

Umstellung von Gasverteilnetzen auf Wasserstoff – Teil 2

Praxiserfahrungen von Netzbetreibern

Mit der **Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes im Jahr 2021** ist die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Wasserstoff in das deutsche Energierecht aufgenommen worden. Die Energiewirtschaft sieht sich in diesem Zusammenhang **vor die Aufgabe gestellt, das über 500.000 km lange Gasverteilnetz der Bundesrepublik langfristig auf den Energieträger Wasserstoff umzustellen**. Der vorliegende zweite Teil der Beitragsreihe befasst sich in diesem Zusammenhang **mit den Erfahrungen, die verschiedene Netzbetreiber im Rahmen von Pilotprojekten auf der Verteilnetzebene gesammelt haben, und leitet daraus Anpassungsbedarfe für das DVGW-Regelwerk ab**.

von: Werner Weßing (Office for Green Gas), Tonish Pattima (DVGW e. V.), Torsten Lotze (Avacon Netz GmbH), Manuel Behlke (Gelsenwasser Energienetze GmbH), Frank Birmes (Mainzer Netze GmbH), Dr. Heike Grüner (Netze BW GmbH), Jörg Leweling (Westnetz GmbH), Tom Lindemann (Hamburger Energiewerke GmbH), Felix Schönwald (Rheinische NETZGesellschaft mbH) & Mathias Stierstorfer (Energienetze Bayern GmbH & Co. KG)

Die Vorbereitungen und Planungen der deutschen Netzbetreiber hinsichtlich der Transformation ihrer Gasverteilnetze ist über den Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP)-Prozess (vgl. DVGW-Merkblatt G 2100) in vollem Gange. Sowohl in diesem als auch im DVGW-Regelwerk verankerten Planungsprozess analysieren die Netzbetreiber die Bedarfe ihrer Kunden, die dezentrale Einspeisesituation, die Entwicklung der Wasserstoffbereitstellung durch vorgelagerte Netzbetreiber und die technische Eignung ihrer Netze für Wasserstoff.

In Teil eins dieser Fachbeitragsreihe (vgl. Ausgabe 03/2024) wurde die Herangehensweise für die Umstellung von Gasleitungen auf Wasserstoff bis 16 bar Betriebsdruck unter Berücksichtigung der beiden DVGW-Merkblätter G 407 und G 408 anhand von detaillierten Ablaufdiagrammen näher beleuchtet. In dem vorliegenden zweiten Teil gewähren Netzbetreiber Einblicke in ihre Wasserstoffpilotprojekte. Auf Grundlage dieser und aktueller Forschungsergebnisse wurde ein H₂-Readiness-Übersichtsdiagramm

für das Gasverteilnetz erstellt. Im dritten Teil des Fachbeitrags werden umfangreiche Materialanalysen und deren Ergebnisse aus Forschungs- und Entwicklungsprojekten des DVGW auf Wasserstoffverträglichkeit vorgestellt. Im vierten und letzten Teil dieser Fachartikelreihe soll dann eine Umstellung eines ausgewählten Netzes bis zur Hauptabsperreinrichtung (HAE) unter starkem Praxisbezug simuliert werden.

Pilotprojekte auf Verteilnetzebene

Bereits heute werden in Deutschland zahlreiche Projekte umgesetzt, die das Potenzial von Wasserstoff als Energieträger demonstrieren. Im Wasserstoffbericht nach § 28q des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) wurden 2022 viele Pilotprojekte von den energiewirtschaftlichen Verbänden auf der Ebene der Gasverteilnetze erfasst. Davon sollen bis Ende 2024 insgesamt 15 Pilotprojekte umgesetzt werden. Diese tragen nicht nur maßgeblich zur Energiewende bei, sondern fungieren auch als Innovationstreiber und Wegbereiter für neue Technologien und Standards.

Herangehensweise und Umstell- erfahrungen der Netzbetreiber

Pilotprojekte

Im Rahmen des vorliegenden Fachbeitrags wurden insgesamt neun abgeschlossene/im Betrieb befindliche Pilotprojekte herangezogen und gemeinsam mit den Projektleiterinnen und -leitern die Herangehensweise sowie die Umstell- und Betriebserfahrungen zusammengetragen.

H2Direkt

Im Rahmen des Pilotprojekts H2Direkt im oberbayerischen Markt Hohenwart haben Energie Südbayern, Energienetze Bayern und die Thüga AG ein bestehendes Erdgas-Verteilnetz auf 100 Volumenprozent (Vol.-%) Wasserstoff umgestellt. Insgesamt zehn Haushalte und ein Gewerbekunde sind dabei an das umgestellte Netz angeschlossen. H2Direkt wird als Teil des Leitprojekts TransHyDE mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Projektpartner demonstrieren eine erneuerbare Energieversorgung, die zukünftige Nutzung und den Betrieb der bestehenden Gasverteilnetze mit 100 Vol.-% Wasserstoff.

Baujahr	2017	
Anzahl der Letztverbraucher	10 (privat) 1 (Gewerbe)	
Länge der Netze	1,2 km	
Material	PE	100 %
	Stahl	0 %
	Andere	0 %
Betriebsdruck der Netze	0,25 bar – 16 bar	
Austausch von Komponenten/ Bauteile	nein	
Austausch von Kundengeräten	Ja, die bestehenden Brennwertgerä- te wurden durch neue, 100 Prozent H ₂ -taugliche Brennwertgeräte ersetzt.	
Welche DVGW-Regelwerke wurden herangezogen?	G 221, G 260, G 265-3, G 280, G 408, G 465-1, G 468-1, G 469, G 472, G 600, G 655, G 280, Information GAS Nr. 25	
Fazit	Die Umstellung hat reibungslos funktioniert. Im Fokus des Projekts steht die Wasserstofftauglichkeit der bestehenden Infrastruktur, im Netz und in den Kellern. Sie zei- gen im laufenden Betrieb keinerlei Auffälligkeiten.	

Aktuell wird der Wasserstoff über Trailer angeliefert, in der Wasserstoff-Druckregel- und Messanlage auf den Betriebsdruck von 0,25 bar geregelt, mit Tetrahydrothiophen (THT) über eine Mini-Odoranlage odoriert und anschließend ins Verteilnetz eingespeist. Die Länge des Verteilnetzes (MOP 1, DP 5, Material PE 100-RC) beträgt ca. 1,2 km. Im Rahmen einer detaillierten Voruntersuchung und Überprüfung der verbauten Materialien wurde für jedes Bauteil eine gültige Herstellererklärung zur Verwendung mit 100 Vol.-% Wasserstoff eingeholt. Zudem wurde gemäß dem DVGW-Merkblatt G 408 ein Rohrstück aus dem Verteilnetz entnommen und mittels SH-Test sowie OIT-Messung untersucht. Ein akkreditiertes Labor bescheinigte die Verwendung mit 100 Vol.-% Wasserstoff, sodass im Verteilnetz keine Bauteile ausgetauscht werden mussten. Im Rahmen der Umstellung wurden lediglich die Gaszähler aufgrund der geringeren Energiedichte von Wasserstoff und des damit verbundenen höheren Volumenstroms von der Zählergröße G4 auf G6 getauscht sowie die bestehenden Erdgas-Endgeräte ausgebaut und durch 100-Vol.-%-Wasserstoffthermen ersetzt.

