



**Ostfalia**  
Hochschule für angewandte  
Wissenschaften

## Künftige Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation

Praxisprojekte zur Beimischung von H<sub>2</sub> bis zur Umstellung auf H<sub>2</sub>

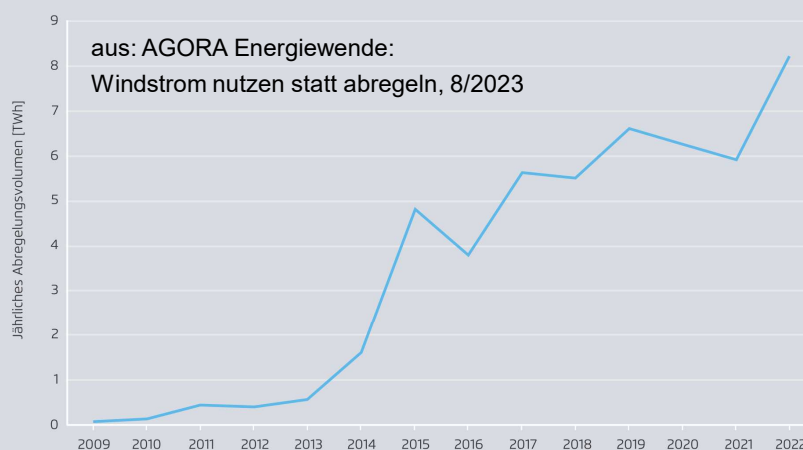
Prof. Dr. Holger Dörr

**Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften**  
– Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel  
Salzdahlumer Str. 46/48 · 38302 Wolfenbüttel  
Fakultät Versorgungstechnik

## Motivation

Abregelung Erneuerbarer Energien in Deutschland

Abbildung 1



Neon Neue Energieökonomik (2023) mit Daten aus den Berichten der Bundesnetzagentur über das Netzengpassmanagement

Erneuerbare Energien im Stromsektor sind großteils volatil und somit nicht bedarfsgerecht.

- weiterer Ausbau der EE
- Stromnetzausbau
- PV: „Tagesenergie“



Reichen die Maßnahmen?

## Motivation ff.

### Fokus beim Stromnetz ist der Netzausbau

- 9 % weniger EE-Stromeinspeisung in 2023 als 2022 wegen Netzüberlastung.
- 9 % entsprechen 19,24 TWh und damit dem Jahresbedarf von rund **sechs Millionen Haushalten**
- **Volumen und Kosten des Engpassmanagements steigen**
- **zeitlicher und örtlicher** Ausgleich von **Erzeugung u. Bedarfe** benötigt **Speicher**
- PtG bleibt weiterhin die **großkapazitive Speicheroption**
- **vielfältige** Verwertungs- und Verteilungspfade von H<sub>2</sub>, ggf. EE-SNG – mehr **Resilienz** über Moleküle

Energiewende

## Weniger Windenergie aus der Nordsee wegen überlasteter Netze an Land

Die Windkraftwerke in der Nordsee könnten deutlich mehr Strom liefern. Doch wegen überlasteter Netze müssen häufig Anlagen abgeregelt werden.

Aktualisiert am 28. Januar 2024, 9:16 Uhr ⓘ / Quelle: ZEIT ONLINE, dpa, sōg / 887 Kommentare /



Windturbinen des Offshore-Windparks Kashasi von RWE vor der Küste der norddeutschen Insel Helgoland © Christian Charisius/AFP/Getty

Quelle: Zeit Online, Zugriff 28.01.2024

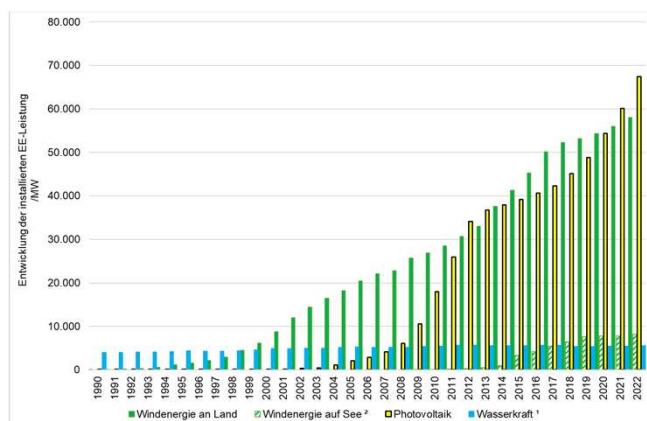
Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

3

## Motivation ff.

### Motivation für H<sub>2</sub>-Beimischung zu Erdgas und Umstellung auf H<sub>2</sub> aus *Stromsicht*

- klimapolitische **CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele**
- Zuwächse vor allem bei **Photovoltaik** und **Windkraft**
- **Speicherung volatilen EE-Stroms – nutzvolle Regelernergie**
- PtG-Projekte weisen hohe Speicherpotenziale von H<sub>2</sub> im Gasnetz auf
  1. Transformationspfad: **flexible H<sub>2</sub>-Beimischung** – toleriert ungesicherte H<sub>2</sub>-Verfügbarkeit
  2. Transformationspfad: **Umstellung auf H<sub>2</sub>-Netze** – erfordert **gesicherte H<sub>2</sub>-Verfügbarkeit**



### Entwicklung der installierten EE-Leistung

Quelle: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, BMWK 2/2023

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

4

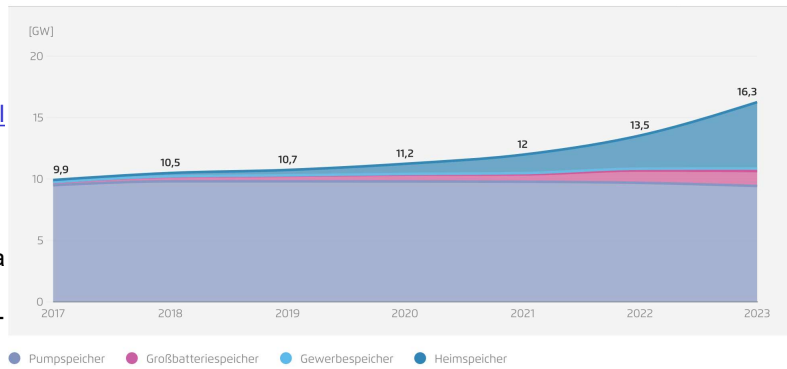
## Sektorenkopplungsoption von Strom- und Gasnetz über H<sub>2</sub>

entsprechend 0,028 % von 40 TWh

- Speicherkapazität liegt aktuell bei ca. 11,2 GWh (ISEA RWTH Aachen 2023), das entspricht knapp einem Fünftel des stündlichen Strombedarfs in Deutschland (AGORA Energiewende: Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2023) – im Gasnetz Gesamtvolumen von 220 TWh, nutzbar davon sicherlich über 10 % zu Speicherzwecken. Batteriespeicher erhöht die installierte Speicherleistung 2023 stark → Abb. 4\_22
- Abschätzung eines Speicherbedarfes von 40 TWh lt. Studie

