



Konzept für den Betrieb eines brennstoffflexiblen Rekuperatorbrenners in Glüh- und Feuerbeschichtungsanlagen

E. Busson, M. Mühlbach, N. Schmitz, J. G. Wüning, H. Pfeifer

4. Aachener Ofenbau- und Thermoprozesskolloquium

18.10.2023 – Aachen



Projekt im Überblick

Ziele

Flexibler Einsatz von H₂ als Brennstoff in Strahlheizrohren an kontinuierliche Glühlinien und Feuerbeschichtungsanlagen

- Untersuchung des Einsatzes von Wasserstoff in bestehenden Strahlrohrsystemen
- Entwicklung und Demonstration innovativer, brennstoffflexibler und energieeffizienter FLOX-Strahlrohrsysteme mit geringsten NO_x-Emissionen



Projektpartner

- thyssenkrupp Rasselstein GmbH
- WS Wärmeprozessestechnik GmbH
 - IOB RWTH Aachen

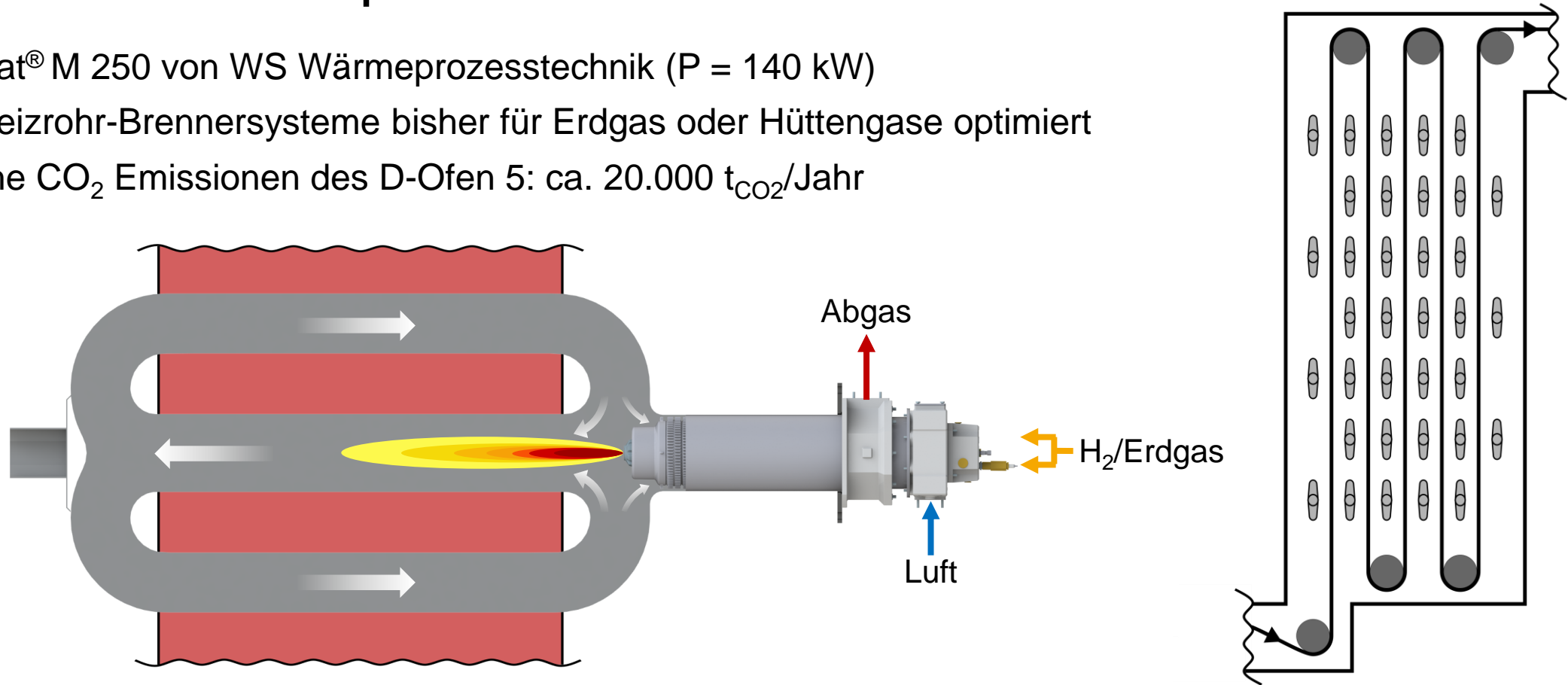


Projektrahmen

- 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung
- Förderaufruf „Technologieoffensive Wasserstoff“
- Projektzeitraum: 04/2022 - 03/2025 (3 Jahre)

