

GREEN COMBUSTION CONTROL (GRECoCon) – INDUSTRIELLE VERBRENNUNGSREGELUNG FÜR HOHE VOLATILE WASSERSTOFFANTEILE AUF BASIS VON FLAMMENSIGNALEN

Pitt Götze¹, Arkajit Ghosh¹, Deepak Varma Thota¹, Markus Röder², Khadijeh Mohri³, André Müller³, Marcus Wiersig¹

¹DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg

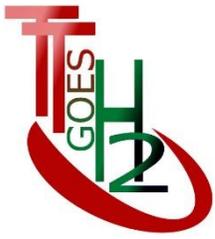
²Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.

³Institut für Verbrennung und Gasdynamik der Universität Duisburg Essen e.V.

4. Aachener Ofenbau- und Thermoprozess-Kolloquium, Aachen, 17.-18. Oktober 2023



Offen im Denken



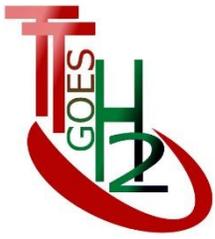
Integration von Wasserstoff als klimaneutraler Energieträger in die industrielle und gewerbliche Thermoprozesstechnik – TTgoesH2 – Motivation

Erdgassubstitution für klimaneutrale Energieversorgung angestrebt.

Integration von Wasserstoff in die Thermoprozesstechnik notwendig.

Beeinflusst die Gestaltung, den Bau und die Sicherheit von Feuerungssystemen und Thermoprozessanlagen.

→ Leittechnologie-Projekt TTgoesH2 als Beitrag zur Integration von H₂ in der Thermoprozesstechnik



Integration von Wasserstoff als klimaneutraler Energieträger in die industrielle und gewerbliche Thermoprozesstechnik – TTgoesH2 – Projektaufbau

Integration von Wasserstoff als klimaneutraler Energieträger in die industrielle und gewerbliche Thermoprozesstechnik – TTgoesH2

TP1 (ULoBurn): Ultra Low Emission Burners

Entwicklung von ultra-emissionsarmen Verbrennungssystemen für Wasserstoff

TUBAF / DBI /
RWTH

TP2 (GreCoCon): Green Combustion Control

Industrielle Verbrennungsregelung für hohe volatile H₂-Anteile basierend auf Flammensignalen

DBI / GWI / UDE

TP3 (ResInMa): Resistant, Innovative Materials

Innovative Werkstoffe für den Einsatz in Wasserstoff und dessen Verbrennungsprodukten

TUBAF / IWT
Bremen / RWTH



TTgoesH2 – GreCoCon – Industrielle Verbrennungsregelung für hohe volatile Wasserstoffanteile auf Basis von Flammensignalen

Ziele:

- Entwicklung eines innovativen Regelungskonzepts basierend auf optischen Flammensignalen bei volatilen Wasserstoffanteilen im Brenngas,
- Anpassung der bestehenden Regelung an Gasbeschaffenheitsschwankungen,
- Erprobung und Validierung der Regelung in Komplexversuchen.

Ansatz:

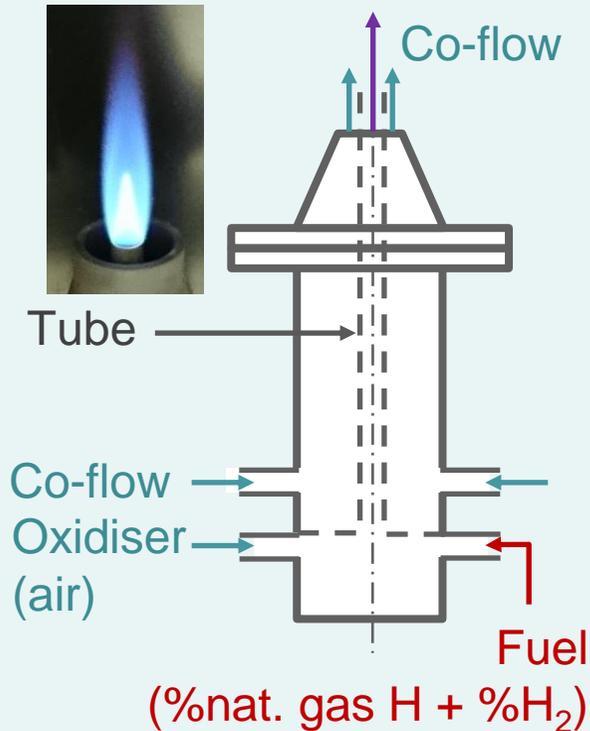
- Verwendung selektiver Chemilumineszenzbänder und anderer mit Emissionen in Zusammenhang stehender Merkmale erfasst mit kommerziell verfügbaren Sensoren.