<https://www.heise.de/news/Dunkel-flauten-Elektrolyseure-sind-der-Flaschenhals-9631094.html>

Ruhnau, Oliver; Qvist, Staffan (2021) : Storage requirements in a 100 % renewable electricity system: Extreme events and inter-annual variability, ZBW - Leibniz Information Centre for Economics, Kiel, Hamburg



BNetzA (2023a), ISEA und PSG RWTH Aachen (2023) • Pumpspeicher inklusive 3,1 GW in Österreich und Luxemburg, die direkt in das deutsche Netz einspeisen  
 Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

## Sektorenkopplungsoption von Strom- und Gasnetz über H<sub>2</sub> ff.

Alle Speicher haben ihren Platz  
 Speicherkapazitäten vs. Ausspeicherdauern

Energiespeicher (in Anlehnung an Ragone-Diagramm, aus. M. Sterner, I. Stadler: Energiespeicher Springer 2014, Abb. 1.12)

- Speicherkapazität und Ausspeicherdauern
- 1. Abschätzung von Regelenergiebedarf aus Agorameter-Darstellung
- zeitliche und regionale Betrachtung des Ausgleichs von Erzeugung und Bedarf

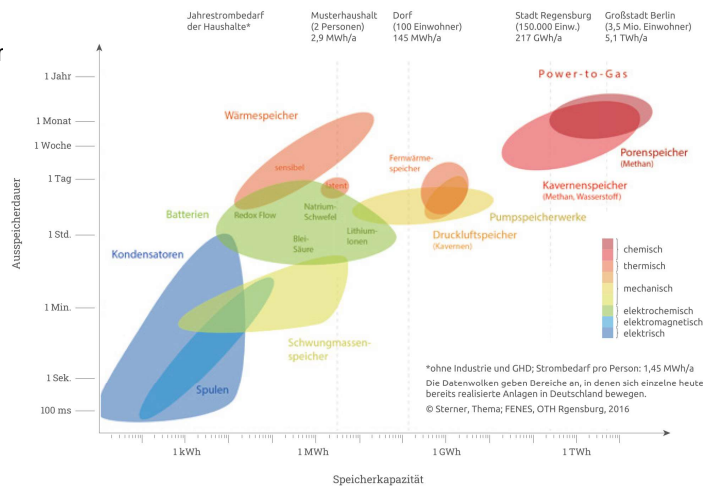
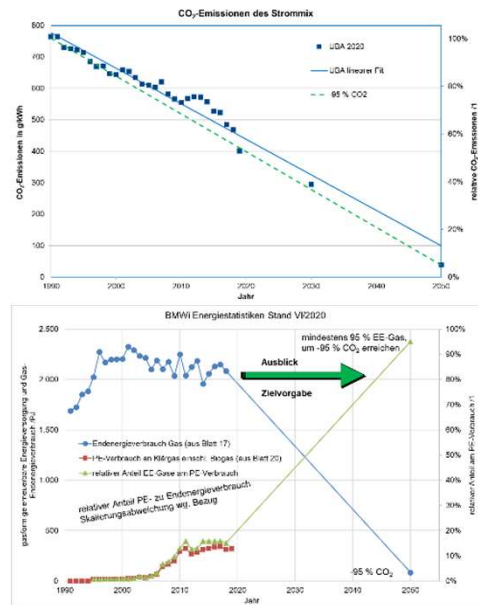


Abbildung 4, Quelle: Sterner, M., Stadler, I. (2014)  
 Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

## Motivation ff.

Motivation für Wasserstoffprojekte, Vergleich zur Stromerzeugung

- Deutlichere Reduktionen der CO<sub>2</sub>-Emissionen bzw. des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors von (Erd-)Gas als bisher sind zur Erreichung der Klimaziele 2045 zwingend!
- Nutzung der Gasinfrastruktur u. der Gasverwendungstechnik kann für EE-Gase bereits jetzt vielfach genutzt werden – neben Biomethan, H<sub>2</sub>-Beimischungen zu Erdgas oder Biomethan.
- bis zu 7 % CO<sub>2</sub>-Einsparung allein durch 20 Vol.-% H<sub>2</sub>-Einspeisung als flexible **Ad-Hoc-Maßnahme** – sobald Wasserstoff verfügbar ist!



Grafiken: Dörr, DVGW-Projekt „Smart District 2“, 2021

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

7

## Zuwachs bei den Gasfamilien

**Ausgangslage: Erdgas, Stadt-/Ferngas, Wasserstoff**

- **Erdgas:** methanreiche Gase, **2. Gasfamilie** gemäß DVGW G 260:2021, „trocken“
- **Stadt-/Ferngas:** wasserstoffreiche Gase, **1. Gasfamilie** gemäß DVGW G 260:2008, feucht, CO-haltig (seit 1996 nicht mehr in der Verteilung)
- **Wasserstoff:** wasserstoffreiche Gase, **5. Gasfamilie** gemäß DVGW G 260:2021, Gruppe A ( $\geq 98$  mol-% H<sub>2</sub>), Gruppe D ( $\geq 99,97$  mol-% H<sub>2</sub>) – „trocken“

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

8

## Zuwachs bei den Gasfamilien – Beimischung und Umstellung

**Definitionen von Beimischung und Umstellung** – Arbeitsblatt G 260 „Gasbeschaffenheit“ von 2021

- **Beimischung:** Zumischung des **Zusatzgases** hier von **Wasserstoff**
  - Zusatzgas hat andere Eigenschaften als das **Grundgas methanreiche Gase bzw. Erdgas gemäß 2. Gasfamilie**
  - **Beimischung** von **Zusatzgasen** ist **begrenzt**, um Anforderungen der 2. Gasfamilie zu erfüllen (Ausnahmeregelungen u. a. zur relativen Dichte)
  - **Anpassungen** analog zur L/H-Markraumumstellung sind unter Vorwegnahme der Ergebnisse **nicht erforderlich**.
- **Umstellung:** Wechsel der Gasfamilie – hier von **methanreichen Gasen gemäß 2. Gasfamilie**, Gruppe H, zu **wasserstoffreichen Gasen bzw. Wasserstoff gemäß der 5. Gasfamilie**, Gruppe A, Umstellung erfordert i.d.R. mindestens Änderungen der Software/Parametrierung bzw. Hardware, siehe Erfahrungen:
  - Umstellung von **Stadtgas 1. Gasfamilie** auf **Erdgas gemäß 2. Gasfamilie** oder bei
  - Umstellung von **Flüssiggas 3. Gasfamilie** auf **Erdgas gemäß 2. Gasfamilie**

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

9

## Strategie – Beimischung und Umstellung

Erneuerbarer Anteil vom Energieträger Gas muss zeitnah gesteigert werden – Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren von Gas stagnieren weitgehend seit 10 Jahren (~1 % Effekt durch Biomethan)

- **Biomethan** hat gegenüber dem **Status Quo** ein hohes („Mehrfaches“) aber begrenztes Potenzial, vor allem durch **Umwandlung der Direktverstromung** von Biogas zu Biogasaufbereitungs- und **Biomethaneinspeiseanlagen** → Teller-Tank-Thematik.