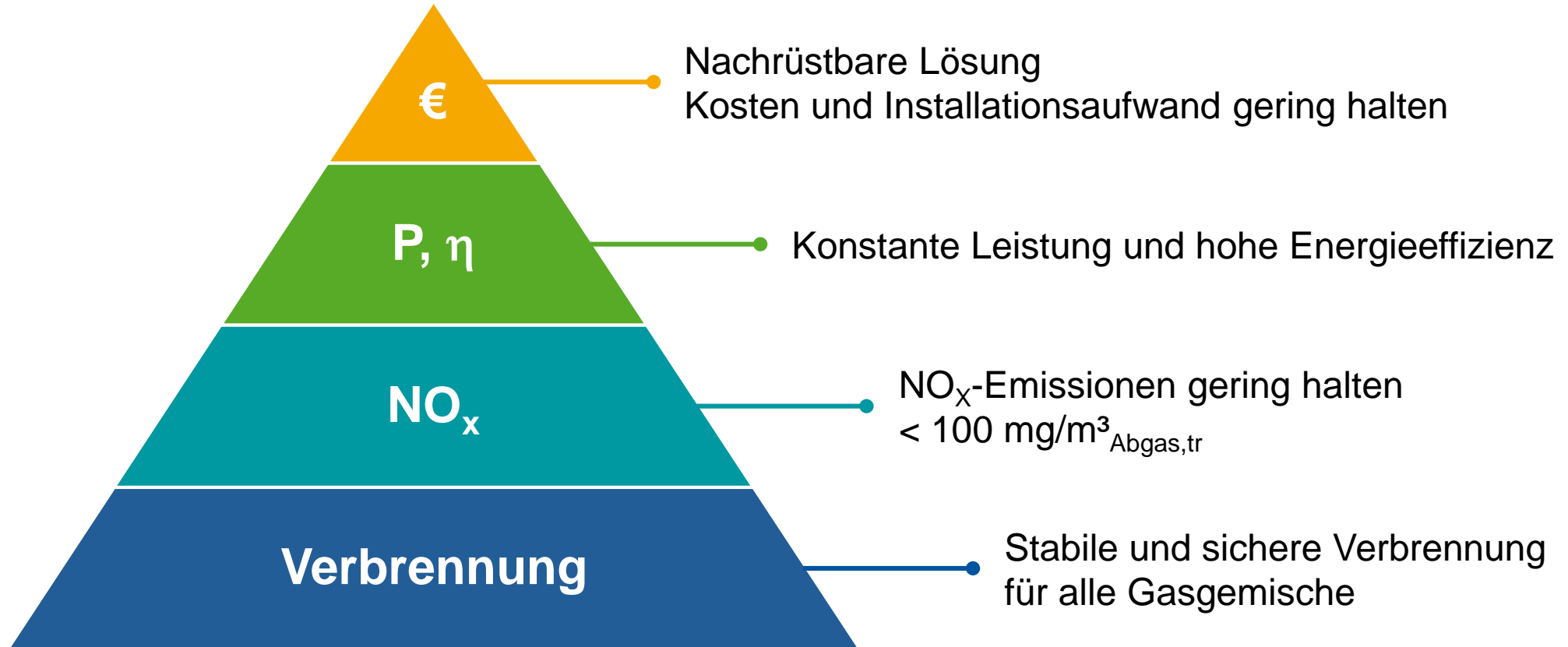
Strahlheizrohren und Rekuperatorbrenner

- Rekumat[®] M 250 von WS Wärmeprozessstechnik (P = 140 kW)
- Strahlheizrohr-Brennersysteme bisher für Erdgas oder Hüttengase optimiert
- Jährliche CO₂ Emissionen des D-Ofen 5: ca. 20.000 t_{CO2}/Jahr



Anforderungen an das neue System

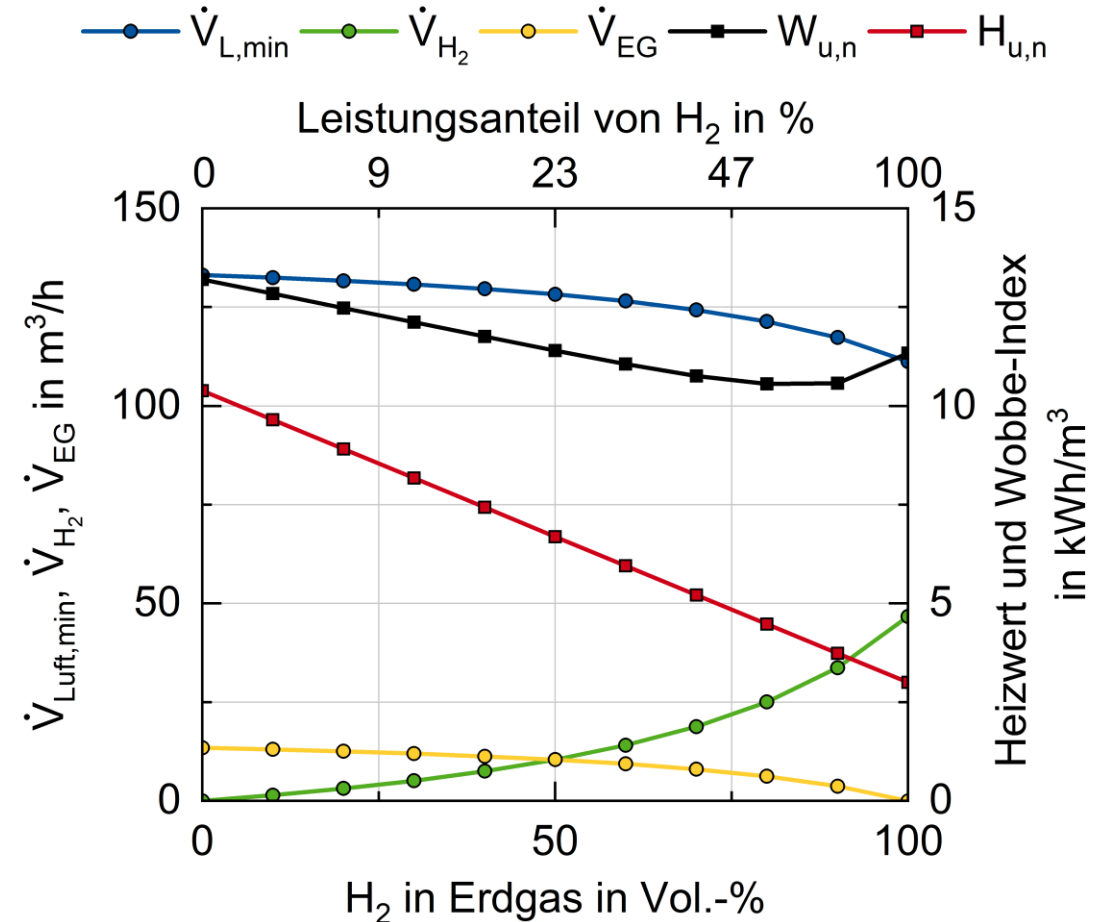
Von 0 bis 100 Vol.-% Wasserstoff im Erdgas ohne manuelle Anpassung des Systems



