

H₂-ready und klimaneutral bis 2045

Kosten und Aufwand für die H₂-Umrüstung der deutschen Gasnetze
(Update 2024)

Kurzanalyse

Impressum

Kurzanalyse

H₂-ready und klimaneutral bis 2045
Kosten und Aufwand für die H₂-Umrüstung der
deutschen Gasnetze (Update 2024)

April 2024

Erstellt im Auftrag von

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

Josef-Wirmer-Str. 1-3
D-53123 Bonn

Netze-Gesellschaft Südwest mbH

Siemensstr. 9
D-76275 Ettlingen

Durchführung

Projektleitung

M.Eng. Jens Hüttenrauch
jens.huettenrauch@dbi-gruppe.de
T +49 341 2457-128

Kontakt

DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH
Freiberg
Halsbrücker Straße 34
D-09599 Freiberg
www.dbi-gruppe.de

Autoren

DBI-Gruppe

M.Eng. Jonas Sperlich

M.Eng. Jens Hüttenrauch

M.Eng. Robin Pischko

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
1 Hintergrund & Zielstellung	1
2 Methodik	1
3 Szenariorahmen	2
3.1 Szenario Wasserstoffnachfrage	2
3.2 Szenario Fernleitungsnetz	2
3.3 Szenario Gasverteilnetz	4
4 Modell-Input	6
4.1 Mengen-Alters-Gerüst des dt. Gasverteilnetzes	6
4.2 Wasserstofftauglichkeit	9
4.3 Kostendaten	11
5 Ergebnisse	13
5.1 Fernleitungsnetz	13
5.2 Gasverteilnetz	14
6 Zusammenfassung	18
7 Literatur	19
Anhang	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung der Methodik zur Berechnung der Transformationskosten.....	1
Abbildung 2:	Entwicklung der Wasserstoffnachfrage 2045	2
Abbildung 3:	Karte vom H ₂ -Kernnetz (Entwurf)	3
Abbildung 4:	Aufbau des Wasserstoff-Kernnetzes in Hinblick auf die jährliche Netzlängenentwicklung	4
Abbildung 5:	Verhältnis Hausanschlüsse / verbleibende Netzlänge im Gasverteilnetz.....	4
Abbildung 6:	Entwicklung der Anzahl an Gasanschlüssen und der Verteilnetzlänge im H ₂ - & CH ₄ -Verteilnetz	5
Abbildung 7:	Prinzipielle Struktur des Mengen-Kosten-Gerüsts.....	6
Abbildung 8:	Jährliche Investitionskosten für den Aufbau des H ₂ -Kernnetzes entsprechend dem Antragsentwurf zum H ₂ -Kernnetz der Fernleitungsnetzbetreiber vom 15.11.2023, Anlage 3 Maßnahmenliste.....	13
Abbildung 9:	Jährliche Investitionskosten für die Transformation des deutschen Gasverteilnetzes (2024-2045)	14
Abbildung 10:	Jährliche, historische Investitionen in das Gasverteilnetz 2019-2023 nach BNetzA 2023 [9] und durchschnittliche jährliche Investitionen in das H ₂ -Verteilnetz 2024-2045	15
Abbildung 11:	Szenariovergleich hinsichtlich der Gesamtinvestitionskosten (2024-2045).....	15
Abbildung 12:	Zusammensetzung der Gesamtinvestitionen für die Transformation des deutschen Gasverteilnetzes (2024-2045) infolge regulärer (gepunktet) und außerplanmäßiger (gestreift) Netzerneuerung	17
Abbildung 13:	Entwicklung der Betriebskosten im Erdgas- & Wasserstoffverteilnetz bis 2045	18
Abbildung 14:	Allgemeine Verlegezeiträume verschiedener Rohrmaterialien von Gasleitungen	23
Abbildung 15:	Aufteilung der Länge (in Tsd. km) an Netzanschlussleitungen auf Verlegezeiträume in Abhängigkeit vom Rohrmaterial.....	24
Abbildung 16:	Aufteilung der Länge (in Tsd. km) an Versorgungsleitungen ≤ 16 bar auf Verlegezeiträume in Abhängigkeit vom Rohrmaterial.....	24
Abbildung 17:	Aufteilung der Länge (in Tsd. km) an Versorgungsleitungen > 16 bar auf Verlegezeiträume in Abhängigkeit vom Rohrmaterial.....	24
Abbildung 18:	Durchschnittliche spezifische Zahlen in Bezug auf Anlagenanzahl und Rohrleitungslänge im Verteilnetz auf Basis der GaWaS der Jahre 2013 bis 2022	25
Abbildung 19:	Anzahlen der gastechnischen Anlagen in Abhängigkeit der Eingangsdruckbereiche.....	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Technische Parameter für das Wasserstoff-Kernnetz	3
Tabelle 2:	Übersicht zum Szenario des Gasverteilnetzes: Entwicklung der Verteilnetzlänge, Anzahl an Gasanschlüssen und Verteilnetzanteil im Wasserstoffsystem	5
Tabelle 3:	Rohrleitungslänge im deutschen Gasverteilnetz in Abhängig der verbauten Materialklassen nach Gas-Wasser-Statistik G 410.....	7
Tabelle 4:	Mengen-Alters-Gerüst der Nicht-Rohrleitungs-Assets im deutschen Gasverteilnetz.....	8
Tabelle 5:	Modellierungsannahmen zur Wasserstofftauglichkeit der Rohrleitungsmaterialien im Vergleich zum DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3)	9
Tabelle 6:	Modellierungsannahmen zur Wasserstofftauglichkeit der Nicht-Rohrleitungs-Assets im Vergleich zum DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3)	10
Tabelle 7:	Übersicht zu den Asset-spezifischen Erneuerungskosten der Gasnetzkomponenten.....	11
Tabelle 8:	Investitionen Wasserstoff-Kernnetz	13
Tabelle 9:	Außerplanmäßiger Erneuerungsbedarf im Verteilnetz (2024 bis 2045)	16
Tabelle 10:	Anzahl der Komponenten pro VNB-Gasdruckregelanlage (GDRA) in Abhängigkeit des Eingangsdruckbereiches.....	25
Tabelle 11:	Anzahl der Komponenten pro VNB-Gasmessanlage (GMA) in Abhängigkeit des Eingangsdruckbereiches.....	26
Tabelle 12:	Anzahl der Komponenten pro VNB-Gasdruckregel- und Messanlage (GDRMA) in Abhängigkeit des Eingangsdruckbereiches	26
Tabelle 13:	Anzahl von Armaturen und Einbauteilen in Versorgungsleitungen und Netzanschlüssen entsprechend dem GTP-Ergebnisbericht 2023	27
Tabelle 14:	DBI-Hochrechnung der Anzahl von Armaturen und Einbauteilen in Versorgungsleitungen und Netzanschlüssen.....	27
Tabelle 15:	Anzahl der Hausanschlusskomponenten im Gasverteilnetz	28

1 Hintergrund & Zielstellung

Deutschland verfügt über eine umfassend ausgebaute Infrastruktur für den Transport und die Verteilung von Gas. Das Gasnetz kann auch zukünftig einen Beitrag zur Versorgungssicherheit und zum Klimaschutz leisten, indem es Erzeuger und Verbraucher von klimaneutralem Wasserstoff (H₂) verbindet. Voraussetzung für die Bereitstellung von Wasserstoff ist die bedarfsgerechte Ertüchtigung der bestehenden Erdgasinfrastruktur.

Das Ziel dieser Kurzstudie besteht in der Ermittlung aktualisierter H₂-Transformationskosten für die deutsche Gasnetzinfrastruktur, aufbauend auf dem DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) aus dem Jahr 2022 [1]. Im Rahmen einer technischen und wirtschaftlichen Analyse werden der technische Anpassungsbedarf sowie die damit verbundenen Kosten für die Ertüchtigung der deutschen Gasnetzinfrastruktur für Wasserstoff bis zum Jahr 2045 ermittelt.

2 Methodik

Methodisch erfolgt die Ermittlung der H₂-Transformationskosten für die deutsche Gasnetzinfrastruktur wie nachfolgend dargestellt.

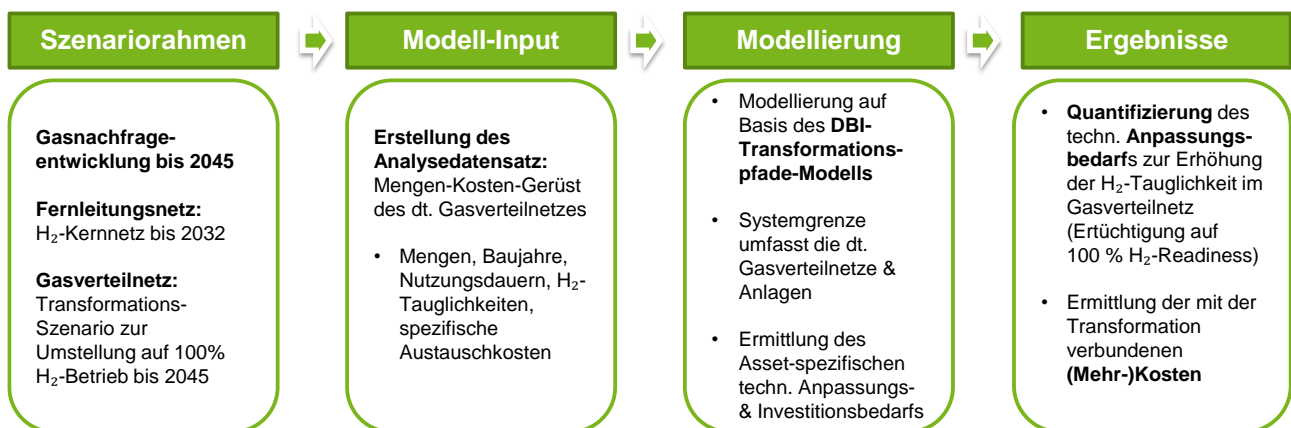


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Methodik zur Berechnung der Transformationskosten

Grundlage bildet ein Szenariorahmen (Verweis auf Kapitel 3), welcher unter anderem den aktuellen Planungsstand des Wasserstoff-Kernnetzes auf Basis des Antragsentwurf der Fernleitungsnetzbetreiber vom 15.11.2023 umfasst. Darüber hinaus wurde in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfachs (DVGW) eine erwartete Wasserstoffnachfrage für das Jahr 2045 abgeleitet und ein Transformationsszenario für das deutsche Gasverteilnetz definiert.

Neben der Erstellung des Szenariorahmens lag der Schwerpunkt auf der Aktualisierung des Mengen-Kosten-Gerüsts der deutschen Gasverteilnetzinfrastruktur als Eingangsdatensatz für die Modellierung der Transformationskosten des Verteilnetzes (vgl. Kapitel 4). Auf eine Modellierung der Fernleitungsnetze wurde verzichtet, da die aktuellen Planungen zum Wasserstoff-Kernnetz vollständig für diese Kurzstudie verwendet wurden.

Die Ermittlung des technischen Anpassungsbedarfs sowie der daraus resultierenden Investitionskosten für das Gasverteilnetz erfolgt auf Basis des DBI-Transformationspfademodells (vgl. Kapitel 5). Dieses Modell ermöglicht eine techno-ökonomische Analyse von Transformationspfaden durch eine orientierende Kostenabschätzung für die technische Anpassung einer Gasinfrastruktur zur Erhöhung ihrer Wasserstofftauglichkeit. Weitere Informationen zum Modell finden sich im Deliverable 2.3, Kapitel 2 aus dem DVGW-Forschungsprojekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade [1].

3 Szenariorahmen

3.1 Szenario Wasserstoffnachfrage

Gemeinsam mit dem DVGW wurde ein Szenario für den zukünftigen Einsatz von Wasserstoff in Deutschland entwickelt. Insgesamt ergibt sich für das Jahr 2045 eine Wasserstoffnachfrage von 398 TWh. Bezogen auf die Verbrauchssektoren wird folgende Wasserstoffnachfrage für das Jahr 2045 angenommen (inkl. Änderung gegenüber der Gasnachfrage 2023 gemäß BDEW [2]):

- Haushalte: - 50 % auf 134 TWh (- 1/3 der Hausanschlüsse & Effizienz und Sanierung)
- GHD: - 50 % auf 45 TWh (analog Haushalte)
- Industrie: - 24 % auf 208 TWh (Entwicklung nach BMWK, LFS T45-H₂ [3])
- Umwandlungssektor: - 93 % auf 11 TWh (Entwicklung nach BMWK, LFS T45-H₂ [3])

Die Wasserstoffnachfrage in den Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) basiert auf der Annahme, dass bis zum Jahr 2045 noch zwei Drittel (9,2 Mio.) der heutigen Gasanschlüsse in Haushalten und Gewerbe (13,7 Mio.) am Netz sind und mit Wasserstoff versorgt werden. Unter dieser Annahme wird geschätzt, dass der Wasserstoffbedarf im Jahr 2045 auf die Hälfte des Erdgasbedarfs im Jahr 2023 sinkt. Dies beruht auch auf der Annahme, dass der Wasserstoffverbrauch in diesen Gebäuden, aufgrund von Effizienzsteigerungen und Sanierungseffekten bis 2045 um 17 %-Punkte gegenüber dem heutigen Erdgasverbrauch sinkt.

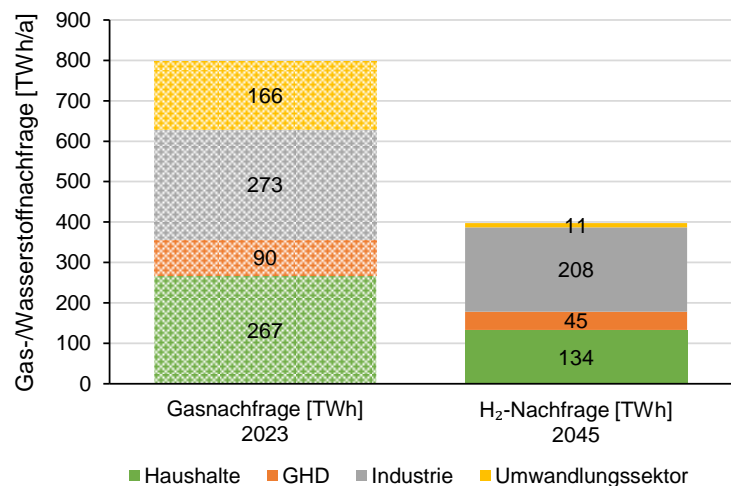


Abbildung 2: Entwicklung der Wasserstoffnachfrage 2045

Die Wasserstoffnachfrage im Umwandlungssektor und in der Industrie stammt aus dem Szenario T45-H₂ der Langfristszenarien (LFS) aus dem Jahr 2022 [3].

Eine mögliche zukünftige Wasserstoffnachfrage im Verkehrssektor wird aufgrund der hohen Unsicherheit bei dessen Entwicklung nicht berücksichtigt. Der Verkehrssektor stellt somit ein zusätzliches Nachfragepotenzial dar.