**H<sub>2</sub>-Beimischung bereitet konzeptionell eine Umstellung auf Wasserstoff vor:**

- Sie unterstützt den Aufbau von **H<sub>2</sub>-Erzeugungskapazitäten** mit **flexiblen, steuerbaren H<sub>2</sub>-Abnahmekapazitäten** 0 bis mindestens 20 Vol.-%.
- Durch die zeitnahe Einführung von **H<sub>2</sub>-ready Gasgeräten** kann der Bestand kontinuierlich auf sukzessive Umstellungen vorbereitet werden, das vergleichmäßig den Geräteaustausch und auch die Belastung für das Handwerk.
- Das Pilotvorhaben **H2-20** und die **Wasserstoff-Insel Öhringen** zeigen, dass die Beimischung von Wasserstoff zu Erdgas somit eine **Brücke zur Umstellung** auf Wasserstoffnetze in der öffentlichen Gasversorgung darstellen, wie sie aktuell noch in kleinen Pilotprojekten (z. B. **H2Direkt**) erprobt wird.

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

10

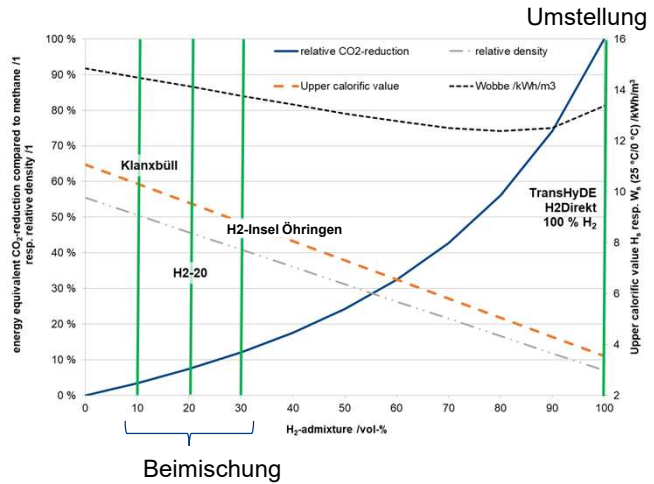
## Projekte – H2-20, Wasserstoff-Insel Öhringen und H2Direkt

Feldtests zur **Beimischung** und zur **Umstellung** zu  $\geq 98$  mol-% H<sub>2</sub>-Gasnetzen gemäß 5. Gasfamilie, Gruppe A, DVGWG 260:2021

Feldtests folgten umfangreichen Voruntersuchungen und wurden durch umfangreiche Begleituntersuchungen abgesichert

- Laboruntersuchungen
  - Materialien
  - Dichtheitsuntersuchungen, Permeation
  - Gasgeräte, Brenner

**Safety first! – Sicherheit hat oberste Priorität!**



Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

11

## Projekte – H2-20, Wasserstoff-Insel Öhringen und H2Direkt

Feldtests zur Beimischung und Umstellung

Feldtest	H <sub>2</sub>	Umfang	Projektlaufzeit	Projektpartner, *: Koordinator, Förderer
Das Ur-Projekt, hier informativ: Wasserstofffeldtest Klanxbüll/Neukirchen	Beimischung bis zu 10 Vol.-%	ca. 180 Gasgeräte	2012-16	DVGW-EBI* DVGW e.V. Schleswig-Holstein Netz AG, GWI
DVGW/Avacon-Pilotvorhaben H2-20	Beimischung bis zu 20 Vol.-%	ca. 350 Gasgeräte	2019-23	DVGW-EBI* Avacon Netz GmbH DVGW e. V. GWI
Wasserstoff-Insel Öhringen	Beimischung bis zu 30 Vol.-%	ca. 30 Haushalte (32 Gasgeräte)	2020-	Netze BW*, DVGW-EBI
H2Direkt	Umstellung	10 Gasgeräte	2022-	BMBF, Thüga*, ENB, ESB DVGW-EBI, KIG

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

12

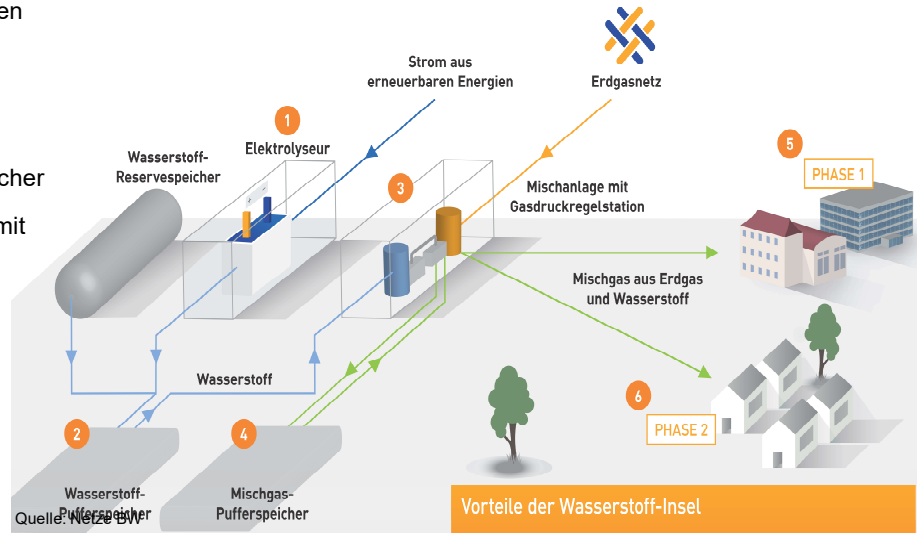
## Projekte – H2-20, Wasserstoff-Insel Öhringen und H2Direkt

### Wasserstoff-Insel Öhringen

#### Topologie

- H<sub>2</sub>-Bereitstellung über Elektrolyseur und Speicher
- Mischgaseinspeisung mit Pufferbehälter
- Verteilnetz
- Gasanwendung  
Phase 1 Betriebsstelle  
Netze BW

Phase 2 Privatkunden



Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

13

## Kommunikation

Als wesentliches Projektrisiko war die Teilnahmebereitschaft der Kunden bei H2-20 eingestuft!  
Eine transparente Kommunikation diente als „Türöffner“ für die Heizungsräume.



