

H2-ready - ja oder nein? Wie viel Wasserstoff vertragen (Industrie)Gasanwendungen?

Anne Giese

H2 Lunch & Learn – Wissen rund um Wasserstoff, 24.08.2022

Erdgasabsatz in Deutschland 2021

Industrie einschl. Industriekraftwerke

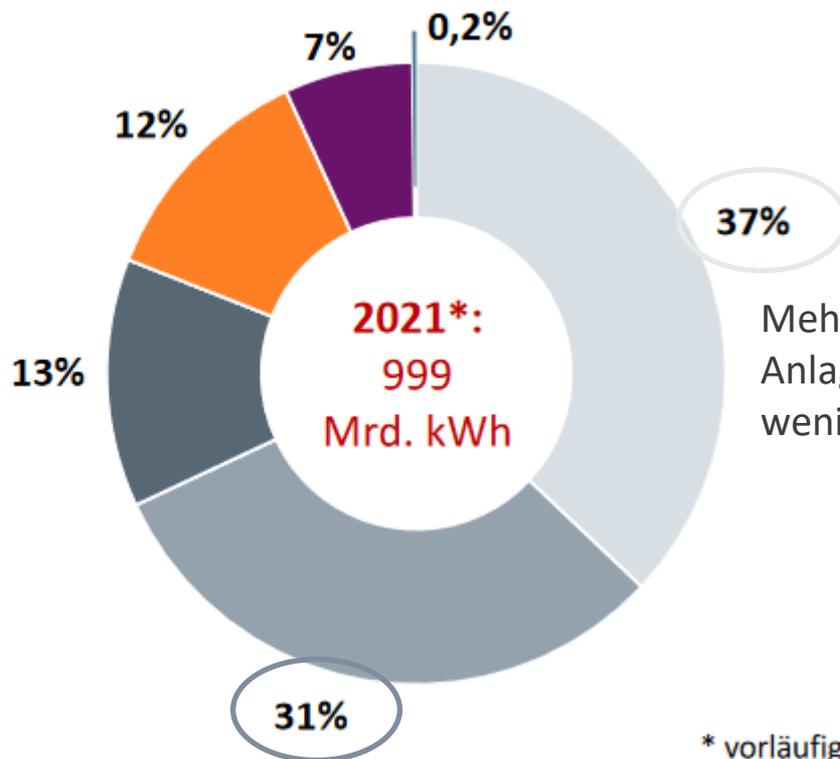
Haushalte (2021 einschl. Wohnungsges.)

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Stromversorgung (einschl. BHKW)

Fernwärme-/-kälteversorgung (einschl. BHKW)

Verkehr



Mehrere 100.000 verschiedene Anlagen und Prozesse von wenigen 100 kW bis > 100 MW