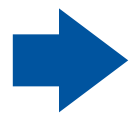
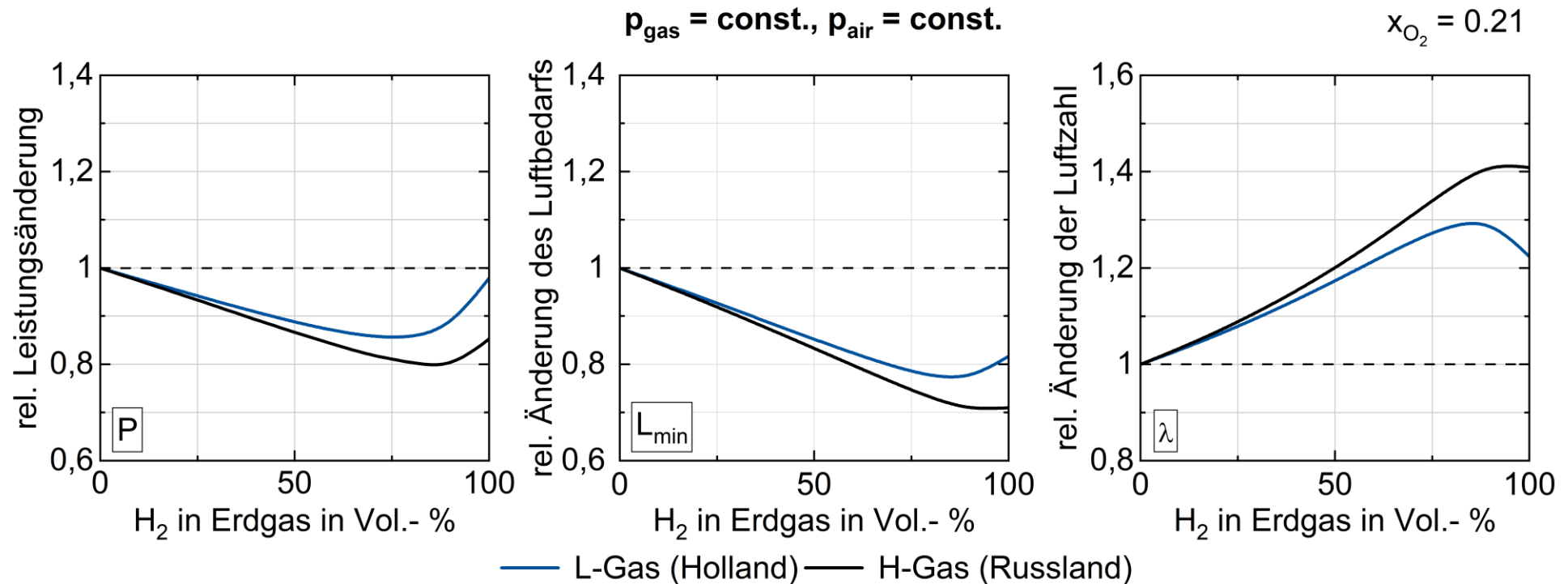
Eigenschaften von Wasserstoff-Erdgas-Gemischen

- Normdichte von Wasserstoff ist ca. 8 mal geringer als die von Erdgas H
- Heizwert von Wasserstoff ist ca. 3,34 mal geringer als der von Erdgas H
- Abnahme des Luftbedarfs um ca. 17%