#### Kommunalpolitik

Informationsabend für Bürgermeister der beteiligten Gemeinden und aktive Einbeziehung

Quelle: Avacon 2022



#### Installateure und Schornsteinfeger

Anschreiben u. Informationsveranstaltung für die regionalen Installateure und Schornsteinfeger  
=> Vertrauensperson für Kunden



#### Gaskunden im ausgewählten Netzabschnitt

Anschreiben, Flyer, Projekt-Webseite, Film Bürgerinformationsveranstaltungen und Infomobil, -telefon, Medienarbeit

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

14

## Kernergebnisse der Voruntersuchungen

### Prozessbetrachtung – allgemeines Schema

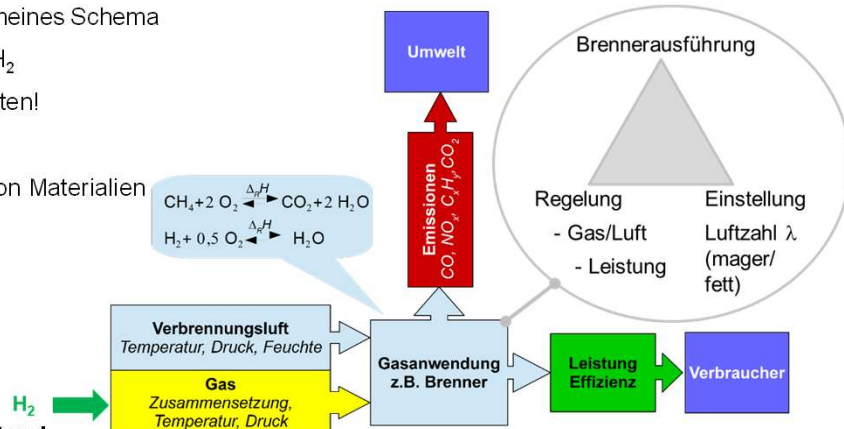
- viele Analogien zw.  $\text{CH}_4$  u.  $\text{H}_2$
- Unterschiede sind zu beachten!

### $\text{H}_2$ -Effekte

- Wasserstoffverträglichkeit von Materialien
- Dichtheit
- Verbrennung

### Grundvoraussetzung für $\text{H}_2$ -Beimischprojekte im Bestand

- **keine** limitierenden Verbraucher im Gasnetzgebiet (z. B. CNG-Tankstellen, Gasturbinen, industrielle Thermoprozessanlagen)



Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

15

## Kernergebnisse der Voruntersuchungen ff.

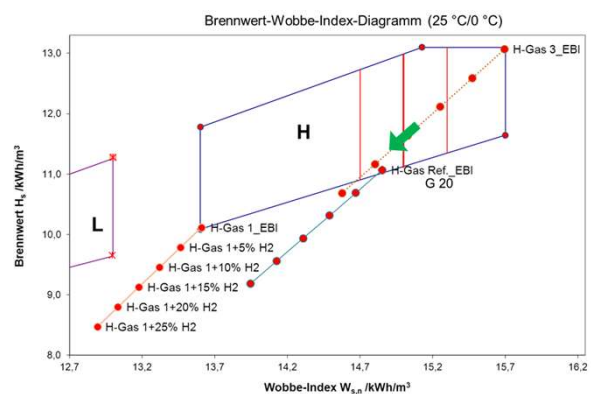
### Effekte steigender $\text{H}_2$ -Anteil

Luftbedarf	↓
$\text{O}_2$	↑
$\text{CO}_2$	↓
CO	↓
$\text{NO}_x$ -Werte dieser Studie	↓
$\text{H}_s$	↓
$\text{W}_s$	↓
Dichte $\rho_s$	↓
Effizienz	gleichbleibend

thermische Leistung 88-96 % von  $P_n(\text{G} 20)$  bei 30 Vol.-%  $\text{H}_2$  (→ eventuell bemerkbar bei UWH)

→ **keine sicherheitsrelevanten Einschränkungen!**

G 20 = Prüfgas mit mind. 99,5 Vol.-%  $\text{CH}_4$ , UWH: Umlaufwasserheizer



Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

16



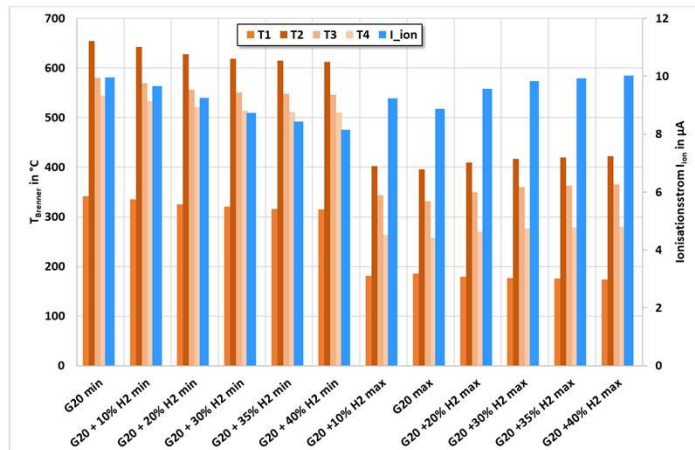
## Kernergebnisse der Voruntersuchungen ff.

Brennwertgerät mit erweiterter Verbrennungssensorik (ähnlich wie MGARCP) aus H<sub>2</sub>-20

Brenneroberflächentemperaturen

- leichte **Abnahme** bei  $Q_{\min}$  auf **hohem T-Niveau!**
- leichte **Zunahme** der bei  $Q_{\max}$  auf **moderatem T-Niveau!**

Fazit: Die **Lebensdauer des Brenners** sollte in der Regel durch die H<sub>2</sub>-Beimischung **nicht** negativ beeinflusst werden!



Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

17

## Kernergebnisse der Voruntersuchungen ff.

zur Ausgangssituation u. a.

