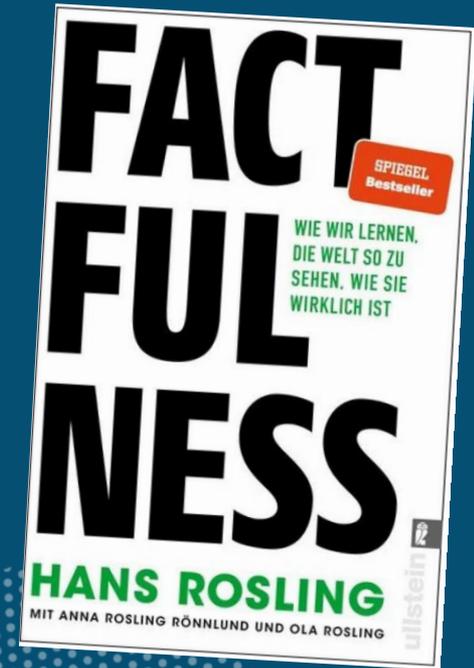


Aufwärm-Phase vor dem Vortrag mit 3 einfachen Fragen zur Energiewirtschaft



Prof Dr Gerald Linke, CEO DVGW



Wenn wir mit gleicher Geschwindigkeit wie bisher Wind & Solar ausbauen aber unseren Primärenergiebedarf theoretisch halbieren, wie viele Jahre brauchen wir dann, um Deutschland bilanziell komplett aus diesen Quellen versorgen zu können?

Antwort 1: Das geht schneller als vermutet in weniger als 10 Jahren.

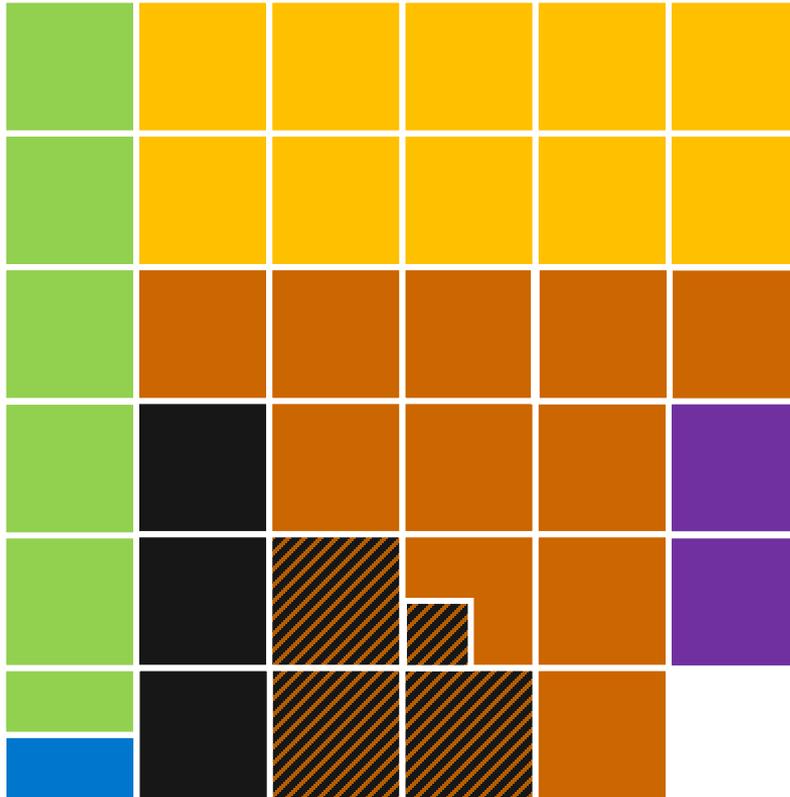
Antwort 2: In jedem Fall deutlich vor 2045.

Antwort 3: Es ist bis 2050 (+/-5 Jahre) zu schaffen.

Antwort 4: Es sind mehr als 100 Jahre, d.h. nach dem Jahr 2123.

Antwort 1: Zusammensetzung des Primärenergiebedarfs 2021

nach AGBE



Mineralöl	(1077)
Erdgas	(904 + ca. 100*)
Erneuerbare	(545)
Braunkohle	(315)
Steinkohle	(291)
Kernenergie	(210)
Andere	(44)

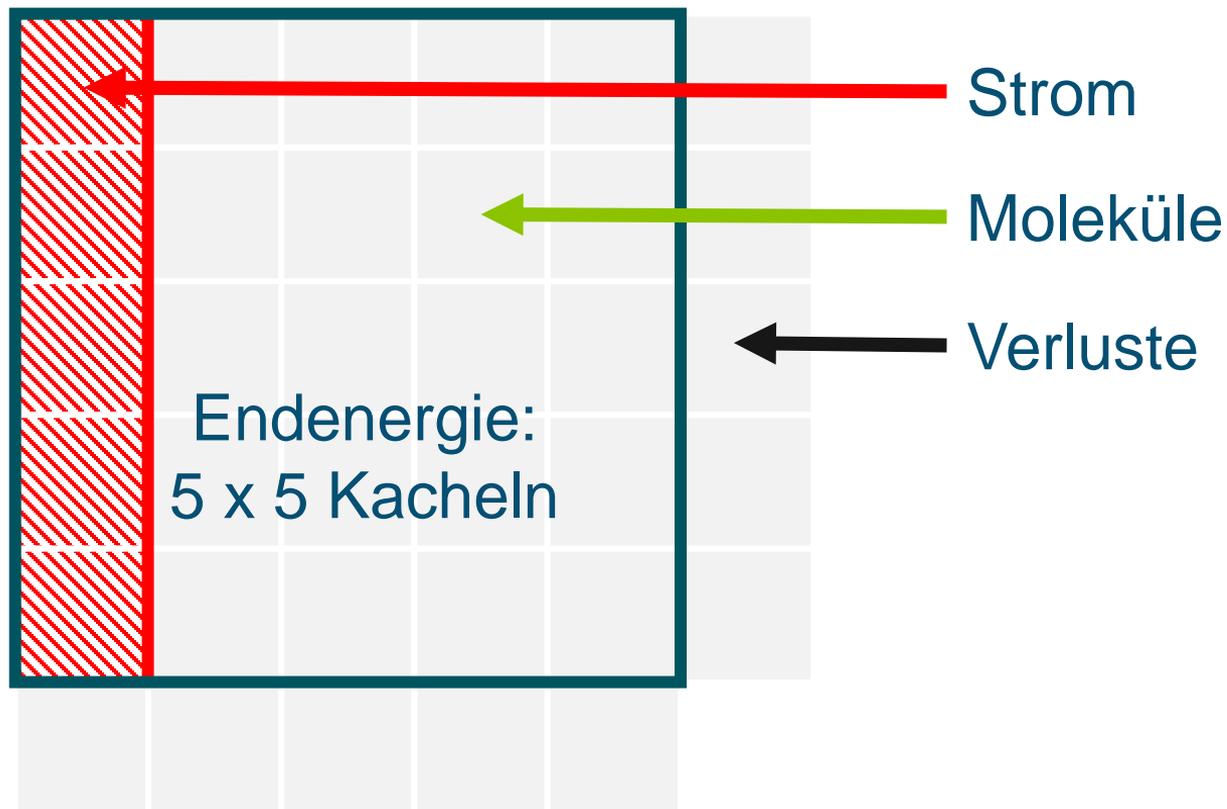
* Korrektur um Speicherbewegungen und inländ. Produktion, Erdgasabsatz: 1003 TWh

1 Kachel = 100 TWh
35 Kachel in Summe = 3.500 TWh

(im Diagramm: Rundung auf ± 25 TWh)

Primärenergiebedarfs Deutschlands: 3.500 TWh

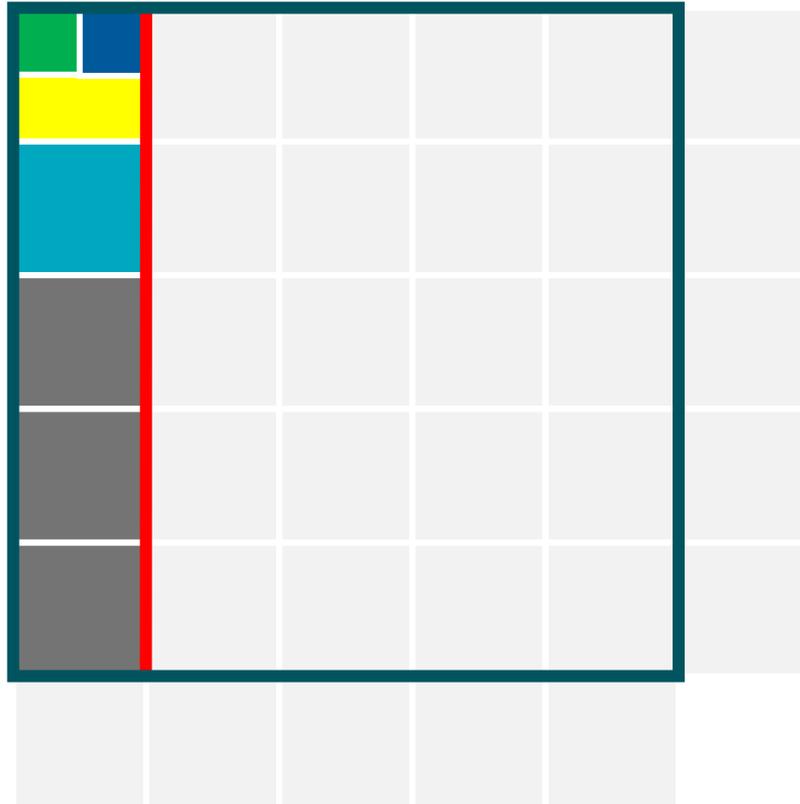
Endenergiebedarf Deutschlands: 2.500 TWh, davon Strom: 500 TWh



(im Diagramm: Rundung auf ± 25 TWh)

