

# Wasserstoffeinsatz in der Endanwendung – Möglichkeiten und Effekte in der Brennertechnik

Dipl.-Ing. Marcus Wiersig

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

energy saxony – Wasserstoff in Industrie und Gewerbe, Glaubitz am 30.11.2023



# Agenda

- 1 Motivation
- 2 Grundlagenbetrachtung
- 3 Wasserstoff in der Gasanwendung
- 4 Ausblick

# Motivation

## Kernthema

- Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff aus regenerativ erzeugtem Strom in das Erdgasnetz
- Steigende Zahl an Einspeisebegehren für 20 Vol.-% H<sub>2</sub>

## Fragestellung

- Dichtheit, Sicherheit und Funktionsfähigkeit von Gasanlagen
- Überprüfung der Sicherheit und Funktionsfähigkeit von Gasanwendungstechnologien

## Maximale H<sub>2</sub>-Konzentration

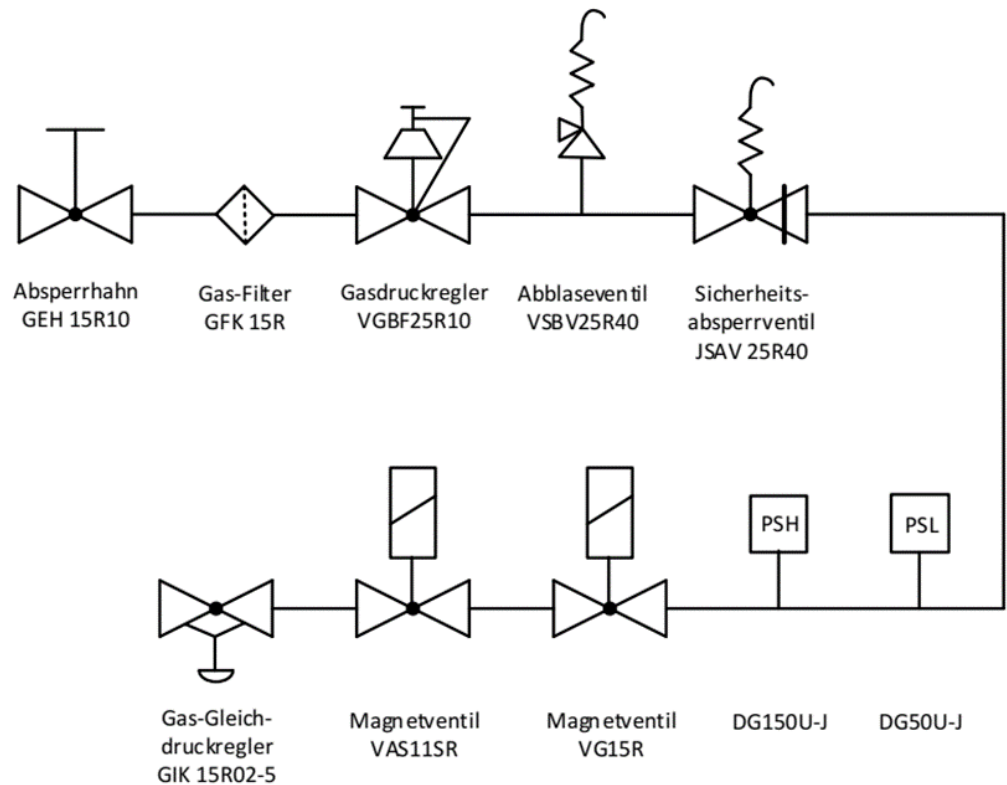
- Im Fokus Anteile > 20 Vol.-%
- Volatil?!
- Was passiert bei 100 % Wasserstoff?

# Grundlagenbetrachtung



# Gasinstallation

## Bauteile DIN EN 746-2

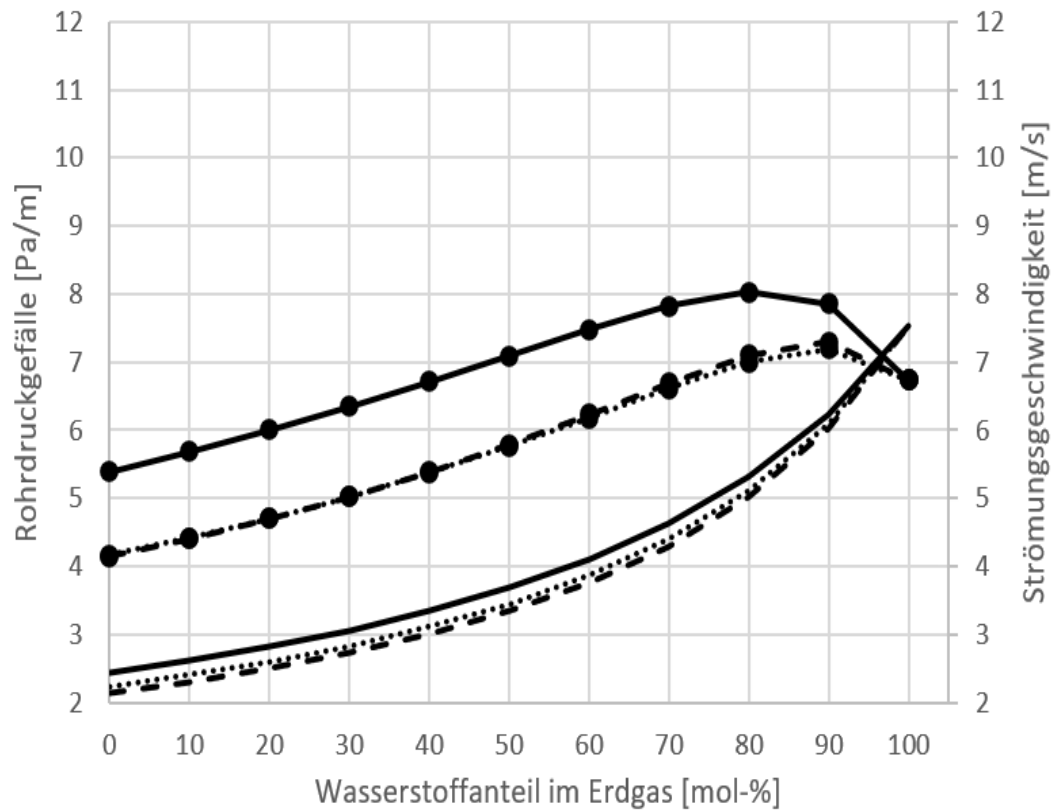


Getestete Gas-Druckregelstrecke – Versuchsaufbau:  
Dichtheitsprüfung, Funktionsprüfung, Alterung



→ Konventionelle Erdgas-Regelstrecken nach DIN EN 746-2 zeigten eine prinzipielle Eignung für den Betrieb mit 100 % Wasserstoff

