen bereits heute über eine hohe technische Reife und bergen durch das Nutzen von Skaleneffekten erhebliche Kostenreduzierungspotentiale.

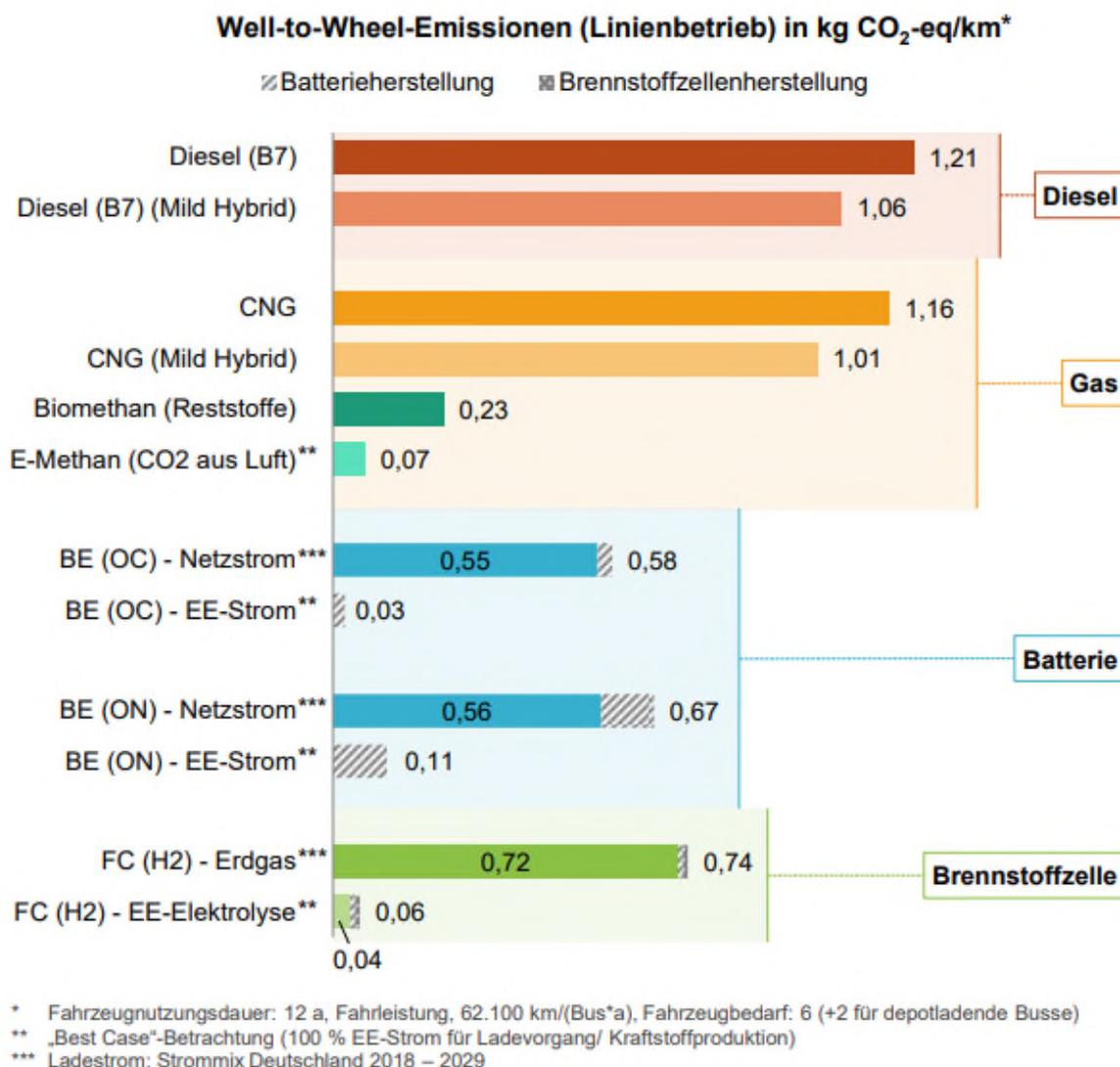
Luft- und Schifffahrt

Als Einstieg in die Schifffahrt könnte Wasserstoff zunächst als Lieferant für Bordenergie zum Einsatz kommen. Darüber hinaus ist Wasserstoff auch als Antriebskraftstoff für die Schifffahrt geeignet. Derzeit werden der technische und wirtschaftliche Einsatz von Wasserstoff im Schiffsverkehr untersucht. Wasserstoff kann ölbasierte Kraftstoffe in der Binnenschifffahrt vollständig substituieren und einen CO₂-neutralen Transport sicherstellen. Die Vorteile von Wasserstoff liegen hierbei in dessen Verfügbarkeit, den kurzen Tankzeiten und dem zuverlässigen Antriebssystem. Eine Alternative zu wasserstoffgetriebenen Schiffen ist der Einsatz von E-Fuels die auf Basis von Wasserstoff hergestellt werden. Die Verwendung von Wasserstoff an Häfen/Liegeplätzen setzt den Einsatz von Wasserstofftankstellen voraus. Eine Belieferung dieser Tankstellen kann über den Aufbau eines reinen Wasserstoffnetzes oder durch die dezentrale Anlieferung von Flaschenbündeln erfolgen.

Eine Beimischung von Wasserstoff ist in der Luftfahrt technisch nicht möglich. Hier ist der Einsatz von synthetischem Kerosin eine Alternative, bei dessen Herstellung Wasserstoff als Grundprodukt eingesetzt wird. Antriebe, die Wasserstoff direkt einsetzen, müssen erst noch entwickelt werden.

³ DVGW (2020): Wasserstoffmobilität: Stand, Trends, Perspektiven; DVGW (2019): Bewertung von Gasbussen für den öffentlichen Personennahverkehr und Vergleich mit Alternativkonzepten (Busstudie).