Gemäß den Vorgaben aus dem DVGW-Merkblatt G 221 wurde direkt vor der Umstellung auf Wasserstoff eine Gasrohrnetzüberprüfung durchgeführt. Diese bestätigte die Dichtigkeit. An den Umstelltage wurde das Verteilnetz gasfrei gespült, eine Druckprüfung mit Luft durchgeführt, im Anschluss mit Stickstoff inertisiert und dann mit Wasserstoff beaufschlagt. Direkt nach der Umstellung wurde die Dich-

tigkeit des Verteilnetzes erneut mittels einer Gasrohrnetzüberprüfung nachgewiesen. Der Umstellprozess wurde eng von einem entsprechend zugelassenen DVGW-Sachverständigen begleitet und durch den Vertragspartner für Rohrleitungsbau – zertifiziert auf Basis des DVGW-Arbeitsblattes GW 301 – umgesetzt.

Die verantwortlichen Mitarbeiter der zuständigen Betriebsstelle wurden entsprechend qualifiziert, in ihrem jeweiligen Einsatzbereich geschult und anhand der internen, neu erstellten Gefährdungsbeurteilungen und Betriebsanweisungen für Wasserstoff unterwiesen. Die wiederkehrenden Prüfungen im Verteilnetz (Rohrnetzüberprüfung, Messung Odorrates, Begehung durch Betriebspersonal) zeigen keine Auffälligkeiten. Der bestehende Netzabschnitt und die Endgeräte werden seit September 2023 sicher mit 100 Vol.-% Wasserstoff betrieben.

H2HoWi

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „H2HoWi“ der Westenergie soll zeigen: Die bestehende Verteilnetzinfrastruktur kann auch ohne aufwendige Anpassungen für den Transport von reinem Wasserstoff genutzt werden.

Baujahr	2022	
Wasserstoffkonzentrationen	100 Vol.-%	
Anzahl der Letztverbraucher	0 (privat) 4 (Gewerbe)	
Länge der Netze	0,525 km	
Material	PE	95,2 %
	Stahl	3,8 %
	PA	1,0 %
Betriebsdruck der Netze	0,3 bar – 3 bar	
Austausch von Komponenten/ Bauteile	nein	
Austausch von Kundengeräten	ja (4)	
Welche DVGW-Regelwerke wurden herangezogen?	Sinngemäß wurden die einschlägigen Regelwerke für Erdgas in Ab- sprache mit dem TÜV angewendet.	
Fazit	Während des Betriebs mit Wasser- stoff sind keine Auffälligkeiten aufgetreten.	

Westnetz hat eine vorhandene Mitteldruck-Erdgasleitung vom Verteilnetz getrennt und an einen Wasserstoffspeicher angeschlossen. Dieser wird mit klimaneutralem Wasserstoff der Qualität 3.0 (Reinheit 99,9 Prozent) gefüllt, der bei einem Druck von maximal 40 bar gespeichert wird. Über eine Armaturentafel wird der Druck auf 3 bar reduziert und zu einer neu gebauten GDRM-Anlage transportiert, die den Druck mit Standardkomponenten auf 0,3 bar regelt. Wie das Erdgas in der öffentlichen Gasversorgung auch, wird der Wasserstoff mit dem Geruchsstoff THT versehen, wobei ►

die Einbringung des Odorstoffs in dieser Anlage über eine von einem Westnetz-Mitarbeiter patentierte Impfdüse erfolgt. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „H2HoWi“ wird vom Deutschen Brennstoffinstitut Freiberg begleitet. Um die bestehende Infrastruktur auf ihre Eignung für den Betrieb mit Wasserstoff zu untersuchen, wurden Permeationsmessungen an unterschiedlichen Übergangsformteilen aus Polyethylen (PE), Polyamid (PA) und Stahl durchgeführt. Die Eignung der Verbinder für den Betrieb mit Wasserstoff konnte nachgewiesen werden. Gemeinsam mit dem TÜV wurde die neue Anschlussleitung und die bestehende, seit 20 Jahre in Betrieb befindliche PE-Leitung einer Druckprüfung unterzogen.

Neben der Umstellung der Erdgasleitung waren auch Anpassungen bei den drei beteiligten Kunden erforderlich. Es wurden neu entwickelte, wasserstofftaugliche Brennwertgeräte des Unternehmens installiert. Diese haben eine Leistung von 24 Kilowatt und verbrennen den reinen Wasserstoff nahezu emissionsfrei.

Ein besonderer Schwerpunkt des Projektes lag auf der Ermittlung und Entwicklung von Schulungsmaßnahmen für das Betriebspersonal. Die Schulungen zum betrieblichen Umgang mit Wasserstoff wurden gemeinsam mit dem Aus- und Weiterbildungszentrum der Westnetz in Niederzier entwickelt und werden nun regelmäßig durchgeführt.

Die Betriebserfahrung seit Oktober 2022 ist, dass alle Elemente der H₂-Infrastruktur bislang ohne wesentliche technische Mängel oder betriebliche Auffälligkeiten waren. Nur der erhöhte Zeitaufwand für die Inertisierungsschritte im Rahmen der Wartung und die mitunter neuen Messgeräte müssen bei zukünftigen Instandhaltungsplanungen der Wasserstoffinfrastruktur berücksichtigt werden.

H₂-MiX

Im Rahmen des Pilotprojekts H₂-MiX ist einem bestehenden L-Gasnetz in den Erftstädter Stadtteilen Niederberg und Borr sowie im Gewerbegebiet Friesheim über einen Zeitraum von einem Jahr bis zu 20 Vol.-% Wasserstoff beigemischt worden. Dabei kam das Wasserstoff-Erdgas-Gemisch sowohl in Privathaushalten als auch im Gewerbe zur Wärmeversorgung zum Einsatz. Die H₂-Konzentration wurde dazu beginnend mit 10 Vol.-% stufenweise erhöht (10 Vol.-%, 15 Vol.-%, 20 Vol.-%). Um den sicheren Betrieb der Netze zu garantieren, ist sowohl vor der initialen Beimischung als auch nach jeder Erhöhung zusätzlich eine Gasrohrnetzüberprüfung durchgeführt worden. Das für das Projekt ausgewählte Netzgebiet eignet sich aufgrund der Netzstruktur und des Alters besonders gut für das Pilotprojekt. Die knapp 100 Netzanschlüsse setzen sich ausschließlich aus Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie Gewerbekunden zusammen und verteilen sich auf insgesamt 9,5 km Leitungslänge. Bei dem ab dem Jahr 2007 errichteten Netzabschnitt handelt es sich um ein unter 0,4 bar betriebenes, endständiges Netz, welches vollständig aus dem Werkstoff PE 100 besteht. Auf-

grund einer vorangehenden, eingehenden betriebstechnischen Analyse wurde in Abstimmung mit Sachverständigen des TÜV Rheinland auf eine zusätzliche Druckprüfung vor dem Start der Beimischung verzichtet. Dementsprechend war es auch nicht erforderlich, netzseitig Komponenten oder Bauteile auszutauschen. Auf Empfehlung der jeweiligen Gerätehersteller wurden drei der Kundenanlagen vorsorglich ausgetauscht, deren sicherer Betrieb allerdings auch unter reinem Erdgas zweifelhaft gewesen wäre.