### Leitungsanlage:

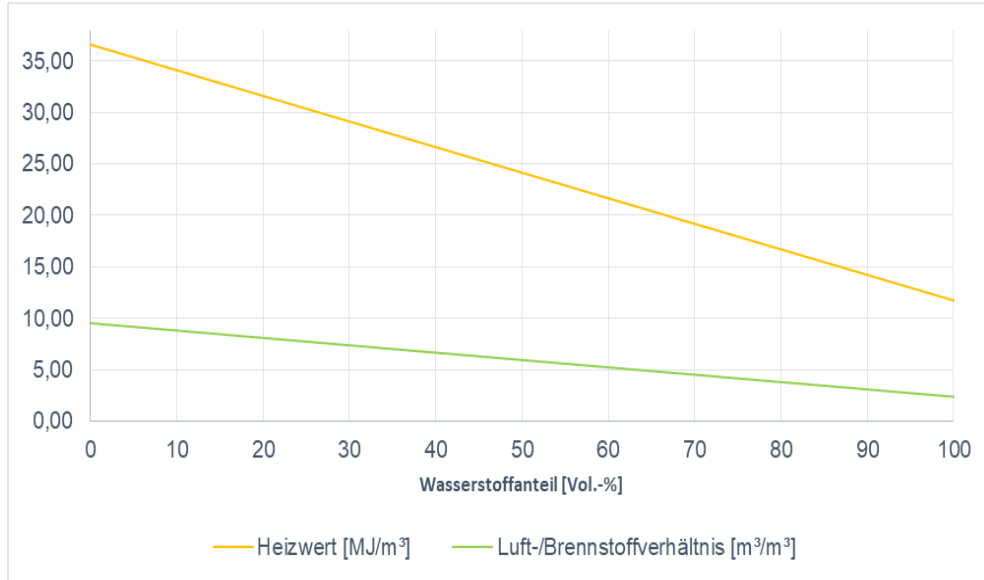


### Berechnungsvorgaben:

- Belastung Gasgerät: 30 kW
- Rohrennweite: DN 20
- Materialauswahl: Unlegiertes Stahlrohr, mittlere Reihe
- Rohrrauigkeit k: 0,15
- Art des Leitungssystems: Einzelzuleitung

# Thermodynamische Grundlagen

## Feuerungstechnische Eigenschaften



Steigende Wasserstoffanteile bewirken:

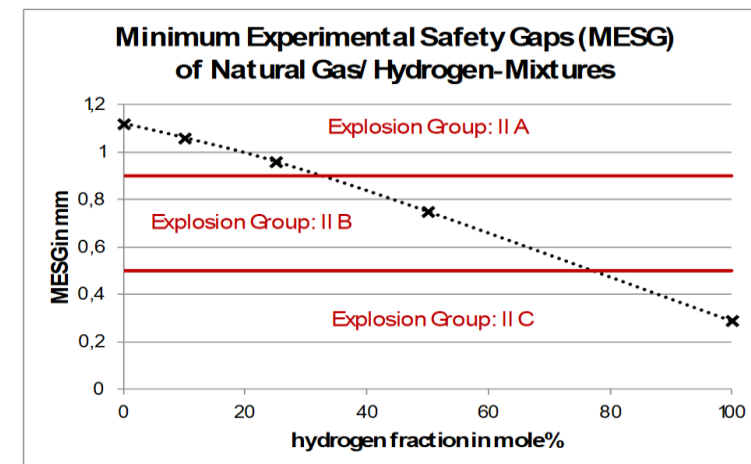
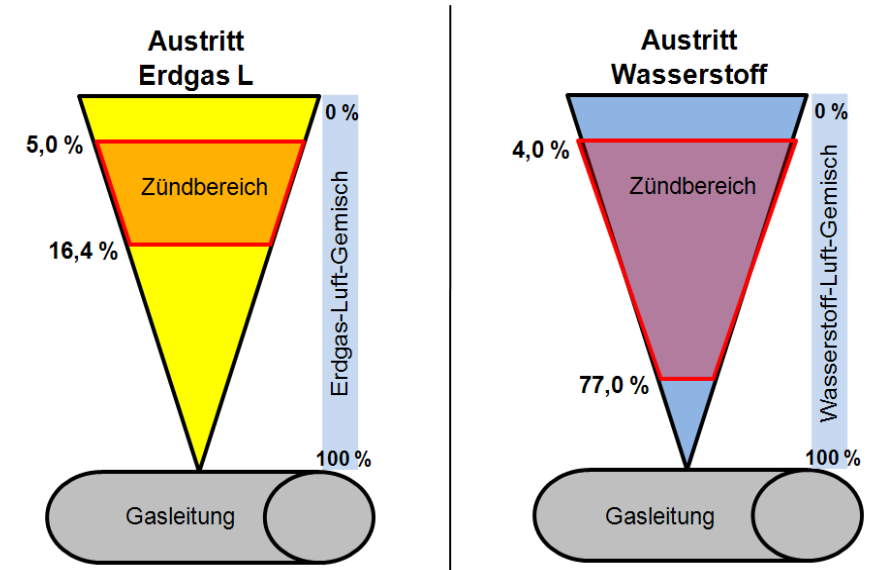
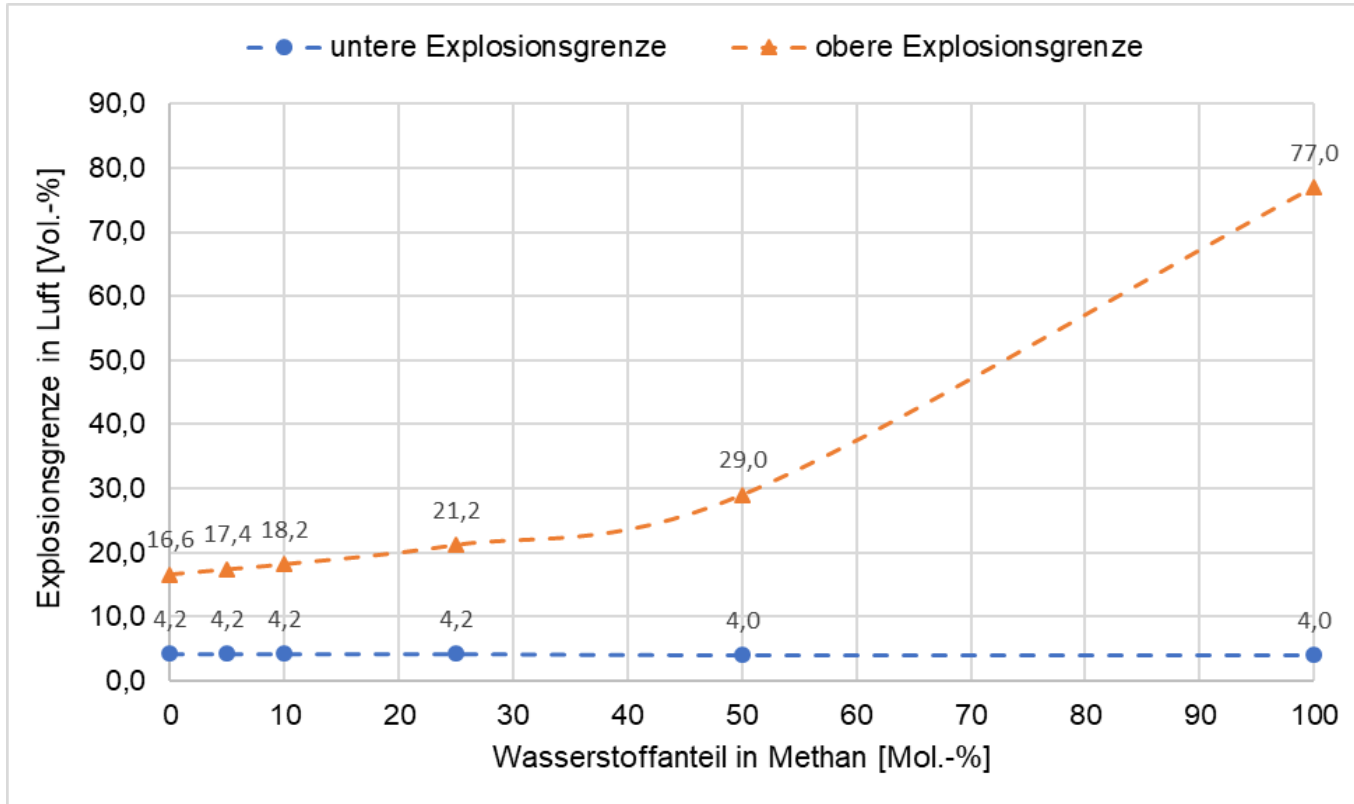
- Adiabate Flammentemperatur steigt
- Flammengeschwindigkeit steigt
- Heizwert sinkt
- Zündverzugszeit sinkt
- Brennstoff-Luft-Verhältnis sinkt