Abbildung 9: Well-to-Wheel-Analyse der Treibhausgasemissionen verschiedener Mobilitätskonzepte⁴



Quelle: DVGW (2019): Wasserstoffmobilität: Stand, Trends, Perspektiven; DVGW (2019): Bewertung von Gasbussen für den öffentlichen Personennahverkehr und Vergleich mit Alternativkonzepten (Busstudie), Seite 87.

Wasserstoff im Wärmemarkt

Die Bundesregierung hat im Oktober 2019 das Klimaschutzprogramm 2030 beschlossen. Ein im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführter Kurzbericht⁵, in dem die Treibhausgasemissionsminderungswirkung des Klimaschutzprogramms untersucht wird, kommt zu dem Ergebnis, dass die beschlossenen Maßnahmen nicht ausreichen, damit der Gebäudesektor das Sektorziel des Bundes-Klimaschutzgesetzes für das Jahr 2030 erreicht. Dieses wird um knapp 17 Mio. t CO₂e verfehlt. Der Bericht zeigt außerdem, dass bereits ab 2020 die im Bundes-Klimaschutzgesetz vorgegebenen Emissionsziele im Sektor Gebäude nicht eingehalten werden (siehe Tabelle 2).

⁴ Erläuterung zu Abbildung 6: B7 - Dieseldieselkraftstoff mit 7 % Biodieselanteil, BE - Batterieelektrisch, CNG - Compressed Natural Gas, FC - Brennstoffzelle, EE-Strom - erneuerbare elektrische Energie, OC - Opportunity Charging (Gelegenheitsladung), ON - Overnight Charging (Depotladung).

⁵ Umweltbundesamt (2020): Treibhausgasemissionsminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 (Kurzbericht); ausgeführt von Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES GmbH, Thünen-Institut.