Baujahr	2007-2016	
Wasserstoffkonzentrationen	20 Vol.-%	
Anzahl der Letztverbraucher	95 (privat) 3 (Gewerbe)	
Länge der Netze	9,5 km	
Material	PE	100 %
	Stahl	0 %
	Andere	0 %
Betriebsdruck der Netze	0,4 bar	
Austausch von Komponenten/ Bauteile	nein	
Austausch von Kundengeräten	ja (3 Stück)	
Welche DVGW-Regelwerke wurden herangezogen?	G 221, G 260, G 408, G 685	
Fazit	Im Zeitraum der Wasserstoffbeimischung sind weder im Netz noch an den Kundenanlagen nennenswerte Auffälligkeiten aufgetreten.	

Nach der über einjährigen Betriebszeit sowie dem Durchlaufen von zwei Heizperioden können die drei Partner GVG Rhein-Erft, Rheinische NETZGesellschaft und TÜV Rheinland ein durchweg positives Fazit ziehen: Alle beteiligten 98 Kundenanlagen liefen unter der Wasserstoffbeimischung einwandfrei; es gab weder Probleme bei der Verbrennung noch Undichtigkeiten in den Leitungen oder an den Armaturen. In der Folge kann festgehalten werden, dass eine H₂-Beimischung im Verteilnetz technisch umsetzbar ist. Da im untersuchten Netzgebiet allerdings noch keine leitungsgebundene Wasserstoffquelle vorhanden und somit auch keine nachhaltige Versorgung mit H₂ gewährleistet ist, wird das Gebiet seit Beginn des Jahres wieder mit reinem Erdgas versorgt.

Wasserstoff-Insel Öhringen

Wie werden wir zukünftig in den eigenen vier Wänden kochen und heizen? Welche Rolle wird Wasserstoff dabei spielen? Die Netze BW GmbH, größter Verteilnetzbetreiber in Baden-Württemberg, kurbelte mit dem Projekt „Wasserstoff-Insel Öhringen“ das Tempo in der Wärmewende ordentlich an. Nach rund vierjähriger Projektlaufzeit endet das Leuchtturmprojekt mit positiver Bilanz und einer klaren Botschaft: Ohne Wärmewende keine Energiewende.



Abb. 1: Einspeiseanlage mit H₂-Speicherbatterie

Baujahr	ab 1989	
Wasserstoffkonzentrationen	30 Vol.-%	
Anzahl der Letztverbraucher	26 (privat) 1 (Gewerbe)	
Länge der Netze	1,11 km	
Material	PE/PEX	99,6 %
	Stahl	0,4 %
	Andere	0,0 %
Betriebsdruck der Netze	0,07 bar und 0,7 bar	
Austausch von Komponenten/ Bauteile	nein	
Austausch von Kundengeräten	ja (6)	
Welche DVGW-Regelwerke wurden herangezogen?	G 408 (Entwurfassung) Hydrogen Pipeline Systems, IGC DOC 121/1, European Industrial Gases Association AISBL (EIGA)	
Fazit	Während des Betriebs mit Wasserstoffbeimischungen sind keine Auffälligkeiten aufgetreten.	

Schauplatz des Reallabors war Öhringen, eine Stadt im Nordosten Baden-Württembergs. Ein örtlich begrenztes Gebiet wurde hier vom bestehenden Erdgasnetz abgetrennt

und eigenständig versorgt – quasi wie eine Insel innerhalb des Netzes. In diesem „Inselgebiet“, zu dem eine selbstgenutzte Liegenschaft der Netze BW (Phase 1: Mischgas-Versorgung ab November 2021) und 26 angrenzende Haushalte (Phase 2: Mischgas-Versorgung ab Sommer 2023) gehörten, wurde einem rund 0,5 km langem Abschnitt im Erdgasnetzverteilstück Schritt für Schritt bis zu 30 Vol.-% Wasserstoff beigemischt, wobei der benötigte Wasserstoff mithilfe eines Elektrolyseurs vor Ort erzeugt wurde. Die Gasversorgung mit dem Gemisch hat störungsfrei funktioniert – ohne jegliche Komforteinbußen. Aufwendige Anpassungen der bestehenden Infrastruktur waren weder bei der Netze BW in Bezug auf das Gasnetz noch bei den Letztverbraucherinnen und -verbrauchern hinsichtlich ihrer Gasthermen und Gasherde erforderlich.

Ein besonderes technisches Detail bei diesem Vorhaben ist, dass das bis zu 35 Jahre alte Bestandsnetz in den Straßen aus Kunststoff (PE-Rohren) besteht. Die Beimischung von Wasserstoff ins Erdgasnetz von bis zu 30 Vol.-% war unter Betrachtung der verwendeten Materialien und zulässigen Druckklassen problemlos möglich. Aufgrund der Gegebenheiten vor Ort erfolgte der Betrieb des Gasverteilnetzes hin zur Liegenschaft mit 0,7 bar, in den angrenzenden Straßen ab der Phase 2 mit 70 mbar. Vor und nach der Beimischung von Wasserstoff wurde jeweils eine Gasrohrnetzüberprüfung ohne Befund durchgeführt. ▶



Quelle: die Autoren

Abb. 2: Mischanlage (links), Elektrolyseur (mittig) und Reservespeicher (rechts)



Quelle: die Autoren

Abb. 3: Mischanlage von innen: Wasserstoff (rote Leitung), Erdgas (gelbe Leitung), Mischgas (grüne Leitung)

H2-20

In einem Teilnetz in Sachsen-Anhalt hatte Avacon ein in Deutschland einmaliges Projekt in einem Gasverteilnetz durchgeführt: Im Bereich Schopisdorf im Jerichower Land wurde dem Erdgas erstmals ein Anteil von bis zu 20 Vol.-% Wasserstoff beigemischt. Das Pilotprojekt markiert einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg in ein klimafreundliches Energiesystem.

Baujahr	1994/1995	
Wasserstoffkonzentrationen	20 Vol.-%	
Anzahl der Letztverbraucher	350 (privat) 1 (Gewerbe)	
Länge der Netze	45 km	
Material	PE	97,8 %
	Stahl	2,2 %
	Andere	0,0 %
Betriebsdruck der Netze	1 bar	
Austausch von Komponenten/ Bauteile	/	
Austausch von Kundengeräten	/	
Welche DVGW-Regelwerke wurden herangezogen?	Wasserstoffregelwerk zu dem Zeitpunkt nicht vorhanden. Die einschlägigen Regelwerke für Erdgas wurden sinngemäß angewandt.	
Fazit	Während des Betriebs mit Wasserstoffbeimischungen sind keine Auffälligkeiten aufgetreten.	