	Mischung Erdgas/H <sub>2</sub> (Vol.-%)							
	100/0	99/1	98/2	95/5	90/10	75/25	50/50	0/100
Wasserstoffanteil	0	1	2	5	10	25	50	100
Heizwert [MJ/m <sup>3</sup> ]	36.61	36.36	36.11	35.36	34.12	30.38	24.16	11.74
Brennstoff-Luft-Verhältnis [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	9.53	9.46	9.39	9.18	8.82	7.74	5.95	2.38
Änderung im Heizwert	0.00	0.01	0.01	0.03	0.07	0.17	0.34	0.68
Flammengeschwindigkeit [cm/s]	38.39	38.63	38.87	39.64	40.92	45.95	60.06	200
Zündverzugszeit [ms]	46.16	41.01	36.48	25.95	15.367	4.296	0.933	0.0461



# Thermodynamische Grundlagen

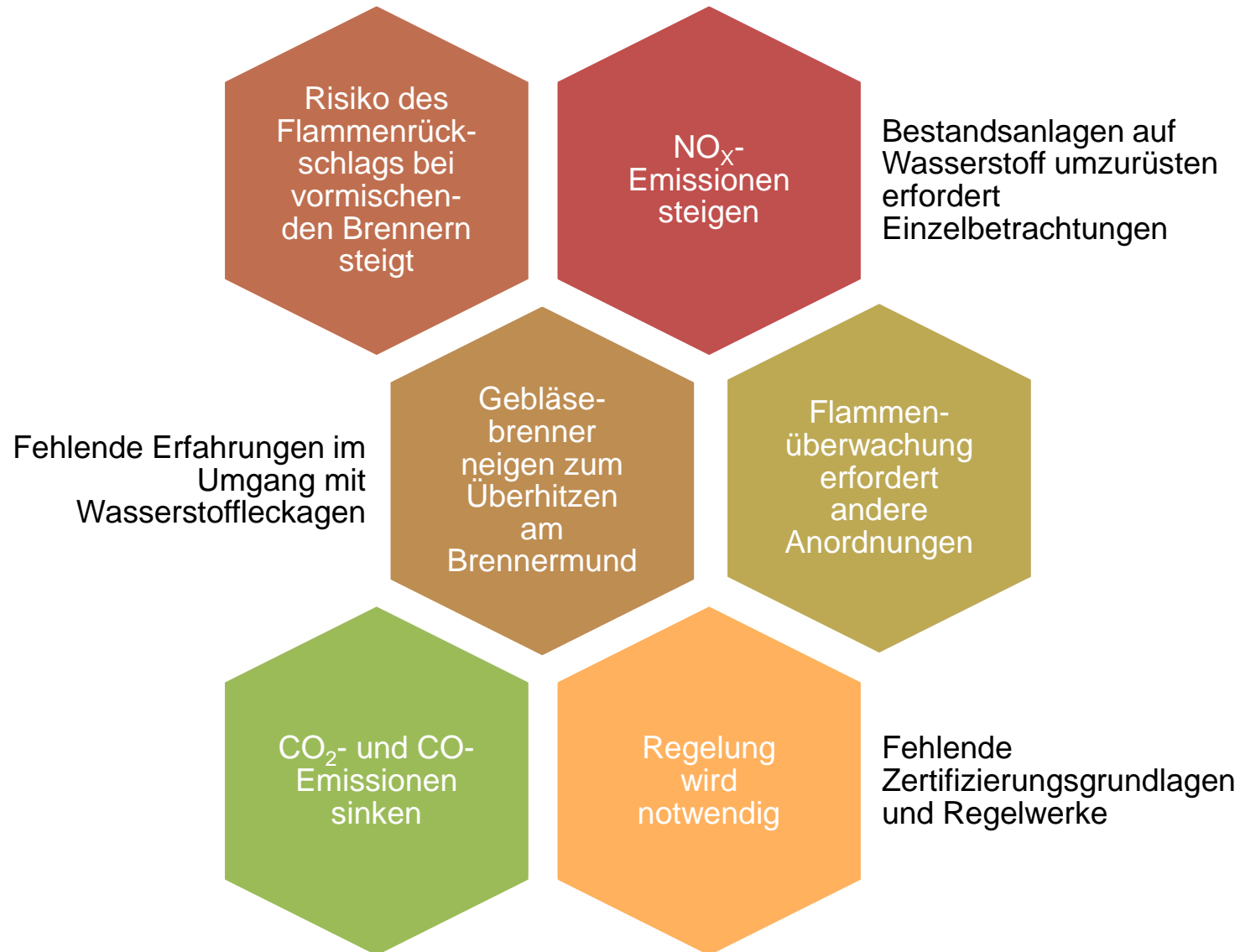
## Explosionsgrenzen von Erdgas-Wasserstoff-Gemischen