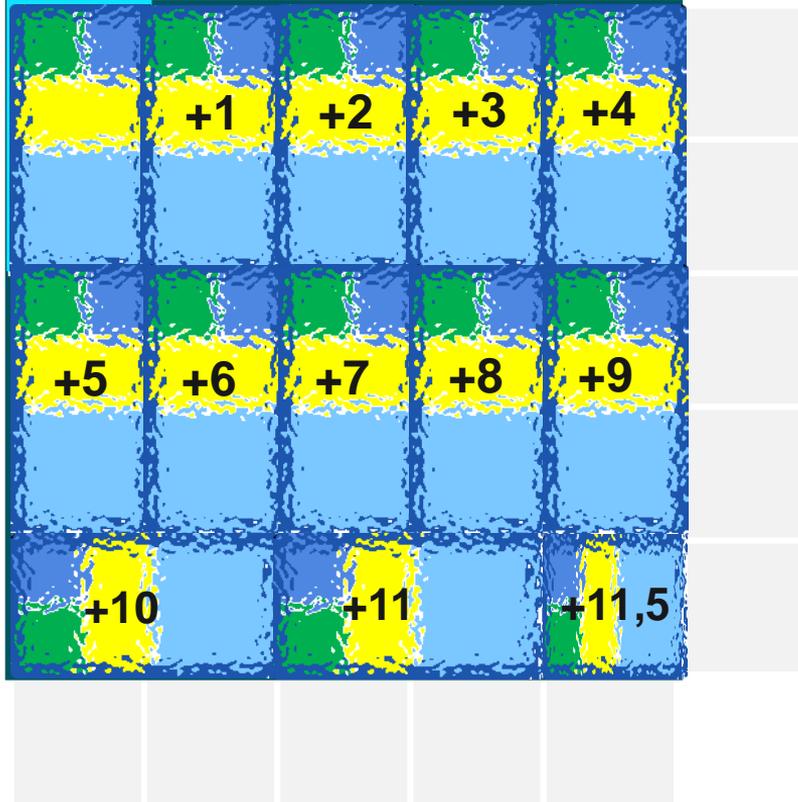
Der Endenergiebedarf Deutschlands: 2.500 TWh

Davon Strom: 500 TWh in folgender Zusammensetzung



■	Konventionell/fossil	(298)
■	Wind	(111)
■	PV & Solar	(45)
■	Biomasse	(30)
■	Wasserkraft, andere	(19)

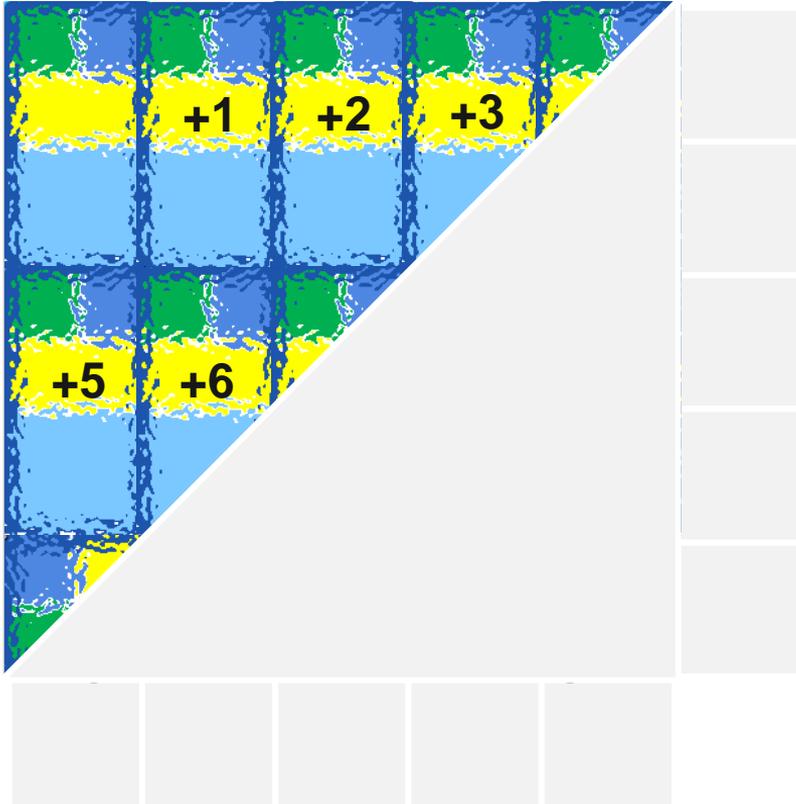
(im Diagramm: Rundung auf ± 25 TWh)



(im Diagramm: Rundung auf ± 25 TWh)

Man bräuchte mehr als die 11-fache EE-Strommenge, die in den 30 Jahren zwischen 1990 und 2020 aufgebaut wurde.

Bei gleichem Wachstum der Energiewende würde dieser Pfad 345 Jahre dauern



Selbst wenn man mit Energie-Effizienzmaßnahmen den Endbedarf halbieren würde, wäre man dennoch erst 2180 fertig



(im Diagramm: Rundung auf ± 25 TWh)

Im bundesdeutschen Durchschnitt gilt:

Für einen gasbeheizten 2-Personenhaushalt mit ca. 140 qm Wohnfläche in einem Mehrfamilienhaus setzt sich der Energiebezug Strom zu Gas ungefähr so zusammen:

Antwort 1: Strom : Gas = 1 : 1

Antwort 2: Man verbraucht immer mehr Gas, ca. doppelt so viel.

Antwort 3: Wegen der vielen alten Gebäude ist der Gasverbrauch 5-mal höher.

Antwort 4: Strom : Gas ist ungefähr 1 : 10

STROM-REPORT Zahlen. Daten. Fakten.

Der durchschnittliche Stromverbrauch 2023 für einen 2-Personen-Haushalt in einem Mehrfamilienhaus in Deutschland liegt laut Stromspiegel bei etwa 2.100 Kilowattstunden [kWh]. Für den tatsächlichen Verbrauch spielen einige Einflussfaktoren eine Rolle.

Der Stromverbrauch ist abhängig von:

- Anzahl der Personen im Haushalt und deren Nutzerverhalten
- Wohnsituation: Mietwohnung [geringerer Verbrauch] oder Einfamilienhaus
- elektrische Warmwasserbereitung, Durchlauferhitzer, Wärmepumpe erhöhen Verbrauch
- Anzahl der Elektrogeräte und deren anteilige Verwendung [[Liste der Stromfresser](#)]



RUHR 24 DORTMUND BOCHUM NRW SERVICE PROMI & TV BVB S04

Gasverbrauch im 4-Personen-Haushalt: Einfache Formel hilft bei Berechnung

Mit einer einfachen Formel lässt sich der Jahresverbrauch demnach anhand der Wohnungsgröße berechnen: **Wohnungsgröße in Quadratmetern x Durchschnittsverbrauch (von 160 kWh pro Quadratmeter) = Gasverbrauch für vier Personen pro Jahr.** Der geschätzte Jahresverbrauch ergibt sich aus aktuellen Werten des Vergleichsportals *Verivox* und ist in den vergangenen Jahren gestiegen.

Wohnungsgröße	Jahresverbrauch in Kilowattstunden (kWh)
60 m ²	9.000 – 10.200
80 m ²	12.000 - 13.600
100 m ²	15.000 - 17.000
120 m ²	18.000 – 20.400
140 m ²	<u>21.000 – 23.800</u>

Das gesamte bundesdeutsche Gasnetz lässt sich in Bezug auf seine Länge und seinen Wert wie folgt gut bewerten:

Antwort 1: Länge: ca. so lang wie das deutsche Autobahnnetz¹.
Wert: 50-mal Elbphilharmonie².

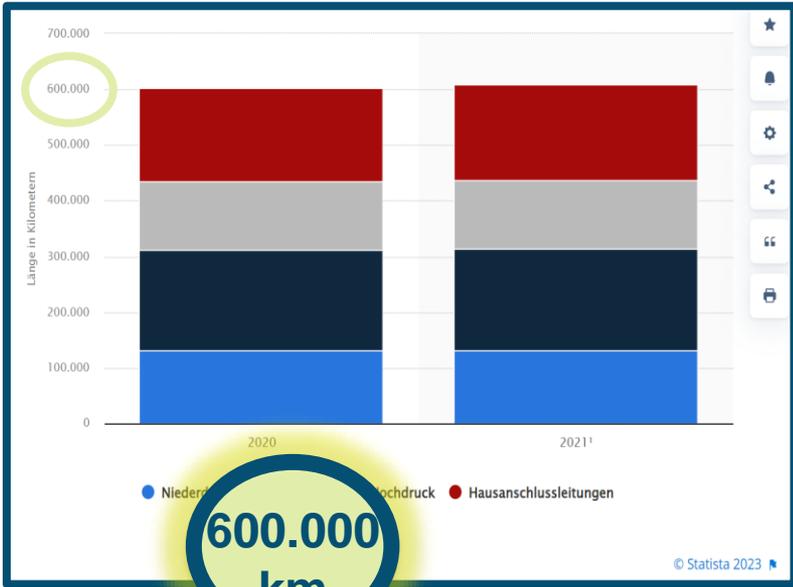
Antwort 2: Länge: ca. 16-mal lang wie das deutsche Autobahnnetz.
Wert: 115-mal Elbphilharmonie, also ca. ein „Kanzler-Wumms“.

Antwort 3: Länge: ca. 40-mal lang wie das dt. Autobahnnetz, also ca. 12-mal um die Erde.
Wert: 300-mal Elbphilharmonie und damit mehr als ein „Doppelwumms“.

¹ ungefähre Länge von 13.192 km ² ungefähre Baukosten: 866 Mio. Euro

statista **Netzläng**

Preise & Zugänge Statistiken Reporte Insights **NEU** Infografiken Leistungen



Netz-Wert nach DVGW

270 Mrd. €

www.dvgw.de

Wie sieht die zukünftige Energieversorgung in Deutschland aus?

Motivation zur Vorlesung Energiesysteme

Prof. Dr. Gerald Linke
CEO Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches

Regelsetzer:
notifiziert,
staatsentlastend, im
EnWG-verankert



Technisch-
wissenschaftlicher
Institutsverbund



**Zertifizierer
& TSM-Prüfer**



**Bildungs-
Institution** für
Qualifikation und
Weiterbildung



Mitglieder



13351

Mitglieder gesamt



2128

Versorgungsunternehmen



1364

Unternehmen



269

Behörden



9590

Personen

Wir stehen für 66.000 Beschäftigte und mehr als 1 Mio. km Leitungsnetz.