Tabelle 2: Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 im Gebäudebereich

Kategorie	1990	2005	2010	2016	2020	2025	2030	2035
	Mio. t CO ₂ e							
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Sonstige	77,9	41,9	41,5	38,5	38,3	32,6	26,2	19,5
Haushalte	131,9	112,0	107,0	91,5	86,5	72,9	60,6	49,7
Gesamt	209,7	153,9	148,5	130,0	124,8	105,4	86,8	69,3
Sektorziel Bundes-Klimaschutzgesetz					118,0	94,0	70,0	
Abweichung vom Sektorziel*					6,8	11,4	16,8	

Quelle: Umweltbundesamt (2020): Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 (Kurzbericht), ausgeführt von Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES GmbH, Thünen-Institut, Seite 43.

Als Anwendungsmöglichkeit bietet sich daher der Einsatz von Wasserstoff im Wärmemarkt aufgrund des hohen THG-Minderungspotentials an. Dieses wird allerdings weder in der nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) als auch in der europäischen Wasserstoffstrategie ausreichend adressiert. Auf Landesebene könnte diese Lücke im Rahmen der Wasserstoff-Roadmap bzw. durch weitere Maßnahmen in diesem Bereich geschlossen werden. Der Einsatz von Wasserstoff im Wärmemarkt ist aus wirtschaftlicher und energiepolitischer Sicht effizient, da

- auf diese Weise bestehende Infrastrukturen weiterhin genutzt werden können,
- klimapolitische Ziele schneller erreicht und zusätzliche Kosten abgewendet werden können;
- der Einsatz von Energieträgern im Gesamtsystem optimiert werden kann (Sektorenkopplung).

Für den Einsatz im Wärmemarkt bestehen geringere Eintrittshürden als in anderen Sektoren. So kann nicht nur die bestehende Gasinfrastruktur des Erdgas-Verteilnetzes weiter genutzt werden, sondern auch vorhandene Endanwendungen im Wesentlichen weiterverwendet werden. Diese sind in vielen Fällen für eine Beimischung von rund 20 % Wasserstoff zum Erdgas geeignet, ohne das erhebliche Umbauten vorgenommen werden müssen. Anwendungen die „H₂-ready“ sind und höhere Beimischungsanteile tolerieren, werden derzeit entwickelt. Die Akzeptanz der Bürger für die Energiewende kann durch den Einsatz von Wasserstoff im Wärmemarkt deutlich unterstützt werden: Rund 50 % der deutschen Haushalte sind an das Gasnetz angeschlossen und können durch die Beimischung von Wasserstoff unmittelbar und ohne gravierende Eingriffe an der Energiewende im Wärmebereich teilhaben. Der Einsatz von Wasserstoff kann zudem helfen, Preissteigerungen abzufedern, die durch die nationale CO₂-Bepreisung zu erwarten sind. Denn die Bepreisung im Brennstoffemissionshandel wird dazu führen, dass der Preis für Erdgas ab 2021 stetig steigen wird. Für Verbraucher, die ein Erdgas-Wasserstoffgemisch beziehen, können die Effekte der Preissteigerungen durch die CO₂-Bepreisung so abgeschwächt werden.

Wasserstoff in weiteren Anwendungen

Energiespeicher

Gerade vor dem Hintergrund einer optimalen Nutzung erneuerbarer Energien bietet Wasserstoff enormes Speicherpotential. Phasen intensiver Solar- und Windstromerzeugung führen schon heute oft zum Abschalten signifikanter Kapazitäten, da diese nicht aufgenommen bzw. im Zeitraum der Erzeugung nicht nachgefragt werden. Durch diesen Umstand gehen große Mengen wertvoller erneuerbarer Energie verloren. Umgekehrt ist u.a. in Zeiten der Dunkelflaute die Nachfrage nach erneuerbarer Energie größer als die zur Verfügung stehenden Erzeugungskapazitäten. Dieses Problem ist bis dato ungelöst. Sowohl mit Blick auf mögliche zusätzliche Kapazitäten als auch hinsichtlich der Umweltbilanz bietet eine Wasserstoff-Speicherung in heutigen Erdgasfernleitungen- und Kavernen das Potential, hier kurzfristig entscheidende Schritte voran zu kommen.