# Wasserstoff in der Gasanwendung

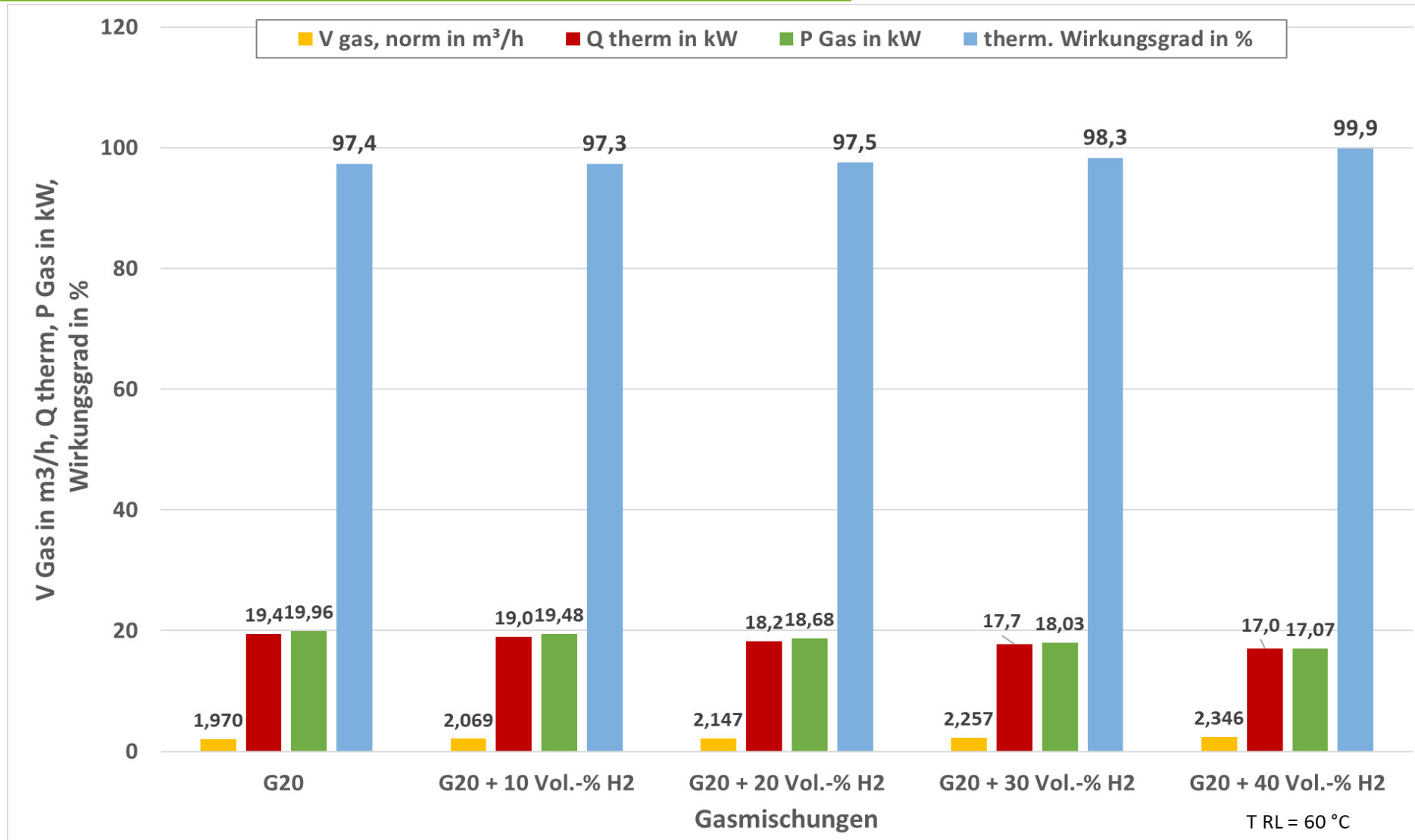
# Wasserstoff in der Gasanwendung

## Effekte auf Bestandsanlagen und -geräte



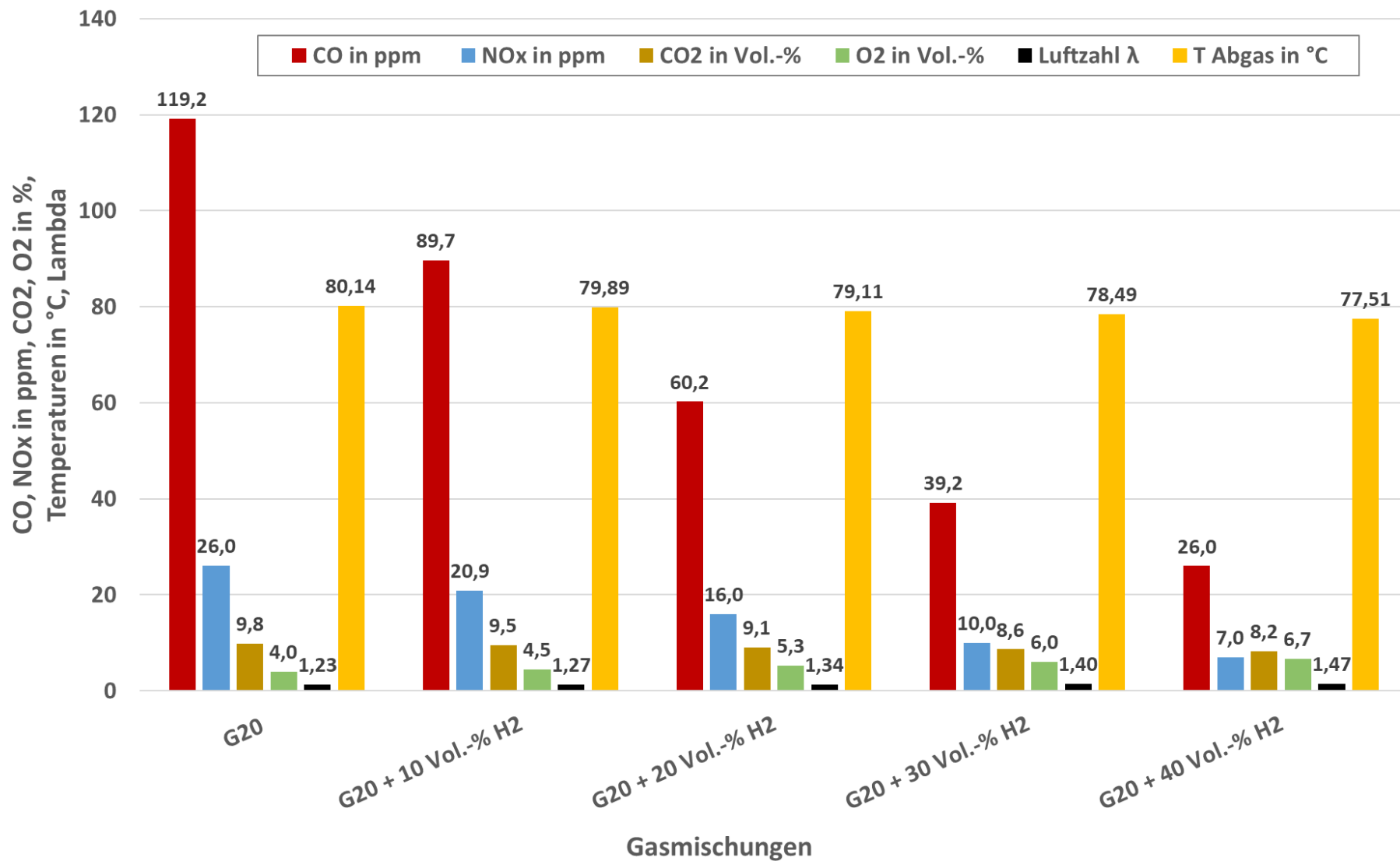
# Wasserstoff in der Gasanwendung

## Heizgerät – Bestandsgerät ohne Verbrennungsregelung



# Wasserstoff in der Gasanwendung

## Heizgerät – Bestandsgerät ohne Verbrennungsregelung



Warum sollten Gasgeräte auf 20 Vol.-% Wasserstoff nicht angepasst werden?