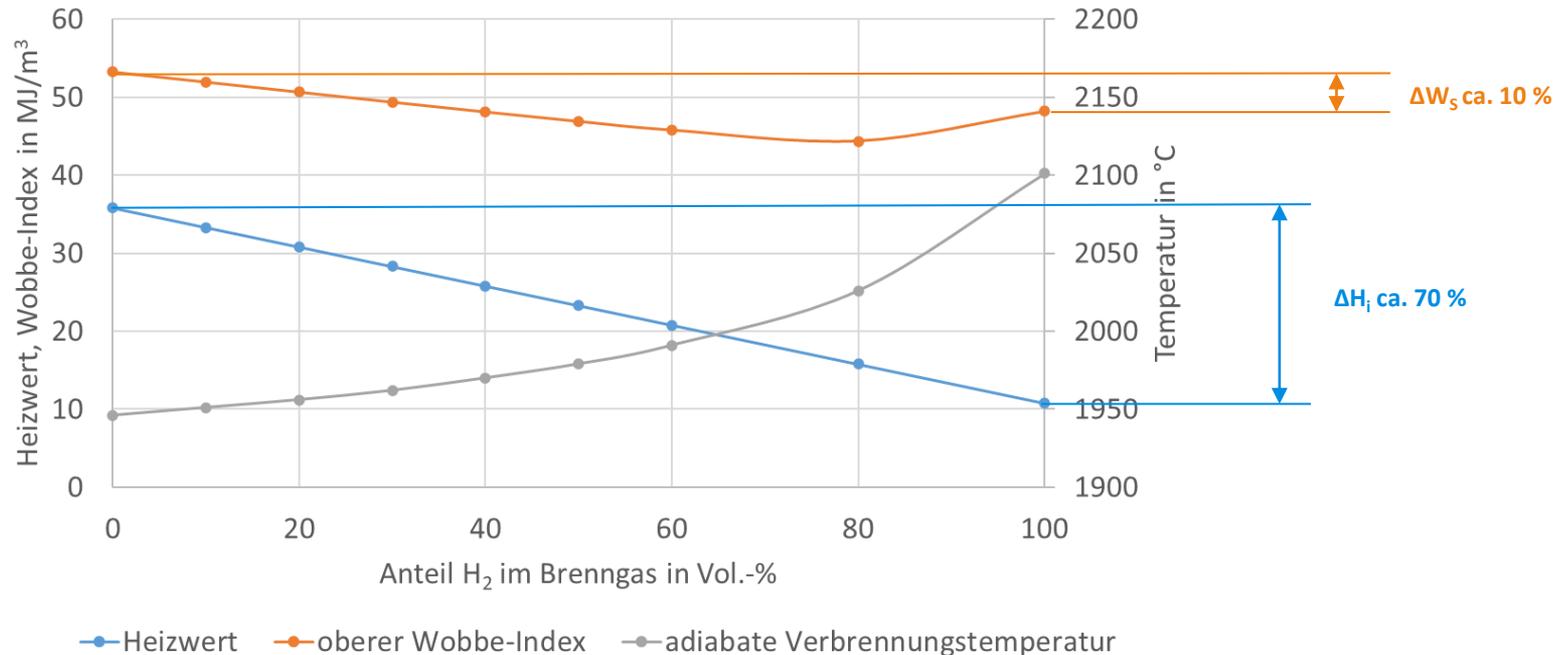
Ca. 20 Mio. Standardgeräte

* vorläufig;

Daten: BDEW

Einfluss von Wasserstoff auf verschiedene Kenngrößen: Wobbe-Index, Heizwert und adiabate Flammentemperatur

Bei einer Grenzwertbetrachtung von 100 % CH₄ / 0 % H₂ bis 0 % CH₄ / 100 % H₂ weicht der **Wobbe-Index** um lediglich **10 %** ab (wichtiger Kennwert für **Gasgeräte im Wärmemarkt**), im **Heizwert** dagegen um ca. **70 %** (wichtiger Kennwert z. B. für die **Thermoprozesstechnik**).



Wasserstoffnutzung für Haushaltsanwendungen

Geräteauswahl für das DVGW-F&E-Projekt **Roadmap Gas 2050**

- Die ausgewählten Gasgeräte repräsentieren den Gasgerätebestand Deutschlands sehr gut, dazu wurde ein umfassender Abgleich mit Statistiken und Erkenntnissen aus laufenden Projekten (Forschung und Marktraumumstellung) vorgenommen.
 - I_{2N}-Brennwertgeräte
 - Brennwertgerät
 - 1-stufiger Kessel
 - 2 Geräte mit teilvormischenden Brennern
 - mehrfach-Injektorbrenner, modulierend
 - BHKW
 - 300 kW-Kessel (Gebläse-Brenner)
- Herd
- Gas-Grill
- Hockerkocher
- Brennstoffzelle
- Heizgerät
- Raumluftheizer



Bildquelle: Viessmann, Vaillant, Kaiser

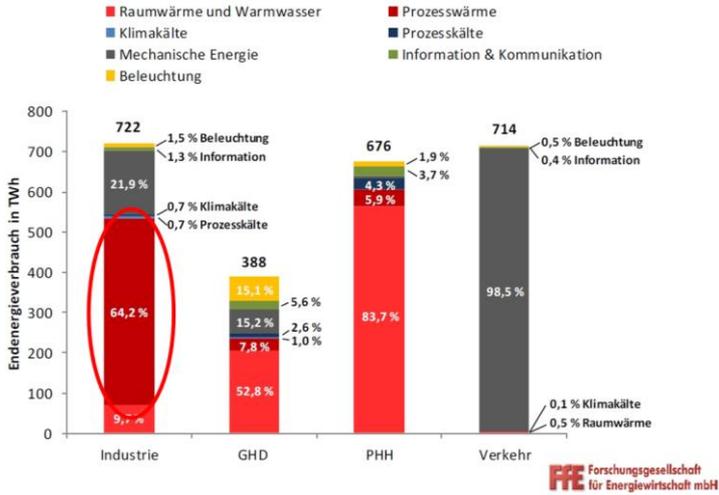
Die Ergebnisse zeigen: Geräte tolerieren eine Beimischung von 20 Vol.-% H₂



- Die Ergebnisse der durchgeführten Testreihen im Labor zeigen, dass die Geräte in gewartetem Werkzustand mit einem Anteil von 20 Vol.-% H₂ im Gasgemisch ohne Einschränkung der Betriebssicherheit funktionieren.
- Die Grenze der relativen Dichte könnte nach derzeitigem Untersuchungsstand abgesenkt werden.
- Die finale Validierung erfolgt zurzeit im DVGW-F&E-Projekt H2-20 (Einspeisung von bis zu 20 Vol.-% H₂ in ein Verteilnetz)
- Ab ca. 2025 können Anwendungen für 100 % H₂ verfügbar sein