		H ₂	Erdgas H
Dichte	[kg/m ³]	0,0899	0,7402
Heizwert	[kWh/m ³]	3,00	10,09

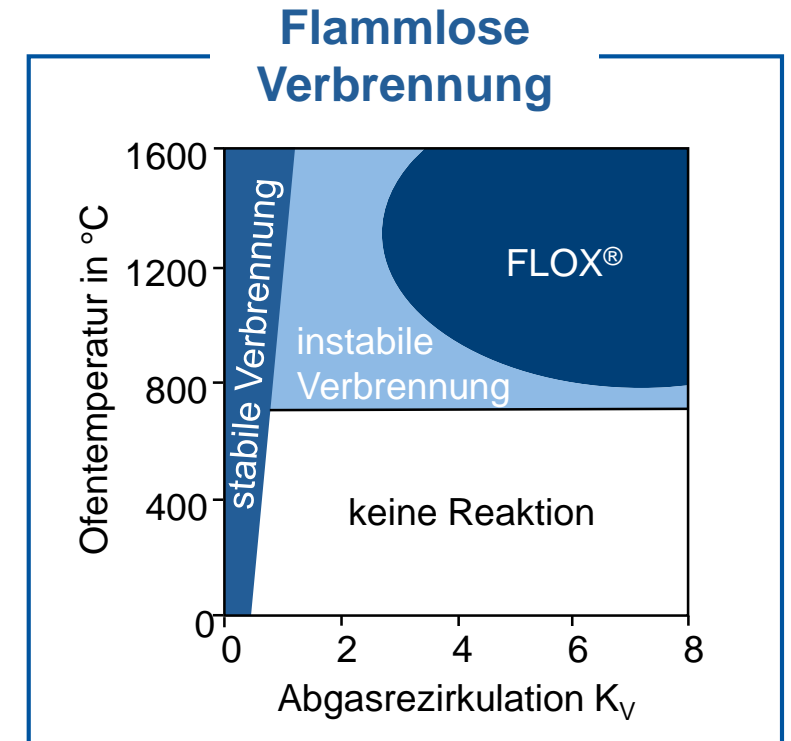
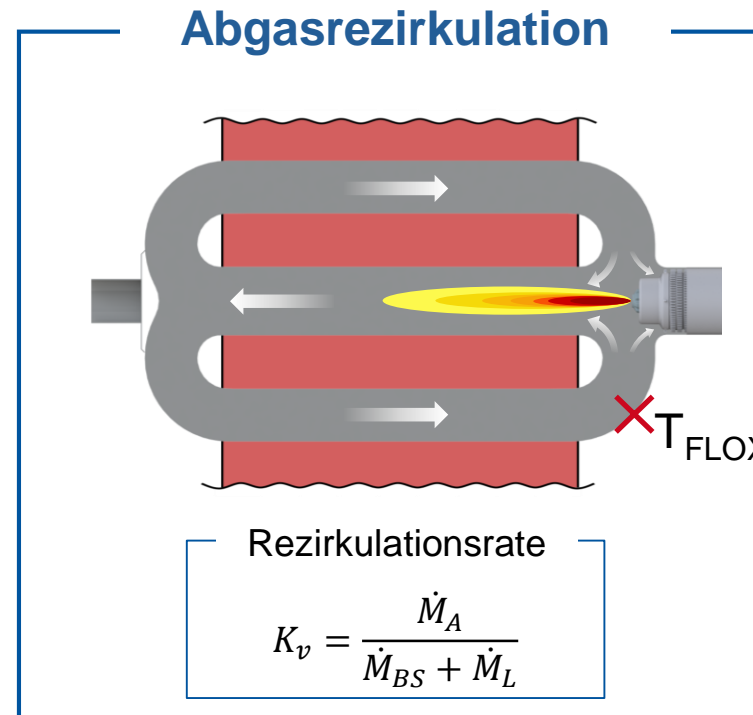
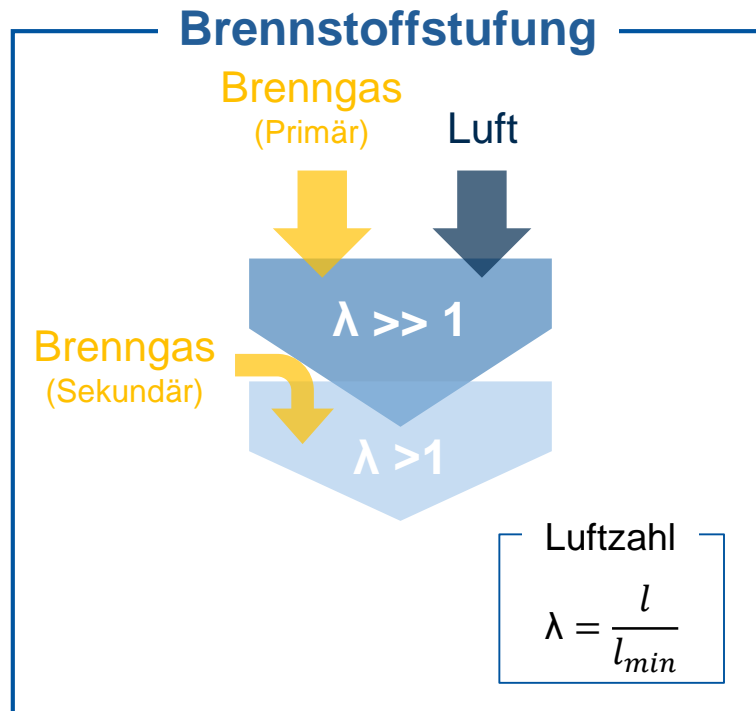