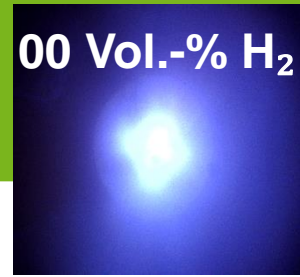
- Anpassung auf Wasserstoff erfolgt über Reduktion der Verbrennungsluft oder Erhöhung des Gasbezugs.
- Dadurch wird das Gerät für den Erdgasbetrieb mit zu wenig Verbrennungsluft betrieben.
- Die Gefahr der CO-Bildung erhöht sich.

→ Solange nicht sichergestellt ist, dass die Wasserstoffversorgung konstant anliegt, darf maximal auf den niedrigst möglichen Wasserstoffanteil angepasst werden!

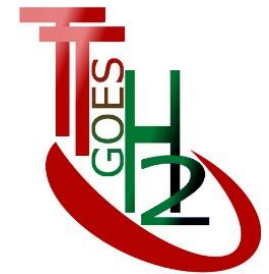
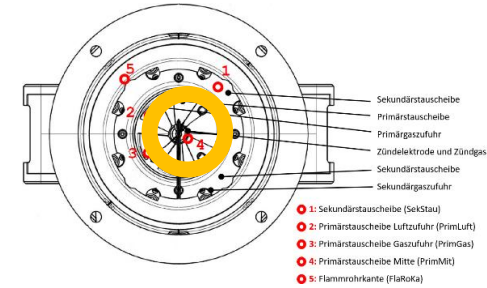
# Wasserstoff in der Gasanwendung

## Industrieller Gasbrenner

00 Vol.-% H<sub>2</sub>



$\Lambda = 1,05$	140 kW	180 kW	260 kW	350 kW	400 kW	500 kW
20 Vol.-%	237 °C		169 °C			
50 Vol.-%	375 °C	435 °C		194 °C	287 °C	
100 Vol.-%	859 °C	825 °C		549 °C		423 °C



- Deutliche Überschreitung der Dauertemperatur des Stauscheibenmaterials bei hohen H<sub>2</sub>-Vol.-% und kleiner Brennerleistung

# Wasserstoff in der Gasanwendung

## Industrieller Gasbrenner

NO<sub>x</sub> 70 ppm  
00 Vol.-% H<sub>2</sub>

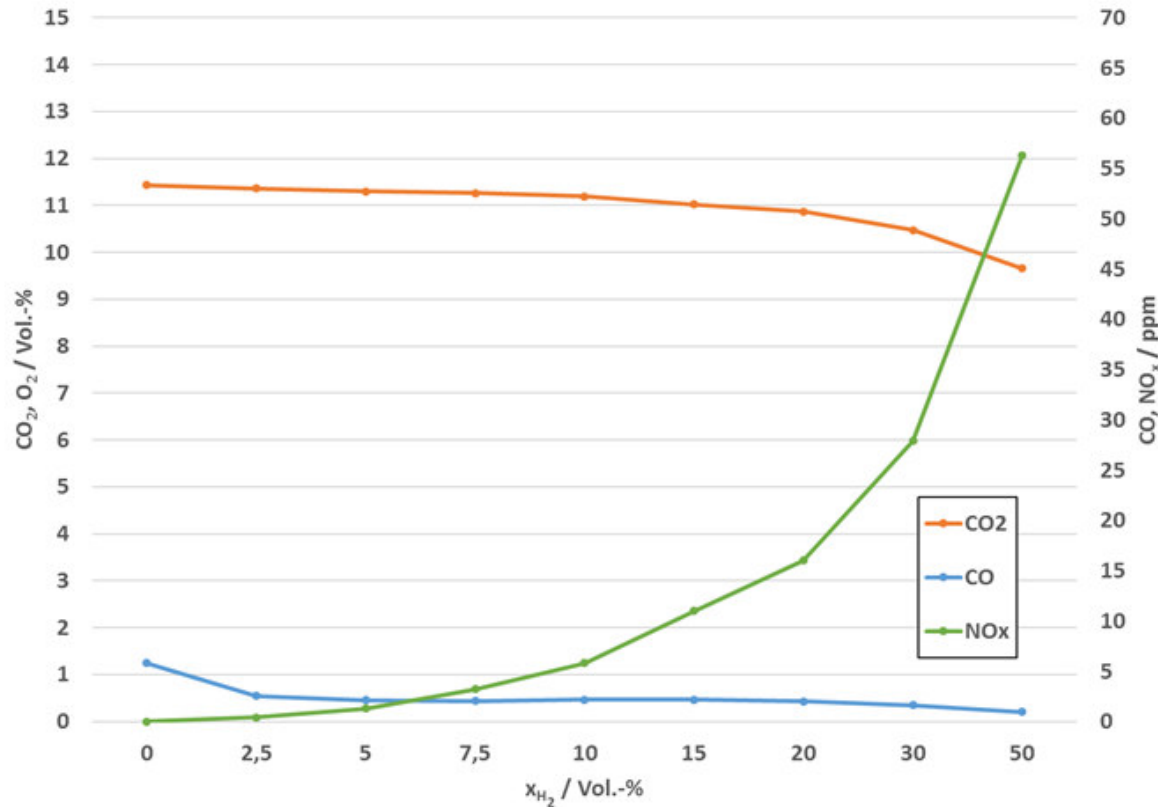


$\Lambda = 1,05$	140 kW	180 kW	260 kW	350 kW	400 kW	500 kW
20 Vol.-%	NO <sub>x</sub> 54 ppm		NO <sub>x</sub> 59 ppm			
50 Vol.-%	NO <sub>x</sub> 60 ppm	NO <sub>x</sub> 62 ppm		NO <sub>x</sub> 61 ppm	NO <sub>x</sub> 59 ppm	
100 Vol.-%	NO <sub>x</sub> 126 ppm	NO <sub>x</sub> 111 ppm		NO <sub>x</sub> 79 ppm		NO <sub>x</sub> 88 ppm