Hauptgeschäftsstelle: **Bonn**

Repräsentanzen: **Berlin und Brüssel**

7 DVGW-eigene Forschungsstandorte
(Gas und Wasser)

9 Landesgruppen

62 Bezirksgruppen

6 Servicegesellschaften/Beteiligungen

> 1.000 Mitarbeiter:innen
in der DVGW-Gruppe

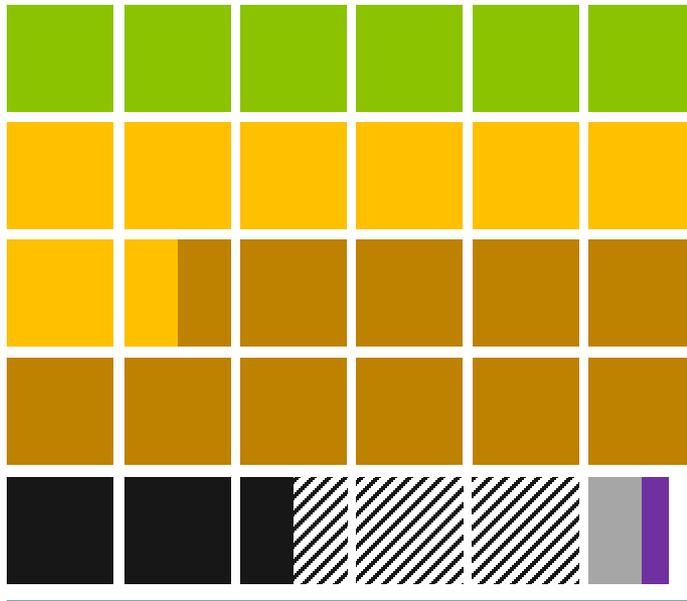
INHALTSVERZEICHNIS

- ➔ Stand & Trends der Energietransformation:
Die Rolle der Moleküle
- ➔ Stand der Untersuchungen der Wasserstofftauglichkeit von Erdgasleitungen
 - ➔ Materialeignung (Stahl, Kunststoff, ...)
 - ➔ H₂-Readiness und funktionale Eignung
 - ➔ Komponentenbewertung
 - ➔ H₂-Readiness und Datenbanken
 - ➔ Praxiserfahrungen
- ➔ Wasserstoffnormung und –regelwerk:
Die Technischen Regeln des DVGW
- ➔ Weitere Erkenntnis aus Infrastrukturstudien
 - ➔ Mythen und Realitäten zu H₂-Infrastrukturfragen
 - ➔ Umstellkosten
 - ➔ H₂-Netze und Leistungsfähigkeit
- ➔ H₂-Beschaffung
 - ➔ Mengen und Stand der unterschiedlichen Transportoptionen
- ➔ H₂ im Wärmemarkt
 - ➔ Eine Optionen auch für Privatkunden

Stand & Trends der Energietransformation: Die Rolle der Moleküle



Primärenergieverbrauch 2023: Der EE-Anteil ist nach wie vor (zu) gering

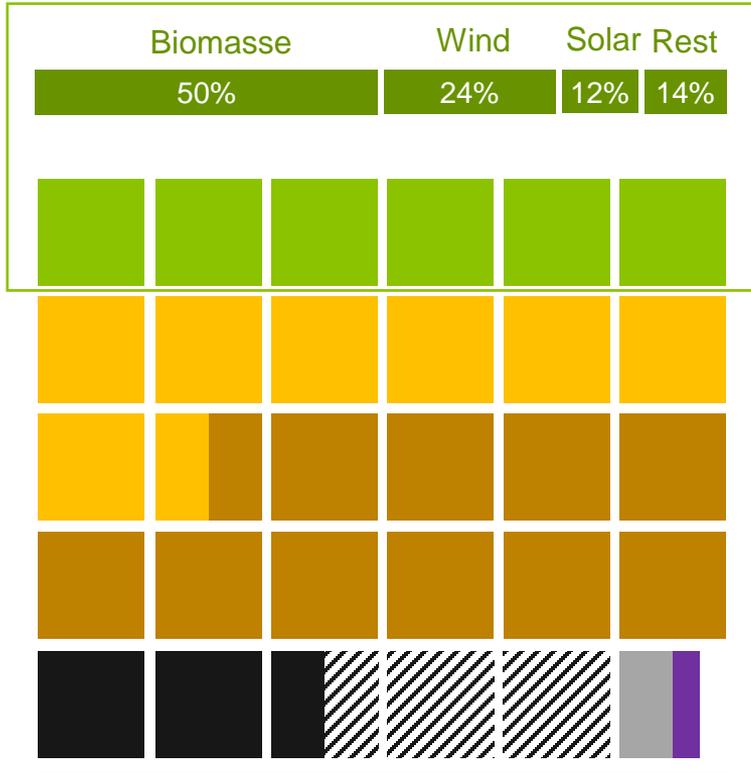


Summe: knapp 3.000 TWh (~ 30 Kacheln)

1 Kachel = 100 TWh

- Erneuerbare Energie
- Erdgas
- Mineralöl
- Steinkohle
- Braunkohle
- Sonstige
- Kernenergie + Stromaustauschsaldo

Quelle: AG Energiebilanzen e.V. und eigene Daten.
Alle Zahlen auf 25 TWh gerundet



Summe: knapp 3.000 TWh (~ 30 Kacheln)

**Biomasse ist der größte EE-Kontributor.
Dekarbonisierung der Moleküle ist die
nächste Herausforderung**

1 Kachel = 100 TWh

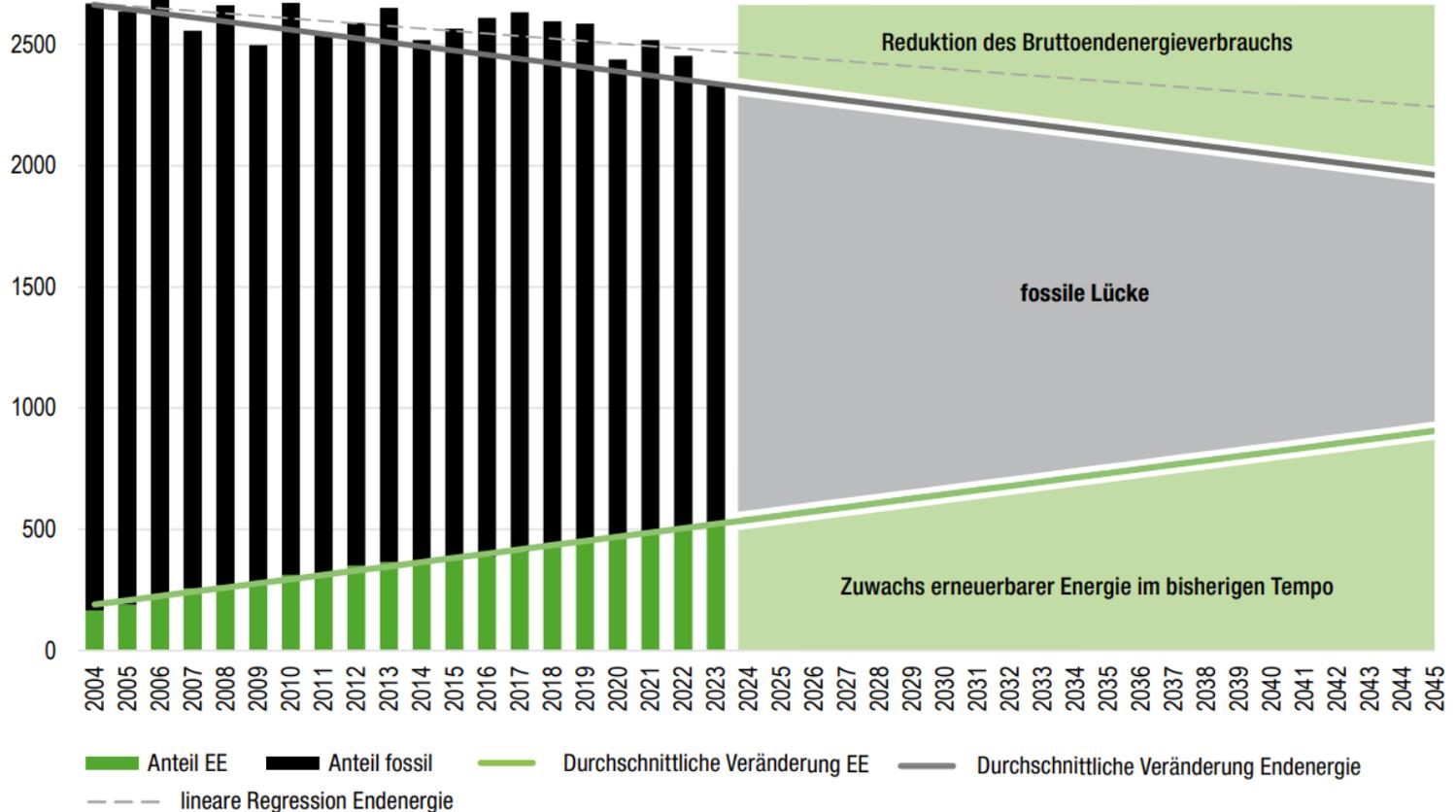
-  Erneuerbare Energie
-  Erdgas
-  Mineralöl
-  Steinkohle
-  Braunkohle
-  Sonstige
-  Kernenergie + Stromaustauschsaldo

Quelle: AG Energiebilanzen e.V. und eigene Daten.
Alle Zahlen auf 25 TWh gerundet

Entwicklung des Endenergieverbrauchs: „Weiter so“ reicht nicht für die Erreichung der Klimaziele

Prognostizierter
Energiever-
brauch versus
EE-Ausbau und
die „fossile
Lücke“ im
System

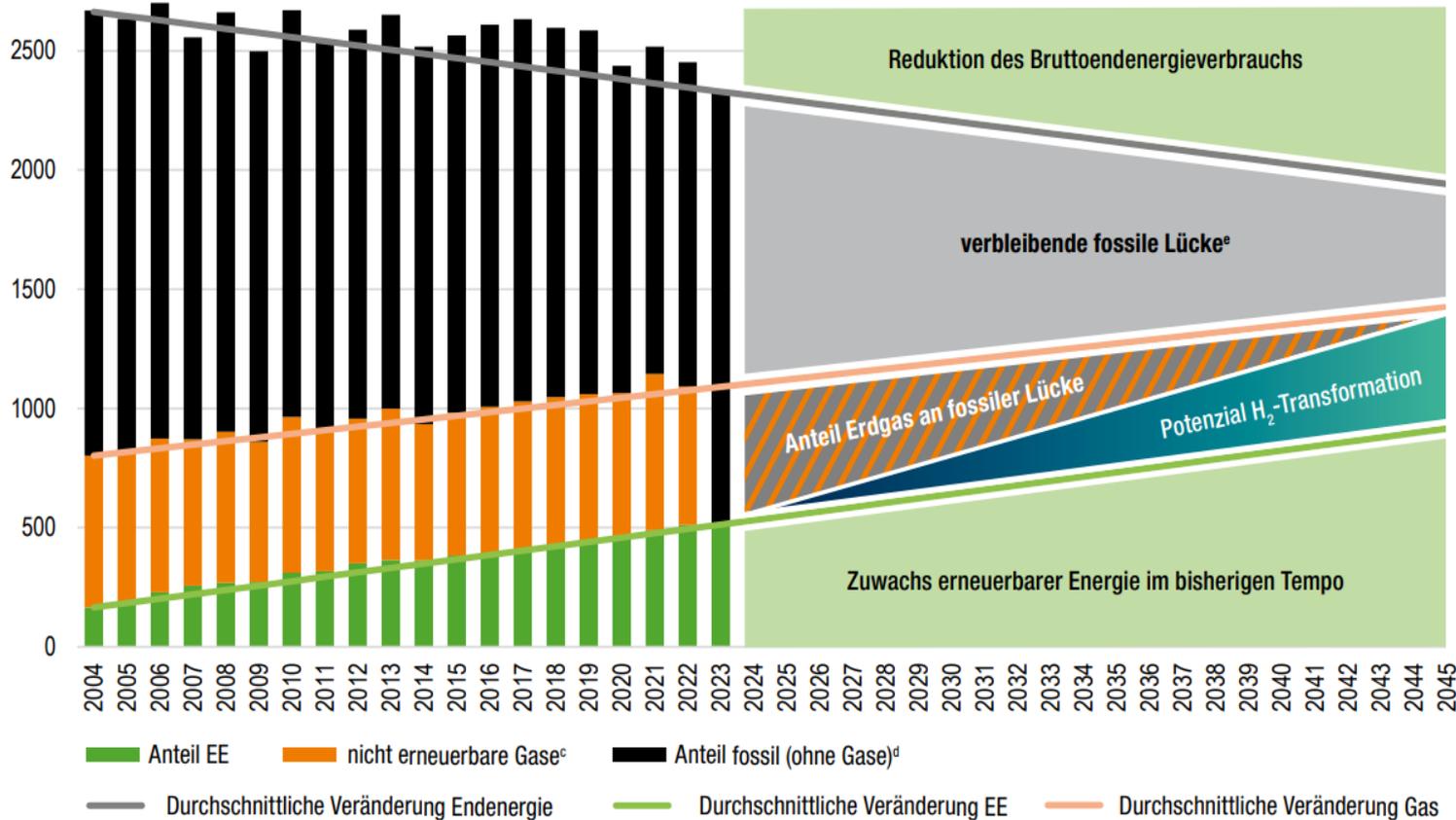
Quelle:
H2vorOrt: Gebietsnetz-
transformationsplan 2024