Rückverstromung

Darüber hinaus könnte durch eine intelligente Sektorenkopplung nicht nur eine CO₂-neutrale Rückverstromung erfolgen. Vielmehr ließe sich die im Wasserstoff gebundene Energie ohne signifikante Leitungsneubauten dorthin transportieren, wo sie benötigt wird. So könnten beispielsweise auch Großkraftwerke durch einen Fuel-Switch hin zu Wasserstoff vollständig dekarbonisiert werden.

Regulatorischer Rahmen

Die Bewertung des bestehenden Rechtsrahmens hat gezeigt, dass es mehr als 100 Regelungen gibt, die erneuerbare Gase betreffen. Die meisten davon sind für den Markteintritt von grünen Gasen und Wasserstoff hemmend. Bei dieser Analyse stellte sich heraus, dass im aktuellen Rechtsrahmen begriffliche Unklarheiten bestehen. Zum einen fehlen klare Begriffsbestimmungen für Wasserstoff, zum anderen sind vorhandene Definitionen nicht über den bestehenden Gesetzesrahmen konsistent.

Daher fordern wir die Aufnahme von Wasserstoff in die Systematik der Gasregulierung. Für den nachhaltigen Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft bedarf es zwingend eines schnellen und geordneten Markthochlaufes, der auch den diskriminierungsfreien Zugang sicherstellt. Vor diesem Hintergrund ist es unseres Erachtens zielführend und geboten, Wasserstoff in die bestehende und erprobte Systematik der Gas-Regulierung aufzunehmen. Entsprechende und konkrete Vorschläge dafür wurden von einem breiten Bündnis aus BDI, BDEW, VIK, DIHK und FNB Gas bereits vorgelegt und könnten so kurzfristig auf den Weg gebracht werden. Unabdingbar ist jedoch, dass bei der Umsetzung der in dem Verbändepapier enthaltenen Vorschläge, die Verteilnetze mitberücksichtigt werden. Denn diese spielen wie die Fernleitungsnetze und Gasspeicher, beispielsweise bei der Umstellung bestehender Infrastrukturen auf Wasserstoff, eine sehr wichtige Rolle.

Neben der schnellen Umsetzung bietet dieser Ansatz einen zweiten entscheidenden Vorteil: Durch die Umlage der verhältnismäßig überschaubaren Kosten für den Aufbau der Wasserstoff-Infrastruktur auf alle Netznutzer würden diese Aufwendungen gewissermaßen sozialisiert (analog L-/H-Gas-Umstellung). Insgesamt könnte so die finanzielle Grundlage für einen gesamtgesellschaftlichen Konsens zur flächendeckenden Dekarbonisierung der Gasversorgung geschaffen werden.

Zudem erachten wir einen gemeinsamen Netzentwicklungsplan (NEP) für Strom und Gas für ausgesprochen sinnvoll. Für das Gelingen einer kosteneffizienten Energiewende ist eine gemeinsame, langfristige und integrierte Netzplanung Strom und Gas unabdingbar. Nur so lassen sich beide Systeme optimal aufeinander abstimmen und erneuerbare Energien im Rahmen einer intelligenten Sektorkopplung optimal ins bestehende Gesamtsystem integrieren. Darüber hinaus könnten teure Doppelstrukturen und unnötige Leitungsneubauten minimiert werden (Energietransport von Nord nach Süd via Molekül durch bestehende Leitungen). So ließe sich auch die gesellschaftliche Akzeptanz deutlich steigern.

Das DVGW-Regelwerk wird bundeseinheitlich alle sicherheitsrelevanten Aspekte im Kontext Wasserstoff als Energiegas abdecken. Das betrifft sowohl 100% Wasserstofftechniken als auch Mischformen (CH₄-H₂). Nach der Aufnahme von Wasserstoff in das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) bedarf es daher im Bereich der Sicherheit keiner zusätzlichen staatlichen Regelungen (Vgl. Vermutungsregelung für das DVGW-RW §49 EnWG). Es ist dringend erforderlich, dass Wasserstoff in all seinen Erzeugungsformen und sowohl als Beimischung als auch beim alleinigen Transport/Verteilung in Gasleitungen in den Regelungsbereich des § 49 EnWG aufgenommen wird.