Wasserstoffnutzung für Industrieanwendungen

Industrielle Prozesswärme, Dekarbonisierung und Wasserstoff



- Die **Industrie** ist in Deutschland für etwa **29 % des Endenergieverbrauchs** verantwortlich. Die **Prozesswärme**, teilweise auf sehr hohen Temperaturniveaus ($> 1.200\text{ °C}$), in den **Grundstoffindustrien** (Metall, Glas, Keramik, Zement, ...) hat dabei den größten Anteil ($\approx 65\%$). Viele dieser Produkte sind unverzichtbar für eine moderne Gesellschaft.
 - Erdgas** (sowie Kohle und Strom) sind die wichtigsten Energiequellen für die Bereitstellung von Prozesswärme.
 - Erdgas wird auch als **Rohstoff** genutzt: etwa 25 - 30 % des Erdgasverbrauchs in der Chemieindustrie entfallen auf **Feedstock-Prozesse**.
- Manche Prozesse lassen sich nicht ohne Weiteres elektrifizieren. **Wasserstoff** stellt hier eine interessante **Dekarbonisierungsoption** dar.... insbesondere für **Hochtemperaturprozesse**.
 - Zwei Ansätze zur Dekarbonisierung mit H_2 sind prinzipiell denkbar:
 - **Vollständige Umstellung** auf Wasserstoff (z. B. durch H_2 -Pipelines, lokale H_2 -Produktion mit „grünem Strom, ...)
 - **Beimischung** von Wasserstoff in Erdgas

Am Beispiel der Glasindustrie..... Forschungsprojekt HyGlass



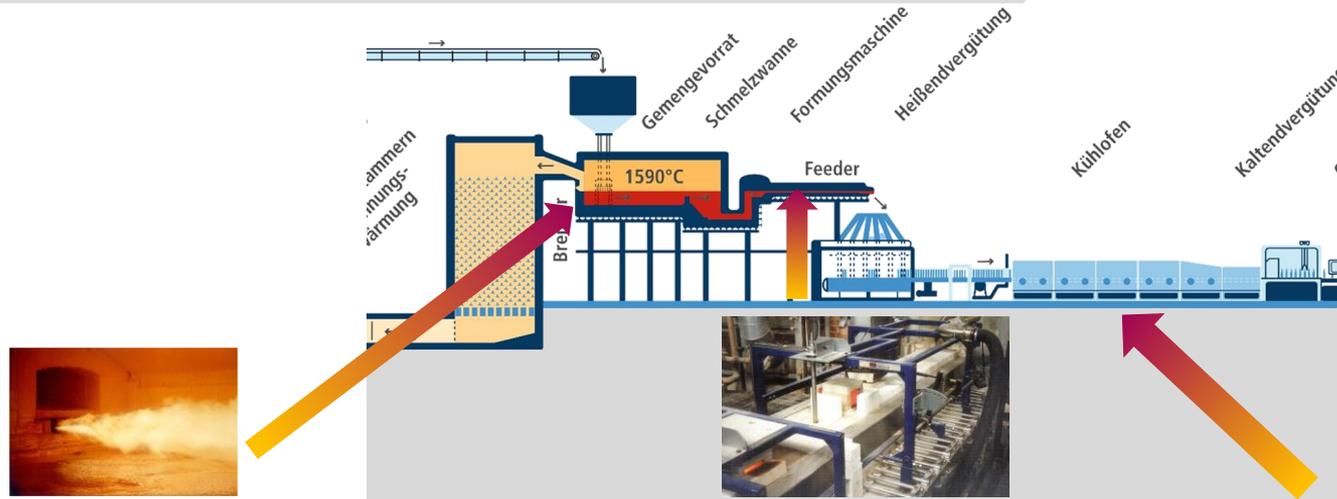


Hauptziel: Wasserstoff in der Glasindustrie – Auswirkungen auf den Glasherstellungsprozess, Aufzeigen von Lösungsmöglichkeiten und Potentialen in NRW

Teilziele:

- **Untersuchung** der **Auswirkung** verschiedener **Wasserstoffzumischraten bis hin zu 100 % Wasserstoffnutzung** in den unterschiedlichen Feuerungsprozessen entlang der Glasherstellungskette (z. B. in Bezug auf Effizienz, Wärmeübertragung, **Schadstoffe**, Temperaturen, CO₂-Emissionen und Wirtschaftlichkeit, sicherheitstechnische Aspekte, ...)
- auf die **Produktqualität, Lebensdauer, Anlagenfahrweise**
- **Übertragung** der Erkenntnisse auf **reale Anlagen** mittels CFD-Simulation und **Demonstration** der Umsetzung an semiindustrieller Versuchsanlage
- Zusammenstellung der Erkenntnisse, Aufzeigen von Hemmnissen und **Erarbeitung von Lösungsstrategien**
- **GIS-Analysen** und **Netzstudien** für verschiedene Szenarien der Wasserstoffzumischung räumlich und zeitlich aufgelöst bezogen auf die Glasstandorte in NRW.