Notwendiger Systemwechsel beim Endenergieverbrauch: Die H₂-Transformation kann helfen, einen Teil der Lücke zu schließen

Potenzial von Wasserstoff die „fossile Lücke“ zu reduzieren (Hochlauf der Transformation schematisch)

Quelle:
H2vorOrt: Gebietsnetz-
transformationsplan 2024



Stand der Untersuchungen der Wasserstofftauglichkeit von Erdgasleitungen

◆ Materialeignung (Stahl, Kunststoff, ...) ◆ H₂-Readiness und funktionale Eignung ◆ Komponentenbewertung ◆ H₂-Readiness und Datenbanken ◆ Praxiserfahrungen



Das Problem:

- ➔ Wasserstoff führt bekanntermaßen zu einem schnelleren Risswachstum an Schäden in Rohrleitungen. Können daher Erdgasleitungen betriebssicher auf Wasserstoff umgestellt werden?

Das Vorgehen:

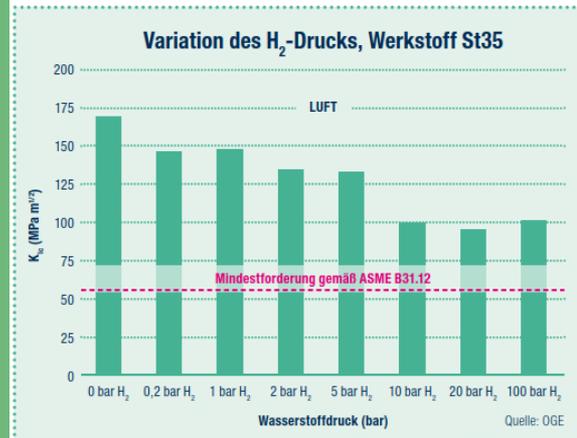
- ➔ Reale bruchmechanische Lebensdauertest aller in D (teilw. Europa) verbauter Rohrleitungsstähle und deren Langzeitverhalten unter Wasserstoffeinfluss (3-jähriges F&E-Vorhaben)

Das Ergebnis

(hier an einem Beispiel des Werkstoffs ST35):

- ➔ Alle Proben hielten auch bei bis zu 100% H_2 die Stabilitätskriterien ein (ASME-Grenzwert)

Einfluss des H_2 -Partialdrucks



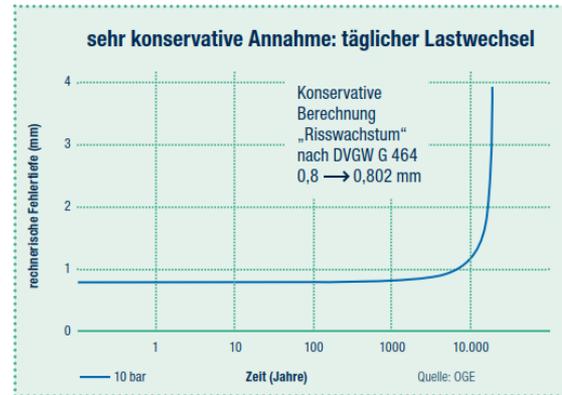
Zunehmender H_2 -Partialdruck führt zu leicht absinkender Bruchzähigkeit K_{Ic} . Anschließend Sättigung.

Alle Ergebnisse sind deutlich höher als geforderter Grenzwert von 55 MPa $m^{1/2}$ (ASME B31.12)

- Eine Erdgasleitung (DN 600, DP 67,5 bar) würde bei täglichen, hohen Lastwechseln ca. 10.000 Jahre halten.
- Alle typisch in Rohrleitungen verwendeten Stähle in Deutschland (und Europa) sind **100% H₂-tauglich**.
- **Üblicher Betrieb** der Stahlleitungen mit H₂ gemäß DVGW G 464 ist **möglich**.
- Ergebnisse sind **übertragbar auf Verteilnetze** und **H₂-Beimischungen**.

Beispielrechnung

Konservative Annahmen mit einem Stahlrohr (DN 600, DP 67,5, L 415, Wanddicke 8 mm) und def. Fehler (50 mm lang & 0,8 mm tief)



Bei täglichen Lastwechseln von 10 bar (sehr konservative Annahme) wird der Riss nach >10.000 Jahren sprunghaft größer und versagt.

Alternative Interpretation:
nach 100 Jahren tritt ein Risswachstum von 0,002 mm auf.

Details zur Lebensdauer jedes einzelnen Stahls unter wählbaren Lastwechseln findet man im Projektbericht „SyWeSt“



[Zur Projektwebseite](#)

Seit ca. 10 Jahren untersucht der DVGW systematisch die technische Umstellung von Erdgasnetzen auf Wasserstoff

Die Ausgabe „Wasserstoff-Forschungsprojekte 2024“ fasst die Ergebnisse aus ca. 80 F&E-Projekten zusammen



H₂-Tauglichkeit von Stählen

Abgeschlossen

HINTERGRUND UND ZIEL

Für den sicheren Transport von Wasserstoff im deutschen Gasnetz ist es notwendig, die Stahlbauteile auf ihre Wasserstofftauglichkeit zu bewerten und das

Für die Umstellung ist dennoch eine Zustandsbewertung (aufgrund möglicher Vorbelastungen und Vorschäden) durchzuführen. Die Restlebensdauer mit bruchmechanischen Modellen konservativ ermittelt.

anstar-Stützepräsentativen Querschnitt der in deutschen Gasnetze sowie auch europäischen Pipelines und Rohrleitungen verbauten Stähle technisch geprüft.

ERGEBNISSE

- Alle getesteten Stähle sind für den Betrieb mit Wasserstoff geeignet. Sowohl betriebsbedingte Alterung als auch die geforderte Bruchzähigkeit entsprechen den Erwartungen an eine jahrzehntelange, sichere Verfügbarkeit der Leitungen für den Wasserstofftransport.



Wasserstoff-Forschungsprojekte 2024

H₂ und Kunststoffe – Verhalten von Mehrschicht-Kunststoffrohren für die Gasversorgung

Abschluss 07/2024

HINTERGRUND UND ZIEL

Im aktuellen F&E-Projekt G 202333 soll bis Jahresende nachgewiesen werden, dass im Gasverteilnetz aufgrund der hohen Auslegungsreserven in der Regel keine bruchmechanische Bewertung erforderlich sein wird.



Rohre und Formteile aus PE63, PE80, PE100, PE100-RC, PA-U12 und PVC sind grundsätzlich für die Anwendung mit H₂ geeignet (siehe auch F&E-Projekt G 202222).

H₂ für Vollgranuliertes Wasserstoff im österreichischen Gasnetz

Abschluss 09/2025

HINTERGRUND UND ZIEL

Durch die gezielte Modifikation der Materialmorphologie sowie den Einsatz von Füllstoffen und Barrierschichten soll die Permeationseigenschaft von Polyethylen massiv verbessert werden. Zusätzlich werden bruchmechanische Methoden verwendet, um die zu erwartende Lebensdauer von Polyethylen unter dem Einfluss von Wasserstoff zu analysieren.

HydEKus – H₂ und Werkstoffe

Abschluss

Wird im Rahmen des F&E-Projekts G 202332 H₂-Toleranz Duktiguss untersucht.

Erste Ergebnisse bruchmechanischer Berechnungen und Untersuchungen des Materials sowie der Verbindungen sind vielversprechend und zeigen einen positiven Trend.

H₂-Toleranz von Duktiguss

Abschluss 08/2024

HINTERGRUND UND ZIEL

In Deutschland bestehen rund 10.000 Kilometer der Rohrleitungen in unterschiedlichen Gasverteilnetzen aus Duktiguss. Es liegen jedoch noch keine gesicherten Erkenntnisse vor, ob und in welcher Form diese Leitungen beim Transport und bei der Verteilung von Wasserstoff sicher betrieben werden können. Das Projekt geht daher den Fragen nach, wie die Wasserstofftauglichkeit von Duktiguss nachgewiesen werden kann und welche Aspekte bei der Umstellung von Bestandsleitungen zu berücksichtigen sind.