Bildung und Forschung

Der DVGW unterstützt im Rahmen seiner Fort- und Weiterbildungen, Öffentlichkeitsarbeit und Modellprojekte die Bemühungen, das gesamtgesellschaftliche Bewusstsein für die Vorteile von Wasserstoff zu fördern. Wir gehen jedoch auch davon aus, dass sich die notwendige breite Akzeptanz in der Bevölkerung und Wirtschaft nur dann einstellen wird, wenn entsprechende Technologien ebenfalls in der Breite zum Einsatz kommen. Mit Blick auf den Grad der Ausgereiftheit von Wasserstoffanwendungen sollte der Fokus daher stärker auf einem flächendeckenden Einsatz gelegt werden.

Im Bereich der beruflichen Fort- und Weiterbildung bietet der DVGW als Dienstleister bereits heute eine Reihe von Veranstaltungen zum Thema Wasserstoff an. Dies umfasst u.a. Veranstaltungsformate wie den „Workshop Wasserstoff“, das „1 x 1 des Wasserstoffes“ und „Gasinfrastruktur für Erdgas-H₂-Gemische“. Der DVGW erarbeitet derzeit zudem ein speziell auf Wasserstoff zugeschnittenes Bildungs- und Informationskonzept. Hierbei bestehen einerseits Anknüpfungspunkte an das bereits erfolgreich etablierte Schulungsprogramm Gas, andererseits werden im Zuge der wasserstoffbezogenen Überarbeitung und Ergänzung des DVGW-Regelwerks neue und innovative Bildungsangebote zu Wasserstoff-Themen konzipiert.

Die Förderung von Forschung und Entwicklung ist eine weitere Kernaufgabe des DVGW und dezentral organisiert. Insgesamt neun Forschungsinstitute des DVGW verbinden wissenschaftliche Expertise und Hochschulpartnerschaften mit der Praxis der Gas- und Wasserwirtschaft. Dabei ergänzen sich die einzelnen Institute komplementär in ihren Kompetenzen und bilden ein umfassendes Netzwerk rund um die Themengebiete Gas, Energie und Wasser. In Nordrhein-Westfalen begleitet das Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. als gemeinnütziges und unabhängiges Forschungsinstitut die Energiethemen der Zukunft mit dem Schwerpunkt der Technologien rund um die Gase der öffentlichen Gasversorgung in Zusammenarbeit mit dem DVGW.

Mit der Energiewende hat sich das GWI zu einem technologieoffenen Energie-Institut weiterentwickelt, das im Rahmen seiner anwendungsnahen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in zahlreichen Forschungsprojekten auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene sowie der direkten Zusammenarbeit mit der Industrie involviert ist. Durch die enge Verzahnung zwischen den Abteilungen Forschung und Entwicklung, Bildungswerk, Prüflabor und Marktraumumstellung hat das GWI mit seinem Know-how weitreichende Möglichkeiten geschaffen, die Transformation des Energiesystems von der Erzeugung über den Transport bis zur Endanwendung auf verschiedenen Ebenen zu unterstützen. Forschungsschwerpunkte des GWI umfassen die Themen Power to X (Power to Gas – H₂, SNG; Power to Heat; Power to Fuels etc.), Gas- und Wärmenetze der Zukunft, Gasbeschaffenheit und Versorgungssicherheit sowie innovative Gasanwendungstechnologien, die vom Maßstab der Haushaltsebene bis hin zu großindustriellen Anwendungen reichen. Durch die Entwicklungen der letzten Jahre sind besonders Forschungsthemen wie die systemübergreifende Energieeffizienz Betrachtung und die Entwicklung hochflexibler Energie-Technologien in den Fokus des Interesses gerückt.