Der Netzabschnitt im Bereich Schopisdorf eignete sich vor allem deshalb für das Projekt, weil die dort verbaute Netzinfrastruktur repräsentativ für das gesamte Avacon-Gasverteilnetz ist und die Ergebnisse somit übertragbar sind. Bei dem Netzabschnitt handelt es sich um ein Mitteldruck-Verteilnetz mit einer Leitungslänge von rund 45 km, das rund 350 Netzanschlussnehmer versorgt.

Das gemeinsam mit dem DVGW durchgeführte Projekt hat gezeigt, dass es möglich ist, Wasserstoff in einem deutlich höheren Anteil in ein bestehendes Gasnetz einzuspeisen, als vom Regelwerk zu diesem Zeitpunkt vorgesehen.

Bevor mit der Beimischung begonnen wurde, wurden bei allen Kunden die verbauten Gasgeräte auf Betriebs- und Sicherheitstechnik überprüft. Zusätzlich wurden alle Bauteile im Netzabschnitt, einschließlich der gesamten Installation bei den Kunden bis zum Abgasstutzen, aufgenommen und in Abstimmung mit den Geräteherstellern auf Wasserstoffverträglichkeit geprüft.

Die Wasserstoff-Beimischung in das Gasnetz verlief erfolgreich: Die Einspeisung von Wasserstoff erfolgte stufenweise in Fünf-Prozent-Schritten (10, 15 und 20 Vol.-%) bis zu

einem Maximum von 20 Vol.-% über die Heizperioden 2021/22 und 2022/23. Die erste Phase mit 20 Vol.-% Wasserstoff wurde zum Ende der Heizperiode 2022 erreicht und dauerte vier Wochen. Eine weitere Phase mit 20 Vol.-% Wasserstoff fand in der Heizperiode 2022/23 über mehrere Wochen statt.

Das Projekt H2-20 umfasste die Bewertung des Gasnetzes und der Komponenten des Netzbetreibers aller gasführenden Teile – von der Einspeiseanlage bis zum Gaszähler in den Gasinstallationen. Das Gasverteilnetz in der Modellregion Fläming erstreckte sich ab der Einspeiseanlage über ca. 44 km PE-Rohr und ca. 1 km Stahlrohr in der Druckstufe DP 1. Die Kunststoffrohre bestanden aus den Werkstoffen PE 80, PE 100 und PE 100-RC, bei denen unter den gegebenen Einsatzbedingungen bezüglich Druck und Temperatur keine Einschränkungen einschließlich für 100 Vol.-% H₂ festgestellt wurden. Nach umfassenden Analysen wurde auch die Wasserstoffverträglichkeit für die bestehenden Stahlrohre bestätigt. Dies deckt sich auch mit den neuen DVGW-Forschungsergebnissen aus dem F&E-Projekt „BAG464“.

Die Gesamtzahl der Absperrarmaturen im Gasnetz belief sich auf 104. Diese Armaturen umfassten hauptsächlich Hausanschluss- und Streckenschieber sowie zwei Gaskugelhähne. Die Materialien, die mit dem Gas in Berührung kommen – darunter Elastomerdichtungen (NBR), Stützhülsen, Keilführungen (POM), Spindeln, Spindellagerungen, Keilmutter, PE-Rohrenden (PE 100) und Gehäusebeschichtungen (Epoxidharz) – wurden mithilfe der Materialsteckbriefe aus dem VNB H₂-Kompendium (heute: DVGW verifHy) und umfangreicher Literatur bewertet.

Technisch dichte Systeme (gilt sowohl für die äußere als auch innere Dichtheit) für Erdgas bleiben auch bei Beimischung von Wasserstoff bzw. Einsatz von reinem Wasserstoff dicht, wenngleich eine geringfügig höhere Fließrate gegenüber Erdgas/Methan zu erwarten ist. Somit konnten die Armaturen für den Einsatz von Wasserstoff und von Erdgas-Wasserstoff-Gemischen als geeignet eingestuft werden. Um dies mit Messdaten auch für die Bestandsarmaturen zu belegen, wurden vor der Einspeisung fünf Armaturen stichprobenartig ausgebaut, untersucht und die Ergebnisse mit den Herstellern diskutiert. Auch hier konnte für die untersuchten Armaturen eine H₂-Beständigkeit bis 100 Vol.-% nachgewiesen werden.

Das eingesetzte Odoriermittel Spotleak 1005 ist nach allgemeinem Kenntnisstand gegenüber Wasserstoff beständig. Wasserstoff hat des Weiteren keinen olfaktorischen Einfluss auf die Wahrnehmbarkeit bzw. Riechbarkeit des Gases. Zur Kontrolle wurden während der Einspeisephase mit 20 Vol.-% H₂ olfaktorische Messungen an ausgewählten Stellen im Netz durchgeführt. Im betrachteten Gasverteilnetz konnte nach den bisherigen Analysen keine Kontraindikation für den Einsatz von Wasserstoff gemäß der neuen ►

5. Gasfamilie oder von Erdgas-Wasserstoff-Gemischen gemäß der 2. Gasfamilie nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 gefunden werden. Zusätzliche Gasrohrnetzüberprüfungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 begleiteten die Einspeisephase, um den einwandfreien Netzbetrieb mit den Messergebnissen zu dokumentieren. Die Auswertungen der Messergebnisse zeigten, dass das Gasnetz weiterhin als dicht eingestuft werden konnte.

Im Pilotvorhaben H2-20 konnte erfolgreich der Nachweis erbracht werden, dass in einem ordnungsgemäß für den Erdgasbetrieb gewarteten (d. h. mängelfreien) Bestand mit ca. 350 haushaltlichen und gewerblichen Heiz- und Warmwassergeräten ohne Veränderung von Einstellungen eine Beimischung von bis zu 20 Vol.-% Wasserstoff zu Erdgas möglich ist. Sowohl für das Gasnetz als auch für die Gasinstallation mit den Gasgeräten lagen weder Einschränkungen noch sicherheitstechnisch relevante Auffälligkeiten vor, die auf die Wasserstoffbeimischung zurückgeführt werden konnten.

mySMARTLife

Im Rahmen des EU-Projekts mySMARTLife entstanden in der Hansestadt Hamburg und in den Partnerstädten Nantes

Baujahr	/	
Wasserstoffkonzentrationen	25-30 Vol.-%	
Anzahl der Letztverbraucher	0 (privat) 1 (Heizzentrale eines Netzbetreibers zur Wärmeversorgung eines Wohnquartiers mit 273 Wohneinheiten)	
Länge der Netze	0,05 km	
Material	PE	100 %
	Stahl	0 %
	Andere	0 %
Betriebsdruck der Netze	0,7 bar	
Austausch von Komponenten/Bauteile	nein	
Austausch von Kundengeräten	nein	
Welche DVGW-Regelwerke wurden herangezogen?	Wasserstoffregelwerk zu dem Zeitpunkt nicht vorhanden. Die einschlägigen Regelwerke für Erdgas wurden sinngemäß angewandt.	
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> • 25 Vol.-% über mehrere Wochen erfolgreich ohne Unterbrechung eingespeist • Kein Austritt, keine Leckagen oder ähnliches in der Anlage oder entlang der Leitung in die Heizzentrale • Heizgeräte haben problemlos funktioniert 	

(Frankreich) und Helsinki (Finnland) Modellprojekte für eine energie- und ressourceneffiziente Stadt. Ein Wärmenetz versorgte bei dem Projekt „Am Schilfpark“ insgesamt 273 Wohnungen mit Heizenergie und warmem Wasser. Die Wärme lieferten zwei Blockheizkraftwerke (BHKW) und zwei Spitzenlastkessel.