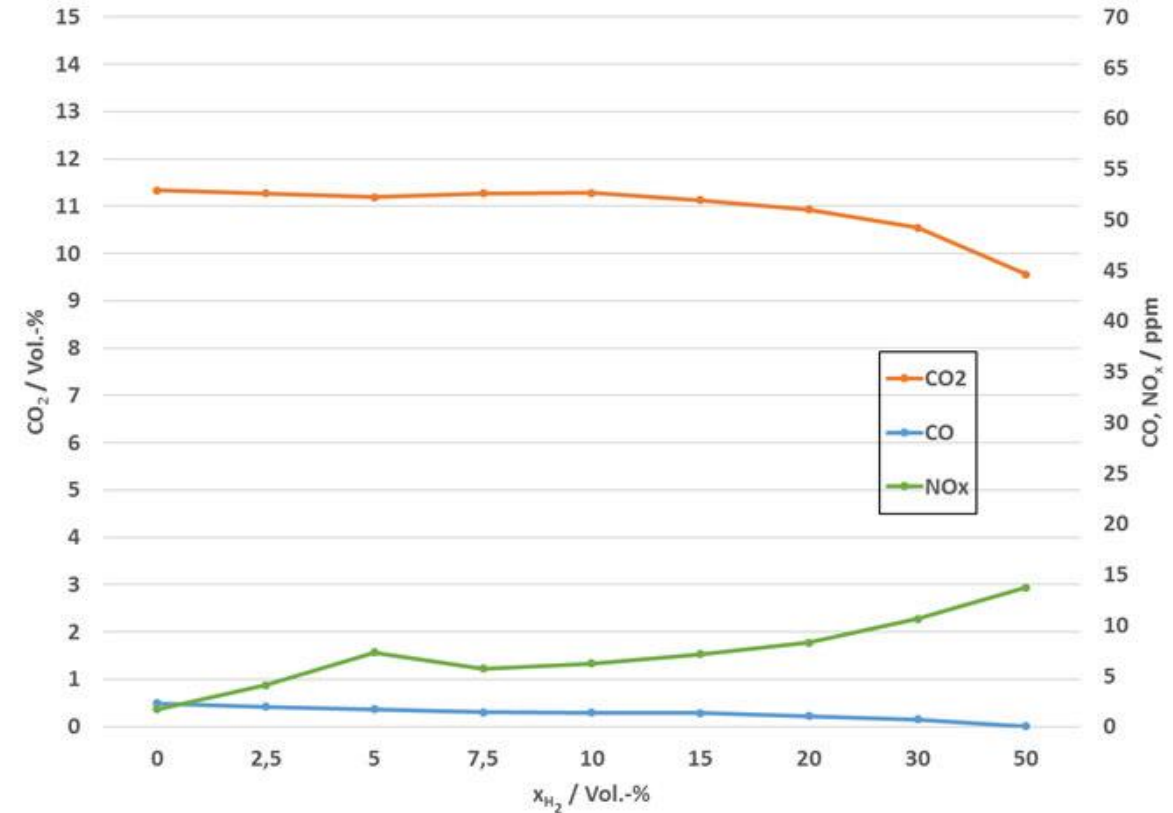
- Deutlicher NO<sub>x</sub>-Anstieg bei hohen H<sub>2</sub>-Vol.-% und kleiner Leistung

# Optische Eigenschaften von Erdgas- und Wasserstoffflammen

Industriebrenner III, ohne Regelung



Industriebrenner III, mit Regelung



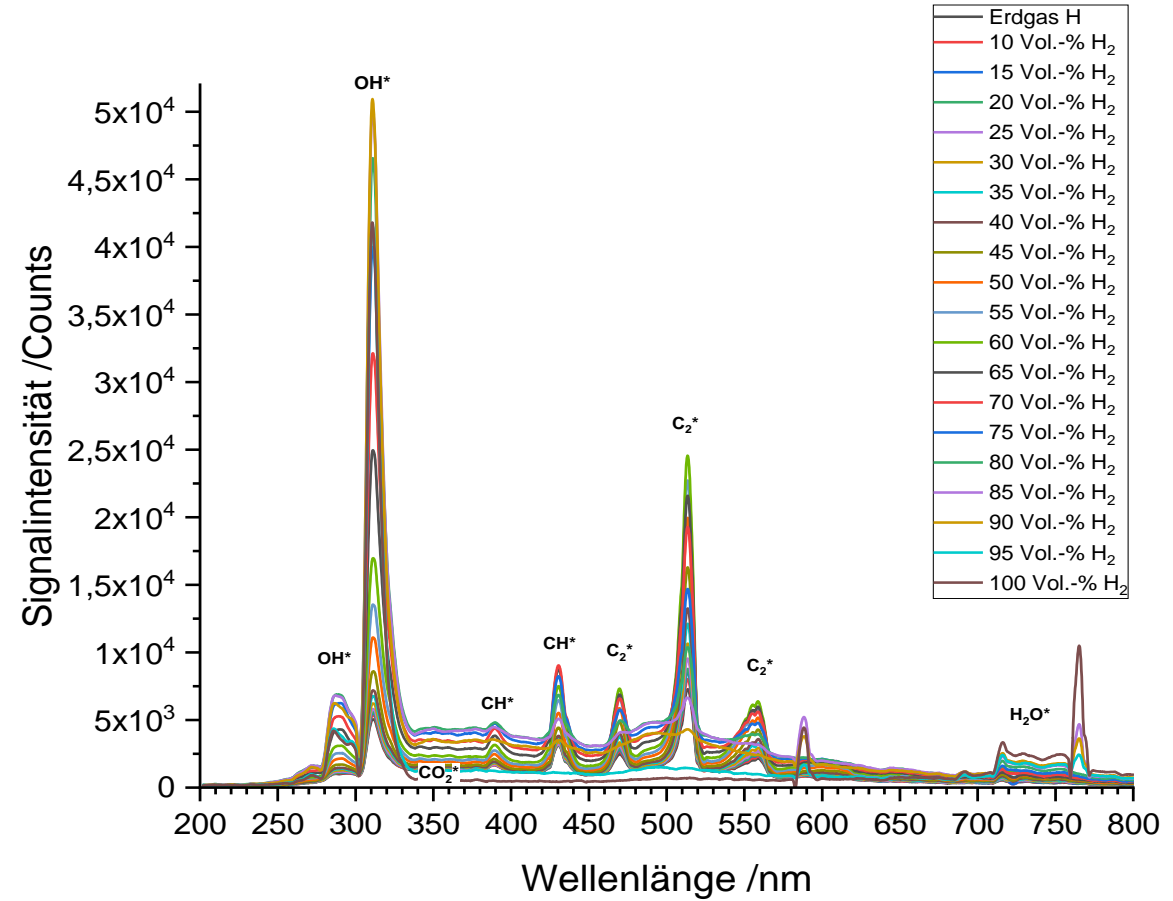
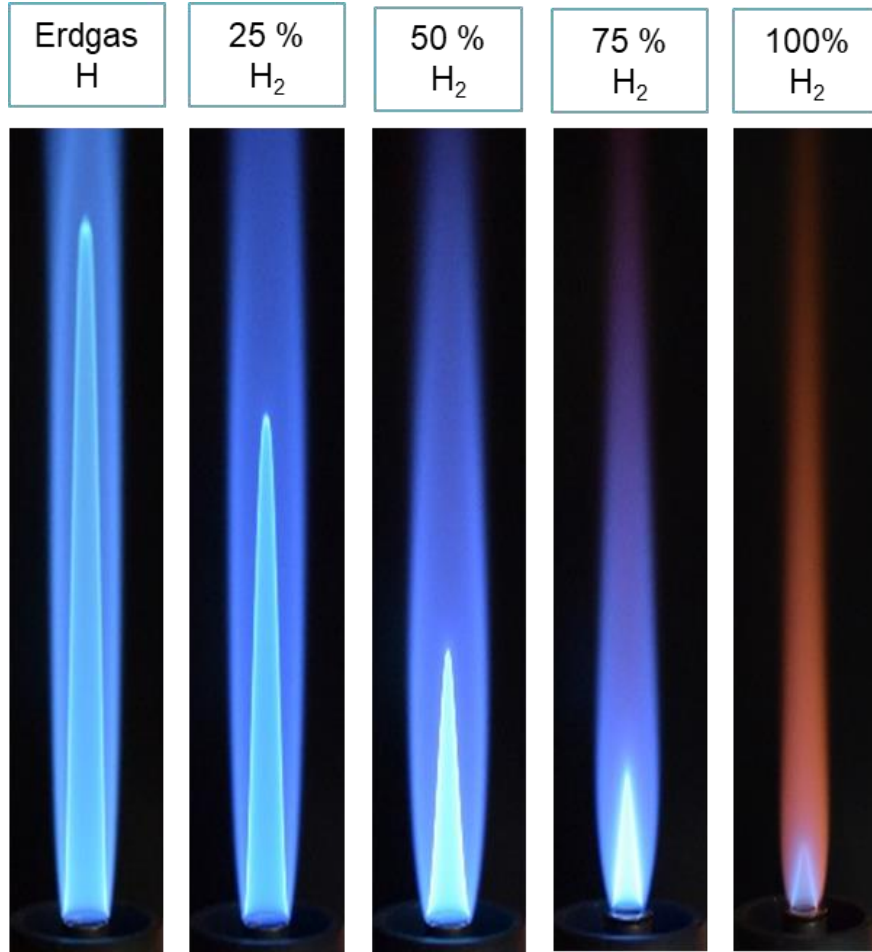
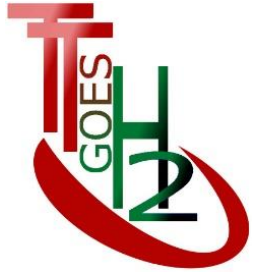
Regelung: Es ist wichtig, dass die Volumenströme für Brenngas und Oxidator unabhängig voneinander regelbar sind, um konstante Brennerleistungen und Luftzahlen im Prozess zu gewährleisten (keine fixe Verhältnisregelung).