Das GWI ist im Rahmen seiner Forschung und Entwicklungsarbeit in mehrere Projekte zum Thema Flexibilisierung des zukünftigen Energiesystems auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene involviert. Darüber hinaus bringt das GWI durch seine anwendungsnahen Forschungsaktivitäten große Erfahrung bei Feldtest- und Demonstrationsprojekten sowie dem Monitoring mit. Das GWI und der DVGW stehen der Landesregierung von NRW gerne bei Fragen zu Wasserstoff und weiteren gasspezifischen Themen zur Verfügung.

Ansprechpartner im Bereich Wasserstoffforschung beim Gas- und Wärme-Institut Essen

Herr Dr. rer. nat. Manfred Lange
Koordinator Forschung & Entwicklung
Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
Hafenstraße 101 | 45356 Essen
T: 0201 / 36 18-273
E-Mail: lange@gwi-essen.de

Tabelle 3: Forschungsprojekte des GWI im Bereich Wasserstoff

Projektname	Kurzbeschreibung
EU-Ebene	
THyGA	THyGA zielt darauf ab, Wissenslücken in Bezug auf H2NG-Mischungen zu schließen, geeignete Regelwerke und Normen zu identifizieren und zu empfehlen, die modifiziert oder angepasst werden sollten, um den Anforderungen für neue und bestehende Geräte gerecht zu werden. Horizon 2020, Agreement No 874983 .
STORE&GO	Das Projekt STORE&GO demonstriert, wie grünes Methan, das durch die Power-to-Gas-Technologie erzeugt wird, ein Schlüsselement für die sektorübergreifende Energiewende darstellt. Horizon 2020, Agreement No 691797 .
ENE.FIELD	Im Rahmen des Projektes ENE.FIELD wurde mehr als 1.000 Brennstoffzellen (MikroKWK) in zehn europäischen Schlüsselländern installiert. Horizon 2020, Agreement No 303462 .
Bundesebene	
H2-Substitution	Untersuchung der Auswirkung von Wasserstoff-Zumischung ins Erdgasnetz auf industrielle Feuerungsprozesse in thermoprozesstechnischen Anlagen, Förderung durch AiF, Förderkennzeichen 18518 N .
H2-Substitution II	Untersuchung der Auswirkung von H2-Zumischungen ins Erdgasnetz auf industrielle Feuerungsprozesse in thermoprozesstechnischen Anlagen – Auswirkungen auf die Produktqualität und die gasführende Installation, Förderung durch AiF, Förderkennzeichen 20803N
KonStGas	Integration fluktuierender erneuerbarer Energien durch konvergente Nutzung von Strom und Gasnetzen, Förderung durch BMWi, Förderzeichen 0325576
MuSek	Modellbasierte Analyse der Integration erneuerbarer Stromüberschüsse durch die Kopplung der Stromversorgung mit Wärme-, Gas- und Verkehrssektor, Förderung durch BMWi, Förderkennzeichen 03ET4038C
IntegraNet	Integrierte Betrachtung von Strom-, Gas- und Wärmesystemen zur modellbasierten Optimierung des Energieausgleichs- und Transportbedarfs innerhalb der deutschen Energienetze, Förderung durch BMWi, Förderkennzeichen 0324027B
Landesebene	
GWI Demonstrationszentrum	VI SGW: Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme, Förderung durch Land NRW, Förderkennzeichen 313-005-2014-506
	K-Z VI SGW: Kompetenz-Zentrum Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme, Förderung durch Land NRW, Förderkennzeichen EFRE-0400111
	Das Virtuelle Institut bietet eine Infrastruktur, in der Anlagen und Technologien verschiedener Partner kombiniert und integriert werden können, um Flexibilitätsoptionen zu analysieren.
EnerPrax	Energiespeicher in der Praxis - Technikumsanlage zur Energietransformation und -speicherung, Förderung durch Land NRW, Förderkennzeichen EFRE-0800602
EnerRegio	Modellhafte und netzstabilisierende Energiesysteme in ländlichen Regionen, Förderung durch Land NRW, Förderkennzeichen EFRE-0801827
Projekte mit Förderung durch den DVGW	
Roadmap Gas 2050	Entwicklung einer Roadmap zur Umsetzung des DVGW-Energie-Impulses bis zum Jahr 2050. Förderkennzeichen G 201824 N .
2-20 (Avacon)	Wasserstoff in der Gasinfrastruktur: DVGW/Avacon-Pilotvorhaben mit bis zu 20 Vol. % Wasserstoff-Einspeisung in Erdgas. Förderkennzeichen G 201902 .
H2 im Gasverteilnetz	Untersuchungen zur Einspeisung von Wasserstoff in ein Erdgasverteilnetz – Auswirkungen auf den Betrieb von Gasanwendungstechnologien im Bestand, auf Gas-PlusTechnologien und auf Verbrennungsregelungsstrategien. Förderkennzeichen G 201205 .
TRGI	Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI. Förderkennzeichen G 201615 .
Gesamtpotenzial EE	Ermittlung des Gesamtpotentials erneuerbarer Gase zur Einspeisung ins deutsche Erdgasnetz. Förderkennzeichen G 201710 .
SMARAGD	Technisch-ökonomische Modellierung eines sektorengekoppelten Gesamtenergiesystems aus Gas und Strom unter Fortschreibung des regulatorischen Rahmens. Förderkennzeichen G 201615 .
Potentialstudie PtG	Potentialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen. Förderkennzeichen G 201617 .
GuStaV	Kombinierte Gas- und Stromnetzautomatisierung auf Verteilnetzebene. Förderkennzeichen G 201616 .