Überblick zur H₂-Readiness der Versorgungsassets – 1/5 (vereinfachte Darstellung und Reduktion auf wesentliche Einbauten)

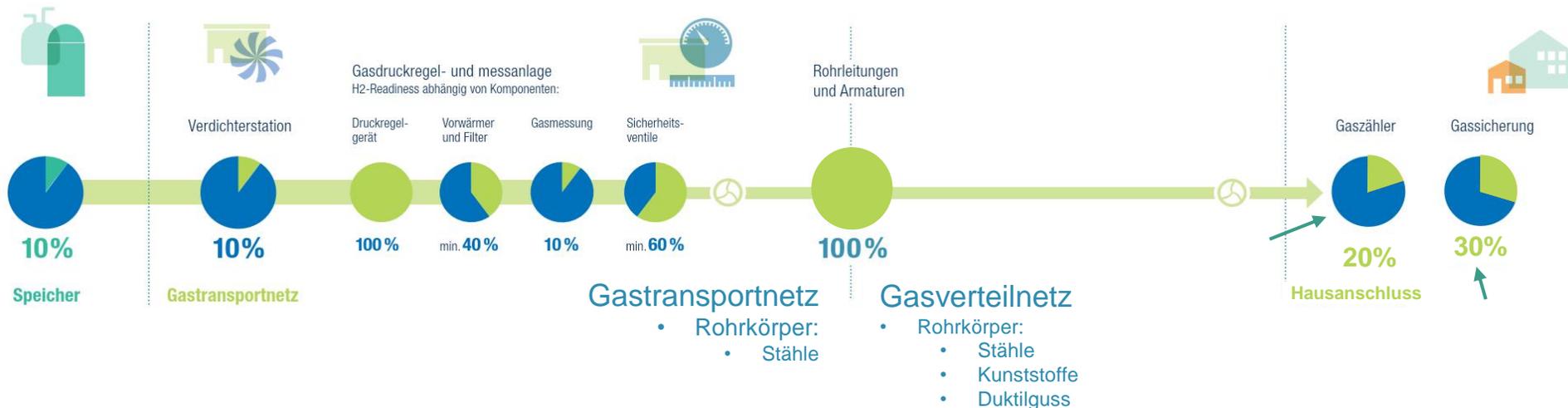
Die Materialien sind H₂-tauglich



Quelle: DVGW

Überblick zur H₂-Readiness der Versorgungsassets – 2/5 (vereinfachte Darstellung und Reduktion auf wesentliche Einbauten)

H₂-readiness verlangt aber auch die funktionelle Eignung der Einbauteile

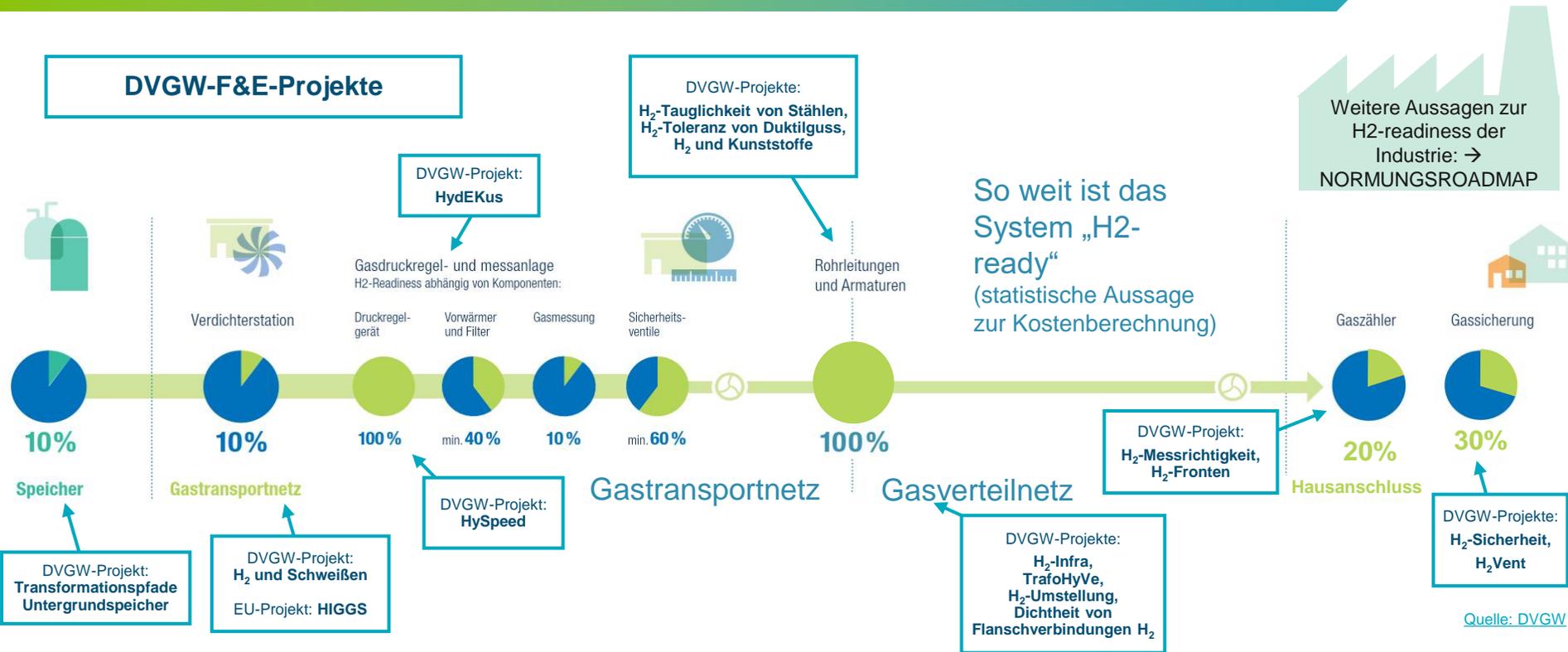


➔ Verdichterstationen, Vorwärmer und Gasmessstationen sind anzupassen

Quelle: DVGW

Überblick zur H₂-Readiness der Versorgungsassets – 3/5

vereinfachte Darstellung und Reduktion auf wesentliche Einbauten



Bei dem H₂-Readiness-Nachweis geht es nicht nur um Materialeignung, sondern auf um volle Funktionalität. Aussagen zur Readiness sind durch dedizierte F&E-Projekte des DVGW untermauert und legen die Anforderungen an die Umstellung fest.

Überblick zur H₂-Readiness der Versorgungsassets – 4/5

Dedizierte Klärung der Eignung aller Komponenten

Komponenteneignung

Komponente	1. Ebene Grundlagen aus allgemeinen Forschungsergebnissen	2. Ebene Spezifische Forschungsergebnisse	3. Ebene Herstellereklärungen in verifiHy Datenbank
Hauptarmaturen GDRMA / Hauptabsperrrichtungen	Keine technischen Hindernisse	Ergebnisse aus DVGW-Forschung bis Ende 2024 erwartet	Erste H ₂ -ready Produkte enthalten. Weitere folgen.
Filtergruppen	Keine technischen Hindernisse	Ergebnisse aus DVGW-Forschungs- projekt G 2023 bis Ende 2025 erwartet	Erste H ₂ -ready Produkte enthalten. Weitere folgen.
Druck- und Mengenregler	Keine technischen Hindernisse		Erste H ₂ -ready Produkte enthalten. Weitere folgen.
Messung/Zähler	Austausch bei Umstellung erforderlich, wenn Messbereich aufgrund des höheren Volumen- stroms überschritten wird.	Projekt G 20210 H ₂ -Messrichtig- keit zeigt, dass Haushaltsdruck- regler und Balgengaszähler grund- sätzlich für eine Einspeisung von sowohl 30 % als auch von reinem Wasserstoff in das Erdgas- netz geeignet sind.	Erste H ₂ -ready Produkte enthalten. Weitere folgen.
Hausdruckregler	Keine technischen Hindernisse		Erste H ₂ -ready Produkte enthalten. Weitere folgen.
Sicherheitsabsperrventile	Keine technischen Hindernisse		Erste H ₂ -ready Produkte enthalten. Weitere folgen.
Sicherheitsabblaseventile	Keine technischen Hindernisse	Ergebnisse aus DVGW-Forschungs- projekt G 202225 bis Mitte 2025 erwartet	Erste H ₂ -ready Produkte enthalten. Weitere folgen.
Druckaufnehmer	Eignung bis 100 % H ₂ , wenn Goldmembran verbaut	Es besteht kein Forschungsbedarf	Erste H ₂ -ready Produkte enthalten. Weitere folgen.
Odoranlagen	Keine technischen Hindernisse	Projekt G 202136 H ₂ -Odor bestätigt Eignung für Anlagentechnik. Bei Volumenströmen < 200 m ³ /h können Mikro-Odoriersysteme ver- wendet werden.	Erste H ₂ -ready Odorierdüsen enthal- ten. Weitere folgen.
Vorwärmung	entfällt aufgrund des umge- kehrten Joule-Thomson-Effek- tes von Wasserstoff		Eine Bewertung durch den Hersteller wird nicht vorgenommen werden.
Gasbeschaffenheitsmes- sung	Bestand ist für bis zu 20 % H ₂ geeignet.		Erste H ₂ -ready Produkte enthalten. Weitere folgen.

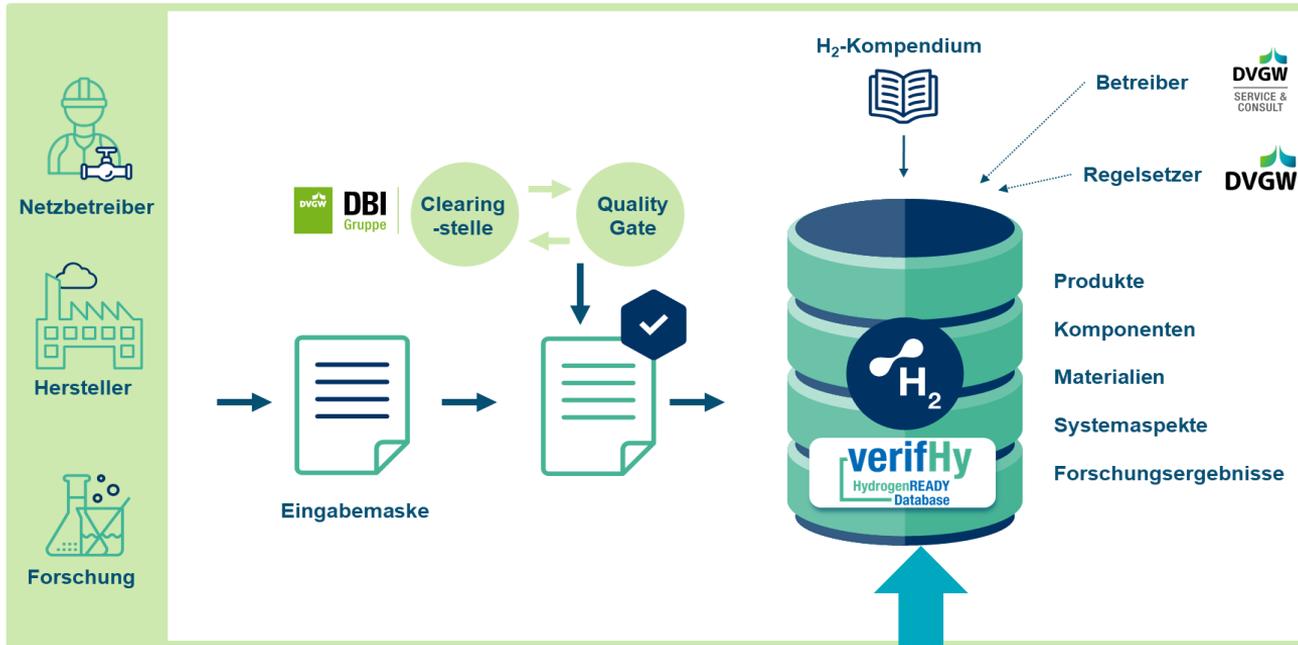
■ Für 100 % H₂ geeignet
 ■ Forschungsprojekt wurde initiiert oder es liegen Teilaussagen vor
■ Für 100 % H₂ ungeeignet
 Handlungsbedarf aus anderen Gründen / Spezialfälle