Lösungsweg:

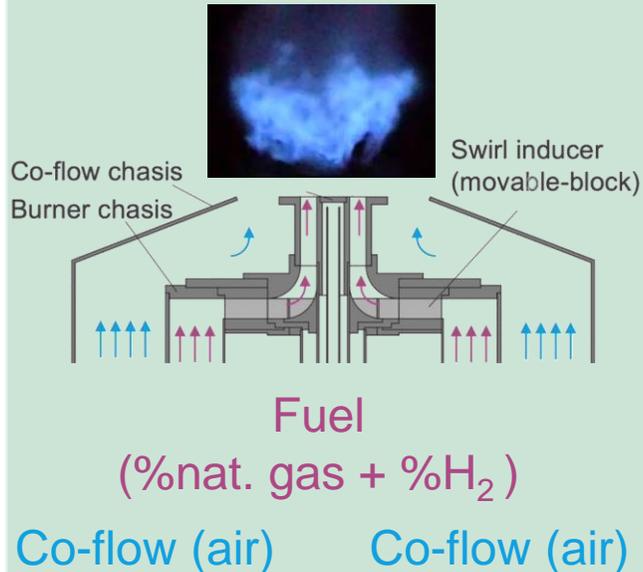
- Untersuchungen zu nutzbaren Chemilumineszenzbändern bei variierenden Einflussgrößen (bspw. H₂ Vol.-%, Luftzahl, Sensorposition) im Labormaßstab,
- Entwicklung des Regelkonzeptes zur Kompensation von Brenngas- und Oxidatorzusammensetzung und Übertragung auf Demonstratoren,
- Bewertung der Effekte auf die Emissionsminderung und die Energieeffizienz.