Direkter Einfluss auf den Brennerbetrieb



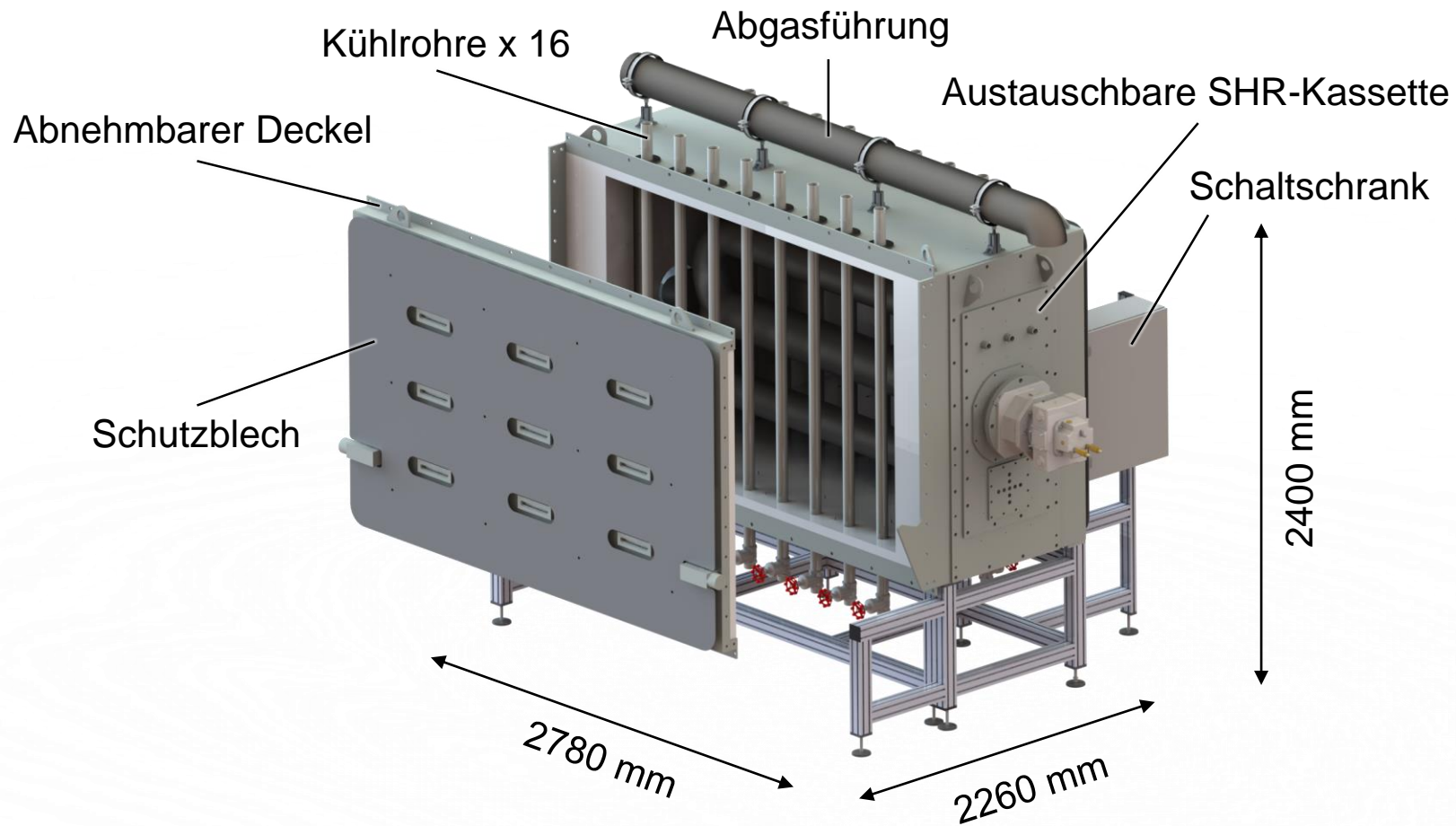
Anpassung des Gas- und Luftvordrucks erforderlich, um die Leistung konstant zu halten und eine hohe Energieeffizienz zu gewährleisten