- **Technische Dichtigkeit aller ordnungsgemäß** hergestellten Leitungs- und Verbindungstechnologien konnte auch für 100 % H<sub>2</sub> nachgewiesen werden! (u. a. DVGW G 201615, G 201824 Roadmap Gas 2050 TP 3.5)
- **sehr positive Laborergebnisse** zur H<sub>2</sub>-Beimischung bis 30 Vol.-% bezüglich **Sicherheit**, Funktion und Komfort bei einer Vielzahl von **Gasgeräten** (u. a. DVGW G 201205 Klanxbüll, G 201824 Roadmap Gas 2050 TP 3.5, EU THyGA, G 201902 H<sub>2</sub>-20)

**Kernergebnisse der Voruntersuchungen** im Labor und auf Prüfständen:

- Jede **ordnungsgemäße Gasinstallation** ist bezüglich Dichtigkeit und Integrität bis **100 % H<sub>2</sub>** geeignet bzw. uneingeschränkt gebrauchsfähig, aktives und passives Sicherheitskonzept bleiben gültig!
- **Ordnungsgemäß eingestellte Gasgeräte** sind bis **mindestens 20 Vol.-% H<sub>2</sub>-Beimischung** geeignet, viele Gasgeräte sogar bis 30 Vol.-%.
- **Dimensionierungen** von Leitungen u. Gasströmungswächtern **gelten weiterhin!**
- Zertifizierungsgrundlagen für **100 % H<sub>2</sub>-Geräte** mit den grundsätzlichen Anforderungen (Schutzziele) aus der Gasgeräteverordnung (GAR) liegen vor und sind geprüft – DVGW CERT ZP3100.100: **sicher & zertifiziert**

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

18

## Methodik – Sicherheitskonzept für H<sub>2</sub>-Beimischung und Umstellung ff.

Informationen für **Fachhandwerker** vor den Beimischphasen mit stufenweiser Erhöhung auf 10, 20 und 30 Vol.-% Wasserstoff – ergänzend zu und aufbauend auf den positiven Untersuchungsergebnissen.

- relevante Effekte:

- Leckmengenmessung: gegenüber Erdgas fällt bei 30 Vol.-% H<sub>2</sub>-Beimischung diese um ca. 6-7 % höher aus (laminar-viskose Strömung)

Beispiel:	Erdgas	1,00 l/h	
	20 Vol.-H <sub>2</sub> in Erdgas	1,04 l/h	H2-20
	30 Vol.-H <sub>2</sub> in Erdgas	1,07 l/h	Wasserstoff-Insel Öhringen
	100 Vol.-H <sub>2</sub>	1,26 l/h	H2Direkt (Umstellung)
	H2Direkt: Bei 100 % H <sub>2</sub> : geeignete Messmittel (Gasspürer, Gassensorik)!		

- Emissionsmessungen: CO<sub>2</sub>-Werte sinken, O<sub>2</sub>-Werte steigen durch H<sub>2</sub>-Beimischung – relevant für Feststellung der Einstellung des Gas-Luft-Verbundes. Tabelle informiert über den Umfang!

## Methodik – Sicherheitskonzept für H<sub>2</sub>-Beimischung und Umstellung ff.

Informationen für **Fachhandwerker** vor den Beimischphasen mit stufenweiser Erhöhung auf 10, 20 und 30 Vol.-% Wasserstoff – ergänzend zu und aufbauend auf den positiven Untersuchungsergebnissen.

- Effekte auf CO<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Werte im Abgas

Grundeinstellung bei Erdgas Öhringen W <sub>s</sub> = 14,75 kWh/m <sup>3</sup>			10 Vol.-% H <sub>2</sub> -Beimischung		20 Vol.-% H <sub>2</sub> -Beimischung		30 Vol.-% H <sub>2</sub> -Beimischung	
CO <sub>2</sub> in Vol.-%	λ	λ	in Vol.-%	λ	in Vol.-%	λ	in Vol.-%	
8,0	1,46	1,49	7,9	1,53	7,7	1,57	7,5	
8,3	1,41	1,44	8,1	1,48	7,9	1,52	8,3	
8,6	1,36	1,39	8,4	1,43	8,2	1,47	8,0	
9,0	1,31	1,34	8,7	1,38	8,5	1,42	8,3	
9,3	1,26	1,29	9,1	1,33	8,8	1,37	8,6	
9,7	1,21	1,24	9,4	1,28	9,2	1,32	8,9	
O <sub>2</sub> in Vol.-%	λ	λ	in Vol.-%	λ	in Vol.-%	λ	in Vol.-%	
6,6	1,46	1,49	6,9	1,53	7,3	1,57	7,6	
6,1	1,41	1,44	6,4	1,48	6,8	1,52	6,2	
5,6	1,36	1,39	5,9	1,43	6,3	1,47	6,7	
5,0	1,31	1,34	5,4	1,38	5,8	1,42	6,2	
4,3	1,26	1,29	4,8	1,33	5,2	1,37	5,6	
3,6	1,21	1,24	4,1	1,28	4,6	1,32	5,0	

Quelle: Dr. Matthias Brune, H2-20, 2021

## Methodik – Sicherheitskonzept für H<sub>2</sub>-Beimischung und Umstellung

### Beimischungsprojekte

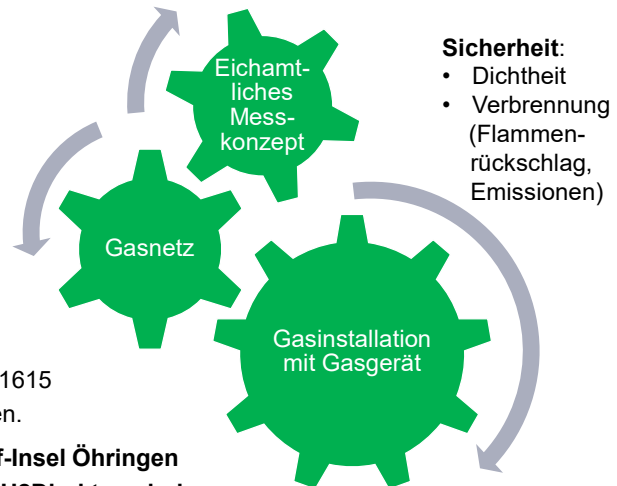
- H<sub>2</sub>-Einspeisung außerhalb des Regelwerks (Dichtegrenze) erfordert ganzheitliche Betrachtung im Rahmen der Ausnahmeregelung nach Abschnitt 4.2.2 des DVGW-Arbeitsblatts G 260 „Gasbeschaffenheit“ (vor 2021)

### Umstellprojekt H2Direkt

- neue 5. Gasfamilie: fehlte in Anwendungsbereichen des Regelwerks (EN DIN, DVGW)
- Neuland – Forschungsprojekte wie z. B. DVGW G 201615 „TRGI und Wasserstoff“ haben Grundlagen geschaffen.

**Einzelfallprüfung jeder Anlage in H2-20, Wasserstoff-Insel Öhringen oder H2Direkt, Prüfung des Gasnetzes, bei H2-20 u. H2Direkt auch des Messkonzeptes**

→ „Beibehaltung des Sicherheitsniveaus“ & eichamtlichen Abrechnung



Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

21

## Methodik – Sicherheitskonzept für H<sub>2</sub>-Beimischung und Umstellung ff.

Umfangreiche Erhebung am Beispiel von H2-20 – Einzelfallprüfung nach DVGW G 260 wg. relativer Dichte



Sichtprüfung der Gasinstallation  
Erfassung Gerät: Hersteller, Art, Typ, Baujahr



Gebrauchsfähigkeitsprüfung mit Messung  
der Gasleckmenge



Prüfung des Gerätes mit Erdgas  
Prüfung des Gerätes mit Prüfgas G 222  
(23 Vol.-% Wasserstoff)

Die Prüfung ist für die Kunden **kostenfrei**.