Setup 1 – Laminare, vorgemischte Flamme

Premixed gases



Setup 2 – Turbulente, nicht-vorgemischte Flamme



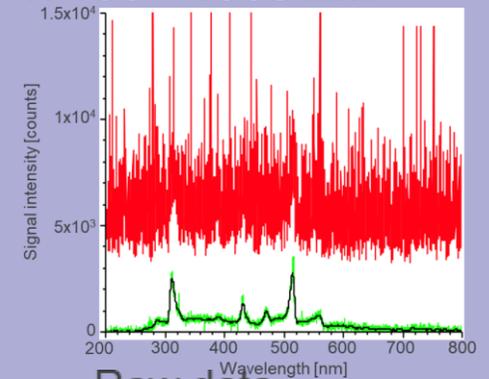
Messtechnik

Spektrometer 1

- Ocean Optics Inc.
- λ 200 nm - 800 nm

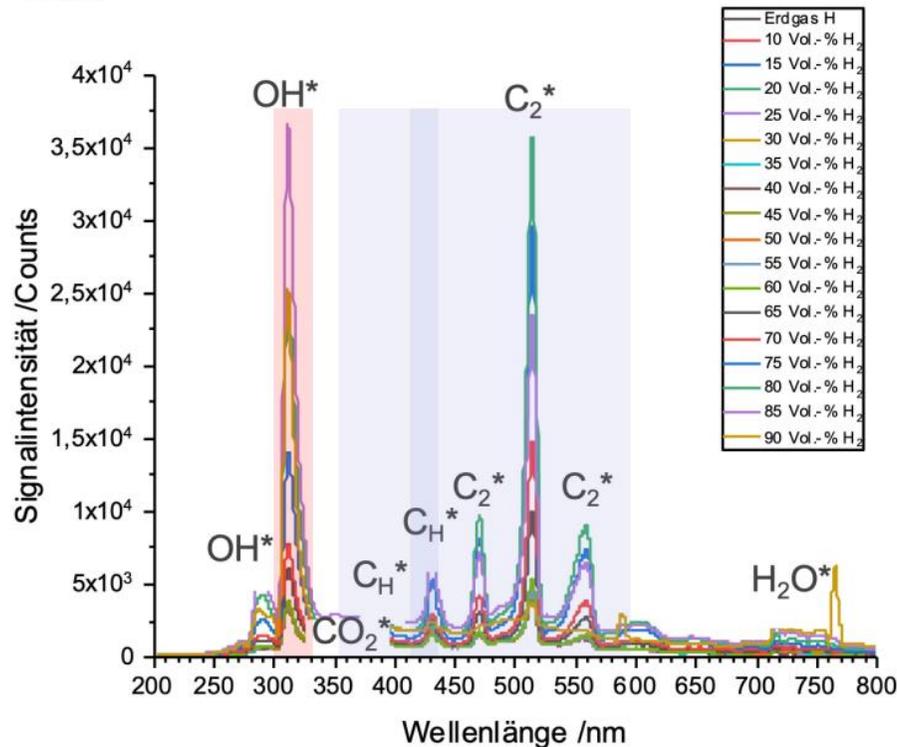
Spektrometer 2

- Horiba iHR320
- λ 150 - 1500 nm

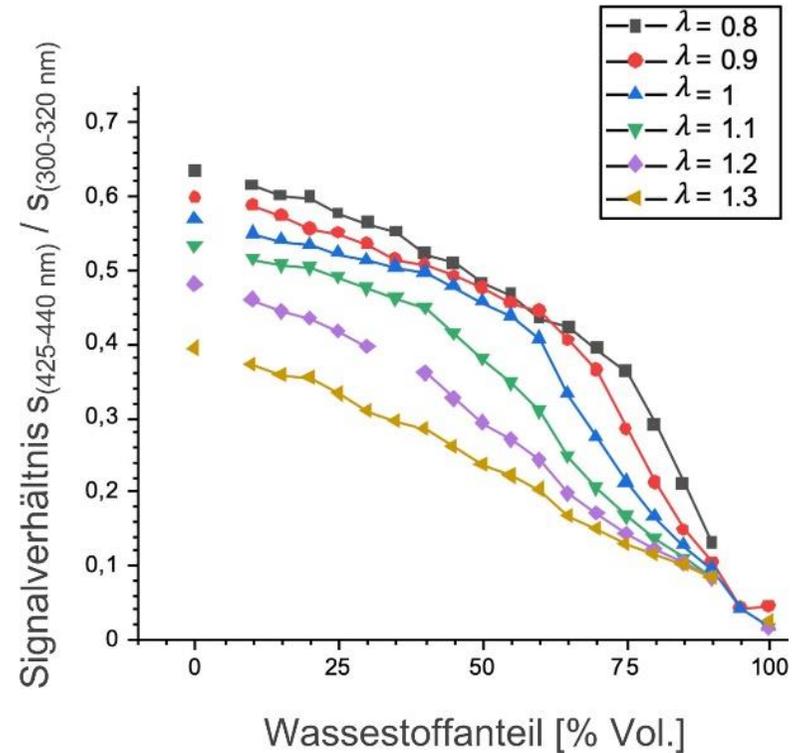


- Raw data
- Background-corrected
- Smoothed fitting

Source: Spectroscopic flame emission measurements – laminar premixed & turbulent non-premixed swirl flames: K. Mohri et al. GreCoCon, PA-meeting, 31.08.2021



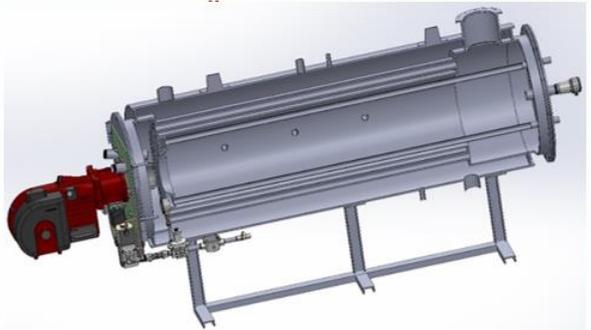
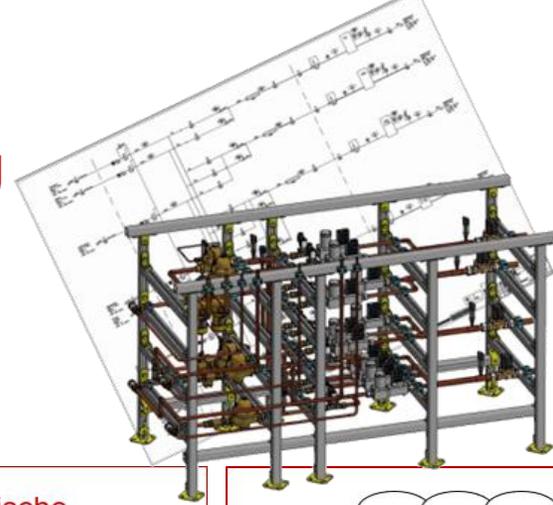
(A)



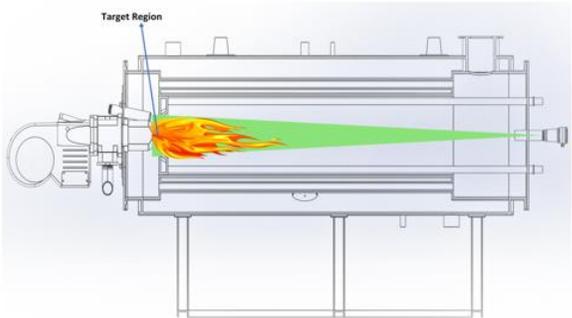
(B)

Exemplarische Ergebnisse der Voruntersuchungen: (A) Emissionsspektrum einer laminaren Vormischflamme bei konstanter Luftzahl $\lambda = 0,8$ und variierenden H₂ Vol.-%. (B) Verhältnis der Bandenintensität des CH* (425 – 440 nm) zu OH* (300 – 320 nm) für verschiedene H₂ Vol.-% und λ [1].