Beschaffenheitsschwankungen sind kompensierbar



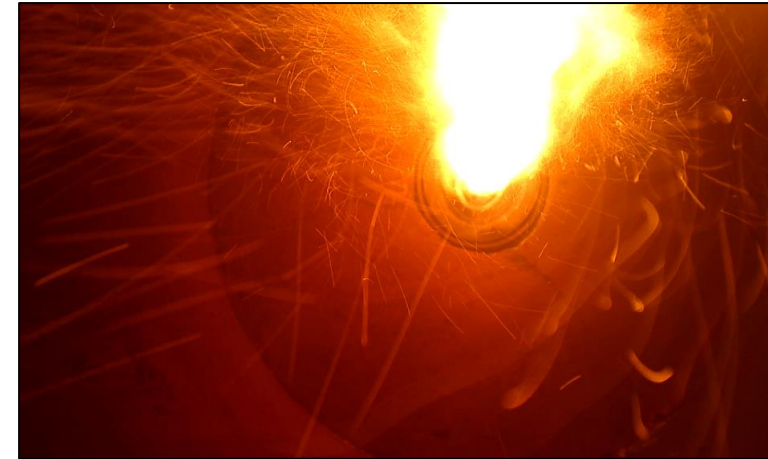
# Optische Eigenschaften von Erdgas- und Wasserstoffflammen



# Wasserstoff in der Gasanwendung

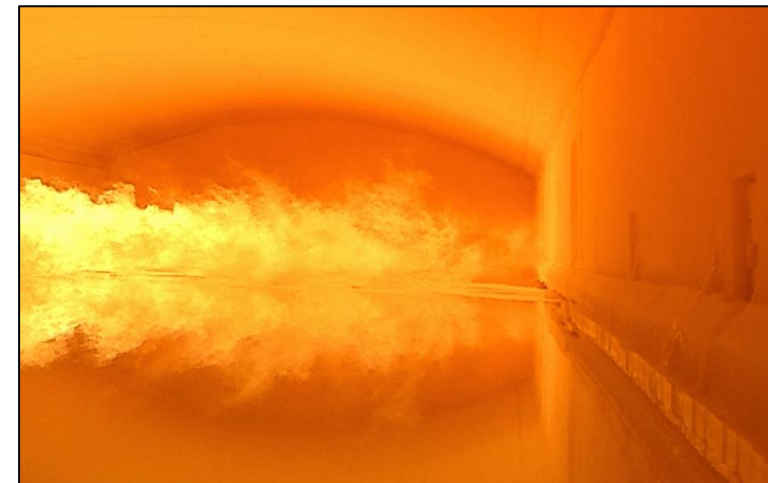
## Effekte auf Gasgeräte und Verbrennungsprozesse

- Einfluss auf die Anlage:
  - Wasserdampfanteil steigt in der Anlage; Dies kann ungewünschte chemische Reaktionen in Feuerfestmaterialien und an metallischen Bauteilen hervorrufen (1 Vol.-% H<sub>2</sub> bedeutet 0,6 % mehr Dampf).
  - Anlagen mit stofflicher Erdgasnutzung verlieren an Durchsatz auf Grund der verdrängten Erdgasmenge
  - Steigende NO<sub>x</sub>-Emissionen
  - Hot Spots in Ofenwänden
  - Reduzierte Wärmeleistung bei nicht angepassten Anlagen
  - Einflüsse auf die Gasinstallation
- Einfluss auf Produkte:
  - Unverbrannter Wasserstoff kann Material in Wärmebehandlungsprozessen beeinflussen
    - Gefüge-Veränderungen
    - Unerwünschtes Aufhärten



Mehrbrennstoffbrenner (Erdgas/ Braunkohle)

Quelle: DBI 2018 (OPTISOS)



# Wasserstoff in der Gasanwendung verifHy-Datenbank

**Kesselanlagen | Dampfkessel**

**Gasturbinen**

**Blockheizkraftwerk**

Die elektrische Leistung von Blockheizkraftwerken erstreckt sich vom niedrigen kW-Bereich (Nano-BHKW) bis in den MW-Bereich einzelner Gasmotoren, die durch modulare Bauweise bis in den hohen MW-Bereich kombiniert werden können.