Besonderheiten des Glasherstellungsprozesses



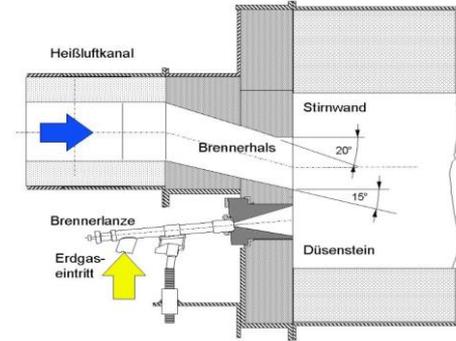
- Lange, leuchtende, turbulente Diffusionsflammen
 - Regenerative Luftvorwärmung bis 1.400 °C oder Oxy-Fuel
 - **Aufgabe der Schmelzwanne:** Rückstandsfreies Aufschmelzen der Rohstoffe, Homogenisieren und Bereitstellung der Schmelze bei entsprechender Temperatur
- > ausreichend Energie, hohe Temperaturen, effektiver Wärmeübergang (Strahlung) in das zu erwärmende Gut

- Viele kleine Vormischbrenner
 - **Aufgabe der Feeder/Speiser:** Transport der Schmelze zu den Formgebungsmaschinen und thermische Homogenisierung der Schmelze auf **1/10 K**
 - **Formgebung:** gleichmäßige/konstante Temperatur, da Viskosität und Temperatur mit Exponentialfunktion verknüpft sind
- > stabile Verbrennung und Temperatur sowie Strahlungsverhalten

- Meist Gebläsebrenner mit hohem Luftüberschuss
 - **Aufgabe des Kühllofens:** Spannungsfreies Abkühlen mit Hilfe eines stringenten Temperatur-Zeitverlaufs
- > strenge Einhaltung der eingestellten Temperatur (± 1 K)
- > stabile Verbrennung ...

1. Messkampagne im Dezember 2020 durchgeführt

Auswirkungen auf den Verbrennungsprozess



Versuchsprogramm:

- 0 - 100 Vol.-% H₂ Zumischung (0, 10, 30, 50 und 100 Vol.-%)
- 2D-Feldmessungen von CO, CO₂, NO_x, O₂ und Temperatur
- Verschiedene Regelungsszenarien



Brenngasverteilung

0 %

10%

30 %

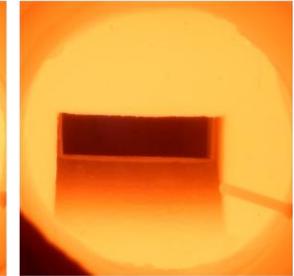
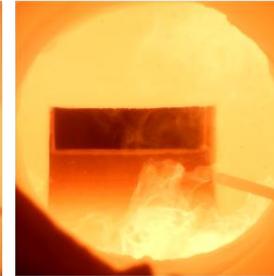
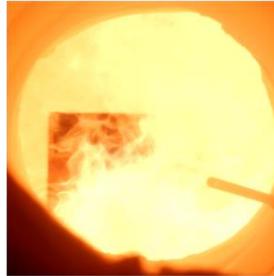
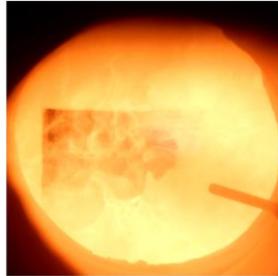
50 %

100 %

H₂ - Anteil im Brenngas
(volumetrisch)

nicht optimiert:

Verteilung von Kern- und Mantelgas wurde nicht angepasst.