3.2 Szenario Fernleitungsnetz

Für das Transformationsszenario des deutschen Fernleitungsnetzes werden die aktuellen Planungen für das Wasserstoff-Kernnetz bis zum Zieljahr 2032 auf Basis des Antragsentwurfs der Fernleitungsnetzbetreiber vom 15.11.2023 [4] abgebildet.¹ Tabelle 1 stellt die technischen Parameter für das Wasserstoff-Kernnetz dar.

¹ Der Abgabetermin für den finalen Antrag zum Wasserstoff-Kernnetz wurde von der Bundesnetzagentur (BNetzA) auf den 21. Mai 2024 verlängert [4, 5].

Tabelle 1: Technische Parameter für das Wasserstoff-Kernnetz nach [4]

Technische Parameter für das Wasserstoff-Kernnetz	bis Ende 2032
Verdichterstationen [MW]	291
Leitungen [km]	9.721
- umzustellende Leitungen der FNB	5.050
- Neubauleitungen der FNB	3.705
- Offshore-Leitungen der FNB	256
- umzustellende Leitungen der weiteren potenziellen Wasserstoffnetzbetreiber	580
- Neubauleitungen der weiteren potenziellen Wasserstoffnetzbetreiber	130

Abbildung 3 zeigt den Entwurf des Wasserstoff-Kernnetzes, welches im Jahr 2032 eine Länge von rund 9.700 km aufweist und zum überwiegenden Teil aus umgestellten Erdgasleitungen (ca. 60%) besteht. 710 km entfallen auf Leitungen weiterer potenzieller Wasserstoffnetzbetreiber. Die Einspeise- bzw. Ausspeisekapazitäten des Wasserstoff-Kernnetzes betragen rund 100 GW bzw. 87 GW. [4, 5]

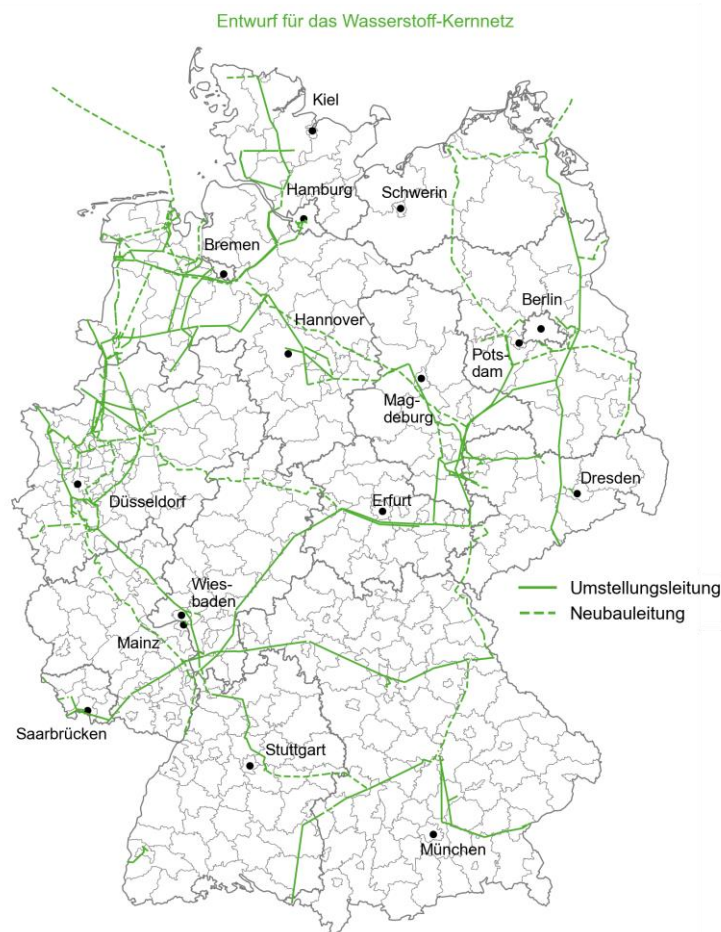


Abbildung 3: Karte vom H₂-Kernnetz (Entwurf) [3]

Abbildung 4 zeigt den Aufbau des Wasserstoff-Kernnetzes in Bezug auf die jährliche Entwicklung der Netzlänge bis zum Jahr 2032². Demnach ist geplant, ab 2025 die ersten Erdgasleitungen auf Wasserstoff umzustellen. Für die notwendigen Investitionskosten zum Aufbau des Wasserstoff-Kernnetzes bis Ende 2032 wird auf Kapitel 5.1 verwiesen.

Da die weitere Entwicklung des Wasserstoff-Kernnetzes über das Jahr 2032 hinaus derzeit nicht absehbar ist, wird das Kernnetz entsprechend der aktuellen Planung auch als H₂-Fernleitungsnetz für das Jahr 2045 vorausgesetzt.

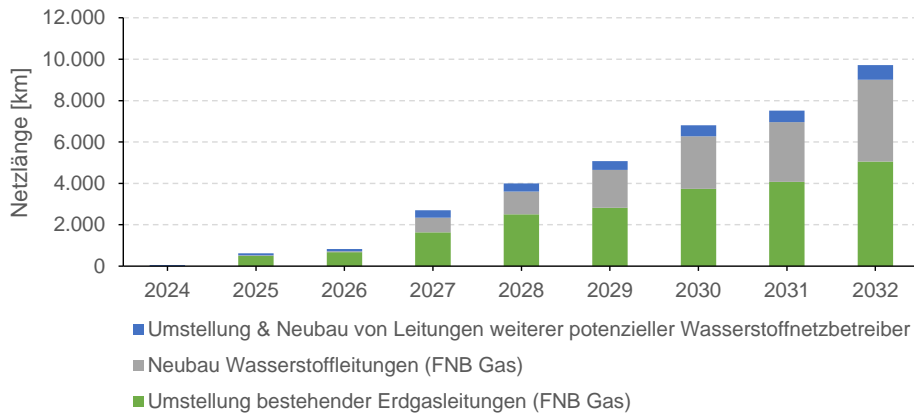


Abbildung 4: Aufbau des Wasserstoff-Kernnetzes in Hinblick auf die jährliche Netzlängenentwicklung (Darstellung basiert auf dem Antragsentwurf zum Wasserstoff-Kernnetz, Anlage 3 Maßnahmenliste [4])

3.3 Szenario Gasverteilnetz

In den Bereichen Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen wird durch den verstärkten Ausbau von Wärmenetzen und die zunehmende Elektrifizierung ein Wechsel der Konzepte bzw. Technologien zur Wärmebereitstellung erwartet.

Ein Rückgang der Anzahl der Gaskunden führt dazu, dass Teile der Gasverteilnetze außer Betrieb genommen werden können. Aufgrund der zur Aufrechterhaltung der Versorgung notwendigen überlagerten Netzstruktur ist der Zusammenhang zwischen dem Rückgang der Hausanschlüsse und der erforderlichen Netzlänge nicht linear (vgl. Abbildung 5) [8]. Für die im Szenario Wasserstoffnachfrage getroffene Annahme (zwei Drittel der Gasanschlüsse in Haushalten und Gewerbe bleiben bis 2045 bestehen) bedeutet dies eine Reduktion der Ortsnetzlänge auf 86 % der heutigen Netzstruktur (für Druckstufe ≤ 16 bar). Für das vorgelagerte Hochdrucknetz (Druckstufe > 16 bar), an das z.B. auch Industriekunden direkt angeschlossen sind, ergibt sich eine Reduzierung der Netzlänge auf 96 %.

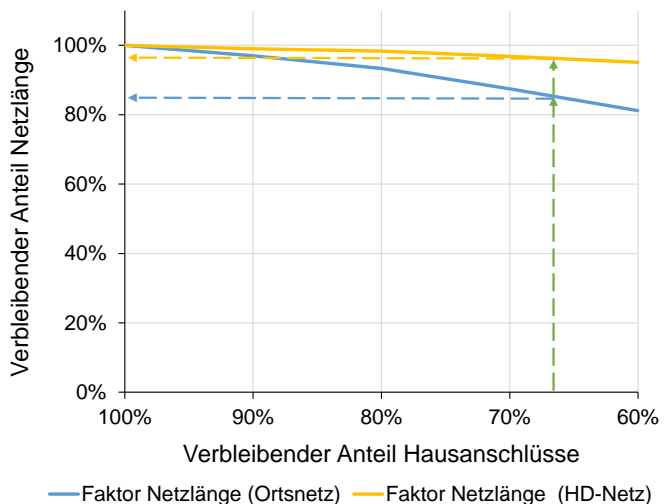


Abbildung 5: Verhältnis Hausanschlüsse / verbleibende Netzlänge im Gasverteilnetz (eigene Darstellung nach [8])

² Aus der Abstimmung des Bundestages über die 3. Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) am 12. April 2024 geht unter Anderem hervor, dass es die Möglichkeit geben soll, die Frist für die planerische Inbetriebnahme von H₂-Kernnetzleitungen flexibel von 2032 auf 2037 zu verschieben [6, 7]. Mit dieser Anpassung soll sichergestellt werden, dass der Netzhochlauf besser an die Nachfrage angepasst werden kann. Diese Neuerung in Bezug auf die künftige Fertigstellung des Wasserstoff-Kernnetzes findet in dieser Kurzstudie keine Berücksichtigung.

H₂-ready und klimaneutral bis 2045 - Kosten und Aufwand für die H₂-Umrüstung der deutschen Gasnetze (Update 2024)

Der gemeinsam mit dem DVGW festgelegte Transformationspfad für das deutsche Gasverteilnetz beschreibt eine sukzessive Ertüchtigung und Umstellung auf Wasserstoff bis zum Jahr 2045 ab, unter Berücksichtigung der bis dahin rückläufigen Entwicklung der Netzlänge und der Anzahl der Gasanschlüsse (vgl. Tabelle 2). Für den Transformationspfad wird angenommen, dass bis zum Jahr 2030 25 % des Verteilnetzes auf Wasserstoff umgestellt sind. Bis 2035 sind es 50 % und bis 2040 schließlich 75 %. Im Jahr 2045 kann das Verteilnetz vollständig als Wasserstoffsystem betrieben werden.

Tabelle 2: Übersicht zum Szenario des Gasverteilnetzes: Entwicklung der Verteilnetzlänge, Anzahl an Gasanschlüssen und Verteilnetzanteil im Wasserstoffsystem

Jahr	Netzlängenentwicklung im Verteilnetz	Entwicklung Anzahl Gasanschlüsse	Verteilnetzanteil im Wasserstoffsystem
2024	100% = 563.600 km	100% = 13.730.042	0%
2030	100% = 563.600 km	100% = 13.730.042	25%
2035	96% = 542.891 km	90% = 12.357.038	50%
2040	89% = 503.151 km	80% = 10.984.034	75%
2045	81% = 454.595 km	67 % = 9.199.128	100%

Abbildung 6 zeigt die angenommene Entwicklung der Anzahl der Gasanschlüsse und der Verteilnetzlänge im Rahmen der sukzessiven Umstellung des Verteilnetzes von Erdgas (CH₄) auf Wasserstoff (H₂) bis zum Jahr 2045.

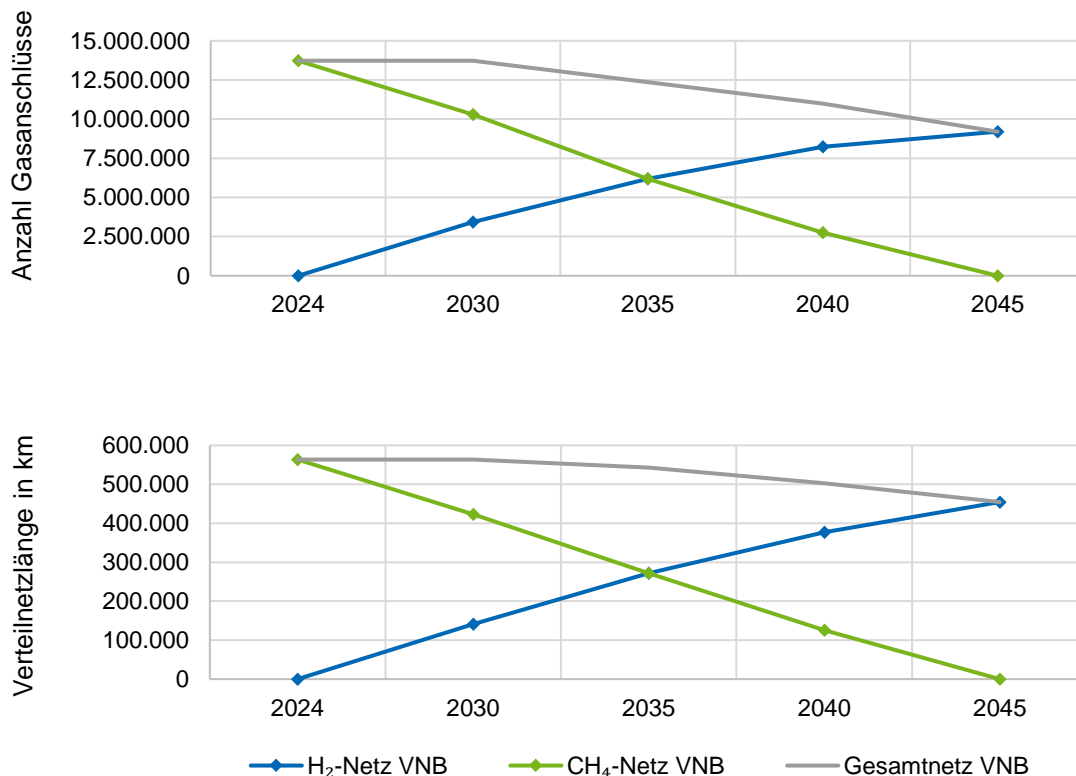


Abbildung 6: Entwicklung der Anzahl an Gasanschlüssen und der Verteilnetzlänge im H₂- & CH₄-Verteilnetz

4 Modell-Input

Grundlage für die Modellierung der Transformationskosten bildet die Erfassung des aktuellen Assetbestands der deutschen Gasverteilnetzinfrastruktur in einem sogenannten Mengen-Kosten-Gerüst. Hierzu wurden Mengen- und Altersdaten, die aktuelle Wasserstofftauglichkeit der Assets sowie die spezifischen Austauschkosten zur Erhöhung der Wasserstofftauglichkeit erhoben (vgl. Abbildung 7).