Im GTP 2024 gemeldete Verteilnetzkomponenten

Anlagen	p ≤ 5 bar	5 < p ≤ 16 bar	16 < p ≤ 40 bar	40 < p ≤ 100 bar	Anlagen in Kundenei- gentum	Summe	
	Anlagen	13.408	8.855	1.998	1.839	5.335	
Schienen	19.371	16.155	5.500	7.800	4.235	53.061	
Hauptarmaturen	36.447	37.661	9.003	16.013	7.639	106.763	
Filtergruppen	12.542	12.771	2.695	5.809	3.047	36.864	
Druck- und Men- genregler	17.429	4.083	6.368	6.322	14.979	49.181	
Zähler/Messung	8.703	5.818	1.764	3.198	3.916	23.399	
Sicherheits- absperrventile	16.165	13.736	6.045	9.689	3.916	49.551	
Sicherheits- abblaseventile	6.455	7.009	1.639	3.507	6.345	24.955	
Druckaufnehmer	13.074	146	2.705	4.220	4.266	34.433	
Odoranlagen	65	340	314	1.244	3	1.772	
Vorwärmung	58	61	1.210	2.319	127	4.054	
Gasbeschaffen- heitsmessung	16	16	1.210	73	1	1.361	

Überblick zur H₂-Readiness der Versorgungsassets – 5/5

verifHy: Datenbank mit Informationen zur H₂-Readiness bis ins letzte Bauteil



Angaben zur H₂-Readiness aller Bauteile werden zentral in der Datenbank verifHy hinterlegt.

verifHy wird in den DACH-Ländern eingesetzt und steht mehrsprachig für EU-Länder zur Verfügung.

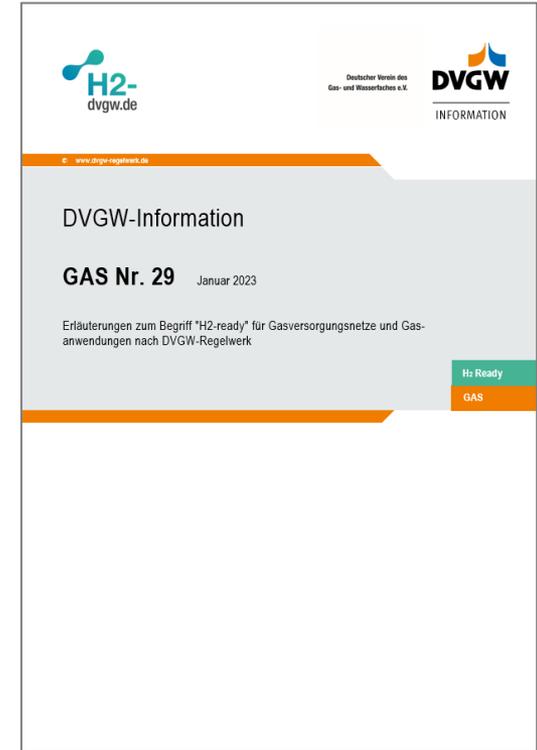
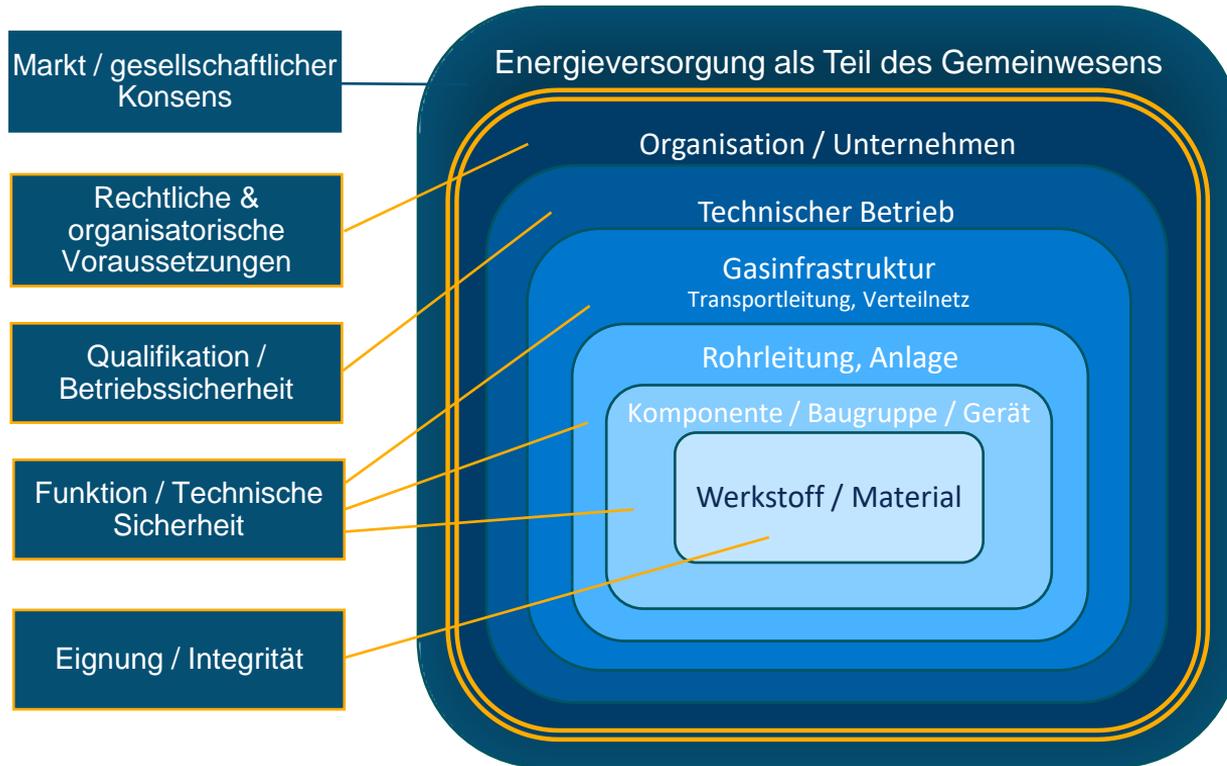
verifHy wächst täglich.

Eingabe:
Netzbetreiber gibt elektr. Assetbuch ein

verifHy:
Digitale Netz-Überprüfung auf H₂-Readiness

Ausgabe:
Auszutauschende Komponenten; Vorschläge

Der DVGW legt weitere Anforderungen an die H₂-Readiness, die u.a. den Betrieb und die Unternehmensorganisation betreffen – GAS Nr. 29



Projektbeispiele mit Umstellung von Erdgasnetzen auf Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemische: ohne Auffälligkeiten

Klanxbüll Wasserstoffprojekt

Klanxbüll-Neukirchen | 10% H₂
Schleswig-Holdstein Netz

H₂HoWi

Holzwickede | 100% H₂
Westnetz

H₂-MiX

Erfstadt | 20% H₂
Rheinische NETZGesellschaft

Energiepark Mainz

Mainz | 20% H₂
Mainzer Energienetze

mySMARTlife

Hamburg | 30% H₂
Gasnetz Hamburg

H₂-20

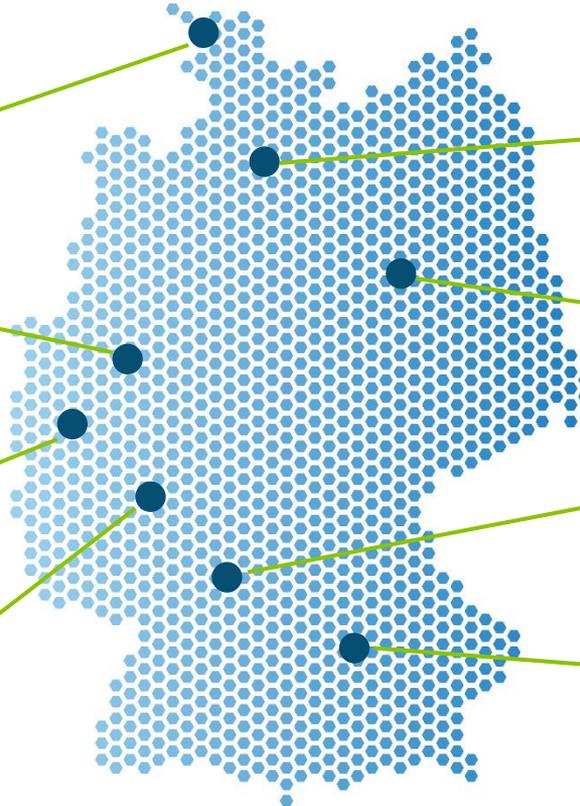
Schopisdorf | 20% H₂
AVACON NETZ

Wasserstoffinsel Öhringen

Öhringen | 30% H₂
Netze BW

H₂-Direkt

Hohenwart | 100% H₂
Energienetze Bayern



Wasserstoffnormung und –regelwerk: Die Technischen Regeln des DVGW

Nach 5 Jahren intensiver Regelungsarbeit hat Deutschland nicht nur die wesentlichen H₂-Netzstandards (sog. „DVGW-Arbeitsblätter“), sondern ein Komplett-Regelwerk für Wasserstoff

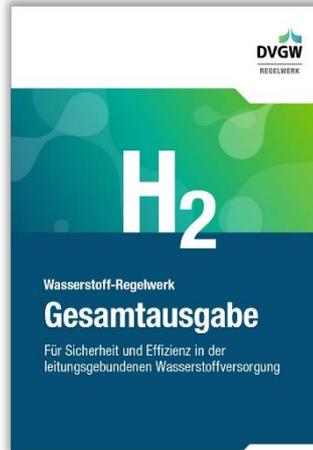


Beispiele:

DVGW-Merkblatt **G 407** „Umstellung von Gasleitungen aus **Stahlrohren bis 16 bar** Betriebsdruck für die Verteilung von wasserstoffhaltigen methanreichen Gasen und Wasserstoff“

DVGW-Merkblatt **G 408** „Umstellung von Gasleitungen aus **Kunststoffrohren bis 16 bar** Betriebsdruck für die Verteilung von wasserstoffhaltigen methanreichen Gasen und Wasserstoff“

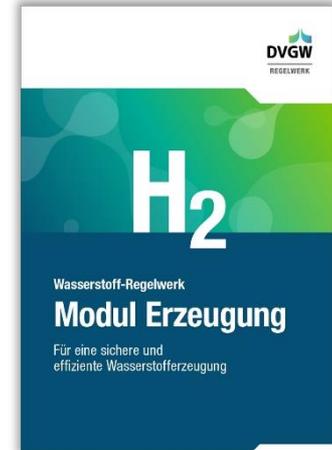
Komplettregelwerk und Spezial-Module



Inhalt/Umfang:
ca. 171 DVGW-Arbeitsblätter



Inhalt/Umfang:
ca. 61 DVGW-Arbeitsblätter,
TGRI-Online-Plus, 4 DIN-Normen



Inhalt/Umfang:
ca. 35 DVGW-Arbeitsblätter,
1 DIN-Norm

Weitere Erkenntnis aus Infrastrukturstudien

- ◆ Mythen und Realitäten zu H₂-Infrastrukturfragen
- ◆ Umstellkosten
- ◆ H₂-Netze und Leistungsfähigkeit