2. Messkampagne im Juni 2021 durchgeführt Auswirkungen auf die Glasqualität

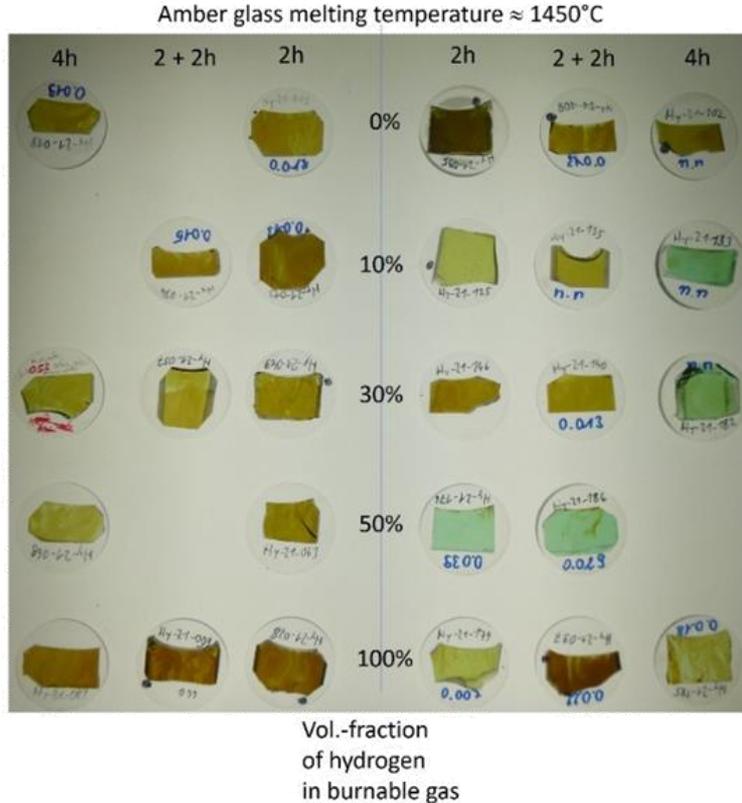


Mobile Brennkammer:

Schmelzen von industriellen Gemengen (grün, braun, weiß, Float) bei verschiedenen Betriebsparametern und H₂-Zumischraten
Untersuchung der Auswirkungen auf die Glasqualität (HVG)



Be- und Entladung von Proben im laufenden Betrieb



Hyperstoichiometric combustion
 $\lambda=1,05$

Substoichiometric combustion
 $\lambda=0,97$

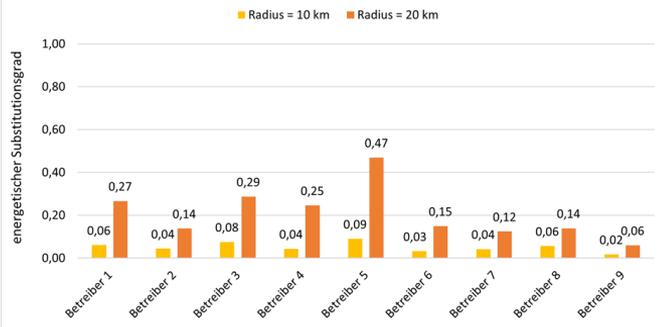
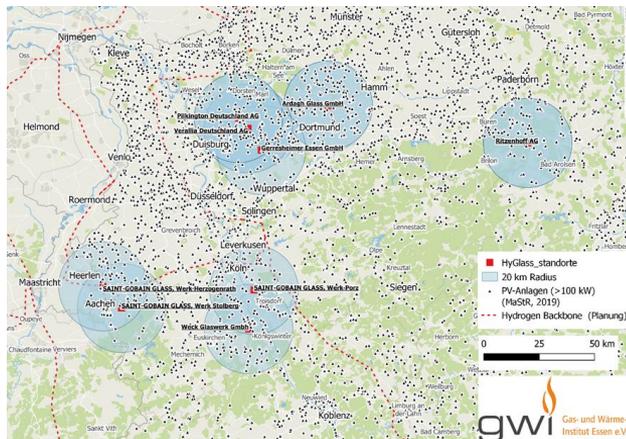
Keine direkte Beeinflussung der Glasqualität durch den Wasserstoff, aber eine **indirekte**:

- Bei erhöhtem H_2O -Gehalt im Abgas nimmt der Schwefelgehalt der Glasschmelze ab – bekannt von der Oxy-Fuel-Verbrennung
- H_2 und CO führen zu reduzierenden Bedingungen in der Glasschmelze – bekannt von der unterstöchiometrischen Verbrennung
- Rußbildung bei 30 bis 50 Vol.-% H_2 -Zumischung führt zu Schlierenbildung

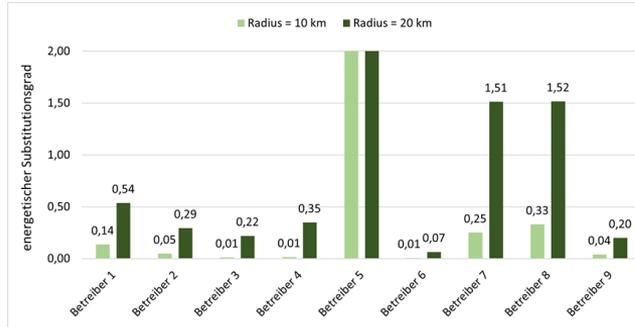
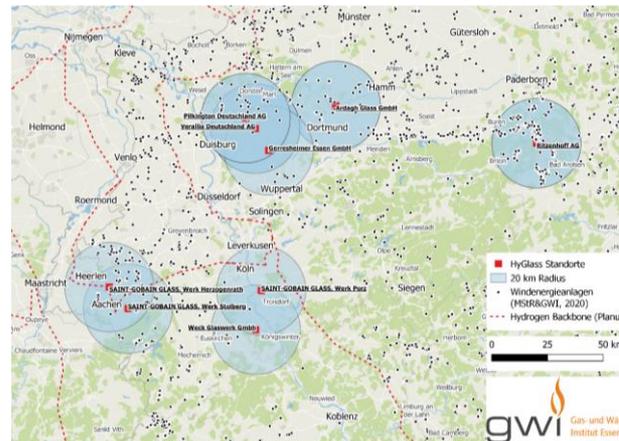