Abbildung 7: Prinzipielle Struktur des Mengen-Kosten-Gerüsts

4.1 Mengen-Alters-Gerüst des dt. Gasverteilnetzes

Eine aktuelle, vollständige und einheitliche Datenbasis der gesamten Gasinfrastruktur in Deutschland über den Bestand der einzelnen Assets existiert nicht. Im DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1] wurde eine solche Inventarisierung, d.h. eine quantitative Erfassung, auf Basis von Grundlagendaten sowie abgestimmten Annahmen durchgeführt. Die Datenerhebung für das deutsche Gasverteilnetz wurde im Rahmen dieser Kurzstudie auf Basis der neuesten Veröffentlichungen aktualisiert. Sie basiert im Wesentlichen auf folgenden Quellen:

- Monitoringbericht 2023 der Bundesnetzagentur (BNetzA) [9]
- Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) - Ergebnisbericht 2023 der DVGW-Initiative H₂vorOrt [10]
- DVGW energie | wasser-praxis (ewp) 01/24: „Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas – Ergebnisse aus den Jahren 2011 bis 2022“ [11]
- DVGW Gas-Wasser-Statistik der Jahre 2013-2022 [12]
- DVGW G 402 „Netz- und Schadenstatistik - Erfassung und Auswertung von Daten zum Aufbau von Instandhaltungsstrategien für Gasverteilungsnetze“
- Expertenschätzung, DBI-Projekterfahrung

Zu den erfassten Assets der deutschen Gasverteilnetzinfrastruktur zählen insbesondere Verteilnetzleitungen, Leitungsarmaturen und Einbauteile, gastechnische Anlagen zur Druckregelung und Gasmessung sowie Elemente im Hausanschlussbereich. Im Mengen-Alters-Gerüst sind für diese Assets folgende Daten erfasst:

- Asset-Name bzw. Komponenten-Gruppe
- Anzahl bzw. Länge (Rohrleitungen)
- Material/Werkstoff
- Auslegungsparameter (Nennweite DN, Auslegungsdruck DP)
- Baujahre
- Erwartungswert zur technischen Nutzungsdauer

Eine Verortung der erfassten Assets, d.h. eine räumlich-regionale Auflösung der deutschen Gasverteilnetzinfrastruktur, kann mit den vorliegenden Daten nicht abgebildet werden.

Rohrleitungen

Die mengenmäßige Erfassung der bestehenden Rohrleitungslängen in Abhängigkeit der Druckbereiche und der verbauten Materialklassen erfolgte auf Basis des GTP-Ergebnisberichts 2023 der DVGW-Initiative H2vorOrt [10] (vgl. Tabelle 3). Insgesamt umfasst das deutsche Gasverteilnetz demnach eine Länge von 563.600 km³. Kunststoffrohrleitungen nehmen mit ca. 69 % den größten Anteil der verwendeten Materialien ein. Rohrleitungen aus Stahl sind zu ca. 28 % verbaut. Der Rest entfällt mit ca. 3 % auf Rohrleitungen, die als Duktilguss (1,3 %), Grauguss (0,2 %) oder als unbekanntes Material (1,3 %) gemeldet wurden.

Tabelle 3: Rohrleitungslänge im deutschen Gasverteilnetz in Abhängig der verbauten Materialklassen nach Gas-Wasser-Statistik G 410, Daten entnommen aus [10]

	Stahl	Kunststoff	Duktilguss	Grauguss	unbekannt	SUMME
NAL	22.300 km	144.800 km	200 km	0 km	2.600 km	169.900 km
VL ≤ 16 bar	119.100 km	242.000 km	6.900 km	1.300 km	2.600 km	371.900 km
VL > 16 bar	19.800 km	0 km	0 km	0 km	2.000 km	21.800 km
SUMME	161.200 km	386.800 km	7.100 km	1.300 km	7.200 km	563.600 km

NAL ... Netzanschlussleitung, VL ... Versorgungsleitung

Die weitere Aufbereitung der Rohrleitungsdaten hinsichtlich der Baujahre je Materialklasse basiert auf dem DVGW ewp-Artikel „Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas – Ergebnisse aus den Jahren 2011 bis 2022“ [8] sowie den allgemeinen Verlegezeiträumen gemäß DVGW G 402. Für Details dieser Datenaufbereitung wird auf Anhang 1 verwiesen.

Nicht-Rohrleitungs-Assets

Zu den Nicht-Rohrleitungs-Assets zählen alle weiteren, wesentlichen Komponenten der Gasverteilnetzinfrastruktur, welche im Verantwortungsbereich der Verteilnetzbetreiber liegen. Dies reicht von den wichtigsten Komponenten von Anlagen der Gasdruckregel- und/oder Gasmessanlagen (bspw. Vorwärmer, Filter, Druckregler, Sicherheitsventile, Gaszähler, usw.) über den Netzanschlussbereich (u.a. Hauseinführungskombination (HEK), Absperrarmaturen, Hausdruckregler, Gasströmungswächter, Balgengaszähler) bis hin zu Leitungsarmaturen zur Unterbrechung des Gasflusses. Tabelle 4 zeigt die berücksichtigten Nicht-Rohrleitungs-Assets mit Anzahl, Bandbreite der angenommenen Baujahre sowie dem Erwartungswert der technischen Nutzungsdauer.

Details zur Herleitung der einzelnen Mengen sind ebenfalls in Anhang 1 zu finden. Die technischen Nutzungsdauern stammen aus dem DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1]. Hinsichtlich der Baujahre der Nicht-Rohrleitungs-Assets wurde eine Gleichverteilung des Bestandes über die jeweiligen technischen Nutzungsdauern angenommen.

³ gerundeter Wert; Die im GTP-Ergebnisberichts 2023 der DVGW-Initiative H2vorOrt [10] angegebene Gesamtlänge des deutschen Gasverteilnetzes beträgt 562.447 km.

Tabelle 4: Mengen-Alters-Gerüst der Nicht-Rohrleitungs-Assets im deutschen Gasverteilnetz

Bereich	Asset-Gruppe	Anzahl	Baujahre	Technische Nutzungsdauer
Versorgungsleitung	Schieber	734.026	1979-2023	45
	Kugelhähne	227.590	1979-2023	45
	Druckanbohrventile	1.864.187	1979-2023	45
	Absperrklappen	4.713	1979-2023	45
	Kondensatsammler	54.019	1979-2023	45
	Ausbläser	223.932	1979-2023	45
	Isoliertrennstücke	99.966	1979-2023	45
	Gasströmungswächter	106.810	1979-2023	45
Gastechnische Anlagen	Gasmessanlagen (GMA)	8.012	1979-2023	45
	Gasdruckregelanlagen (GDRA)	31.579	1979-2023	45
	Gasdruckregel- & Messanlagen (GDRMA)	17.569	1979-2023	45
	Filter	107.811	1979-2023	45
	Vorwärmer	747	1979-2023	45
	Druckregler	99.044	1979-2023	45
	Absperrarmaturen	163.890	1979-2023	45
	Gaszähler ⁴	26.107	2000-2023	24
	Balgengaszähler	124	2000-2023	24
	Mengenumwerter	276	2014-2023	10
	Sicherheitsabsperrventile (SAV)	101.286	1994-2023	30
	Sicherheitsabblaseventile (SBV)	50.021	1994-2023	30
	Ventile	125.231	1994-2023	30
Prozessgaschromatographen (PGC)	172	2012-2023	12	
Netzanschlussleitung	Netzanschlüsse SLP	13.730.042	1969-2023	55
	Hauseinführungskombinationen	13.730.042	1969-2023	55
	Hausdruckregler	7.551.287	1994-2023	30
	Schieber	515.451	1979-2023	45
	Kugelhähne	653.960	1979-2023	45
	Druckanbohrventile	1.387.848	1979-2023	45
	Absperrklappen	108.146	1979-2023	45
	Kondensatsammler	2.713	1979-2023	45
	Ausbläser	11.092	1979-2023	45
	Isoliertrennstücke	276.385	1979-2023	45
	Gasströmungswächter	3.109.480	1979-2023	45
	Balgengaszähler SLP G1,6 bis G6	13.814.939	2000-2023	24
	Balgengaszähler SLP G10 bis G25	450.930	2000-2023	24
	Balgengaszähler SLP ab G40	50.006	2000-2023	24
	Sonstige Gaszähler SLP	45.005	2000-2023	24
	Gaszähler RLM	42.555	2000-2023	24
	Mengenumwerter RLM	28.567	2014-2023	10

⁴ u. a. Drehkolbengaszähler (DKZ), Turbinenradgaszähler (TRZ) und Ultraschallgaszähler (USZ)

4.2 Wasserstofftauglichkeit

Die Bewertung der Wasserstofftauglichkeit der im Mengen-Kosten-Gerüst erfassten Assets der deutschen Gasverteilnetzinfrastruktur basiert im Wesentlichen auf den folgenden Quellen:

- DVGW-Datenbank verifHy [13] & Kompendium Wasserstoff in Gasverteilnetzen [14]
- MARCOGAZ - Infografik Version 2023 [15]
- Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) - Ergebnisbericht 2023 der DVGW-Initiative H₂vorOrt [10]

Darüber hinaus sind für die Bewertung der Wasserstofftauglichkeit auch der Zustand und die Einhaltung des Standes der Technik relevant. Diese Aspekte werden in der vorliegenden Kurzstudie nicht berücksichtigt.

Rohrleitungen

Die Wasserstofftauglichkeit von Rohrleitungen definiert sich für diese Betrachtung ausschließlich über die Beständigkeit der eingesetzten Rohrwerkstoffe gegenüber Wasserstoff in den im Gasverteilnetz üblichen Druck- und Temperaturbereichen.

Hinsichtlich der Wasserstoffbeständigkeit von Leitungsmaterialien können Kunststoffe (insbesondere PE und PVC) sowie Stahl als wasserstofftauglich (H₂-ready) eingestuft werden [16, 17]. Basierend auf Auswertungen des Leitungsbestandes im deutschen Gasverteilnetz (vgl. Tabelle 3) entspricht dies ca. 97 % der Verteilnetzleitungslänge. Bei 2,6 % der Leitungslänge ist die H₂-Readiness der Materialien noch in Klärung. Dies betrifft Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen (1,3 %) und aus unbekanntem Material (1,3 %). Derzeit läuft das DVGW-Forschungsprojekt „H₂-Toleranz von Duktiguss“ (Förderkennzeichen: G 202332), in dem die Frage der Wasserstofftauglichkeit von Duktigussnetzen umfassend beantwortet werden soll. Darüber hinaus zeigen Versuche aus Spanien (Verteilnetzbetreiber nedgia, Barcelona), dass Wasserstoff keinen negativen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften (Härte, Biegung, Duktilität, Bruch) von Duktiguss hat [18]. Auf Basis dieser Informationen werden für die Modellierung der Transformationskosten des deutschen Gasverteilnetzes Duktigussleitungen als wasserstofftauglich angenommen. Für den Anteil der Rohrleitungen mit unbekanntem Material wird angenommen, dass es sich dabei um Kunststoff, Stahl oder Duktiguss handelt und somit eine Eignung für Wasserstoff vorliegt.

Die im Verteilnetz noch vorhandenen Graugussleitungen (0,2 %) sind für Wasserstoff nicht geeignet und müssen vor einer Umstellung der betroffenen Netzgebiete durch wasserstofftaugliche Materialien wie Kunststoff oder Stahl ersetzt werden⁵ [19].

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die angenommene Wasserstofftauglichkeit der Rohrleitungsmaterialien und stellt diese den teilweise eher konservativ gewählten Annahmen⁶ aus dem DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1] gegenüber.

Tabelle 5: Modellierungsannahmen zur Wasserstofftauglichkeit der Rohrleitungsmaterialien im Vergleich zum DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1]

Rohrleitungsmaterial	Modellierungsannahme Wasserstofftauglichkeit	Modellierungsannahme Wasserstofftauglichkeit
	Stand 2024	Stand 2021 [1]
Kunststoff	H ₂ -ready	H ₂ -ready
Stahl	H ₂ -ready	H ₂ -ready
Duktiguss	H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
unbekannt	H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
Grauguss	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready

⁵ Viele Verteilnetzbetreiber planen, die noch im Netz befindlichen Graugussleitungen unabhängig von Wasserstoff auszutauschen (Hintergrund: Schadensstatistik).

⁶ Die Annahmen zur Wasserstoffverträglichkeit von Rohrwerkstoffen im DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1] basieren auf dem damaligen Kenntnisstand im Jahr 2021.

Nicht-Rohrleitungs-Assets

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die angenommene Wasserstofftauglichkeit der Nicht-Rohrleitungs-Assets und stellt diese den teilweise überholten Annahmen aus dem DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1] gegenüber. Für weitere Erläuterungen zur Wasserstofftauglichkeit der einzelnen Asset-Gruppen ist auf Anhang 2 verwiesen.

Tabelle 6: Modellierungsannahmen zur Wasserstofftauglichkeit der Nicht-Rohrleitungs-Assets im Vergleich zum DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1]

Bereich	Asset-Gruppe	Modellierungsannahme Wasserstofftauglichkeit Stand 2024	Modellierungsannahme Wasserstofftauglichkeit Stand 2021 [1]
Versorgungsleitung	Schieber	H ₂ -ready	H ₂ -ready
	Kugelhähne	H ₂ -ready	H ₂ -ready
	Druckanbohrventile	H ₂ -ready	-
	Absperrklappen ⁷	-	-
	Kondensatsammler ⁸	-	-
	Ausbläser	H ₂ -ready	-
	Isoliertrennstücke	H ₂ -ready	-
	Gasströmungswächter	H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
Komponenten gastechnischer Anlagen	Filter	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Vorwärmer	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Druckregler	H ₂ -ready	H ₂ -ready
	Absperrarmaturen	H ₂ -ready	H ₂ -ready
	Gaszähler (u.a. DKZ, TRZ, USZ)	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Balgengaszähler	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Mengenumwerter	H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Sicherheitsabsperrventile (SAV)	H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Sicherheitsabblaseventile (SBV)	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Ventile	Nicht H ₂ -ready	H ₂ -ready
	Prozessgaschromatographen (PGC)	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
Netzanschlussleitung	Hauseinführungskombinationen	H ₂ -ready	H ₂ -ready
	Hausdruckregler	H ₂ -ready	H ₂ -ready
	Schieber	H ₂ -ready	H ₂ -ready
	Kugelhähne	H ₂ -ready	H ₂ -ready
	Druckanbohrventile	H ₂ -ready	-
	Absperrklappen	-	-
	Kondensatsammler	-	-
	Ausbläser	H ₂ -ready	-
	Isoliertrennstücke	H ₂ -ready	-
	Gasströmungswächter	H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Balgengaszähler SLP G1,6 bis G6	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Balgengaszähler SLP G10 bis G25	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
	Balgengaszähler SLP ab G40	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready
Sonstige Gaszähler SLP	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready	
Gaszähler RLM	Nicht H ₂ -ready	Nicht H ₂ -ready	

⁷ Absperrklappen sind nicht mehr Stand der Technik und werden unabhängig von Wasserstoff zunehmend ausgebaut [10].

⁸ Kondensatsammler sind unabhängig von Wasserstoff auszubauen [10].