Untersuchte NO_x Primärreduktionsmaßnahmen

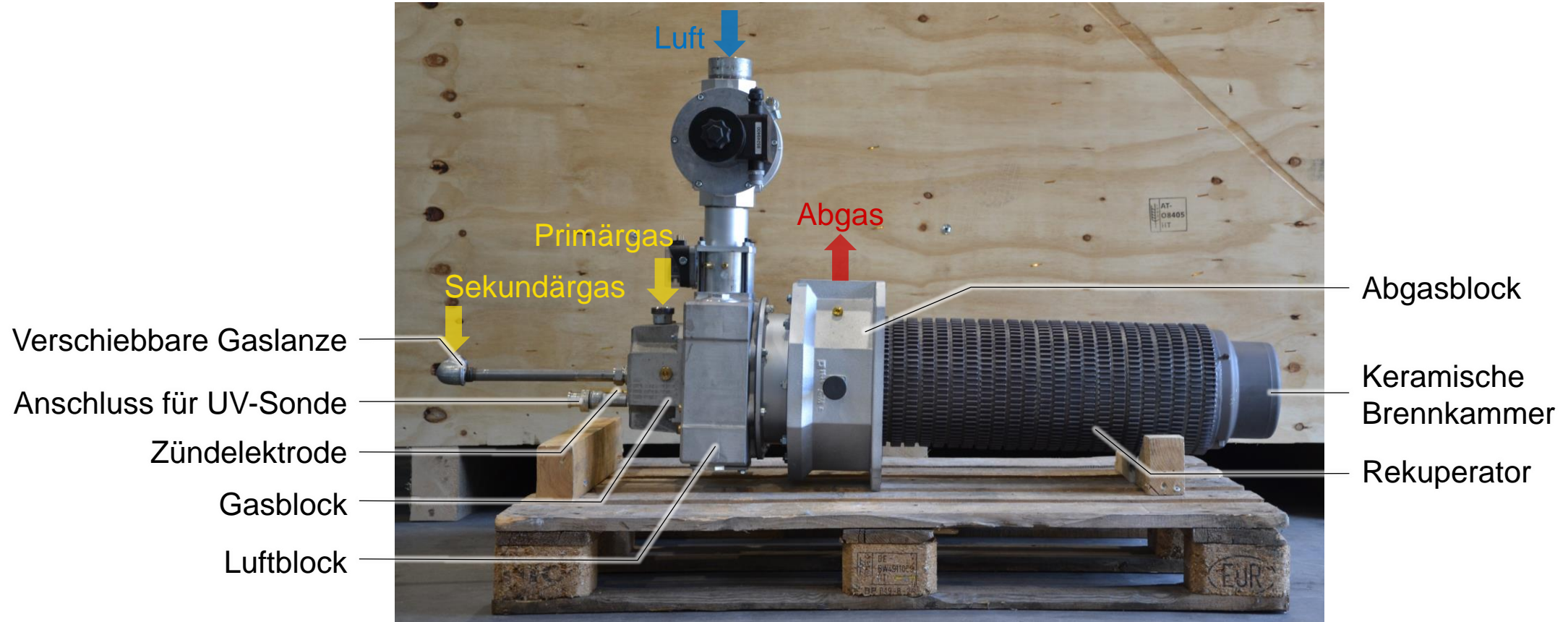


➔ Reduktion der Spitzentemperaturen bei der Verbrennung

Prüfstand am IOB



Versuchsbrenner

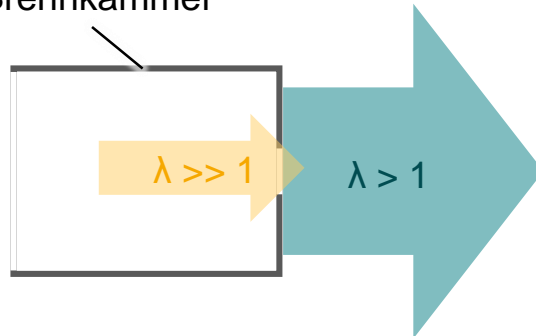


Vorversuche am Versuchs Brenner

Versuchsparameter

Betriebsmodus 1: Flamme mit Gasstufung

Brennkammer

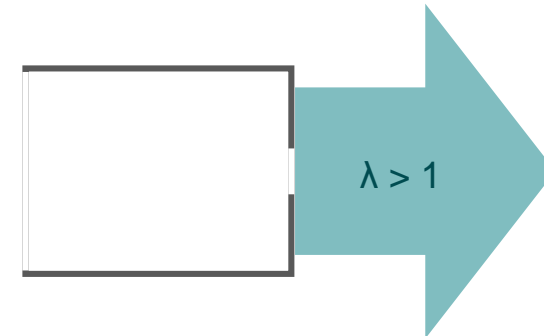


Luftzahl

$$\lambda = \frac{l}{l_{min}}$$

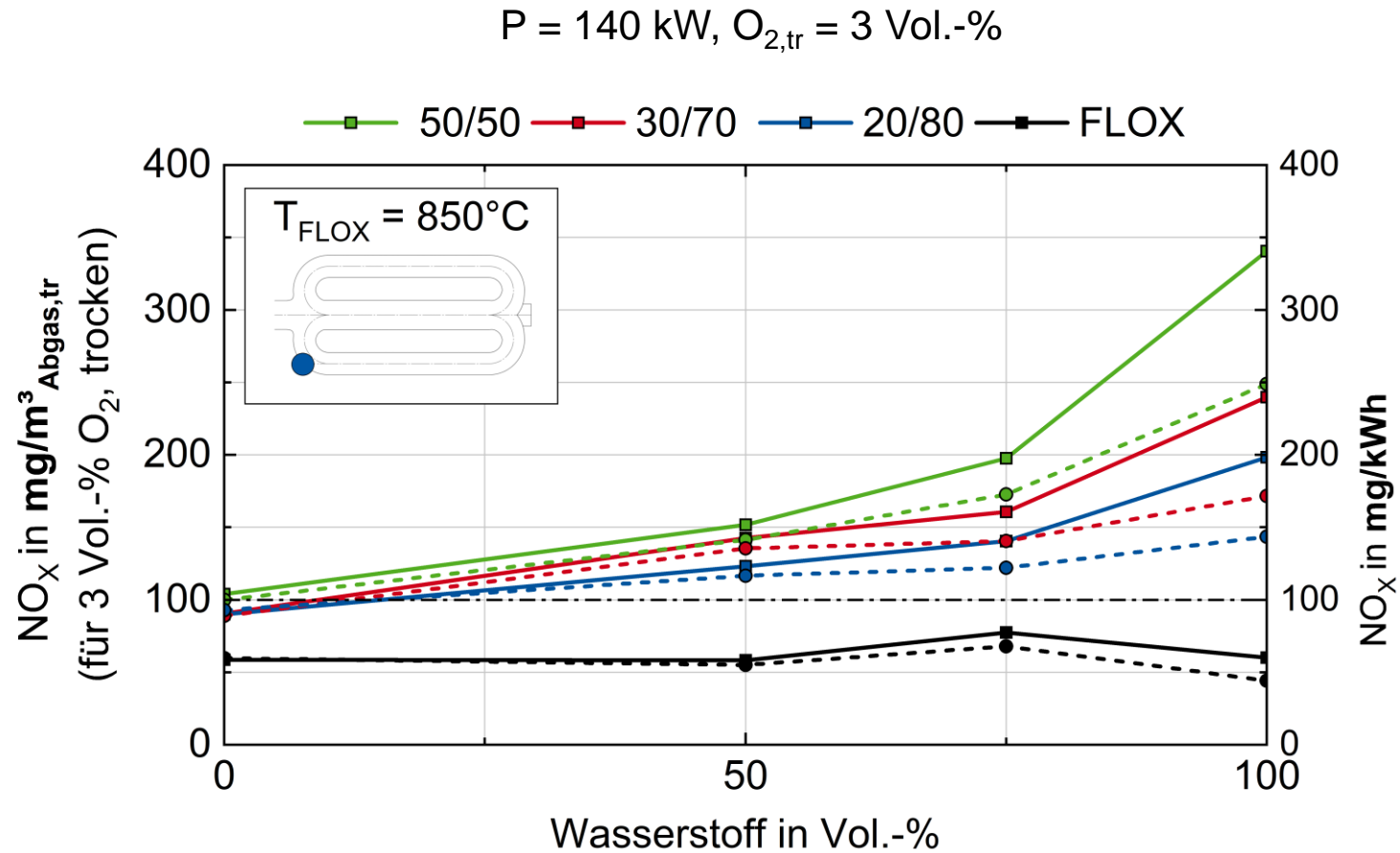
Betriebsmodus	Flamme mit Gasstufung		
Leistungs- aufteilung in %	50/50	30/70	20/80