Innerhalb des Projekts kam der Brennstoff über das Gasverteilnetz sowie über eine Wasserstoff-Einspeiseanlage. Eine Einspeiseanlage versetzte das Erdgas mit einer H₂-Beimischung von bis zu 30 Prozent. Erstmals kam ein derart hoher H₂-Anteil im täglichen Betrieb zum Einsatz. Seit Mitte 2020 löste das gemischte Gas die bisher konventionelle Erdgas-Wärmeversorgung im Projektzeitraum bis Ende September 2022 ab. Insgesamt bestätigte sich ein sicherer Betrieb der kleinen Inselversorgung mit einer maximalen Zumischrate von 30 Vol.-% an Wasserstoff. Auch die vier Gasanwendungen arbeiteten funktionssicher.

Wasserstoffprojekt Klanxbüll

Nach umfangreichen Netzanalysen hat die Schleswig-Holstein-Netz AG ein bestehendes Gasverteilnetz aus dem Jahr 1997 im äußersten Norden Deutschlands für ein Wasserstoff-Einspeiseprojekt ausgewählt. Durchgeführt wurde das Projekt gemeinsam mit dem DVGW. Das ausgewählte gasversorgte Teilgebiet Klanxbüll/Neukirchen erfüllte die technischen Voraussetzungen für eine Zumischung von 10 Vol.-% an Wasserstoff ins Erdgasnetz: Die 177 Letztverbraucher (überwiegend Einfamilienhäuser) wurden über eine Einseiteneinspeisung versorgt. Weder eine Erdgastankstelle noch eine Gasturbine, die einen Wasserstoffanteil begrenzen würden, sind im Netzgebiet installiert. Die gültigen Grenzen hinsichtlich der relativen Dichte und des

Baujahr	1997	
Wasserstoffkonzentrationen	10 Vol.-%	
Anzahl der Letztverbraucher	172 (privat) 5 (Gewerbe)	
Länge der Netze	18 km	
Material	PE	100 %
	Stahl	0 %
	Andere	0 %
Betriebsdruck der Netze	0,5 bar	
Austausch von Komponenten/Bauteile	nein	
Austausch von Kundengeräten	nein	
Welche DVGW-Regelwerke wurden herangezogen?	Wasserstoffregelwerk zu dem Zeitpunkt nicht vorhanden. Die einschlägigen Regelwerke für Erdgas wurden sinngemäß angewandt.	
Fazit	Während des Betriebs mit Wasserstoffbeimischungen sind keine Auffälligkeiten aufgetreten.	

Wobbewerts gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 wurden immer eingehalten. Das eingespeiste Gas wurde mit dem Odoriermittel S-free odoriert.

Die Zumischung erfolgte in den Jahren 2014/2015 temporär bis zum geplanten Maximalwert von 9 Vol.-% an Wasserstoff aus einer beigeestellten Flaschenbatterie mit 200 bar Betriebsdruck. Die Einspeisestelle für Wasserstoff lag in der GDR-Station. Dabei wurde kontinuierlich über einen stromabwärts eingebauten Wasserstoffsensordie H₂-Konzentration im Erdgasstrom erfasst und überwacht. Die brenntechnischen Geräteeinstellungen sind beibehalten und vor Ort nicht angepasst worden.

Das PE-Netz hatte in den Ortsteilen Klanxbüll/Neukirchen eine Länge von 18 km. Im gesamten Netz wurden keine Bauteile und Komponenten ausgewechselt.

Der Betriebsdruck lag im Verteilnetz bei 0,5 bar. Bestätigt wurde dabei auch, dass das abgenommene technisch dichte Leitungssystem für Erdgas auch bei einer Beimischung von 10 Vol.-% an Wasserstoff hinsichtlich der äußeren und inneren Dichtheit von Bauteilen und Komponenten betriebstauglich ist. Bei einer routinemäßigen Leitungsbegehung gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Dazu wurde ein für Erdgas ausgewiesenes Gerät nach dem DVGW-Merkblatt G 465-4 eingesetzt.

Es sind keine technischen Probleme durch die Wasserstoffzugabe an installierten Geräten aufgetreten, alle Geräte zündeten weiterhin sicher. Die Emissionen beim Testbetrieb (NO_x, CO) gingen leicht zurück. Die Kunden hatten durch die Gasbeschaffenheitsänderungen während der Testphasen keine spürbare Komforteinschränkung. Parallel durchgeführte umfangreiche brenntechnische Untersuchungen durch ein Gasinstitut untermauerten den Sachverhalt. Gasgeruchsmeldungen lagen ebenfalls nicht vor.

Die Ergebnisse des Pilotvorhabens Klanxbüll/Neukirchen gingen in den Prozess der Überarbeitung der DVGW-Regelwerke ein und waren u. a. Grundlage für eine spätere Zusicherung des Bundesverbands der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) an das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) über die Verträglichkeit von Gasgeräten gegenüber einer Zumischung von bis zu 10 Vol.-% Wasserstoff. ▶

➔ www.dvgw-kongress.de/h2-derivate

H₂ Derivate

04. Dezember 2024, online

Jetzt informieren!

Themen

- ➔ Regulatorische Rahmenbedingungen
- ➔ Import und Transport
- ➔ Herstellung und Verfahren
- ➔ Projekte und Weiterverwendung

Energiepark Mainz

Der Energiepark Mainz ist national und international ein vielbeachtetes Innovationsprojekt im Bereich der Sektorenkopplung und Energiespeicherung. Im Juli 2015 war die weltweit größte Elektrolyseanlage ihrer Art als Forschungsprojekt der Linde Group, Siemens und der Mainzer Stadtwerke mit finanzieller Unterstützung der Bundesregierung gestartet und setzt ihren Betrieb weiter fort.