Quelle: Eigene Darstellung.

Ausblick und Handlungsempfehlungen

Für die Entwicklung der Wasserstoff-Roadmap für Nordrhein-Westfalen ergeben sich die folgenden Handlungsoptionen:

1. **Ausschöpfung aller Potentiale bei der emissionsarmen Wasserstoffherzeugung:** Um einen schnellen Markthochlauf einer Wasserstoffwirtschaft in Nordrhein-Westfalen zu ermöglichen, sollte die Wasserstoff-Roadmap alle Formen von emissionsarmem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten berücksichtigen. Dazu zählen neben grünem vor allem blauer und türkiser Wasserstoff sowie Biomethan und grünes Synthesegas. Die Landesregierung sollte einen technologieoffenen Einsatz der verschiedenen Wasserstoff- und Gaserzeugungstechnologien ermöglichen.
2. **Verwendung der bestehenden Infrastruktur:** Nordrhein-Westfalen muss neben der inländischen Wasserstoffindustrie parallel Importstrukturen für CO₂-freien Wasserstoff entwickeln und aufbauen. Um die Kosten dieses Infrastrukturausbaus zu begrenzen, sollte wo immer möglich die bestehende Infrastruktur genutzt werden. Die Wasserstoff-Roadmap sollte insbesondere Maßnahmen für den Verkehrssektor umfassen, die den Ausbau der Tankstelleninfrastruktur adressieren.
3. **Stärkere Berücksichtigung des Wärmemarktes:** Der Einsatz von Wasserstoff im Wärmemarkt hat hohe Potentiale in Bezug auf die Minderung von THG-Emissionen und kann einen sinnvollen Beitrag zur Sektorenkopplung leisten. Die Landesstrategie sollte einen Mehrwert zur europäischen und zur nationalen Wasserstoffstrategie bilden und eigene Maßnahmen für diesen Bereich definieren, der bislang zu wenig Beachtung findet.
4. **Verstärkter Einsatz von Wasserstoff und grünen Gasen im Verkehr:** Damit die Klimaschutzziele im Verkehrsbereich erreicht werden können, sind kurzfristige Maßnahmen erforderlich. Neben dem Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen kann ein verstärkter Markthochlauf von methanbasierten Kraftstoffen aus erneuerbaren Quellen einen solchen zeitnahen Beitrag zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors leisten.

Anhang I: Systematisierung der Familie der klimafreundlichen Gase