Betriebsmodus 2: FLOX®



Betriebsmodus	FLOX®
Leistungs- aufteilung in %	100

Ergebnisse NO_x-Werte

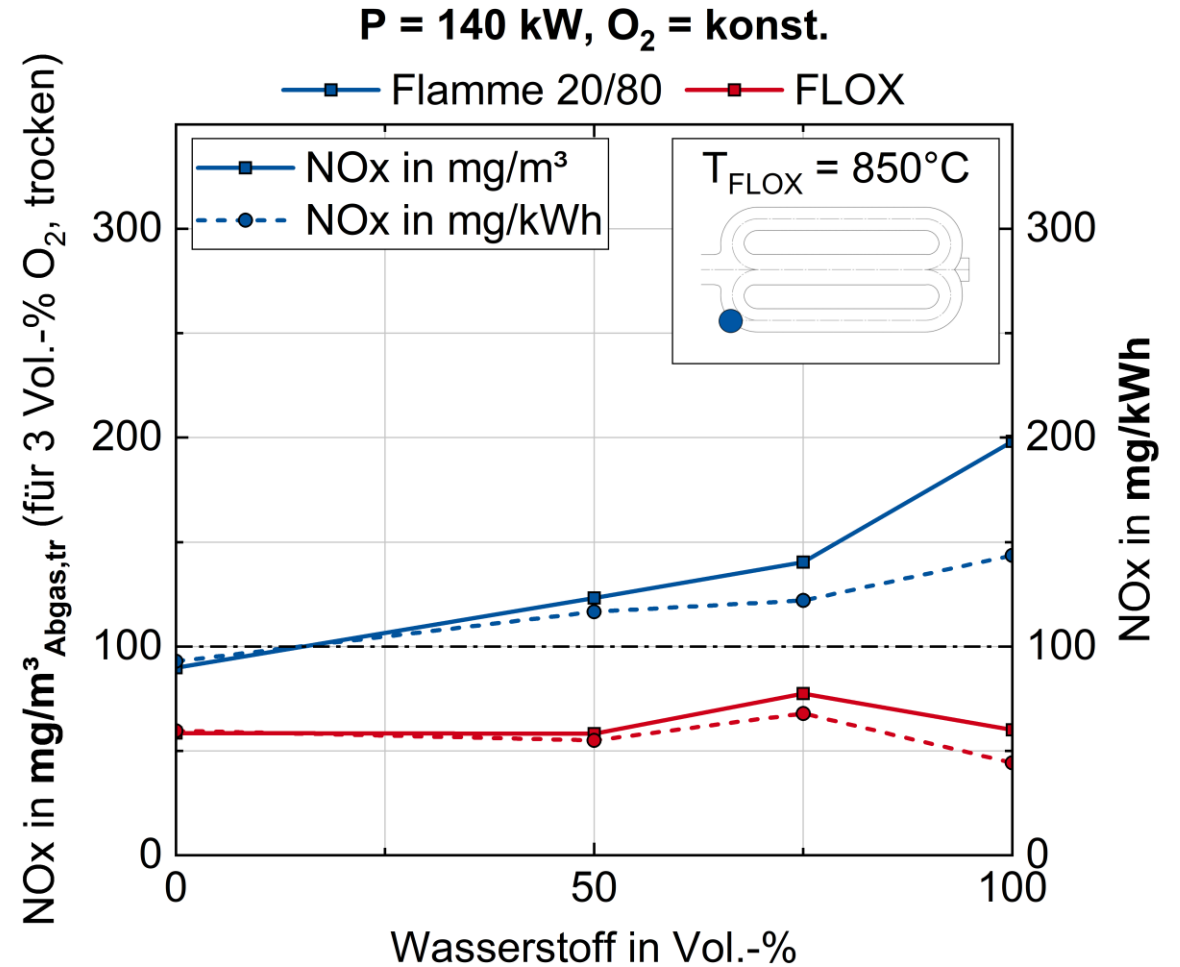


Zusammenfassung & Ausblick

- Notwendige **Gas- und Luftvordrucksteuerung** um eine konstante Brennerleistung und hohe Energieeffizienz zu gewährleisten
- Ergebnisse der Vorversuche zeigen:
 - **Stabile Verbrennung** für alle Brenngasmischungen möglich
 - **Brennstoffstufung** und **flammlose Verbrennung** tragen zur **Reduktion der NO_x-Emissionen** bei:

Flammenbetrieb 20/80	FLOX (T > 850°C)
< 200 mg/m ³ Abgas, tr	< 100 mg/m ³ Abgas, tr

➔ Kompromiss zwischen stabile Verbrennung für alle Gasgemische und niedrige NO_x-Emissionen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Elsa Busson, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter – Arbeitsgruppe Verbrennung
Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik
RWTH Aachen University
Kopernikusstr. 10, 52074 Aachen
www.iob.rwth-aachen.de
busson@iob.rwth-aachen.de
+49 241 80 26072



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

AP7: Entwicklung eines Versuchsmodells

Berechnungsgrundlage NOx

im Allgemeinen:

Angabe der NOx in $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{Abgas, trocken}}$ bezogen auf 3 Vol.-% Rest-O₂ (trocken) im Abgas

$$NOx \left[\frac{\text{mg}}{\text{m}^3_{\text{Abg,tr}}} \right] = NOx [\text{ppm}] \cdot 2,056 \cdot \left(\frac{21 - O_{2,ref}}{21 - O_{2,mess,tr}} \right)$$

Grenzen:

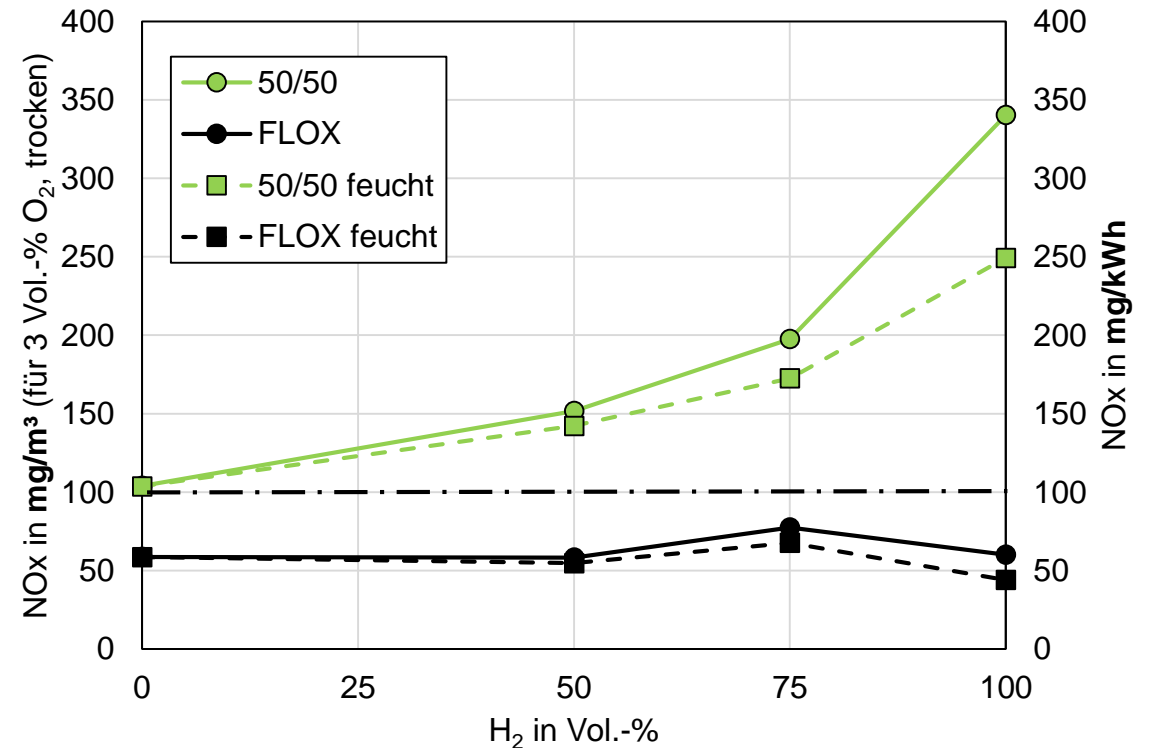
Für 100 Vol.-% H₂ → Abgasvolumen nimmt ab im Vergleich zu Erdgas

Anderer Ansatz:

Berechnung der NOx in mg/kWh

→ Gleichwertige NOx-Umrechnung für verschiedene Brennstoffe

$$NOx \left[\frac{\text{mg}}{\text{kWh}} \right] = NOx [\text{ppm}] \cdot 2,056 \cdot \left(\frac{21}{21 - O_{2,mess,tr}} \right) \cdot \left(\frac{v_{\text{Abg,tr,min}}}{H_u} \right)$$



Exkurs – NO_x-Emissionsgrenzwerte

- Definition von NO_x-Grenzwerten in mg (NO_x) pro m³ (Abgas, trocken) bei definiertem Sauerstoffgehalt im trockenen Abgas
- Beispiel:
$$350 \frac{\text{mg NO}_x}{\text{m}^3_{\text{Abgas,tr}}} \text{ bei } 5 \text{ Vol.}\% \text{ O}_{2,\text{tr}}$$
- Bei Anreicherung des Brennstoffs wird Wasserstoff ändert sich das Verhältnis von feuchter zu trockener Abgasmenge

→ bei konstantem Abgasvolumenstrom und konstanter NO_x-Konzentration im feuchten Abgas ändert sich der berechnete Emissionswert

Annahmen: Luftzahl $\lambda = 1,15$ (konstant)
142 ppm NO_x im feuchten (!) Abgas