Zusammenfassend wurden daher für die Modellierung der Transformationskosten des Gasverteilnetzes folgende Assets pauschal als nicht für Wasserstoff geeignet (nicht H₂-ready) eingestuft:

- Rohrleitungen bestehend aus Grauguss
- GDR(M)A-Komponenten: Filter, Vorwärmer, SBV, Ventile
- Messtechnik: Gaszähler, PGC

4.3 Kostendaten

In Anlehnung an das DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1] erfolgte im Rahmen dieser Kurzstudie auch eine Aktualisierung⁹ der im Mengen-Kosten-Gerüst angesetzten Asset-spezifischen Erneuerungskosten zur Erhöhung der Wasserstofftauglichkeit. Die Kostendaten wurden unter Berücksichtigung von DBI-Projekterfahrungen bedarfsgerecht angepasst und sind in Tabelle 7 dargestellt. Die erfassten Kosten beinhalten neben den Anschaffungskosten der zu ersetzenden Assets auch die finanziellen Aufwendungen für die Planung sowie die Umsetzung der Erneuerungs- bzw. Anpassungsmaßnahmen und entsprechen dem Stand des Jahres 2024.

Einzelne Assets wie Isoliertrennstücke oder Druckanbohrventile werden im Rahmen der Modellierung der Transformationskosten nicht berücksichtigt. Diese Assets sind zwar im Mengen-Kosten-Gerüst enthalten und wurden auch hinsichtlich ihrer Wasserstofftauglichkeit bewertet (vgl. Kapitel 4.2), ihnen sind jedoch aufgrund der derzeit fehlenden Datengrundlage keine Erneuerungskosten zugeordnet. Grundsätzlich kann die Nichtberücksichtigung dieser Assets als unkritisch eingestuft werden, da von einer Wasserstofftauglichkeit ausgegangen werden kann.

Die Umstellung vorhandener Stahlrohrleitungen > 16 bar, welche hinsichtlich ihrer Materialbeständigkeit bereits als H₂-ready gelten, wird im Modell über einen Kostenfaktor berücksichtigt. Dieser beträgt 10 % [1] der für den Neubau von Hochdruckleitungen > 16 bar angesetzten Investitionskosten (800 €/m, vgl. Tabelle 7). Somit ergeben sich 80 €/m für die Umstellung von Stahlrohrleitungen > 16 bar. Es wird davon ausgegangen, dass damit pauschal folgende Maßnahmen kostenmäßig abgedeckt sind:

- Prüfung der technischen Dokumentation
- Integritätsprüfung (u.a. Inspektionen, ggf. Molchungen von Leitungsabschnitten, Materialtests und Werkstoffuntersuchungen zur Bewertung der Wasserstofftauglichkeit)
- Risikobewertung und Gefährdungsbeurteilung
- Ertüchtigungsmaßnahmen von Leitungsabschnitten bzw. Komponenten
- gutachterliche Äußerung eines unabhängigen Sachverständigen
- Inbetriebnahme (Erstbefüllung mit Wasserstoff)

Tabelle 7: Übersicht zu den Asset-spezifischen Erneuerungskosten der Gasnetzkomponenten (Quelle: DBI-Expertise/-Projekterfahrung)

Bereich	Asset-Gruppe	Technische Parameter	Spezifische Erneuerungskosten
Versorgungsleitungen	Versorgungsleitung Stahl	> 16 bar	800 €/m
	Versorgungsleitung Stahl	≤ 16 bar	600 €/m
	Versorgungsleitung Kunststoff (PE/PVC)	≤ 16 bar	400 €/m
	Versorgungsleitung Duktillguss	≤ 16 bar	400 €/m
	Versorgungsleitung Grauguss	≤ 16 bar	400 €/m
	Versorgungsleitung unbekanntes Material	≤ 16 bar	400 €/m

⁹ Die größten Unterschiede im Vergleich zum DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1] bestehen bei den Rohrleitungskosten. Diese wurden auf Basis von DBI-Projekterfahrungen der letzten zwei Jahre deutlich niedriger angesetzt.

Bereich	Asset-Gruppe	Technische Parameter	Spezifische Erneuerungskosten
Einbauteile Versorgungsleitung	Schieber	-	5.700 €/Stück
	Kugelhähne	-	5.000 €/Stück
	Absperrklappen	-	5.000 €/Stück
	Ausbläser	-	450 €/Stück
	Gasströmungswächter	-	3.000 €/Stück
Gastechnische Anlagen	Filter	≤ 5 bar	1.500 €/Stück
	Filter	5 bis ≤ 16 bar	2.900 €/Stück
	Filter	> 16 bar	13.000 €/Stück
	Vorwärmer ¹⁰	> 16 bar	17.000 €/Stück
	Druckregler	≤ 5 bar	1.100 €/Stück
	Druckregler	5 bis ≤ 16 bar	8.000 €/Stück
	Druckregler	> 16 bar	11.000 €/Stück
	Absperrarmaturen	≤ 5 bar	700 €/Stück
	Absperrarmaturen	5 bis ≤ 16 bar	700 €/Stück
	Absperrarmaturen	> 16 bar	5.100 €/Stück
	Gaszähler (u.a. DKZ, TRZ, USZ)	≤ 5 bar	8.000 €/Stück
	Gaszähler (u.a. DKZ, TRZ, USZ)	5 bis ≤ 16 bar	5.130 €/Stück
	Gaszähler (u.a. DKZ, TRZ, USZ)	> 16 bar	15.000 €/Stück
	Balgengaszähler	> 16 bar	400 €/Stück
	Mengenumberter	-	5.000 €/Stück
	SAV	≤ 5 bar	2.000 €/Stück
	SAV	5 bis ≤ 16 bar	5.600 €/Stück
	SAV	> 16 bar	10.000 €/Stück
	SBV	≤ 5 bar	1.300 €/Stück
	SBV	5 bis ≤ 16 bar	1.300 €/Stück
	SBV	> 16 bar	1.300 €/Stück
	Ventile	≤ 5 bar	700 €/Stück
	Ventile	5 bis ≤ 16 bar	700 €/Stück
Ventile	> 16 bar	5.100 €/Stück	
PGC	-	70.000 €/Stück	
Bauteile Gasanschluss / Netzanschlussleitung	Gasanschluss-Sanierung ¹¹	-	4.500 €/Stück
	Hausdruckregler	-	190 €/Stück
	Balgengaszähler SLP	G1,6 bis G6	160 €/Stück
	Balgengaszähler SLP	G10 bis G25	500 €/Stück
	Balgengaszähler SLP	ab G40	3.500 €/Stück
	Sonstige Gaszähler SLP	-	3.800 €/Stück
	Gaszähler RLM	-	3.800 €/Stück
	Mengenumberter RLM	-	5.000 €/Stück

¹⁰ Kosten für den Ausbau von Vorwärmern und den Umbau der Anlage

¹¹ Die angesetzten Kosten für die Erneuerung eines Gasanschlusses sind im Mengen-Kosten-Gerüst den Hauseinführungskombinationen zugeordnet. Die Kosten schließen die weiteren Bauteile im Hausanschlussbereich mit ein (Netzanschlussleitungen, Schieber, Kugelhähne, Druckanbohrventile, Absperrklappen, Ausbläser, Isoliertrennstücke und Gasströmungswächter). Hausdruckregler, Gaszähler und Mengenumberter werden kostenmäßig gesondert erfasst, da diese Komponenten im Rahmen der Eichpflicht turnusmäßig ausgetauscht werden müssen.

5 Ergebnisse

5.1 Fernleitungsnetz

Basierend auf dem Antragsentwurf der Fernleitungsnetzbetreiber zum Wasserstoff-Kernnetz vom 15.11.2023 [4] ergeben sich für den Aufbau des Kernnetzes bis zum Jahr 2032 Investitionskosten in Höhe von 19,8 Mrd. €. Zusätzlich werden rund 2 Mrd. € für notwendige, erdgasverstärkende Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit im Erdgassystem benötigt [4]. Die berechneten Kosten basieren auf den im Netzentwicklungsplan Gas 2022-2032 unterstellten Orientierungskostensätzen der Transportinfrastruktur, erweitert um die Berücksichtigung von Mehr- oder Minderkosten für wasserstofftaugliche Bauteile. In den Investitionskosten für Umstellungs- und Neubauleitungen sind die Kosten für Nebenanlagen, wie beispielsweise Gasdruckregel- und -messenanlagen, bereits enthalten. Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Investitionskosten des Wasserstoff-Kernnetzes.

Tabelle 8: Investitionen Wasserstoff-Kernnetz nach [4]

Investitionen Wasserstoff-Kernnetz	bis Ende 2032
Verdichterstationen	1,7 Mrd. €
Leitungen [km]	18,1 Mrd. €
- umzustellende Leitungen der FNB	3,1 Mrd. €
- Neubauleitungen der FNB	12,8 Mrd. €
- Offshore-Leitungen der FNB	1,6 Mrd. €
- umzustellende Leitungen der weiteren potenziellen Wasserstoffnetzbetreiber	0,2 Mrd. €
- Neubauleitungen der weiteren potenziellen Wasserstoffnetzbetreiber	0,3 Mrd. €
Gesamtinvestitionen	19,8 Mrd. €

Abbildung 8 zeigt die jährlichen Investitionskosten für den schrittweisen Aufbau des Wasserstoffkernnetzes und die damit verbundenen erdgasverstärkenden Maßnahmen. Für diese Darstellung wurden die Investitionskosten jeweils den geplanten Inbetriebnahmejahren der für das Wasserstoff-Kernnetz umzustellenden bzw. neuzubauenden Leitungsinfrastrukturen und Verdichterstationen auf Basis der Anlage 3 „Maßnahmenliste“ des Antragsentwurfs zum Wasserstoff-Kernnetz [4] zugeordnet.

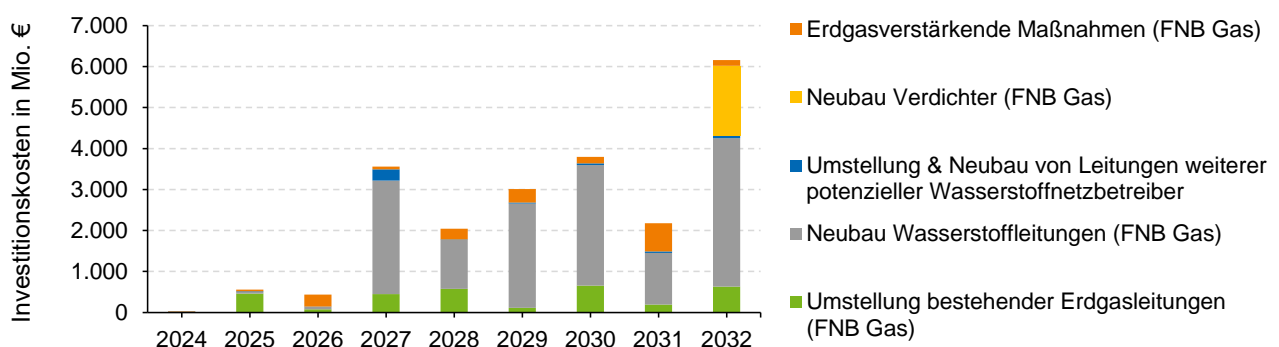


Abbildung 8: Jährliche Investitionskosten für den Aufbau des H₂-Kernnetzes entsprechend dem Antragsentwurf zum H₂-Kernnetz der Fernleitungsnetzbetreiber vom 15.11.2023, Anlage 3 Maßnahmenliste [4]

Die jährlichen Betriebskosten des Wasserstoff-Kernetzes betragen ab 2032 ca. 0,41 Mrd. € pro Jahr [4]. Die Betriebskosten entsprechen den Angaben aus der Maßnahmenliste der Fernleitungsnetzbetreiber für Neubau und Umwidmung im Wasserstoff-Kernetz.

5.2 Gasverteilnetz

Für die vollständige Ertüchtigung und Umstellung des deutschen Gasverteilnetzes, welches auf Basis des abgestimmten Szenarios im Jahr 2045 noch zwei Drittel der Gasanschlüsse für Haushalte und Gewerbe sowie 81% seiner heutigen Netzlänge aufweist, sind Investitionskosten in Höhe von insgesamt 47 Mrd. € erforderlich.

Diese Investitionskosten umfassen sowohl die reguläre Erneuerung zur Erhaltung des Verteilnetzes als auch außerplanmäßige Erneuerungsmaßnahmen im Zuge der Umstellung auf den Wasserstoffbetrieb. Bei der regulären Erneuerung werden Assets planmäßig nach Ablauf ihrer technischen Nutzungsdauer ersetzt (z.B. Turnuswechsel). Das reguläre Erneuerungsjahr eines Assets errechnet sich gemäß der Modellannahme dabei vereinfacht aus dem Baujahr und dem Erwartungswert der angesetzten technischen Nutzungsdauer. Die für die Modellrechnung angesetzten technischen Nutzungsdauern der Assets können jedoch von realen Nutzungsdauern abweichen, da in der Praxis der tatsächliche sicherheitstechnische und funktionale Zustand die Lebensdauer der Assets beeinflusst. Für die Modellrechnung wird zudem angenommen, dass im Rahmen regulärer Erneuerungsmaßnahmen wasserstofftaugliche Assets eingebaut werden. Dadurch entstehen keine zusätzlichen Mehrkosten für die Transformation des Gasverteilnetzes. Die außerplanmäßige Erneuerung zur Erhöhung der Wasserstofftauglichkeit betrifft Assets, welche nicht für Wasserstoff geeignet sind und vor Ablauf der geplanten technischen Nutzungsdauer ausgetauscht werden müssen. Der außerplanmäßige Ersatzbedarf orientiert sich hierbei maßgeblich an den zeitlichen Zielwerten für die Transformation des Gasverteilnetzes gemäß dem definierten Szenario.

Abbildung 9 zeigt die jährlichen Investitionskosten für die reguläre (grün) und außerplanmäßige (blau) Erneuerung der deutschen Gasverteilnetze bis 2045. Der Großteil der Kosten (41,7 Mrd. €; 89 % der Gesamtinvestitionen) entfällt dabei auf die reguläre Erneuerung, d.h. den Erhalt der bestehenden Verteilnetzinfrastruktur. Für die schrittweise kontinuierliche Ertüchtigung und Umstellung von Verteilnetzabschnitten auf Wasserstoff fallen zusätzliche Investitionskosten im Rahmen der außerplanmäßigen Erneuerung an (5,3 Mrd. €; 11 % der Gesamtinvestitionen). Eine entsprechende Übersicht der außerplanmäßig zu ersetzenden Assets ist in Tabelle 9 dargestellt.