Die Kunde erhalten einen **Qualitätscheck**.

Die Dauer der Prüfung beträgt ca. 2 h.

- Geräteprüfung bei der Wasserstoff-Insel Öhringen mit dem Prüfgas G 22 (35 Vol.-% H<sub>2</sub>)
- Bei H2Direkt Einsatz eines zertifizierten H<sub>2</sub>-Brennwertgerätes für 100 % H<sub>2</sub>

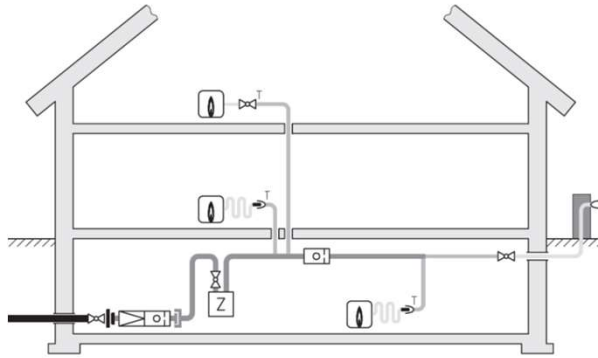
**WICHTIG:** Korrelation der Emissionsmessungen mit der Gasbeschaffenheit

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

22

## Methodik – Sicherheitskonzept für H<sub>2</sub>-Beimischung und Umstellung ff.

Gasinstallation nach DVGW-Arbeitsblatt G 600 TRGI  
Erhebungsumfang in H<sub>2</sub>-20 (analog in Öhringen bzw. H<sub>2</sub>Direkt)



Bildquelle, TRGI G 600, DVGW 2018

- Absperreinrichtung (HAE)  
(Netzteil)
- Gasdruckregler
- Strömungswächter
- Thermische Absperreinrichtungen
- Gaszähler
- Gasleitungen
- Gasverbindungstechniken
- Gasgeräteabsperarmatur
- Gasgerät

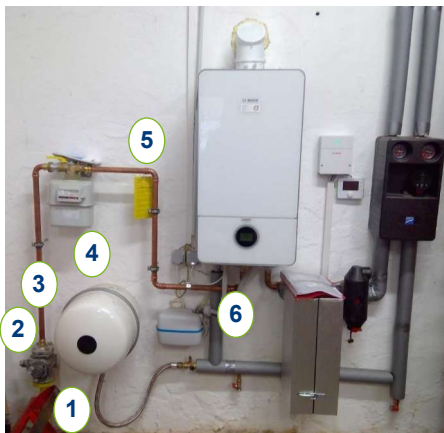
**Fokus Sicherheit:** Dichtheit,  
ordnungsgemäße Installation

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

23

## Methodik – Sicherheitskonzept für H<sub>2</sub>-Beimischung und Umstellung ff.

Gasinstallation nach DVGW-Arbeitsblatt G 600 TRGI  
Erhebungsumfang in H<sub>2</sub>-20 (analog in Öhringen bzw. H<sub>2</sub>Direkt):



Beispiel einer kompakten Gasinstallation

1. Absperreinrichtung (Netzteil)
2. Gasdruckregler
3. Strömungswächter
4. Gaszähler
5. Gasleitungen mit Gasverbindungstechniken
6. Geräteabsperarmatur

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

24

## Methodik – Sicherheitskonzept für H<sub>2</sub>-Beimischung und Umstellung ff.

Fachhandwerk (SHK, Schornsteinfeger, Monteure vom GVU) wurde informiert und geschult:

- Effekte von H<sub>2</sub> auf die Dichtheitsüberprüfungen bzw. Gebrauchsfähigkeitsmessungen waren bekannt (geeignete Messmittel, Einstufung der Messwerte – mit Erdgas, Prüfgas, Mischgas und auch reinem H<sub>2</sub>).
- Wartungen bzw. Reparaturen:
  - Reinigungen sind normal durchzuführen
  - Alle Reparaturen, die nicht den Gas-Luft-Verbund berühren, können normal durchgeführt werden.
  - Reparaturen, die den Gas-Luft-Verbund berühren, sind dem Netzbetreiber anzuzeigen, da eventuell die Einzelfallprüfung betroffen sein kann.
- Folgende Auffälligkeiten waren dem Netzbetreiber zu melden:
  - Störungen rund um den Gas-Luft-Verbund
  - zu hohe CO-Werte
  - akustische Effekte

=> **sehr positive und vertrauensvolle Mitarbeit**

## Methodik – Sicherheitskonzept für H<sub>2</sub>-Beimischung und Umstellung ff.

Umfangreiche Erhebung in H2-20 (analog in Wasserstoff-Insel Öhringen, H2-Direkt) Einzelfallprüfung – Bewertung der installierten Gerätetechnik und Netzbauteile durch Projektteam, gastechnische Institute EBI und GWI, Hersteller u. weitere Experten

**allgemein:** frühe Einbindung vom Handwerk: ZVSHK (VIU), ZIV (Schornsteinfegern)

### Beimischprojekte

- Herstellerbewertung jedes Gerätes in Form einer Risikomatrix
- **keine Veränderungen** an den Heizgeräten (nicht wie bei L/H-Marktraumumstellung) – **nur bei Auffälligkeiten** Beseitigung derselben

### Umstellprojekt

- zertifiziertes H<sub>2</sub>-Brennwertgerät – Feldtestbegleitung durch Hersteller

Zielsetzungen: **Nachweise**

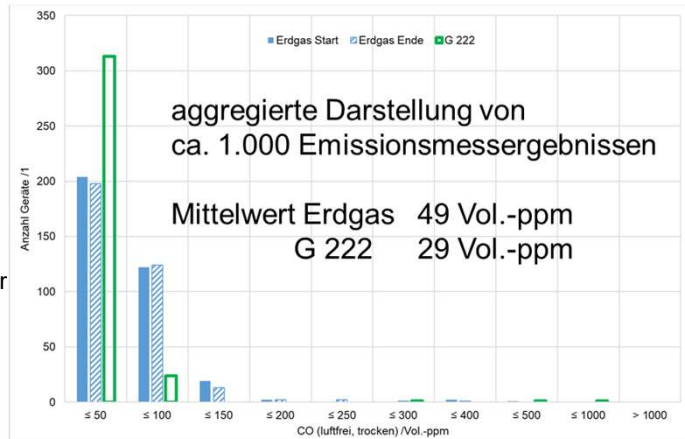
- eines dichten Gasnetzes u. von gebrauchsfähigen Gasinstallationen (**Dichtheit**)
- der **ordnungsgemäßen Gasgeräteeinstellung** (Gas-Luft)