**marcogaz**  
TECHNICAL ASSOCIATION  
OF THE EUROPEAN NATURAL GAS INDUSTRY

**WASSERSTOFF IN ERDGAS [VOL%]**

Edogas

Reiner Wasserstoff

		0	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	67	80	99	
<b>Gastransportsysteme (&gt; 16 bar)</b>	Hochdruckleitungen aus Stahl	Individuelle Rohrleitungs- und Betriebsbedingungen wie Material, Vorhandensein aktiver Fehlerstellen wie Defekte, Ausmaß und Häufigkeit von Dreckschwankungen, Spannungsrisse und Härte des Schweißnaht usw. bestimmen den möglichen Einfluss von Wasserstoff auf die Lebensdauer der Rohrleitung und die erforderlichen Minderungsmaßnahmen.														
	Kathodischer Korrosionsschutz															
	Dichtungen von Molchstationen															
	Kompressoren	Abhängig von der Partialdruckgrenze von 6,8 bar für bestimmte Materialien [63]														
<b>Gaspeicherung</b>	Kavernenspeicher															
	Porenspeicher															
	Anlagen zur Gastrocknung															
	Bohrlochfertigstellung															
<b>Netz/Gas-Druckregelung und -messung</b>	Filter															
	Vorwärmer															
	Absperrventile															
	Druckregelgerät															
	Sicherheitsabblaseventil															
	Armaturen															
	Prozess-Gaschromatograph															
	Mengenurwerter															
	Impfdüse Odorierung															
	Turbinenradgaszähler															

Abbildung 9: Europäischer Konsens zur Wasserstofftauglichkeit der Erdgasinfrastruktur: MARCOGAZ Übersichtsmatrix vorhandener Testergebnisse und behördlicher Grenzwerte für die Beimischung von Wasserstoff in die vorhandene Erdgasinfrastruktur und für die Erdanwendungen (11).

Überblick über die verfügbaren Testergebnisse\* und Grenzwerte aus Rechtsvorschriften für die Zumischung von Wasserstoff in eine bestehende Erdgasinfrastruktur und für die Erdanwendung

## Hintergrund

Zahlreiche Anfragen von Netzbetreibern zur Begutachtung von Kundeninstallationen nach G 600 in H<sub>2</sub>-Einspeiseprojekten

Notwendigkeit der Begleitung durch TRGI-Sachverständigen

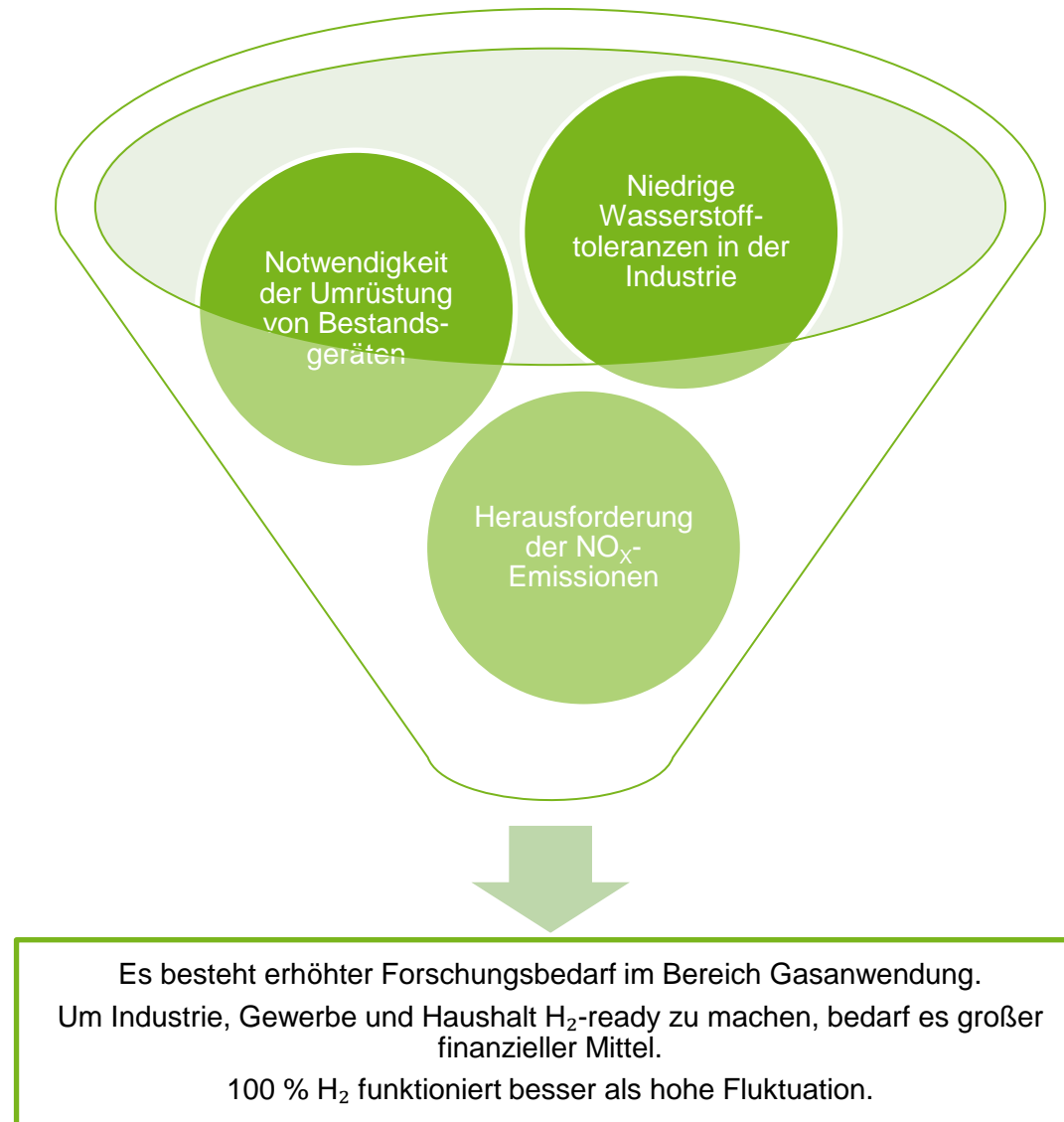
Üblicherweise wird ein externer Sachverständiger angefragt. Es gibt deutschlandweit zwei, nun drei.

## Zertifizierung

- ➔ **Philipp Pietsch**  
DVGW-Sachverständiger nach G648  
für die Gasinstallation und Anlagen  
der Gasversorgung



# Ausblick



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ihr Ansprechpartner

**Dipl.-Ing. Marcus Wiersig**  
Fachgebietsleiter Gasanwendung

Tel.: +49 (0) 3731 4195-332

E-Mail: [marcus.wiersig@dbi-gruppe.de](mailto:marcus.wiersig@dbi-gruppe.de)

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH  
Karl-Heine-Straße 109/111 · D-04229 Leipzig

[www.dbi-gruppe.de](http://www.dbi-gruppe.de)