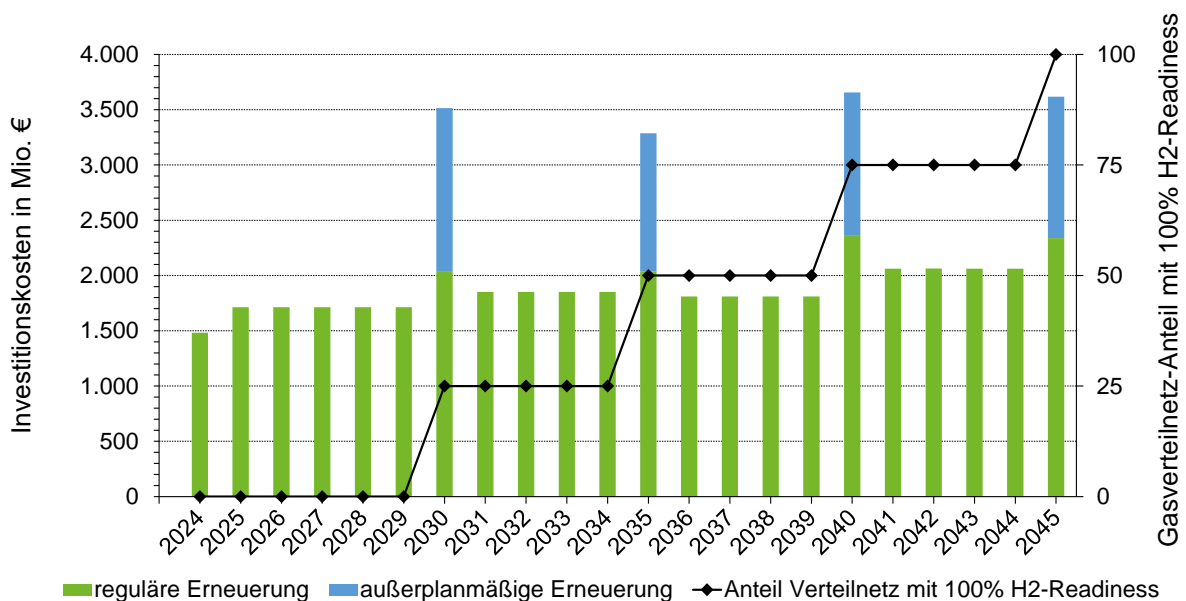


Abbildung 9: Jährliche Investitionskosten für die Transformation des deutschen Gasverteilnetzes (2024-2045)

Für den Zeitraum 2024 bis 2045 ergeben sich durchschnittliche jährliche Investitionskosten in Höhe von 2,14 Mrd. €. Gegenüber den durchschnittlichen Investitionen in das Gasverteilnetz der letzten fünf Jahre (1,56 Mrd. €) auf Basis des Monitoringberichts 2023 der BNetzA [9] entspricht dies einem Anstieg um 37 % (vgl. Abbildung 10). Neben den Investitionen für die Umrüstung des Verteilnetzes auf Wasserstoff ist dieser Anstieg der durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten im Wesentlichen auf die reguläre Erneuerung des Verteilnetzes zurückzuführen. Bis zum Jahr 2045 ist trotz der angenommenen Reduktion der heutigen Verteilnetzlänge auf 81 % (454.595 km) mit einem steigenden regulären Erneuerungsbedarf von Rohrleitungen, gastechnischen Anlagen und Gasanschlüssen aufgrund der fortschreitenden Alterung der Komponenten des Erdgasnetzes zu rechnen. Dies spiegelt sich in Abbildung 9 auch in den tendenziell ansteigenden jährlichen Investitionskosten für die reguläre Erneuerung wider.

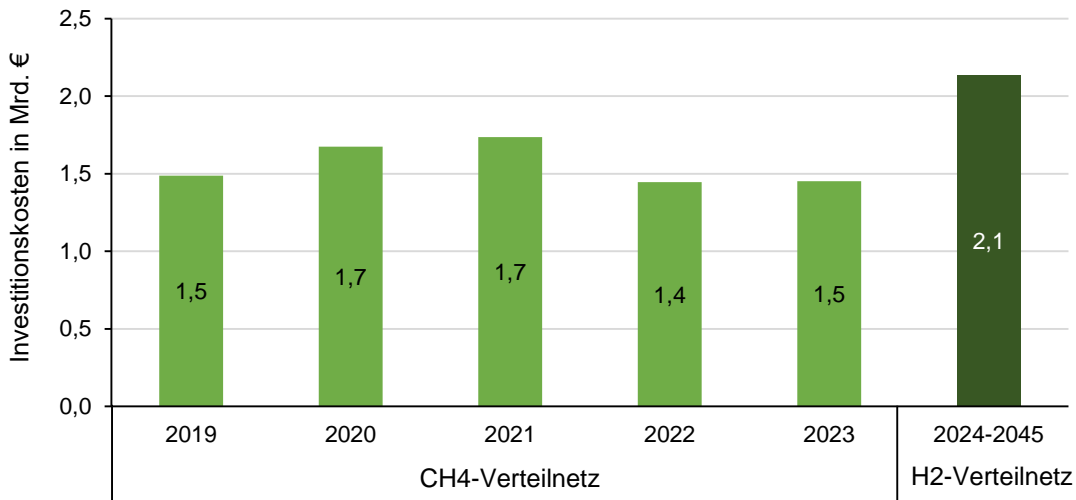


Abbildung 10: Jährliche, historische Investitionen in das Gasverteilnetz 2019-2023 nach BNetzA 2023 [9] und durchschnittliche jährliche Investitionen in das H₂-Verteilnetz 2024-2045

Im Vergleich zur ausschließlich regulären Erneuerung des Gasverteilnetzes im Normalbetrieb (Benchmark) unter Berücksichtigung der bis zum Jahr 2045 rückläufigen Netzlängenentwicklung und einem Rückgang der Anzahl an Gasanschlüssen ergeben sich für die Transformation H₂-Mehrkosten in Höhe von 4 Mrd. € (vgl. Abbildung 11). Die Kosten für die reguläre Erneuerung (grün) sind im H₂-Szenario geringer als im Benchmark, da die dargestellte reguläre Erneuerung von Assets auch durch die außerplanmäßigen Erneuerungsmaßnahmen (blau) beeinflusst wird.

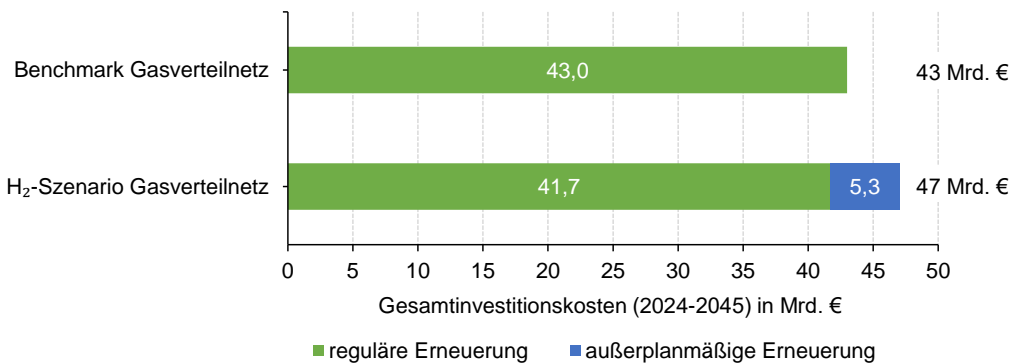


Abbildung 11: Szenariovergleich hinsichtlich der Gesamtinvestitionskosten (2024-2045)

H₂-ready und klimaneutral bis 2045 - Kosten und Aufwand für die H₂-Umrüstung der deutschen Gasnetze (Update 2024)

Tabelle 9: Außerplanmäßiger Erneuerungsbedarf im Verteilnetz (2024 bis 2045)

Außerplanmäßige Erneuerung zur Erhöhung der H ₂ -Tauglichkeit	2030 25 % Verteilnetz auf H ₂ umgestellt	2035 50 % Verteilnetz auf H ₂ umgestellt	2040 75 % Verteilnetz auf H ₂ umgestellt	2045 100 % Verteilnetz auf H ₂ umgestellt	SUMME
Umstellung St-Rohrleitungen > 16 bar	5.255 km 420,4 Mio. €	5.166 km 413,3 Mio. €	4.581 km 366,5 Mio. €	4.015 km 321,2 Mio. €	19.017 km 1,5 Mrd. €
Austausch St-Rohrleitungen > 16 bar	131 km 105 Mio. €	160 km 127,8 Mio. €	552 km 441,3 Mio. €	850 km 680,0 Mio. €	1.693 km 1,4 Mrd. €
Austausch von Graugussrohrleitungen (GG)	300 km 120 Mio. €	272 km 108,9 Mio. €	219 km 87,8 Mio. €	158 km 63,4 Mio. €	949 km 380,1 Mio. €
GDR(M)A PGC	18 Stück 1,3 Mio. €	-	-	-	18 Stück 1,3 Mio. €
GDR(M)A Filter	22.760 Stück 50,1 Mio. €	19.568 Stück 43,1 Mio. €	15.597 Stück 34,4 Mio. €	11.847 Stück 26,1 Mio. €	69.772 Stück 153,7 Mio. €
GDR(M)A Gaszähler	6.285 Stück 45,6 Mio. €	4.869 Stück 35,4 Mio. €	3.303 Stück 24,0 Mio. €	1.880 Stück 13,6 Mio. €	16.337 Stück 118,6 Mio. €
GDR(M)A Vorwärmer	158 Stück 2,7 Mio. €	136 Stück 2,3 Mio. €	108 Stück 1,8 Mio. €	82 Stück 1,4 Mio. €	484 Stück 8,2 Mio. €
GDR(M)A SBV	9.587 Stück 12,5 Mio. €	7.428 Stück 9,7 Mio. €	5.040 Stück 6,6 Mio. €	2.868 Stück 3,7 Mio. €	24.923 Stück 32,5 Mio. €
GDR(M)A Ventile	24.003 Stück 20,2 Mio. €	18.597 Stück 15,6 Mio. €	12.617 Stück 10,6 Mio. €	7.180 Stück 6,0 Mio. €	62.397 Stück 52,4 Mio. €
Balgengaszähler (SLP-Kunden)	3,4 Mio. Stück 625,5 Mio. €	2,4 Mio. Stück 440,6 Mio. €	1,6 Mio. Stück 282,4 Mio. €	0,8 Mio. Stück 145,8 Mio. €	8,2 Mio. Stück 1,5 Mrd. €
Sonstige Gaszähler (SLP-Kunden)	10.782 Stück 41,0 Mio. €	7.595 Stück 28,9 Mio. €	4.876 Stück 18,5 Mio. €	2.513 Stück 9,6 Mio. €	25.766 Stück 98,0 Mio. €
Gaszähler (RLM-Kunden)	10.195 Stück 38,7 Mio. €	7.181 Stück 27,3 Mio. €	4.610 Stück 17,5 Mio. €	2.376 Stück 9,0 Mio. €	24.362 Stück 92,5 Mio. €
SUMME Investitionskosten	1,48 Mrd. €	1.25 Mrd. €	1.29 Mrd. €	1.28 Mrd. €	5,30 Mrd. €

Zu den außerplanmäßigen Erneuerungsmaßnahmen zählen u.a. die Umstellung und der Neubau von Stahlrohrleitungen > 16 bar. Generell wird von einer Wasserstofftauglichkeit der Stahlrohrleitungen ausgegangen. Im DBI-Transformationspfademodell ist allerdings die Annahme verankert, dass Stahlrohrleitungen > 16 bar für Wasserstoff ausgetauscht werden, wenn ihre Restnutzungsdauer bezogen auf das geplante Umstellungsjahr (hier: 2030, 2035, 2040 und 2045) weniger als zehn Jahre¹² beträgt. Damit wird unterstellt, dass bei einer Restnutzungsdauer von weniger als zehn Jahren eine Umstellung der Leitung im Vergleich zu einem Neubau wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, da diese Leitung dann nach der Modelllogik spätestens in zehn Jahren regulär erneuert werden müsste. Zu den weiteren außerplanmäßigen Erneuerungsmaßnahmen zählt die Ertüchtigung der gastechnischen Anlagen zur Gasdruckregelung und Gasmessung, hier bezogen auf die verbauten Hauptkomponenten (insbesondere Filter, Vorwärmer, SBV, Gaszähler, Ventile und PGC). Insbesondere im Bereich der Messtechnik besteht weiterhin ein hoher außerplanmäßiger Erneuerungsbedarf. Hier sind zahlreiche Gaszähler der SLP- und RLM-Kunden¹³ auszutauschen.

Abbildung 12 zeigt die Zusammensetzung der Gesamtinvestitionskosten von 2024 bis 2045. Der äußere Ring im Diagramm stellt die absoluten Erneuerungsausgaben pro Bereich dar. Der innere Ring zeigt die Kostenanteile für die reguläre (gestrichelt) und die außerplanmäßige (gepunktet) Netzerneuerung je Bereich. Die höchsten Kosten sind im Bereich der Rohrleitungen und Hausanschluss-Bauteile zu erwarten. Die außerplanmäßige Erneuerung zur Erhöhung der Wasserstofftauglichkeit besitzt nur einen geringen Anteil an den Gesamtinvestitionskosten. Dies unterstreicht, dass bereits ein Großteil der Assets der deutschen Gasinfrastruktur für Wasserstoff geeignet ist bzw. im Rahmen der regulären Erneuerung ersetzt werden kann.

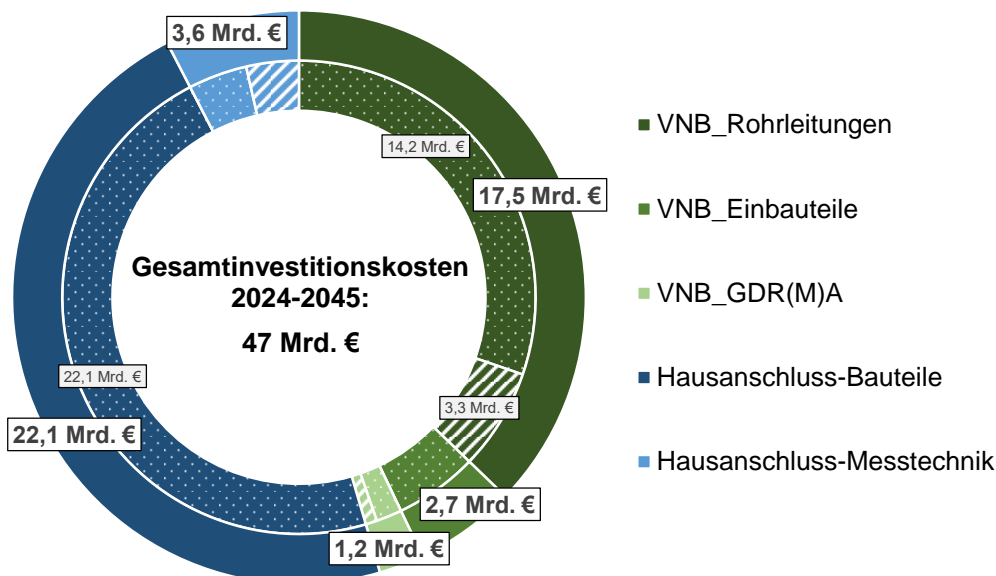


Abbildung 12: Zusammensetzung der Gesamtinvestitionen für die Transformation des deutschen Gasverteilnetzes (2024-2045) infolge regulärer (gepunktet) und außerplanmäßiger (gestreift) Netzerneuerung

Die durchschnittlichen jährlichen Betriebskosten für das Gasverteilnetz wurden auf Basis der Monitoringberichte der BNetzA aus den Jahren 2019 bis 2023 auf 2.300 € pro km Leitungslänge bestimmt. Dafür wurden die in den jeweiligen Jahren angegebenen Aufwendungen und Netzlängen zugrunde gelegt. Die Aufwendungen umfassen laut BNetzA alle technischen und administrativen Maßnahmen, welche während des Lebenszyklus eines Assets ergriffen werden (Ersatz- und Erhaltungsaufwand) [9]. Für das Wasserstoff-Verteilnetz wird die gleiche Größenordnung der Betriebskosten wie für das Erdgas-Verteilnetz angenommen. Abbildung 13 zeigt die Entwicklung der Betriebskosten im Erdgas- und Wasserstoff-Verteilnetz bis zum Zieljahr 2045. Unter Berücksichtigung der Netzlängenentwicklung gemäß dem abgestimmten Szenario betragen die jährlichen Betriebskosten für das Wasserstoff-Verteilnetz im Jahr 2045 ca. 1 Mrd. €.