Mythen und physikalische Realität bei der Umstellung von Erdgasnetzen auf Wasserstoff

Mythos

Physikalische Realität

„Materialien sind nicht geeignet.“

geeignet: Materialien getestet (DVGW-Projekte)



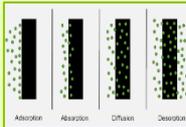
„Bauteile funktionieren nicht.“

funktional: Einbauteile (z.B. Zähler) bestehen Dichtigkeits- und Funktionstests



„Das kleine H-Atom durchdringt die Rohrwände“

Permeation: Effekt generell **vernachlässigbar**



„H₂ reduziert die Sicherheit.“

100% Sicherheit: Sicherheitseinrichtungen unbeeinträchtigt



„Netzumstellung ist zu teuer.“

siehe Folgeseite

Mythos

Physikalische Realität

„Es fließt nur noch 1/3 der Energie in den Leitungen.“

etwa gleich hoch dank 3-fach höherer Fließgeschwindigkeit



„Es ist noch nichts geregelt.“

veröffentlich: DVGW-H₂-Regelwerk (171 AB)



„Es gibt noch keine geeigneten Bauteile.“

engpassfrei: neue Einzelkomponenten lieferbar



praxisrelevant: H₂-ready Komponenten in verifHy verfügbar



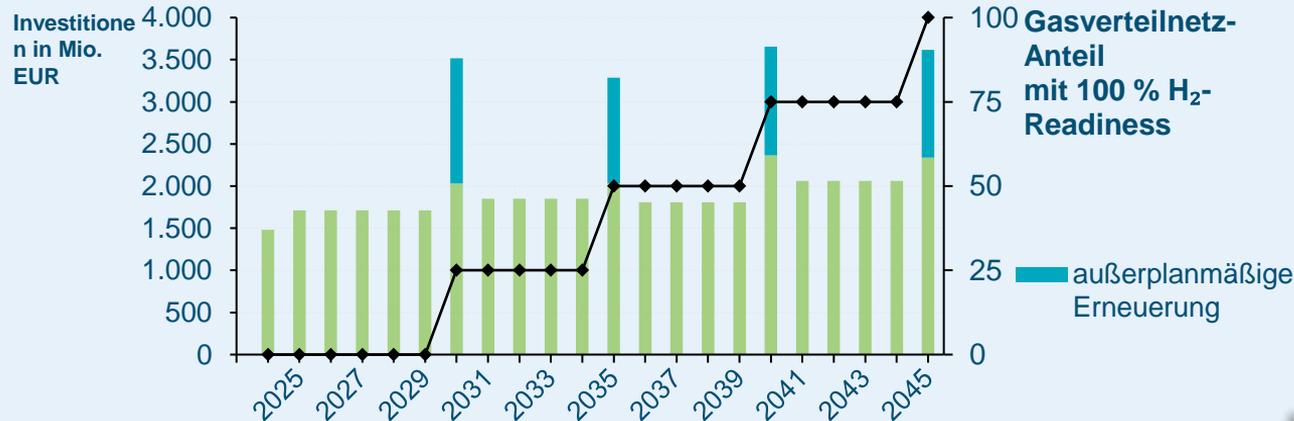
„Verteilnetze braucht man nicht.“

siehe Folgeseite

47 Mrd. Euro müssen ins Verteilnetz investiert werden – allerdings nur 5,3 Mrd. Euro davon für die Umrüstung auf H₂

Investitionskosten im Gasverteilnetz

- **Voraussetzung:** Zwei Drittel der heutigen Gasanschlüsse für Haushalte und Gewerbe bleiben erhalten sowie 81 % der heutigen Netzlänge.
- **Berücksichtigt:** Kosten für
 - **reguläre Erneuerung** (planmäßig nach dem Ende der technischen Nutzungsdauer)
 - **außerplanmäßige Erneuerungen** (zur Erhöhung der H₂-Tauglichkeit; Austausch vor dem Ende der angesetzten technischen Nutzungsdauer)



Quelle: „H₂-ready und klimaneutral bis 2045“, DBI-Gruppe, März 2024

- ✓ Ein Großteil der deutschen Gasinfrastruktur ist **bereits für H₂ geeignet**.
- ✓ Nicht geeignete Assets werden meist bereits im Rahmen der **regulären Erneuerung** ersetzt. → **kein Mehraufwand**

Hier geht es zum Forschungsprojekt

Die mengenbezogenen größten versorgten Kunden im Verteilnetz sind Industrie, Gewerbe und Kraftwerke

STECKBRIEF DES VERTEILNETZES:

Das heutige Erdgasverteilnetz versorgt:

- 1.821.000 Industriekunden
- 21.250.000 Haushalte

80% aller Erdgasendkundenbelieferungen werden nicht aus dem Transportnetz sondern aus dem Verteilnetz bereit gestellt.

Ohne die Fortsetzung des H₂-Kernnetz in ein H₂-Verteilnetz würden zukünftig nicht mehr versorgt werden können:

- 83% aller Kraftwerksstandorte
- 90% aller Prozesswärmekunden

Kraftwerks- und KWK-Standorte ($\Sigma = 82$ GW) und H₂-Kernnetz (mintgrün)

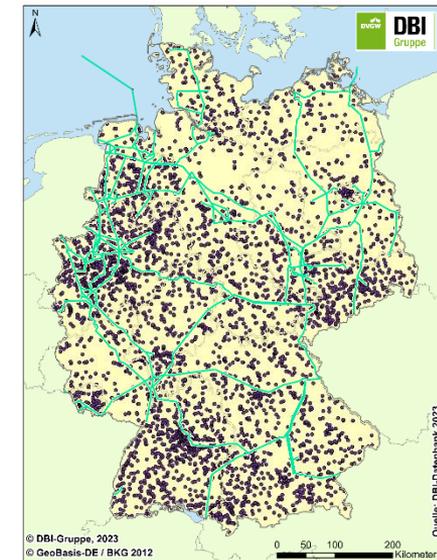
- 689 Gas-, 84 Steinkohle und 71 Braunkohlekraftwerke
- 69.615 BHKWs



83 % der Kraftwerksstandorte (62 GW) liegen im Bereich des Gasverteilnetzes

Industriestandorte Prozesswärme ($\Sigma = 204$ TWh) und H₂-Kernnetz (mintgrün)

- + 5 000 Industriestandorte (aus den Sektoren: Chemie, Metall, Glas, Zement u. a.)
- > 1 Mio. Standorte des verarbeitenden Gewerbes (mit Prozesswärmebedarf, aber keinem Sektor zugeordnet)



90 % der Prozesswärmekunden liegen im Bereich des Gasverteilnetzes

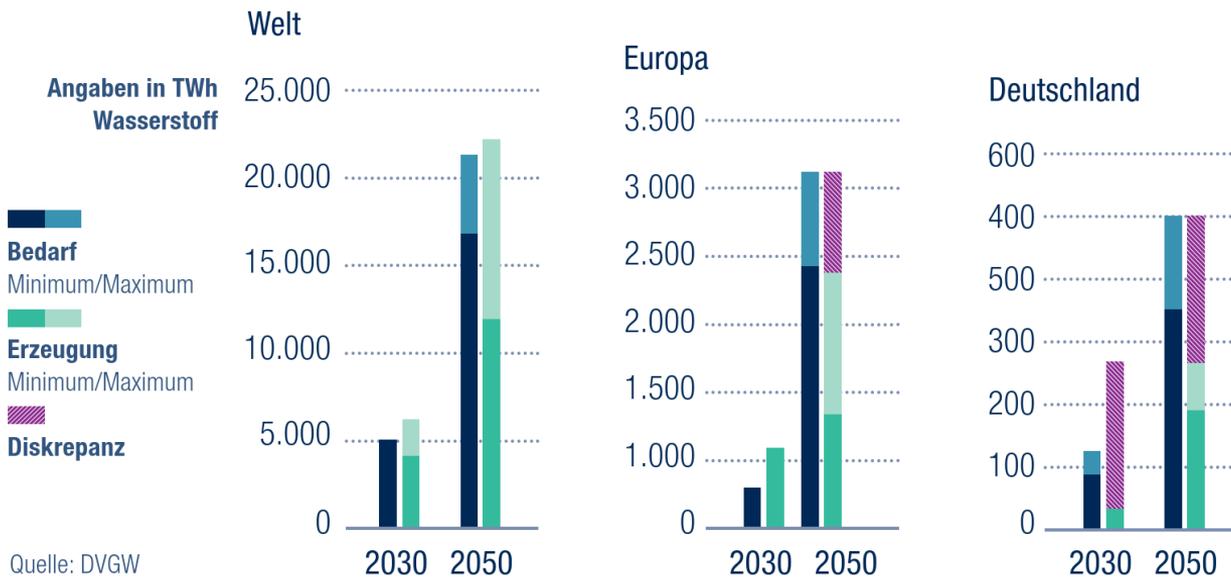
H₂-Beschaffung

- ◆ Mengen und Stand der unterschiedlichen Transportoptionen



Weltweite H2-Erzeugungspotenzial liegen über den Bedarfen. Deutschland wird aber ca. 2/3 seiner Mengen importieren

Gegenüberstellung H2-Bedarf und Erzeugung



Hinweis:
Absatzzahlen für
Deutschland ohne
Kraftwerksmengen



H2-Pipelinetransport ist bereits heute technologisch möglich und die günstigste Option