Baujahr	1979-2022	
Wasserstoffkonzentrationen	max. 10 Vol.-%	
Anzahl der Letztverbraucher	1.069 (im Prinzip nur Heizgaskunden) 0 (Gewerbe)	
Länge der Netze	ND = 22,05 km HD = 4,93 km	
Material	PE	19 %
	Stahl	81 %
	Andere	0 %
Betriebsdruck der Netze	ND = 50 - 70 mbar + HD = 8 bar	
Austausch von Komponenten/Bauteile	nein	
Austausch von Kundengeräten	ja, 1 Anlage	
Welche DVGW-Regelwerke wurden herangezogen?	Wasserstoffregelwerk zu dem Zeitpunkt nicht vorhanden. Die einschlägigen Regelwerke für Erdgas wurden sinngemäß angewandt.	
Fazit	Während des Betriebs mit Wasserstoffbeimischungen sind weder im Netz noch in Kundenanlagen Auffälligkeiten aufgetreten.	

Der produzierte grüne Wasserstoff kann vor Ort zwischengespeichert, für den Mobilitätssektor genutzt und in ein Gasnetz mit einer Gesamtlänge von ca. 27 km als Zumischgas eingespeist werden. Die Zumischrate wurde auf 10 Vol.-% Wasserstoff begrenzt, insgesamt 1.069 Heizgaskunden werden mit diesem Mischgas versorgt. Ein Gerät wurde vor dem Test ausgetauscht. Alle Geräte arbeiten seit 2015 nachweislich störungsfrei.

Im Netz, welches aus 5 km PE- und 22 km Stahlrohr besteht, wurden alle Erdgas-Komponenten beibehalten. Durchgeführte Netzüberprüfungen gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 vor und nach der Umstellung auf das Mischgas zeigten keine Auffälligkeiten. Der erste Teil des Netzes wurde mit 8 bar und im Bereich der Heizgaskunden (ND) mit 50 bis 70 mbar beaufschlagt.

Insgesamt bestätigten die betrieblichen Erfahrungen im Energiepark Mainz die technischen Erwartungen, dass sich bei einer Zumischung von maximal 10 Vol.-% Wasserstoff sowohl im Netzbereich als auch bei den Endverbrauchern

(Heizgaskunden) im Betrieb zu Erdgas keine technischen Unterschiede einstellen.

Wasserstoff-Wärmeinsel Linnich

Bereits seit Herbst 2022 betreibt die Gelsenwasser Energienetze GmbH am Betriebsstandort in Linnich im Landkreis Düren ein Wasserstoffinselnnetz im kleintechnischen Maßstab. Im Rahmen des Pilotprojekts wurde die bestehende Erdgasinfrastruktur aus den 1990er-Jahren erfolgreich auf 100 Prozent Wasserstoff umgestellt. Der Energieträger wird vor Ort in einem Flaschenbündelsystem (300 bar) vorgehalten, in das vom übrigen Gasverteilnetz getrennte Rohrleitungssystem bei 150 mbar Betriebsdruck eingespeist und an zwei Entnahmestellen für Wärmeanwendungen und die Warmwasseraufbereitung eingesetzt. Das rund 130 m lange Rohrleitungssystem aus Polyethylen (PE 80) und die Gasinneninstallation wurden dazu unverändert weiter genutzt, lediglich die Endgeräte wurden gegen H₂-kompatible Brennwertgeräte ausgetauscht.

Baujahr	1995	
Wasserstoffkonzentrationen	100 Vol.-%	
Anzahl der Letztverbraucher	2 (privat) 0 (Gewerbe)	
Länge der Netze	0,13 km	
Material	PE	100 %
	Stahl	0 %
	Andere	0 %
Betriebsdruck der Netze	0,15 bar - 0,25 bar	
Austausch von Komponenten/Bauteile	nein	
Austausch von Kundengeräten	ja (2)	
Welche DVGW-Regelwerke wurden herangezogen?	G 221, G 260, G 408, G 465, G 469	
Fazit	Es konnten keine Schwierigkeiten im Umstellprozess und Auffälligkeiten im Netzbetrieb identifiziert werden.	

In der Planungsphase wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern evety GmbH und TÜV SÜD Industrieservice GmbH ein detailliertes Sicherheitskonzept, einschließlich Risikoanalysen und Gefährdungsbeurteilungen, ausgearbeitet.

Im Rahmen des Umstellungsprozesses wurde zunächst vor der Umstellung eine Gasrohrnetzüberprüfung und eine Gebrauchsfähigkeitsprüfung der Inneninstallation unter Erdgasatmosphäre durchgeführt. Im Nachgang der Spülung und Inertisierung des Systems mit Stickstoff wurden diese Untersuchungen mit Wasserstoff erfolgreich wiederholt. Dieser Prozess bis zur Inbetriebnahme der Wasserstoffinsel wurde durch einen Sachverständigen des TÜV SÜD begleitet und bestätigt.