¹² DBI-Abschätzung

¹³ SLP-Zähler: Gaszähler mit Standardlastprofil; RLM-Zähler: Gaszähler mit registrierender Leistungsmessung

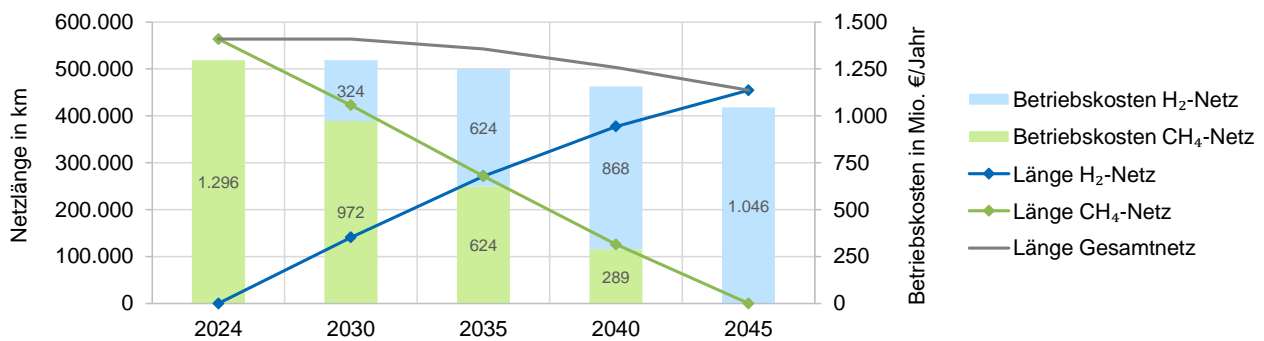


Abbildung 13: Entwicklung der Betriebskosten im Erdgas- & Wasserstoffverteilnetz bis 2045

6 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Kurzstudie wurde untersucht, welche Kosten für die Transformation der deutschen Gasnetzinfrastrukturen bis zum Jahr 2045 anfallen. Dazu wurde gemeinsam mit dem DVGW ein Szenario zur Entwicklung der Wasserstoffnachfrage definiert und die zur Versorgung erforderliche Verteilnetzlänge ermittelt. Für das Jahr 2045 wird ein Wasserstoffbedarf von rund 400 TWh angenommen, was etwa der Hälfte des heutigen Erdgasbedarfs entspricht. In den Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) wird aufgrund des verstärkten Ausbaus von Wärmenetzen und der zunehmenden Elektrifizierung ein Wechsel der Technologien zur Wärmebereitstellung erwartet. Es wird angenommen, dass im Jahr 2045 noch zwei Drittel der heutigen Gasanschlüsse in Haushalten und Gewerbe bestehen, die über das Verteilnetz mit Wasserstoff versorgt werden. Das auf Wasserstoff umgestellte Verteilnetz weist im Jahr 2045 noch 81 % der heutigen Netzlänge auf.

Im Antragsentwurf für das Wasserstoffkernnetz vom 15.11.2023 weisen die Fernleitungsnetzbetreiber Investitionen in Höhe von 19,8 Mrd. € für den Aufbau des Kernnetzes bis zum Jahr 2032 zuzüglich 2,0 Mrd. € für erdgasverstärkende Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit im Erdgassystem aus. Rund 80 % der Investitionen für das Wasserstoff-Kernnetz entfallen dabei auf den Neubau von Wasserstoffleitungen und Verdichterstationen. Etwa 20 % der Investitionen sind der Umwidmung bestehender Erdgasleitungen zuzuschreiben. Die jährlichen Betriebskosten für das Wasserstoff-Kernnetz belaufen sich auf ca. 0,4 Mrd. € im Jahr 2032. Da die weitere Entwicklung des Wasserstoff-Kernnetzes über das Jahr 2032 hinaus derzeit nicht absehbar ist, wird das Kernnetz entsprechend der aktuellen Planung auch als Wasserstoff-Fernleitungsnetz für das Jahr 2045 angenommen.

Die Berechnung der Transformationskosten für die deutsche Gasverteilnetzinfrastruktur hat ergeben, dass sich die Verteilnetze bis zum Jahr 2045 mit überschaubarem Mehraufwand kosteneffizient für Wasserstoff ertüchtigt werden können. Der größte Anpassungsbedarf besteht dabei im Bereich der Messtechnik (Zählerwechsel), der Umstellung von Gashochdruckleitungen und in der Ertüchtigung gastechnischer Anlagen zur Gasdruckregelung und Gasmessung. Die Mehrkosten für die Wasserstofftransformation der Gasverteilnetze liegen bis zum Jahr 2045 bei 4 Mrd. € und damit 9 % über den Kosten einer ausschließlich regulären Erneuerung der Verteilnetze (Benchmark). Insgesamt belaufen sich die Kosten für Erhalt und Transformation der Gasverteilnetze auf 47 Mrd. €. Für die Betriebskosten des Wasserstoff-Verteilnetzes im Jahr 2045 ergeben sich rund 1 Mrd. €.

Damit steht im Jahr 2045 eine Infrastruktur zur Verfügung, die über 9 Millionen Haushalte und Gewerbekunden sowie die Industrie und Gaskraftwerke mit Wasserstoff versorgen kann.

7 Literatur

- [1] J. Sperlich und J. Hüttenrauch, "Roadmap Gas 2050: Transformationspfade der deutschen Gasinfrastruktur inkl. Gasanwender: Deliverable D 2.3" DVGW-Förderkennzeichen G 201824, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Juni 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g201824-rmg2050-d2.3-transformationspfade.pdf>. Zugriff am: 27. Februar 2023.
- [2] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, *Entwicklung des Erdgasabsatzes in Deutschland nach Abnehmern*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/entwicklung-des-erdgasabsatzes-deutschland/> (Zugriff am: 11. April 2024).
- [3] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Hg., "Langfristszenarien 3: Wissenschaftliche Analysen zur Dekarbonisierung Deutschlands", 2022.
- [4] Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V., Hg., "Entwurf des gemeinsamen Antrags für das Wasserstoff-Kernnetz", Berlin, 15. Nov. 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://fnb-gas.de/wp-content/uploads/2023/11/2023_11_15_Entwurf_Antrag_Wasserstoff-Kernnetz_final.pdf.
- [5] Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V., *Wasserstoff-Kernnetz*. [Online]. Verfügbar unter: <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/> (Zugriff am: 27. März 2024).
- [6] Deutscher Bundestag, *Bericht des Haushaltsausschusses (8. Ausschuss) gemäß § 96 der Geschäftsordnung zu dem Gesetzentwurf der Bundesregierung -Drucksachen 20/10014, 20/11017 - Entwurf eines Dritten Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes: Drucksache 20/11018 (neu)*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2024/kw15-de-energiewirtschaftsgesetz-997410> (Zugriff am: 18. April 2024).
- [7] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., *Das Kernnetz ist ein essentieller Hebel für die künftige Energieversorgung*, 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/das-kernnetz-ist-ein-essentieller-hebel-fuer-die-kuenftige-energieversorgung/>
- [8] DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V, Hg., "TransNetz - Entwicklung von robusten Transformationspfaden zur Umsetzung der Klimaziele auf Verteilnetzebene: Phase 1" DVGW-Förderkennzeichen G 202145, Dez. 2023.
- [9] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundeskartellamt, *Monitoringbericht 2023*. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/MonitoringberichtEnergie2023.pdf> (Zugriff am: 12. April 2024).
- [10] DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., *Der Gasnetzgebietstransformationsplan - Ergebnisbericht 2023*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.h2vorort.de/fileadmin/Redaktion/Bilder/Publikationen/Ergebnisbericht-2023-des-GTP.pdf> (Zugriff am: 12. April 2024).
- [11] R. Lange, C. Kranz, A. Schwigon, K. U. Schuhmann und M. Steiner, "Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas - Ergebnisse aus den Jahren 2011 bis 2022", *DVGW energie | wasser-praxis*, Jg. 2024, Nr. 1, S. 32–45, 2024.
- [12] DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., *Gas- und Wasser-Statistik - GaWaS*. [Online]. Verfügbar unter: <https://gawas.strukturdatenerfassung.de/>.
- [13] DVGW Service & Consult GmbH, *verifHy: Hydrogen Ready Database*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.verifhy.de/> (Zugriff am: 18. April 2024).

- [14] M. Poltrum *et al.*, "Kompendium Wasserstoff in Gasverteilnetzen: Analyse zur Verträglichkeit der Gasverteilnetze mit Wasserstoffanteilen im Gasgemisch in Schritten bis 100 Vol.-%", 19. Apr. 2019.
- [15] MARCOGAZ AISBL, Hg., "Overview of available test results* and regulatory limits for hydrogen admission into existing natural gas infrastructure and end use: Infographic Version 2023" *According to the list of references., Brussels, 3. Okt. 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.marcogaz.org/wp-content/uploads/2023/10/20231002-H2-Infographic-2023-Version-Revised-Final-draft-02102023-1.pdf>. Zugriff am: 18. April 2024.
- [16] M. Steiner, U. Marewski und H. Silcher, "DVGW-Projekt SyWeSt H2: Stichprobenhafte Überprüfung von Stahlwerkstoffen für Gasleitungen und Anlagen zur Bewertung auf Wasserstofftauglichkeit" DVGW-Förderkennzeichen G 202006, Jan. 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g202006-sywesth2-staehle.pdf>. Zugriff am: 30. März 2023.
- [17] Kunststoffrohrverband e.V., Hg., "KRV Stellungnahme zur Wasserstoffintegrität von Kunststoffrohren und Formteilen", Bonn, 25. Juli 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.krv.de/system/files/downloads/krv_stellungnahme_0.pdf. Zugriff am: 18. April 2024.
- [18] Nedgia, "Abschlussbericht zur Verträglichkeitsstudie von Sphäroguss in H₂-Atmosphäre", 2023.
- [19] *Hydrogen Piping and Pipelines*, B31.12, The American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2019.
- [20] S. Schulz und T. Nürnberg, "Leckratenerfassung der Wasserstoffdichtheit von Armaturen und Abdichtsystem von Bestandsarmaturen (LeA H₂ + UWaSpin H₂)" DVGW-Förderkennzeichen G 202139, Sep. 2023.
- [21] J. König und S. Schütz, "Dichtheitsuntersuchung Absperrarmaturen: Angefertigt von der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH im Auftrag eines deutschen Verteilnetzbetreibers", Leipzig, 2019.
- [22] F. Burmeister, E. Tali, S. Feldpausch-Jaegers, L. Oberschlep, P. Pietsch und H. Dörr, "Roadmap Gas 2050: Bewertung der H₂-Verträglichkeit von Gasinstallation: Deliverable D 3.5", Mai 2023.
- [23] *Technische Richtlinien G 14 Messgeräte für Gas, Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz*, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Nov. 2007.
- [24] P. Schley *et al.*, "Einfluss von Wasserstoff auf die Energiemessung und Abrechnung: DVGW-Forschungsprojekt G 3-02-12", Bonn, 2014.
- [25] M. Poltrum *et al.*, "Kompendium Wasserstoff in Gasfernleitungsnetzen: H₂-Kompendium-FNB" Abschlussbericht, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH; FNB Gas e.V., Juli 2021.
- [26] *Messgeräte für Gas. G 19 „Wasserstoff im Gasnetz“*, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, Feb. 2023.
- [27] Scholten, K. (GWI), Dörr, H. (EBI) und Werschy, M., "Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI", Bonn, Feb. 2018.
- [28] R. Kramer, M. Weyhe und H.-B. Böckler, "H₂-Messrichtigkeit: Untersuchung des Verhaltens von Haushaltsgaszählern im Verbund mit Hausdruckregelgeräten bei Nutzung von H₂-beaufschlagten Gasen", 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-messrichtigkeit>.
- [29] J. Schrammel und A. Dobsch, "H₂ready – Systemlösungen für die Verteilung von Wasserstoff", *FORUM GAS WASSER WÄRME*, Jg. 2020, Nr. 3, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://schuck-group.com/download/7347>

- [30] RMA Pipeline Equipment, *Wir sind bereit für die Zukunft mit Wasserstoff!: RMA Produkte 100% H₂ geeignet – TÜV geprüft!* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.rma-armaturen.de/de/wir-sind-bereit-fuer-die-zukunft-mit-wasserstoff/>.
- [31] J. Mischner, H.-G. Fasold und J. Heymer, *Gas2energy.net: Systemplanerische Grundlagen der Gasversorgung*, 2. Aufl. München, Deutschland: DIV Deutscher Industrieverlag GmbH, 2015.
- [32] G. Müller-Syring, M. Henel, W. Köppel, H. Mlaker, M. Sterner und T. Höcher, "Entwicklung von modularen Konzepten zur Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff und Methan ins Erdgasnetz", Bonn, 2013.

Anhang

Anhang 1:	Mengen-Alters-Gerüst.....	23
Anhang 2:	Wasserstofftauglichkeit	29

Anhang 1: Mengen-Alters-Gerüst

Rohrleitungen

Die vom DVGW 2024 veröffentlichten statistischen Auswertungen zur „Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas – Ergebnisse aus den Jahren 2011 bis 2022“ [11] basieren auf den von den Gasnetzbetreibern gemeldeten Daten gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 410. Es ist davon auszugehen, dass die dem DVGW vorliegenden Bestandsdaten nicht vollständig sind, da nicht alle Gasnetzbetreiber regelmäßig ihre Daten melden. Dennoch geht der DVGW davon aus, dass die vorliegende Stichprobe eine repräsentative Auswertung von Bestands- und Ereignisentwicklungen in der deutschen Gasversorgung ermöglicht. Eine vollständigere oder aussagekräftigere Datenbasis ist laut DVGW in Deutschland nicht vorhanden.