## Ergebnisse im Feld ff.

Ergebnisse aus H2-20 – Ersterhebung CO

### Volllast $Q_{\max}$

- meistens **weniger CO** bei H<sub>2</sub>-Beimischung im Mittel **-39 %!**
- Unterschiede bei Start-Ende mit Erdgas v. a. aufgrund Erwärmung
- Analyse für Bewertung (alle Lastzustände u. für CO und NO<sub>x</sub>)
- ähnlich bei **Teillast  $Q_{\min}$** : **keine** Verschlechterung des Ausbrands 😊



Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

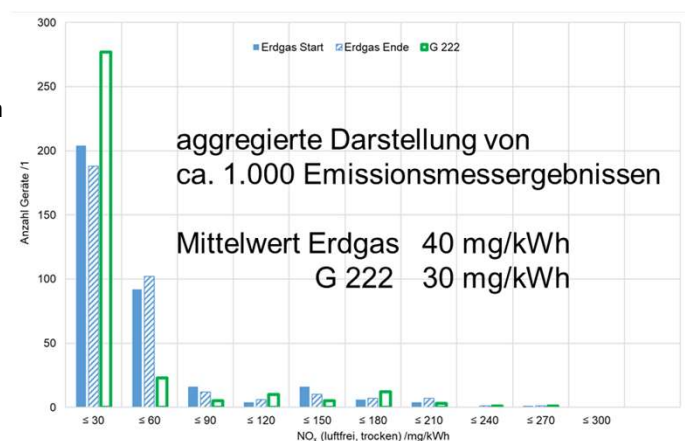
27

## Ergebnisse im Feld ff.

Ergebnisse aus H2-20 – Ersterhebung NO<sub>x</sub>

### Volllast $Q_{\max}$

- meistens **weniger NO<sub>x</sub>** bei H<sub>2</sub>-Beimischung im Mittel **-26 %!**
- ähnlich bei **Teillast  $Q_{\min}$** : meistens **weniger NO<sub>x</sub>** bei H<sub>2</sub>-Beimischung im Mittel **-30 %!** keine Verschlechterung des Ausbrands
- niedrig in Anbetracht der Alters- (0-32 a) und Technologieverteilung (BHKW, Premix, atmosphärische Geräte)



Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

28

## Ergebnisse im Feld ff.

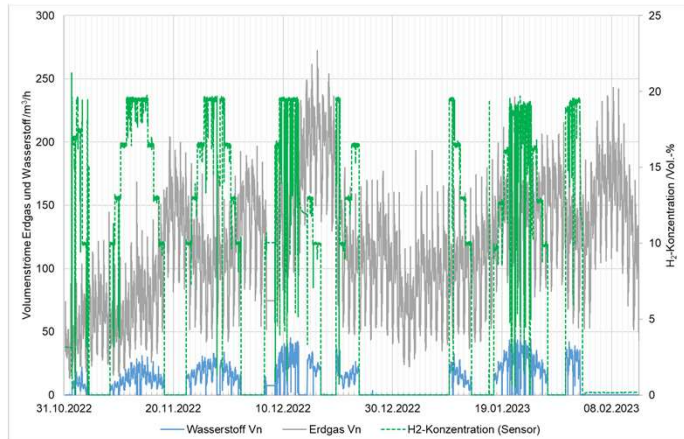
Heizsaison 2022/23 – dynamische Beimischung  
0 bis 20 Vol.-% H<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>-20  
vom 01.11.2022 bis 03.02.2023

- 273 m<sup>3</sup>/h maximaler Fluss an Erdgas
- Das entspräche einem Elektrolyseur\* ohne H<sub>2</sub>-Speicher mit maximal 251 kW elektrischer Leistungsaufnahme.

Kernergebnis

- **keine Mängelfälle** bei den Stichproben
- **keine negative Rückmeldungen** von Anschlussnehmenden, dem Fachhandwerk oder aus dem Monitoring von vier Anlagen

\*Annahme 75 % Wirkungsgrad



dynamische Variationszyklen der H<sub>2</sub>-Konzentration  
von 0 bis 20 Vol.-%

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

29

## Ergebnisse im Feld ff.

Ergebnisse aus H<sub>2</sub>-20

**352 Gasgeräte** von 30 Herstellern (0-30 a) starten nach **Erhebung** und **Behebung weniger (< 20) Auffälligkeiten** in die Beimischphasen mit über 290 Stichproben

- 5 Geräte auf Wunsch Hersteller ausgetauscht + 1 Gerät getauscht aufgrund thermoakustischer Merkmale → **keine sicherheitsrelevanten Mängel** nach Erhebung u. bei den **4 Einspeisephasen bis 20 Vol.-% H<sub>2</sub>** 😊
- Gasgeräte mit Prüfgas (23 Vol.-% H<sub>2</sub>) und Erdgas + H<sub>2</sub>-Beimischungen **weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen**, auch die **CO-** und **NO<sub>x</sub>-Emissionen sinken** sowohl in **Volllast** als auch in **Kleinlast** gegenüber reinem Erdgas!
- Gasnetz: Bauteil und Komponentenanalyse **keine netztechnischen Änderungen notwendig**, ergänzende Gasnetz- u. Bauteilüberprüfungen (wiss. Begleitung)
- **100 % Partizipation** dank sehr intensiver und guter Öffentlichkeitsarbeit



Bildquelle: Avacon 2022

**Fazit zu H<sub>2</sub>-20 – Nachweis der Verträglichkeit der H<sub>2</sub>-Zumischung in H<sub>2</sub>-20 erfolgreich**

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

30

## Ergebnisse im Feld ff.

weitere Feldtests unter Beteiligung von DVGW-EBI

### Wasserstoff-Insel Öhringen

- Beimischung von bis zu 30 Vol.-% bei 32 Gasgeräten in der Wasserstoff-Insel Öhringen (II-IV/2023) der Netze BW **ohne sicherheitstechnische Auffälligkeiten** ☺
  - vorwiegend vollvorgemischte Brennwertgeräte
  - vorherige Wartung mit Überprüfung der Einstellung
- Unterstreicht positive Ergebnisse aus H2-20 und zeigt **Puffer** (gegenüber 20 Vol.-%) auf.