H₂-Erzeugungspotenzials im Umkreis von 10 und 20 km vom Glasherstellungsstandort durch

Solaranlagen



Windkraftanlagen

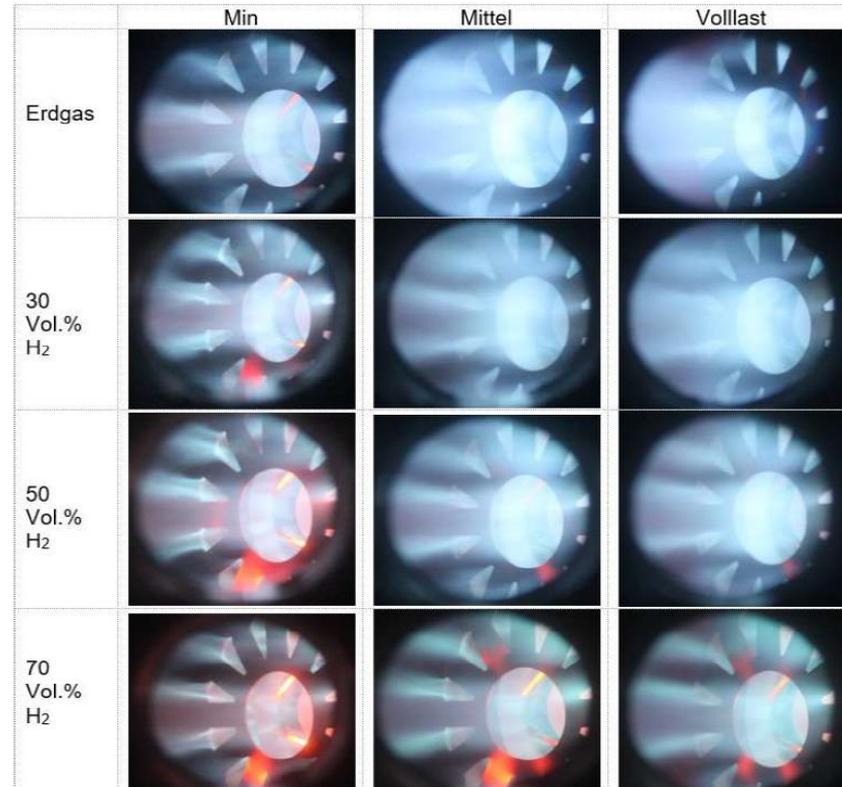


Weitere Untersuchungsergebnisse

- Industrie-Gebläsebrenner -

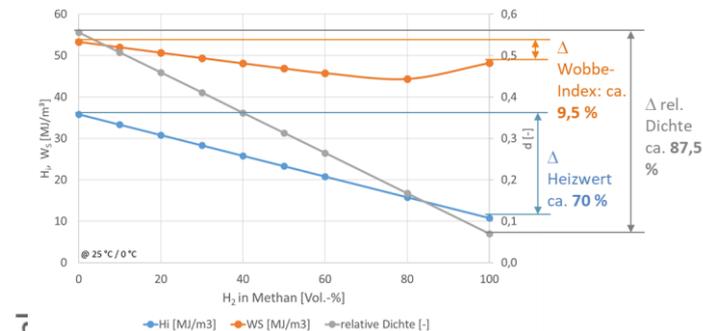
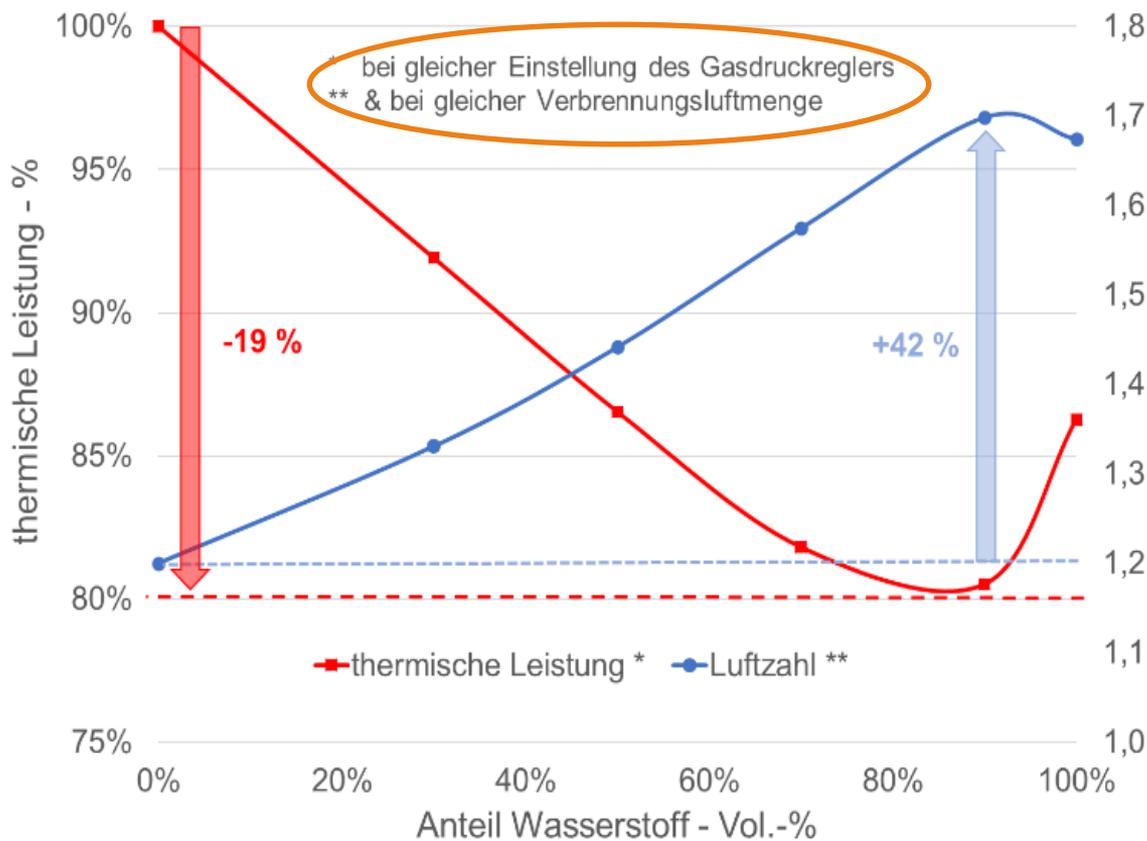
Untersuchungen an Industrie-Gebläsebrennern