Die in [11] dargestellten statistischen Auswertungen zu den erhobenen Bestandsdaten der Gasverteilnetzbetreiber beziehen sich auf die Bereiche Netzanschluss, Versorgungsleitungen ≤ 16 bar und Versorgungsleitungen > 16 bar. Innerhalb dieser Bereiche erfolgt eine prozentuale Aufteilung der erfassten Leitungslängen auf die Kategorien „zulässiger Betriebsdruck (MOP)“, „Durchmesser“, „Werkstoff“ und „Baujahr“. Die Zuordnung der Leitungslänge auf mehrere Kategorien untereinander wurde in [11] nicht vorgenommen. Für die Modellierung im Rahmen dieser Kurzstudie ist insbesondere die Zuordnung (Kreuzkorrelation) der Leitungslänge zu den Kategorien „Werkstoff“ und „Baujahr“ je Bereich erforderlich. Der Bezug der Leitungslänge zum Baujahr ermöglicht im DBI-Transformationspfademodell unter Berücksichtigung technischer Nutzungsdauern die Ermittlung eines regulären Erneuerungsjahres. Aufgrund der in [11] nicht bekannten Zusammenhänge der Leitungslängen zwischen den einzelnen Kategorien, mussten diese im Rahmen der Erstellung des Eingangsdatensatzes für die Modellierung dieser Kurzstudie eigenständig hergeleitet werden.

Das in DVGW G 402 „Netz- und Schadensstatistik - Erfassung und Auswertung von Daten zum Aufbau von Instandhaltungsstrategien für Gasversorgungsnetze“ dargestellte Diagramm (vgl. Abbildung 14) gibt Aufschluss über die allgemeinen Verlegezeiträume verschiedener Rohrmaterialien.

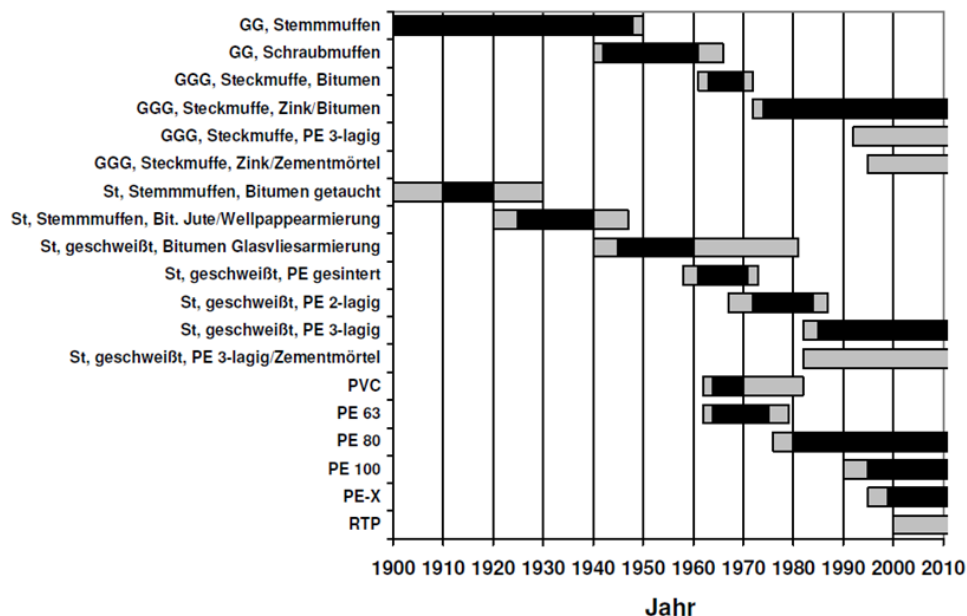


Abbildung 14: Allgemeine Verlegezeiträume verschiedener Rohrmaterialien von Gasleitungen, Quelle: DVGW G 402

Die Aufteilung der im GTP-Ergebnisbericht 2023 der DVGW-Initiative H2vorOrt [10] angegebenen Rohrleitungslängen des Gasverteilnetzes nach Materialien (vgl. Tabelle 3) auf die in Abbildung 14 dargestellten allgemeinen Verlegezeiträume erfolgte unter Berücksichtigung der in [11] hinterlegten prozentualen Anteile für die Kategorie „Baujahr“ (vgl. Abbildung 15 bis Abbildung 17). Der Leitungsanteil mit unbekanntem Material wurde den Baujahren vor 1990 zugeordnet, da ab 1990 von einer vollständigen Dokumentation der Rohrmaterialien ausgegangen wird.

Netzanschlussleitungen

Angabe in Tkm	vor 1970	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020-2029	Summe
PVC	0,28	0,91						1,19
PE sonstige	1,14	3,72	11,59					16,45
PE 80			17,42	25,07	16,63	14,12	0,00	73,25
PE 100				20,16	13,37	11,36	2,42	47,31
PE-X				2,82	1,87	1,59	0,34	6,61
andere Kunststoffe	0,00	0,00						0,00
Stahl	1,68	6,16	4,58	2,92	1,94	1,65	3,36	22,30
Duktilguss (GGG)	0,20							0,20
unbekannt	0,18	0,59	1,83					2,60
Summe	3,48	11,39	35,42	50,97	33,81	28,71	6,12	169,90

Abbildung 15: Aufteilung der Länge (in Tsd. km) an Netzanschlussleitungen auf Verlegezeiträume in Abhängigkeit vom Rohrmaterial (eigene Herleitung)

Versorgungsleitungen ≤ 16 bar

Angabe in Tkm	vor 1950	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020-2029	Summe
PVC			3,45	9,74						13,19
PE sonstige			4,44	12,53	24,14					41,11
PE 80					34,79	45,35	23,04	12,39		115,57
PE 100						38,22	19,42	10,45	1,72	69,81
PE-X						1,06	0,54	0,29	0,05	1,94
andere Kunststoffe			0,10	0,29						0,39
Stahl/PE			5,10	11,10	26,64	28,79	14,63	7,87	3,44	97,57
Stahl/bit	3,13	5,82	1,82	10,75						21,53
Duktilguss (GGG)			0,32	0,89	1,71	2,23	1,14	0,61		6,90
Grauguss (GG)	0,17	0,31	0,82							1,30
unbekannt	0,05	0,10	0,26	0,75	1,44					2,60
Summe	3,36	6,23	16,31	46,04	88,72	115,66	58,76	31,61	5,21	371,90

Abbildung 16: Aufteilung der Länge (in Tsd. km) an Versorgungsleitungen ≤ 16 bar auf Verlegezeiträume in Abhängigkeit vom Rohrmaterial (eigene Herleitung)

Versorgungsleitungen > 16 bar

Angabe in Tkm	vor 1950	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020-2029	SUMME
Stahl/PE			0,48	0,94	4,16	5,12	1,50	0,62	0,19	13,00
Stahl/bit	0,37	0,61	2,91	2,91						6,80
unbekannt	0,06	0,10	0,55	0,62	0,67					2,00
SUMME	0,43	0,71	3,93	4,47	4,83	5,12	1,50	0,62	0,19	21,80

Abbildung 17: Aufteilung der Länge (in Tsd. km) an Versorgungsleitungen > 16 bar auf Verlegezeiträume in Abhängigkeit vom Rohrmaterial (eigene Herleitung)

Gastechnische Anlagen

Die hergeleitete Anzahl der gastechnischen Anlagen im Verteilnetz (Gasdruckregelanlagen (GDRA), Gasmessanlagen (GMA), Gasdruckregel- und Messanlagen (GDRMA)) in Abhängigkeit der Eingangsdruckbereiche ≤ 5 bar, > 5-16 bar und > 16 bar erfolgte auf Basis der Freigabe zur DVGW Gas-Wasser-Statistik (GaWaS) der Jahre 2013-2022 [12]. Dazu wurden zunächst für jeden GaWaS-Datensatz je Anlagenart und Eingangsdruckbereich die spezifischen Zahlen in Bezug auf die gemeldete Anlagenanzahl und Netzlänge gebildet. Anschließend wurden die durchschnittlichen spezifischen Zahlen je Anlagenart und Eingangsdruckbereich über alle Jahre ermittelt und mit der Verteilnetzlänge nach [9] (vgl. Tabelle 3, ohne Netzanschlussleitungslänge)¹⁴ multipliziert.

¹⁴ Länge Versorgungsleitungen ≤ 16 bar für Eingangsdruckbereiche ≤ 5 bar & > 5-16 bar; Länge Versorgungsleitungen > 16 bar für Eingangsdruckbereiche > 16 bar

H₂-ready und klimaneutral bis 2045 - Kosten und Aufwand für die H₂-Umrüstung der deutschen Gasnetze (Update 2024)

GDR	Anzahl/km	GMA	Anzahl/km	GDRM	Anzahl/km
GDR MOP ≤ 5 bar	0,043	GMA MOP ≤ 5 bar	0,018	MOP ≤ 5 bar	0,028
GDR MOP > 5-16 bar	0,041	GMA MOP > 5-16 bar	0,004	MOP > 5 bar - 16 bar	0,019
GDR MOP > 16 bar	0,006	GMA MOP > 16 bar	0,001	MOP > 16 bar	0,011
Summe	0,090		0,023		0,058

Abbildung 18: Durchschnittliche spezifische Zahlen in Bezug auf Anlagenanzahl und Rohrleitungslänge im Verteilnetz auf Basis der GaWaS der Jahre 2013 bis 2022 (eigene Herleitung)

GDR	Anzahl	GMA	Anzahl	GDRM	Anzahl
GDR MOP ≤ 5 bar	16.052	GMA MOP ≤ 5 bar	6.511	MOP ≤ 5 bar	10.418
GDR MOP > 5-16 bar	15.403	GMA MOP > 5-16 bar	1.475	MOP > 5 bar - 16 bar	6.902
GDR MOP > 16 bar	124	GMA MOP > 16 bar	26	MOP > 16 bar	250
Summe	31.579		8.012		17.569

Abbildung 19: Anzahlen der gastechnischen Anlagen in Abhängigkeit der Eingangsdruckbereiche (eigene Herleitung)

Die angesetzte Anzahl der PGC im Verteilnetz basiert auf [1].

Die Herleitung der Anzahl an Hauptkomponenten der gastechnischen Anlagen (vgl. Tabelle 4) basiert auf dem DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050“, Transformationspfade (D2.3) [1]. Darin wurde zunächst geprüft, welcher tatsächliche Anlagentyp zu den definierten Anlagenklassen passt. Daraufhin wurde die Anzahl der wichtigsten Komponenten (u.a. Druckregler, Filter, Vorwärmer, Sicherheitsventile, Gaszähler) für jeden Anlagentyp abgeschätzt und mit den Bestandszahlen der Anlagen (vgl. Abbildung 19) multipliziert.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Annahmen bzgl. der Anzahl an Komponenten pro Anlage der Verteilnetzbetreiber (VNB) analog zu [1].

Tabelle 10: Anzahl der Komponenten pro VNB-Gasdruckregelanlage (GDRA) in Abhängigkeit des Eingangsdruckbereiches [1]

VNB-GDRA	≤ 5 bar	>5-16 bar	>16 bar
typische Anlagenleistung	400 m ³ /h	1.000 m ³ /h	15.000 m ³ /h
Anzahl Schienen pro Anlage	2	2	4
Druckregelgerät	2	2	4
Filter	2	2	2
Vorwärmer	0	0	2
SAV	2	2	10
SBV	1	1	2
Absperrarmaturen	4	4	12
Balgengaszähler	0	0	1
Hinweise:			
≤ 5 bar: Zellengasfilter / Regler			
>5-16 bar: Patronenfilter / Regler			
>16 bar: Staub- u. Flüssigkeitsabscheider / SAVs inkl. Wasser-SAV / SBV (Leckgas & thermische) / 1x Balgengaszähler → Heizkreis			

Tabelle 11: Anzahl der Komponenten pro VNB-Gasmessanlage (GMA) in Abhängigkeit des Eingangsdruckbereiches [1]

VNB-GMA	≤ 5 bar	>5-16 bar	>16 bar
typische Anlagenleistung	400 m ³ /h	1.000 m ³ /h	15.000 m ³ /h
Anzahl Schienen pro Anlage	2	2	4
Filter	1	2	2
Gaszähler	1	1	2
Mengenumberter	0	0	1
Absperrarmaturen	4	7	8
Hinweise:			
≤ 5 bar: Zellengasfilter / Drehkolbengaszähler (DKZ)			
>5-16 bar: Patronenfilter / Drehkolbengaszähler (DKZ)			
>16 bar: Staub- u. Flüssigkeitsabscheider / 2x Turbinenradgaszähler (TRZ)			

Tabelle 12: Anzahl der Komponenten pro VNB-Gasdruckregel- und Messanlage (GDRMA) in Abhängigkeit des Eingangsdruckbereiches [1]

VNB-GDRMA	≤ 5 bar	>5-16 bar	>16 bar
typische Anlagenleistung	400 m ³ /h	1.000 m ³ /h	15.000 m ³ /h
Anzahl Schienen pro Anlage	2	2	4
Druckregelgerät	2	2	4
Filter	2	2	2
Vorwärmer	0	0	2
SAV	2	2	10
SBV	1	1	4
Ventile	7	7	16
Gaszähler	1	1	3
Mengenumberter	0	0	1
Hinweise:			
≤ 5 bar: Zellengasfilter / Regler mit integrierten SAV / Drehkolbengaszähler (DKZ)			
>5-16 bar: Patronenfilter / Regler mit integrierten SAV / Drehkolbengaszähler (DKZ)			
>16 bar: Patronenfilter / SAVs inkl. Wasser-SAV / SBV (Leckgas & thermische) / Zähler - 2x Turbinenradgaszähler (TRZ) + 1x Balgengaszähler → Heizkreis			

Armaturen und Einbauteile im Verteilnetz

Im GTP-Ergebnisbericht 2023 der DVGW-Initiative H2vorOrt [10] lag der technische Fokus auf der H₂-Readiness von Armaturen und Einbauteilen in den Versorgungsleitungen und Netzanschlüssen. Von insgesamt 704 Verteilnetzbetreibern (VNB) in Deutschland haben im Rahmen des GTP 177 VNB dazu die Anzahlen der verbauten Assets in ihrem Netzgebiet gemeldet (vgl. Tabelle 13) [9, 10]. Da dementsprechend die gemeldeten Anzahlen in Bezug auf die gesamte Asset-Population in Deutschland unvollständig sind, wurde ein eigener Ansatz zur Hochrechnung gewählt. Im Ergebnis ergibt sich dadurch eine Erhöhung der gemeldeten Anzahlen um ca. 85 % (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 13: Anzahl von Armaturen und Einbauteilen in Versorgungsleitungen und Netzanschlüssen entsprechend dem GTP-Ergebnisbericht 2023 [10]

Asset-Gruppe	Versorgungsleitung	Netzanschlussleitung	SUMME
Schieber	397.772	279.325	677.097
Kugelhähne	123.332	354.384	477.716
Druckanbohrventile	1.010.211	752.081	1.762.292
Absperrklappen	2.554	58.605	61.159
Kondensatsammler	29.273	1.470	30.743
Ausbläser	121.350	6.011	127.361
Isoliertrennstücke	54.172	149.774	203.946
äußere Strömungswächter	57.881	1.685.041	1.742.922
SUMME Einbauteile	1.796.545	3.286.691	5.083.236

Ansatz DBI-Hochrechnung:

1. 177 VNB = 73 % von 241 VNB (Gesamt-Teilnehmer GTP 2023 mit insgesamt ca. 415.000 km Netzlänge [10])
2. DBI-Annahme: 177 VNB besitzen 73 % von 415.000 km = 304.793 km Netzlänge
3. Ermittlung der spez. Zahlen = Anzahl Armaturen bzw. Einbauteile / 304.793 km
4. Hochrechnung: spez. Zahlen x Gesamtnetzlänge Verteilnetz (562.447 km [10]) = erwartete Gesamtanzahl