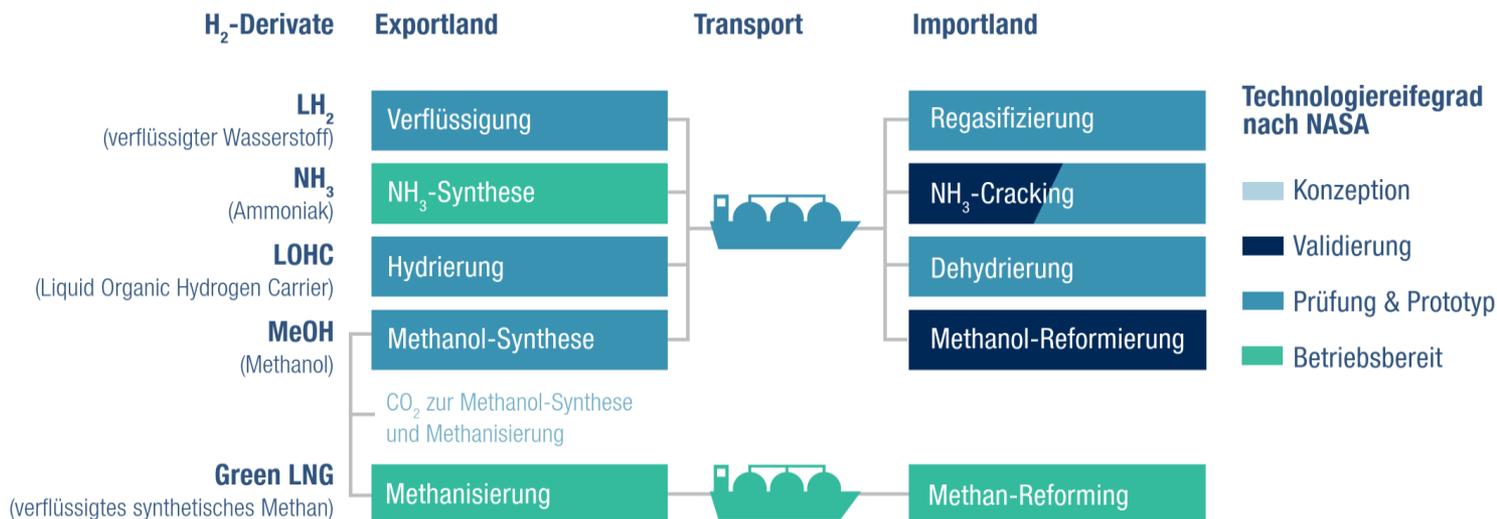
Transport-Kostenaufschläge für Zielmarkt Deutschland



Aber selbst Transportkosten über weite Distanzen fallen verhältnismäßig gering aus und eröffnen so Deutschland echte Versorgungsalternativen

Alternative Transportoptionen (z.B. über Derivate) stecken z.T. noch in den Kinderschuhen

Entwicklungsbedarf bei der Erzeugung und Rückumwandlung von Wasserstoffderivaten für den Schiffstransport



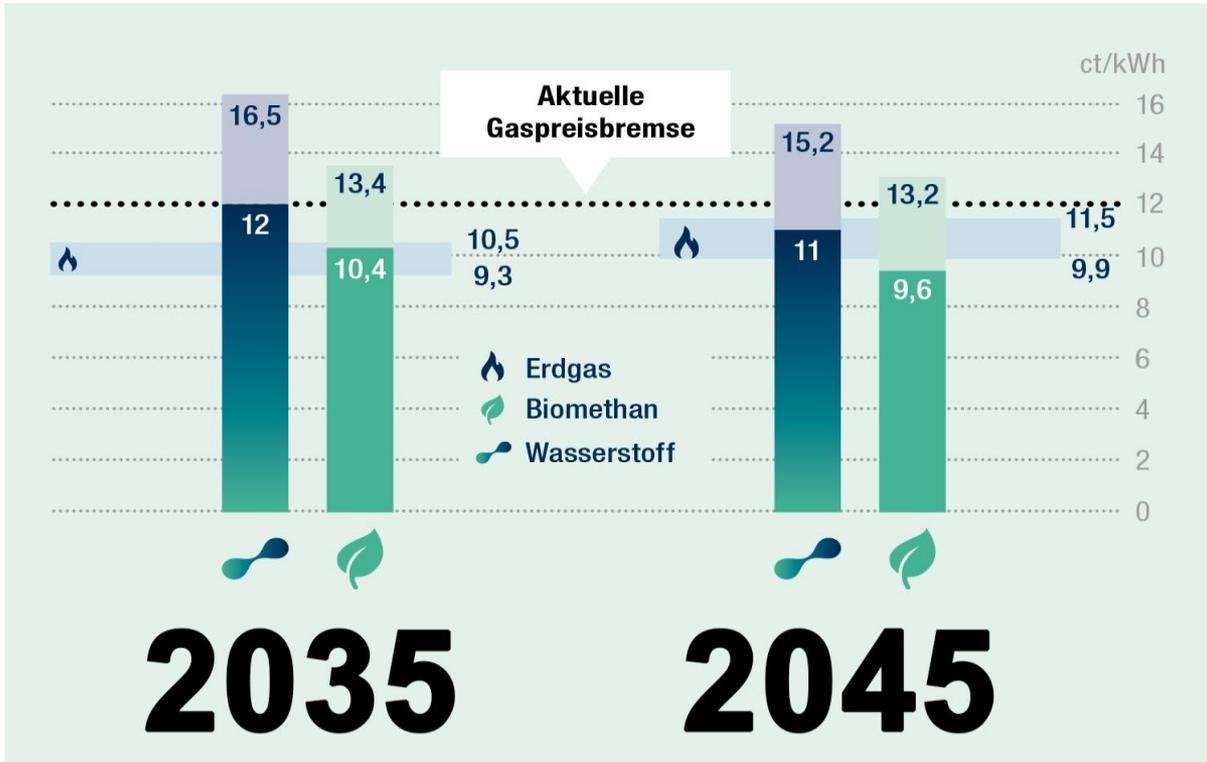
H₂ im Wärmemarkt

- ◆ Eine Optionen auch für Privatkunden



Die Kosten für Wasserstoff beim Endkunden im Wärmemarkt werden langfristig nicht deutlich höher als für Erdgas sein

Bandbreiten möglicher Endkundenpreise für die neuen Gase Wasserstoff und Biomethan in der Wärmeversorgung in den Jahren 2035 und 2045 (ct/kWh)



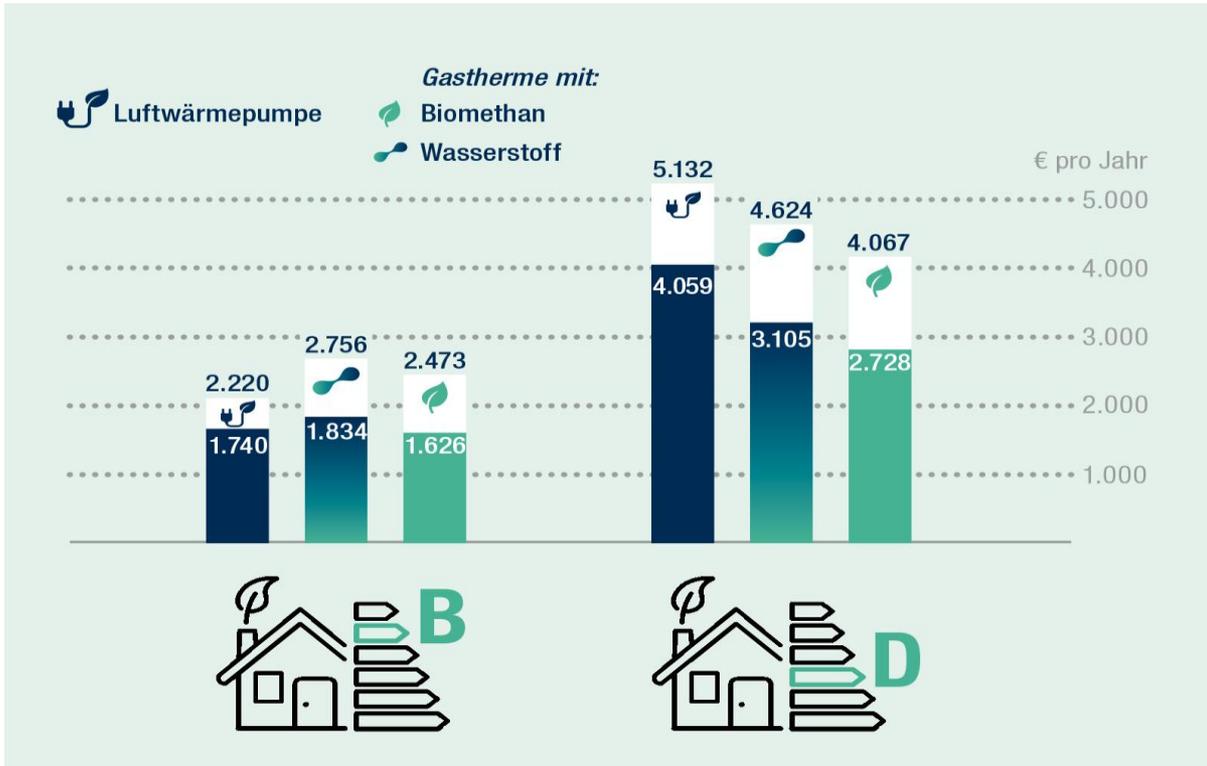
- Endkundenpreise für grünen Wasserstoff werden im Jahr **2035** vrs. leicht über denen für Erdgas und Biomethan liegen
- Bis **2045** nähern sich die Endkundenpreise für grünen Wasserstoff jenen für Erdgas und Biomethan an
- Einsatz von Erdgas für die Wärmeversorgung von Haushalten ab 2045 nicht mehr erlaubt sein.

Quelle: DVGW basierend auf Daten von Frontier Economics



Wärmepumpen weisen nur in sehr gut sanierten Gebäuden einen Vorteil gegenüber Grüngasheizungen auf

Bandbreiten möglicher Gesamtkosten für unterschiedliche Wärmeversorgungslösungen in einem Einfamilienhaus der Effizienzklassen B und D im Jahr 2045 (in Euro pro Jahr)



- **Wärmepumpen** weisen gegenüber Grüngasthermen **keinen** eindeutigen – und über alle Gebäudetypen gültigen – **Kostenvorteil** auf.
- **Kostenvorteile** unterschiedlicher Lösungen **können** je nach Szenario (z. B. Energie- und CO₂-Preis), Zeitpunkt und Gebäudetyp **variieren**.
- **Grüngasthermen** sind in Gebäuden einer **niedrigeren Effizienzklasse** tendenziell **besser geeignet** als elektrische Wärmepumpen.

Quelle: DVGW basierend auf Daten von Frontier Economics



Heizen mit 100% Wasserstoff: Beispiel Hohenwart



Seit September 2023 erfolgreich in der Umsetzung

Wasserstoff kann die Energiewende retten. Wasserstoff ist das neue Erdgas, aber auch mehr:

... denn

- ▶ **Wasserstoff** wird aus Wind & Solar mittels Elektrolyse erzeugt und direkt zur Wärmeerzeugung (Industrie & Haushalt) eingesetzt
- ▶ **Strom** wird aus Wind & Solar oder aus Biogas & **Wasserstoff** (grün, blau, türkis) erzeugt und in Wärmepumpen gewandelt
- ▶ **Wärme** wird über Geothermie, direkt-elektrisch, aus Abfall oder mittels **H₂-BHKWs** gewonnen und in Wärmenetzen verteilt
- ▶ **Netze** (Strom & H₂) bilden ein resilientes System

Sektorkopplungsbild von Copilot (KI)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr. Gerald Linke
Vorstandsvorsitzender DVGW