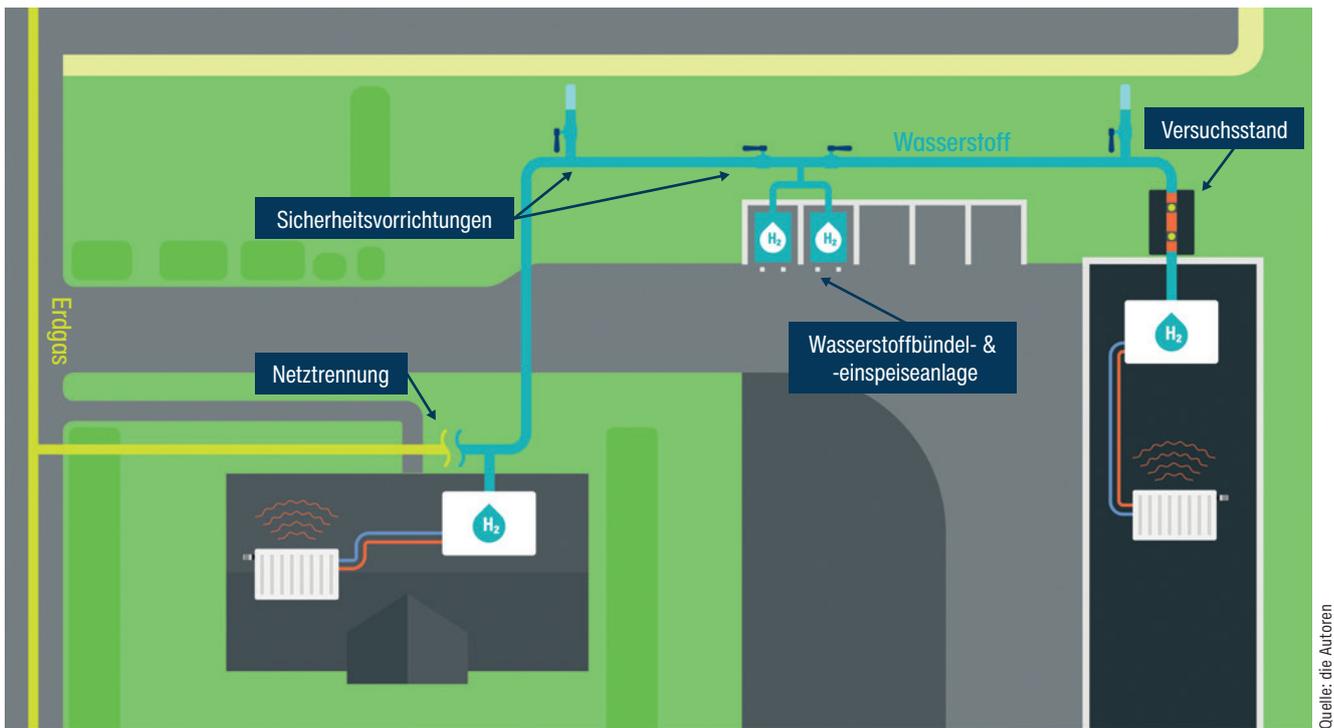


Abb. 4: Aufstellungsplan der Wasserstoffinsel

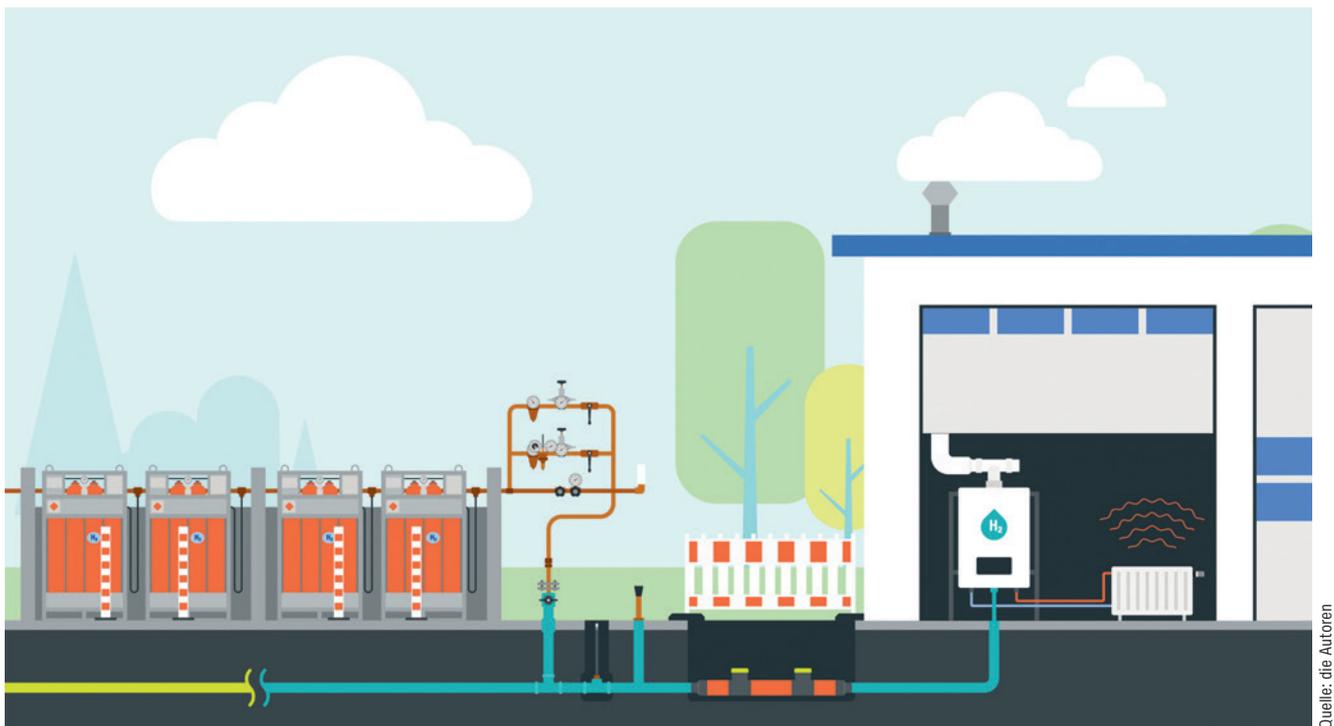


Abb. 5: Übersichtsplan von der Wasserstoffbatterie bis hin zum Endgerät

Die positiven Erfahrungen und Erkenntnisse, die während des Regelbetriebs gesammelt wurden, tragen zur Erreichung der Projektziele bei, indem sie wertvolle Praxiserfahrungen im Umstellungsprozess und im sicheren Betrieb des Wasserstoffnetzes liefern. Regelmäßige Rohnetzüberprüfungen

durch eigenes geschultes Personal zeigen seither keine Auffälligkeiten.

Zusammenfassung

Die neun vorgestellten Pilotvorhaben hatten eine Gasnetzlänge von rund 102,5 km, davon bestanden 22 Prozent

aus Stahl und 78 Prozent aus Kunststoff. Die Leitungsdrücke lagen zwischen 0,05 und 16 bar. Die Netze wurden vorab im Detail hinsichtlich ihrer H₂-Readiness analysiert. Als Ergebnis konnten die Netzbetreiber festhalten, dass keine Komponenten und Baugruppen ausgetauscht werden mussten. ▶

WASSERSTOFFANTEIL IM ERDGAS [Vol.-%]