Tabelle 14: DBI-Hochrechnung der Anzahl von Armaturen und Einbauteilen in Versorgungsleitungen und Netzanschlüssen

Asset-Gruppe	Versorgungsleitung	Netzanschlussleitung	SUMME
Schieber	734.026	515.451	1.249.477
Kugelhähne	227.590	653.960	881.550
Druckanbohrventile	1.864.187	1.387.848	3.252.035
Absperrklappen	4.713	108.146	112.859
Kondensatsammler	54.019	2.713	56.732
Ausbläser	223.932	11.092	235.024
Isoliertrennstücke	99.966	276.385	376.351
äußere Strömungswächter	106.810	3.109.480	3.216.290
SUMME	3.315.243	6.065.075	9.380.318

Komponenten im Hausanschlussbereich

Ansatz DBI-Hochrechnung Hausanschlüsse (HA) SLP-Kunden:

1. Für den BNetzA Monitoringbericht 2023 melden 635 VNB 12.874.500 Marktlösungen von Haushaltskunden und 527.400 km Leitungslänge im Verteilnetz [9].
2. Ermittlung der spez. Zahl = Anzahl HA / 527.400 km
3. Hochrechnung: spezifische Zahl x Gesamtnetzlänge Verteilnetz (562.447 km [10]) = erwartete Gesamtanzahl an HA (Erhöhung um ca. 7 %)

Ansatz DBI-Hochrechnung Hausdruckregler (HDR):

1. Ermittlung der spez. Zahlen für GaWaS 2013-2022: gemeldete Anzahl HDR / gemeldete Länge Netzanschlussleitung (NAL) [12]
2. Ermittlung des Durchschnittswertes der spez. Zahlen aus GaWaS 2013-2022 [12]
3. Hochrechnung: Durchschnittswert der spez. Zahlen x Gesamtlänge NAL im Gasverteilnetz (169.900 km [10]) = erwartete Gesamtanzahl an HDR (Erhöhung um ca. 25 %)

Ansatz DBI-Hochrechnung Messtechnik Gaskunden:

1. Für den BNetzA Monitoringbericht 2023 melden 635 VNB die Menge an Gaszählern (GZ) und Mengenumwertern (MU) sowie 527.400 km Leitungslänge im Verteilnetz [9].
2. Ermittlung der spez. Zahlen = Anzahl GZ bzw. MU / 527.400 km
3. Hochrechnung: spez. Zahlen x Gesamtnetzlänge VNB (562.447 km [10]) = erwartete Gesamtanzahl an GZ bzw. MU (Erhöhung um ca. 7 %)

Tabelle 15: Anzahl der Hausanschlusskomponenten im Gasverteilnetz

Asset-Gruppe	Anzahl (original)	Anzahl (Hochrechnung)
Hausanschlüsse SLP-Kunden	12.874.500 [9]	13.730.042
Hausdruckregler	6.017.420 [12]	7.551.287
Balgengaszähler G1,6 bis G6	12.954.107 [9]	13.814.939
Balgengaszähler G10 bis G25	422.832 [9]	450.930
Balgengaszähler ab G40	46.890 [9]	50.006
Sonstige Haushaltsgaszähler SLP	42.201 [9]	45.005
Gaszähler RLM-Kunden	39.903 [9]	42.555
Mengenumwerter RLM-Kunden	26.787 [9]	28.567

Anhang 2: Wasserstofftauglichkeit

Nachfolgend werden die in Kapitel 4.2 für die Modellierung angesetzten Wasserstofftauglichkeiten der Nicht-Rohrleitungs-Assets erläutert.

Armaturen und Einbauteile der Versorgungs- und Netzanschlussleitungen

- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit von Schiebern, Kugelhähnen, Druckanbohrventilen, Ausbläsern, Gasströmungswächtern, Isoliertrennstücken: H₂-ready
- Absperrklappen und Kondensatsammler werden unabhängig von Wasserstoff zunehmend ausgebaut.

Für Armaturen und Einbauteile der Versorgungs- und Netzanschlussleitungen sind grundsätzlich keine technischen Hindernisse durch Wasserstoff zu erwarten.

Die Untersuchungsergebnisse des DVGW-Forschungsprojekts „H₂-Dichtheit von Armaturen“ (Förderkennzeichen G 202139) [20] zur inneren und äußeren Dichtheit von 20 bestehenden und acht neuwertigen Absperrarmaturen ergaben, dass alle Armaturen nach außen blasendicht sind. Bei zwei Dritteln der Armaturen konnte auch die innere Dichtheit als blasendicht beschrieben werden. Aus den Ergebnissen von Praxisuntersuchungen der DBI-Gruppe zur inneren und äußeren Dichtheit von bestehenden und neuen Absperrarmaturen (DN40 bis DN100) konnte abgeleitet werden, dass die geprüften Stahlkugelhähne und Stahlschieber gegenüber Wasserstoff dicht sind, insofern dies auch für Erdgas gilt [21]. Darüber hinaus sind erste H₂-ready-Produkte für Schieber, Kugelhähne und Druckanbohrventile in der DVGW-Datenbank verifHy [13] enthalten.

Für Gasströmungswächter bestehen in Bezug auf Wasserstoff weder funktionelle Einschränkungen noch sicherheitstechnische Risiken. Auch aus materialtechnischer Sicht sind keine Einschränkungen zu erwarten. Zu diesen Erkenntnissen kam das DVGW-Projekt „Roadmap Gas 2050, D3.5“, in welchem der Nachweis der Funktion und Integrität der Gasströmungswächter gegenüber Wasserstoff erbracht wurde [22]. Ein formeller Abgleich mit der DVGW-Datenbank verifHy wird dennoch empfohlen [22]. Zudem sind bei einem Netzbetrieb mit Wasserstoff die eingebauten Gasströmungswächter rechnerisch zu überprüfen. Bei Neuinstallationen wird aktuell dazu tendiert, nur noch Gasströmungswächter ohne Überströmöffnungen einzusetzen.

Messtechnik und Gasdruckregelgeräte

- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit von Prozessgaschromatographen (PGC): nicht H₂-ready
- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit von Gaszählern: nicht H₂-ready
- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit von Mengenumwertern: H₂-ready
- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit von Gasdruckregelgeräten: H₂-ready

Ältere PGC können in der Regel keinen Wasserstoff im Gasgemisch analysieren und weisen häufig nur eine begrenzte Wasserstoffeignung in Höhe von 0,2 Vol.-% auf [23]. Eine eichamtliche Umrüstung einzelner Bestandsgeräte ermöglicht laut Herstellerangaben die Messung von bis zu 20 Vol.-% Wasserstoff im Gasgemisch [24]. Für den Betrieb mit Wasserstoff sind neue, wasserstoffkompatible PGC für eine Gasanalyse einzusetzen [25].

Sämtliche für Erdgas zugelassene Gaszähler sind nach der Technischen Regel G19 der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB TR G19) auch für Wasserstoffkonzentrationen von bis zu 5 Vol.-% zugelassen [26]. Der Einsatz für bis zu 10 Vol.-% Wasserstoff muss in den relevanten Herstellerunterlagen gestattet sein [26]. Beim Einsatz von Gaszählern für Wasserstoffanteile größer 10 Vol.-% einschließlich reinen Wasserstoffs muss neben einer Herstellererklärung eine Unbedenklichkeitsbescheinigung der PTB vorliegen [26]. Gemäß Herstellerangaben ist aus materialtechnischer, funktioneller und sicherheitstechnischer Sicht bei Drehkolbengaszählern, Turbinenradgaszählern sowie Ultraschallgaszählern eine Wasserstoffeignung von mindestens 10 Vol.-% gegeben [14]. Balgengaszähler als Komponenten im Geltungsbereich der TRGI (DVGW G 600) können nach [27] mit einer Wasserstoffeignung von mindestens 20 Vol.-% bewertet werden [14]. Das DVGW-Forschungsprojekt „H₂-Messrichtigkeit: Untersuchung des Verhaltens von Haushaltsgaszählern im Verbund mit Hausdruckregelgeräten bei Nutzung von H₂-beaufschlagten Gasen“ (Förderkennzeichen: G 202010) hat gezeigt, dass Hausdruckregler und Balgengaszähler grundsätzlich für Wasserstoffkonzentrationen bis 30 Vol.-% im Erdgas als auch reinen Wasserstoff geeignet sind [28]. Die

Eichgültigkeit der Zähler bleibt jedoch nur bestehen, wenn vom Hersteller eine entsprechende Bescheinigung und von der PTB eine Unbedenklichkeitsbescheinigung vorliegt. Zudem ist bei einem Betrieb mit Wasserstoff zu prüfen, ob durch den etwa dreifach höheren Volumenstrom bei gleichem Energiegehalt zu Erdgas eine größere Ausführung in Bezug auf die Zählergröße/-dimension einzusetzen ist. Für die Modellierung wurde daher die Annahme getroffen, dass Bestandsgaszähler aller Bauarten für Wasserstoff getauscht werden müssen.

Mengenumwerter sind reine Recheneinheiten zur Umwandlung des Gasvolumenstroms vom Betriebs- in den Normzustand. Hierbei wird über unterschiedliche Funktionsgleichungen die Kompressibilitätzahl K berechnet. Für Wasserstoff im Zustandsbereich $0 \leq x_{H_2} \leq 1$ müssen nach DVGW Arbeitsblatt G 685-6¹⁵ und PTB TR G19 Mengenumwerter mit der Funktionsgleichung AGA8-92DC eingesetzt werden [26]. Es gilt zu prüfen, ob sich bestehende Mengenumwerter, welche mit anderen Zustandsgleichungen rechnen, durch ein Software-Update auf AGA8-DC92 umstellen lassen.

Eine Vielzahl an Herstellern (u.a. Fiorentini und Honeywell/Elster) geben an, dass (Haus-)Druckregelgeräte für Anwendungen mit Wasserstoff geeignet und beständig sind, da die statische Belastbarkeit und Sicherstellung der Funktionalität gegeben sind. [13]

Hauseinführungskombination

- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit: H₂-ready

In Bezug auf Herstelleraussagen kann für Hauseinführungskombinationen von einer Wasserstofftauglichkeit ausgegangen werden. Die Franz Schuck GmbH hat im Rahmen der Gewährleistungsmarke „H2ready“ seine Gebäudeeinführungssysteme sowie die angebotenen Hauptabsperrarmaturen hinsichtlich des Betriebes mit Wasserstoff und unterschiedlichen Beimischgrenzen zusammen mit der DBI-Prüfstelle bewertet [29]. Schwerpunkt lag auf der Bewertung der eingesetzten Werkstoffe sowie auf dem Nachweis der Funktionsfähigkeit und der Dauertauglichkeit (Festigkeit und Dichtheit). Weiterhin hat die RMA Kehl GmbH & Co. KG ihre Kugelhähne sowie Hauseinführungen gemeinsam mit dem TÜV in einem festgelegten Prüfablauf mit Wasserstoff auf deren Dichtheit und allgemeine Tauglichkeit untersucht [30]. Anhand der positiven Ergebnisse konnte eine Freigabe für den Betrieb der getesteten Bauteile mit Wasserstoff erreicht werden.

Filter

- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit: nicht H₂-ready

Die technisch-physikalische Funktion eines Filters im Sinne einer mechanischen Reinigung des Gasstroms von Begleitstoffen ist gasartunabhängig. Bei steigenden Wasserstoffkonzentrationen im Gasgemisch steigt unter Berücksichtigung der energetisch gleichbleibenden Transportkapazität (also Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit) die spezifische Flächenbelastung des Filters (z.B. bei 25 Vol.-% Wasserstoffanteil knapp 30 % höhere Flächenbelastung des Filters) [31]. Die Materialbeständigkeit ist analog zu den Annahmen für Stahlwerkstoffe bis 100 Vol.-% Wasserstoff gegeben. Die statische Belastbarkeit des Filtergehäuses wird daher als unkritisch abgeleitet. In Abhängigkeit der bisherigen Filterauslegung kann ein Austausch bei höheren Wasserstoffkonzentrationen unter Umständen notwendig werden [31]. Fraglich ist zudem die Beständigkeit des Filtermaterials, da aufgrund steigender Fließgeschwindigkeiten ggf. eine Beschädigung des Filtereinsatzes hervorgerufen wird. Für die Modellierung wurde daher die Annahme getroffen, dass für einen Wasserstoffbetrieb Filter in gastechnischen Anlagen getauscht werden müssen.

Vorwärmer

- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit: nicht H₂-ready

Die erforderliche Gasvorwärmeleistung sinkt mit steigendem Wasserstoffanteil im Gasgemisch bei gleichbleibender energetischer Transportkapazität aufgrund des gegenüber Erdgas umgekehrten Joule-Thomson-Effektes [31]. Der Joule-Thomson-Koeffizient wird gemäß Berechnungen mit der Software „GasCalc“ ab einer Beimischung von etwa 85 Vol.-% Wasserstoff bei den Betriebsbedingungen einer

¹⁵ gemäß DVGW G 685-6 können für Wasserstoff auch Mengenumwerter mit der Zustandsgleichung SGERG-mod-H2 eingesetzt werden

Verdichterstation kleiner gleich Null, womit bei weiter steigenden Wasserstoffanteilen mit einer Erwärmung des Gasgemisches bei der Entspannung zu rechnen ist. Für die Modellierung wurde daher die Annahme getroffen, dass für einen Wasserstoffbetrieb Vorwärmer in gastechnischen Anlagen auszubauen sind.

Sicherheitsventile und Ventile

- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit von Sicherheitsabsperrentilen (SAV): H₂-ready
- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit von Sicherheitsabblaseventilen (SBV): nicht H₂-ready
- Annahme zur Wasserstofftauglichkeit von Ventilen: nicht H₂-ready

Eine Vielzahl an Herstellern (u.a. Fiorentini, Honeywell, Itron und gAvilar) geben an, dass Sicherheitsventile, insbesondere SAVs, für Anwendungen mit Wasserstoff geeignet und beständig sind [13]. Im DVGW-Forschungsprojekt „Entwicklung von modularen Konzepten zur Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff und Methan ins Erdgasnetz“ (2013) [32] wird davon ausgegangen, dass Komponenten von Regelanlagen, die in Europa in den Verkehr gebracht werden bzw. worden sind, für Gase mit höheren Wasserstoffanteilen bis mindestens 60 Vol.-% zugelassen und geeignet sind. Aufgegriffen werden diese Informationen u.a. von der MARCOGAZ - Infografik Version 2023 [14]. Auf Basis von [14] wird für die Modellierung angenommen, dass für einen Wasserstoffbetrieb SAV weiterhin eingesetzt und SBVs und andere Ventile in gastechnischen Anlagen getauscht werden müssen.

QR-Code scannen, um
mehr über uns zu erfahren.



» www.dbi-gruppe.de