- Höhere H_2 -Konzentrationen erzeugen eine stärkere thermische Belastung, besonders bei minimaler Last.
- Flammenstruktur und -farbe ändern sich.
- Stärkerer Verschleiß erwartet.
- Höhere Düsendrücke notwendig für gleiche Brennerleistung.
(=> niedrigerer Wobbe-Index).



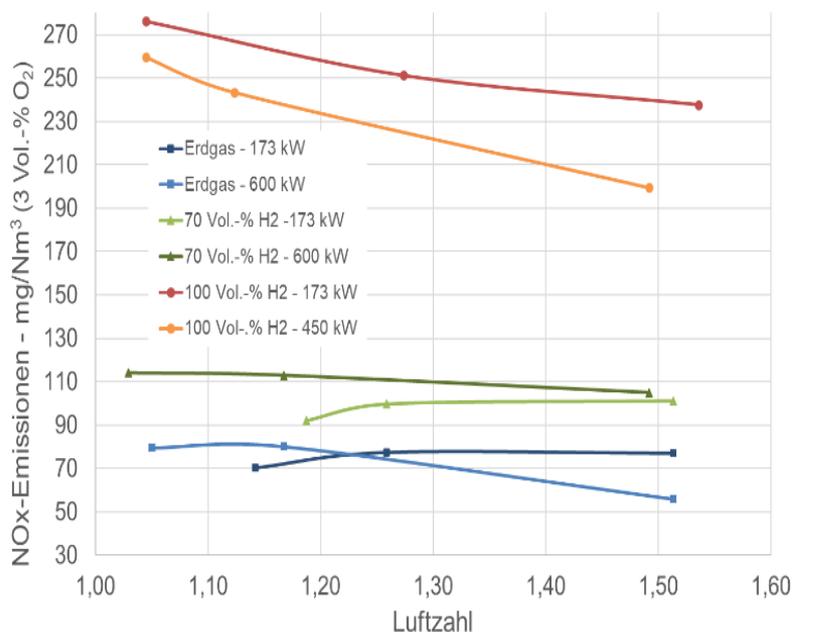
Source: Dreizler, D., „Auswirkung von Wasserstoff-beimischung im Erdgas auf Gebläsebrenner“, 6. Forum Feuerungstechnik, Munich, Germany, 2019