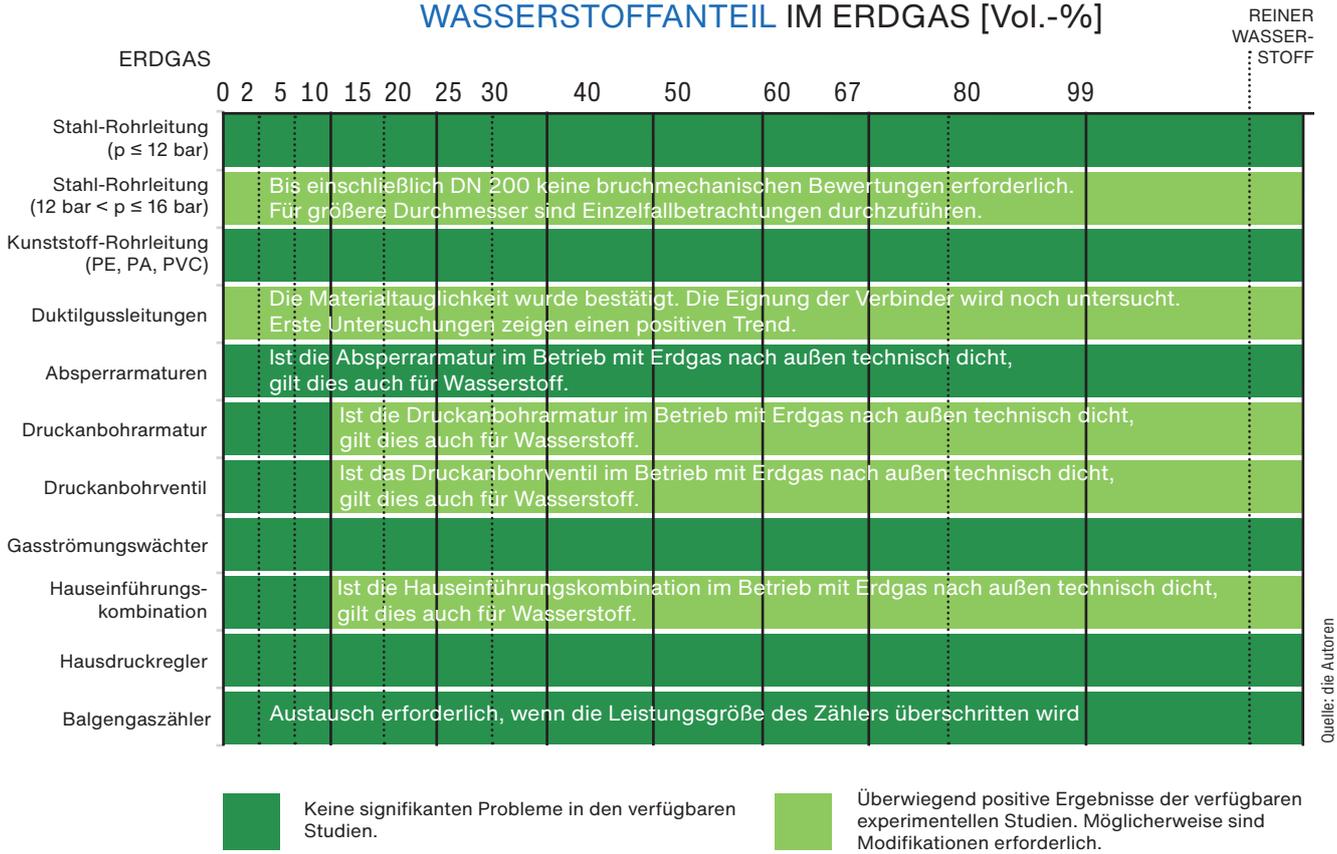


Abb. 6: Bewertung von Bauteilen und Komponenten im Gasverteilnetz auf H₂-Readiness

Dies wird auch durch diverse DVGW-Forschungsprojekte bestätigt (Abb. 6) Insgesamt wurden in den neun Pilotinstallationen 2.013 Letztverbraucher (überwiegend private Haushalte) mit den neuen Gasen versorgt. Auch hier wurden keine technischen Probleme gemeldet. Bei allen drei 100 Vol.-% Wasserstoff-Pilotprojekten wurden die Altgeräte vorab gegen neue Wasserstoff-Gasgeräte ausgetauscht. Vor der Einspeisung und während der Einspeisung mit Wasserstoff wurden gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 Leitungsüberprüfungen durchgeführt, dabei konnten keine Auffälligkeiten registriert werden. Die äußere, technische Dichtheit war gegeben.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die oben genannten Gasgemische mit einem Wasserstoffanteil von 10 bis 100 Vol.-% gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 in diesen Netzen, die aus Stahl- und Kunststoffrohren sowie den

eingebauten Komponenten und Baugruppen bestehen, verteilt werden können. Betriebliche Besonderheiten sind dabei allerdings zu berücksichtigen. Erfahrungen aus ausländischen Pilotnetzen bestätigen ebenfalls die Ergebnisse der Forschungen.

Ausblick für das DVGW-Regelwerk

Die DVGW-Merkblätter G 407 und G 408 im Geltungsbereich < 16 bar müssen aufgrund neuer Erkenntnisse aus den Pilotvorhaben und parallel dazu ergänzenden F&E-Ergebnissen angepasst werden. Die Überarbeitung erfolgt im Jahr 2025.

Die Ergebnisse der DVGW-Forschungsprojekte zeigen, dass Kunststoffleitungen bis zu einem Druck von 16 bar und Stahlleitungen bis zu einem Druck von 12 bar hinsichtlich Bruchgefahr, äußerer Dichtheit und Langzeitverhalten als allgemein H₂-tauglich angesehen

werden können.¹ Für Stahlleitungen mit einem Druck zwischen 12 bar und 16 bar sowie einem Durchmesser bis einschließlich DN 200 sind ebenfalls keine bruchmechanischen Bewertungen erforderlich. Für größere Durchmesser sind Einzelfallbetrachtungen durchzuführen.

Nach Abschluss der Untersuchungen an Duktilgussrohren und deren Verbinder wird eventuell auch hierfür ein Merkblatt geschrieben. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass auch hier eine Umstellung auf Wasserstoff möglich ist.

Vor der Wasserstoffeinspeisung sollte unter Erdgas und direkt nach der Wasserstoffeinspeisung mit entsprechend zugelassenen Geräten eine oberirdische Leitungsüberprüfung gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 erfolgen. Ggf. kann der Prozess mit einer parallelen Stoßodorierung unterstützt wer-

¹ 85 bis 90 Prozent des Gasverteilnetzes in Deutschland wird mit ≤ 5 bar betrieben.

den. Komponenten und Baugruppen sind nur dann im Detail zu bewerten oder ggf. auszutauschen, falls diese auch bei Erdgas schon auffällig waren.

Um die technische Sicherheit beim Netzbetrieb mit Wasserstoff aufrechtzuerhalten, wurde im DVGW-Forschungsbereich das F&E-Projekt H₂-Betrieb aufgenommen. Auch diese Ergebnisse werden im DVGW-Regelwerk berücksichtigt. ■

Die Autoren

Werner Weßing ist freier Mitarbeiter im Office for Green Gas.

Tonish Pattima ist Referent für Gasinfrastrukturen in der DVGW-Hauptgeschäftsstelle in Bonn.

Torsten Lotze ist Referent Asset-Management Gas/Wasserstoff bei der Avacon Netz GmbH.

Manuel Behlke leitet das Sachgebiet Netzentwicklung bei der Gelsenwasser Energienetze GmbH.

Frank Birmes ist Abteilungsleiter Netzmanagement Gas/Wasser bei der Mainzer Netze GmbH.

Dr. Heike Grüner ist Projektleiterin der Wasserstoff-Insel Öhringen bei der Netze BW GmbH.

Jörg Leweling ist Leiter Gas-HD-Netzbetrieb im Spezialservice Gas bei der Westnetz GmbH.

Tom Lindemann ist Projektmanager für Planung und Bau von Sonderbauprojekten und Leitungsbau bei der Hamburger Energiewerke GmbH.

Felix Schönwald ist Betriebsmittelstrategie Gas im Bereich Strategie Rohrnetze bei der Rheinischen NETZGesellschaft mbH.

Mathias Stierstorfer ist Regionalleiter und Prokurist der Energienetze Bayern GmbH & Co. KG.

Kontakt:

Tonish Pattima

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Str. 1-3

53123 Bonn

Tel.: 0228 9188-906

E-Mail: tonish.pattima@dvgw.de

Internet: www.dvgw.de

➔ www.dvgw-kongress.de/kritis-dachgesetz

KRITIS-Dachgesetz

Rechtssichere und pragmatische Umsetzung in der Energie- und Wasserwirtschaft

05. Dezember 2024, online

Jetzt informieren!



Themen

- ➔ KRITIS-DachG
- ➔ Physische Sicherheit und Personalsicherheit
- ➔ Naturrisiken, Sabotage und feindliche Angriffe
- ➔ Meldepflichten und Geschäftsführer-Haftung
- ➔ Krisen- und Risikomanagement