### Umstellung in H2Direkt

- Umstellung eines Gasnetzes von Erdgas auf 100 % H<sub>2</sub> mit 10 Gasgeräten, Kernergebnisse hier für Gasinstallationen mit Gasgeräten, nur 2 Maßnahmen
  - Austausch von Erdgasgeräten gegen zertifizierte H<sub>2</sub>-Brennwertgeräte
  - Austausch von Balgengaszählern G4 gegen G6 wg. geringem Brennwert (H<sub>2</sub>)

Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

31

## Verwertung, Gesamtfazit

Positive Ergebnisse aus den Praxisprojekten H2-20, H2-Insel Öhringen und H2Direkt

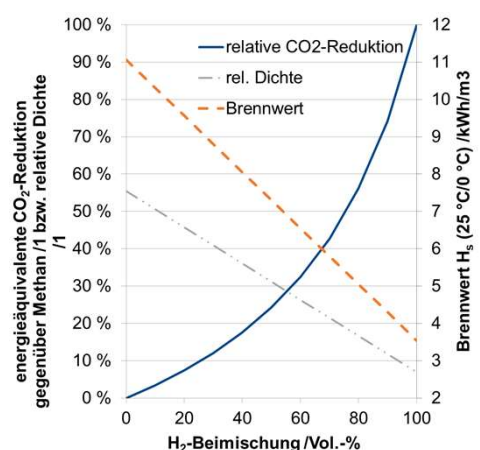
- Die **Beimischungen** konnten zwischen 0 bis 20 Vol.-% H<sub>2</sub> in einem **unveränderten** bzw. 0 bis 30 Vol.-% in einem gewarteten und teils modernisierten **Bestand** erfolgen!

### mögliche CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale

- 7 % CO<sub>2</sub>-Einsparung bei 20 Vol.-% H<sub>2</sub>-Einspeisung in H2-20
- 12 % CO<sub>2</sub>-Einsparung bei 30 Vol.-% H<sub>2</sub>-Einspeisung in der Wasserstoff-Insel Öhringen

**Beimischung** als kann bereits jetzt als **flexible Ad-Hoc-Maßnahme** zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks von Gas genutzt werden, sobald Wasserstoff verfügbar ist!

- Eignungsfeststellung des Gasnetzes und der Gasinstallationen für **100 % H<sub>2</sub>** in H2Direkt für die **Umstellung**



Versorgung mit Wasserstoff bis in die Hausinstallation – Prof. Dr. Holger Dörr

32



## Verwertung, Gesamtfazit ff.

- **Beimischung** ist die **Brücke zur Umstellung**: Umstellung erfordert gesicherte H<sub>2</sub>-Versorgung (Randbedingung 1) und als wesentliche Änderung den Austausch der Gasgeräte (Randbedingung 2)
- H<sub>2</sub>: Gasnetz als hochkapazitiver Energiespeicher kann zur Minimierung von Abregelungen Off-/On-Shore WKA beitragen – Küstenländer Wind & PV – siehe Zeit-Artikel vom 28.01.2024

### Verwertung der Ergebnisse in der **Regelsetzung**

- **Handlungsempfehlungen aus H2-20, Wasserstoff-Insel Öhringen und H2Direkt** gingen an **Regelwerks-gremien zu Einspeisebegehren**, um die Beimischung deutlich zu erleichtern **ohne Kompromisse** in puncto **Sicherheit** einzugehen (z. B. Vermeidung von Prüfgasbeaufschlagungen).
- **Verweis** auf erfolgreiche Projekte wie z. B. **H2-20, Wasserstoff-Insel Öhringen, H2Direkt** und Untersuchungen wie z. B. **Roadmap Gas 2050** (DVGW), **THyGA** (EU):

von **Pilot-** bzw. **Forschungsvorhaben** zu **Standardprozessen: sicher & pragmatisch**

## Verwertung, Gesamtfazit ff.

Voraussetzungen für H<sub>2</sub>-Beimischungen wie bei H2-20:

- nach **derzeitigem Regelwerk ordnungsgemäße** Gasnetze, Gasinstallationen mit Gasgerät (Werkseinstellung Erdgas HI!)
- **keine** limitierenden Verbraucher im Gasnetzgebiet (z. B. CNG-Tankstellen, Gasturbinen, industrielle Thermoprozessanlagen)

Fazit zur H<sub>2</sub>-Beimischung: Echte **Ad-Hoc-Maßnahme** um **flexibel erneuerbaren Wasserstoff** in vielen Gasnetzen zu integrieren und den **CO<sub>2</sub>-Fußabdruck** von **Gas** zu reduzieren.

**Beimischung von H<sub>2</sub> und Umstellung auf H<sub>2</sub>** sind Stützen der Wasserstoffstrategie: Sie adressieren

- **H<sub>2</sub>-Verfügbarkeit** (Aufbau der H<sub>2</sub>-Erzeugungskapazitäten, s. u.),
- **Machbarkeit** (Austausch) und
- **Sozialverträglichkeit** und
- **großkapazitive Speicheroption** von EE-Strom – als **Partner** des **Ausbaus der EE-Erzeugungskapazitäten** (Wind, Solar)!

## Nachtrag: Fragen und Antworten aus der Veranstaltung

### Wie viel wird der grüne Wasserstoff kosten?

Hier gibt es in diversen Studien sehr unterschiedliche Angaben auch in Abhängigkeit der H<sub>2</sub>-Quellen. Der DVGW e.V. hat Preisabschätzungen von 3,5 bis 7 ct/kWh in 2030 und von 2 bis 4 ct/kWh in 2050 unter <https://www.dvgw.de/themen/energiewende/wasserstoff-und-energiewende/wasserstoff-import> (Zugriff 09.03.2024) aufgeführt.

### Warum sollte Wasserstoff in den Wärmemarkt?

Mit dem vorgestellten zweistufigen Beimisch- und Umstellkonzept können vor allem sozialverträgliche und wirtschaftliche Aspekte bedient werden. Im Wärmesektor wäre bei der Beimischung selbst bei aktuell deutlich höheren H<sub>2</sub>-Gestehungskosten als oben prognostiziert, der Kostenanstieg durch die anteilige Beimischung (energieäquivalent umfasst das 7 % bei 20 Vol.-% H<sub>2</sub>-Beimischung) moderat. Bei einer Umstellung hier speziell im Industriesektor sind die Kosteneffekte zu 100 % sehr deutlich und müssen von kompensatorischen Maßnahmen (CO<sub>2</sub>-Pönalen, Subventionen, ggf. Regel-energieboni) begleitet werden, um die Konkurrenzfähigkeit der heimischen Industrie nicht noch weiter zu schwächen.

## Haben Sie noch Fragen?

### Wasserstoff-Hochdruckregelanlage



Bildquellen: Dörr, 2022

### Einspeiseanlage im 20-ft-Container



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Vielen Dank an die H2-20-Partner Avacon Netz GmbH, DVGW e.V. und GWI und an die Auftraggeber Netze BW (Wasserstoff-Insel Öhringen) und Thüga (H2Direkt)!

Prof. Dr. rer. nat. Holger Dörr  
Professor für Gasversorgung und Brenngastechnik  
Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften  
E-Mail: [h.doerr@ostfalia.de](mailto:h.doerr@ostfalia.de)  
Tel.: 05331 9393-9600