Ergebnisse für Gebläsebrenner – Leistung und Luftzahl

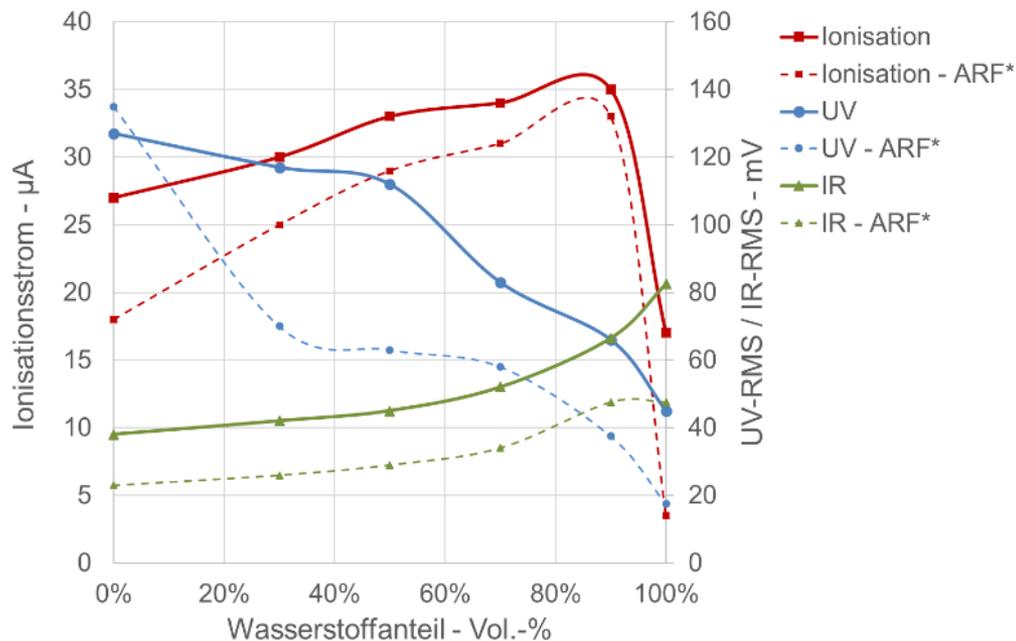


Ergebnisse für Gebläsebrenner – NO_x-Emissionen und Flammenüberwachung

NO_x-Emissionen



Flammenüberwachung



ARF = Abgasrückführung

Die Ergebnisse zeigen: 20 Vol.-% H₂ sind im Industriebereich möglich unter entsprechenden Voraussetzungen



- Im Gewerbe- und Industriebereich sind die Anwendungen vielschichtiger.
- Hier wurde gezeigt, dass durch Kompensationsmaßnahmen / Regelungssysteme sowohl das Vorhandensein des Wasserstoffs als auch Schwankungen technisch begegnet werden kann, was allerdings mit Investitionen einhergeht.
- Die Untersuchungen zeigen, dass bei Industrieanwendungen - bis auf wenige Ausnahmen - eine Zumischungen bis 20 Vol.-% möglich ist.
- Auswirkungen auf die Produktqualität müssen noch untersucht werden.
- Ab 2030 können die ersten 100 Vol.-% H₂-Anwendungen verfügbar sein, aktuelle FuE-Vorhaben unterstützen dies.

Fazit/Zusammenfassung

- Haushalt und Bauteile im Bereich der TRGI:
 - Alle Ergebnisse der bisher durchgeführten Testreihen bestätigen, dass der **Gerätebestand** und **Neugeräte** sowie **Bauteile im Bereich der TRGI** mit einem Anteil von **20 Vol.-% H₂** im Gasgemisch **funktionieren**.
- Industrie:
 - Höhere H₂-Konzentrationen im Erdgas oder auch reiner Wasserstoff können zu **erheblichen Veränderungen der Brennstoffeigenschaften** führen, mit Auswirkungen z. B. auf Flammentemperaturen und NO_x-Emissionen. Viele dieser Veränderungen können durch geeignete technische Maßnahmen beherrscht werden, aber es besteht auch noch viel F&E-Bedarf in Bezug auf die Auswirkungen auf die Produktqualität, Feuerfestmaterial, Kompensationsstrategien, usw. – Hier laufen aktuell eine Vielzahl von F&E-Projekten.
- Die zentrale Herausforderung dürfte die Bereitstellung ausreichender Mengen von „grünem“ Wasserstoff sein.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Dr.-Ing. Anne Giese
Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
Hafenstraße 101
45356 Essen, Germany
Tel.: +49 (0) 201 3618 – 257
anne.giese@gwi-essen.de