Source: Spectroscopic flame emission measurements – laminar premixed & turbulent non-premixed swirl flames: K. Mohri et al. GreCoCon, PA-meeting, 31.08.2021



CAD-Assembly Versuchsstand (Quelle: MA D.V.Thota).



Schnittbild Brennraum inkl. Flammwächter (Quelle: MA D.V.Thota).

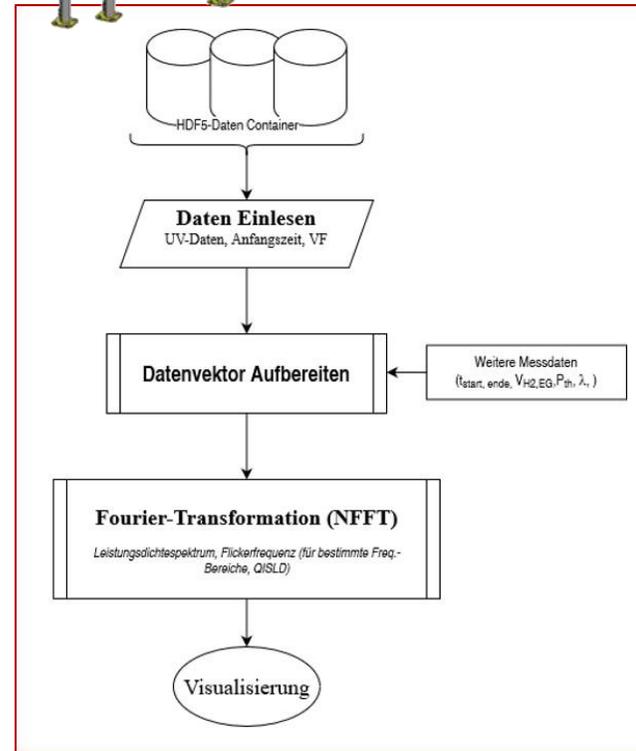
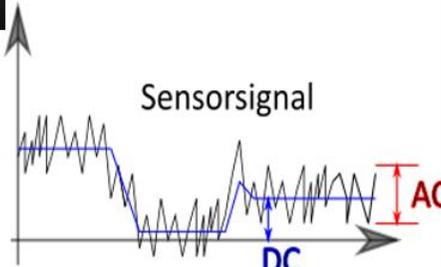
Systemgrenzen Ersatzmische

	P [kW]	Vol.-% H ₂ [max]
	100	90%
	200	65%
Antrag	300	52%
	400	43%
Brenner	500	36%



Lamtec F300K – industrieller Flammwächter

F300K jetzt
zentrisch auf
Brennerachse
gegenüber
Brenner

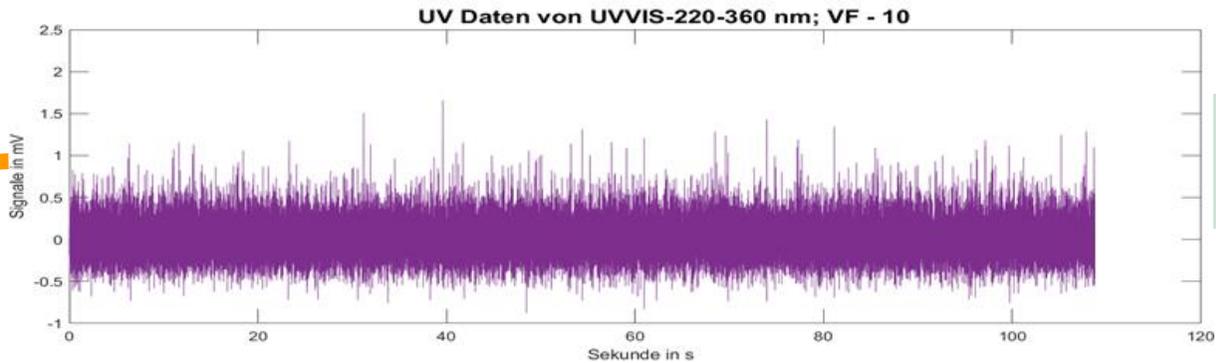


- Ergebnisse Vorversuche UDE nicht 1:1 übertragbar → Kenngrößen ermitteln

TTgoesH2 – GreCoCon – Ergebnisse I – Frequenzspektren nach Fouriertransformation

Fouriertransformation

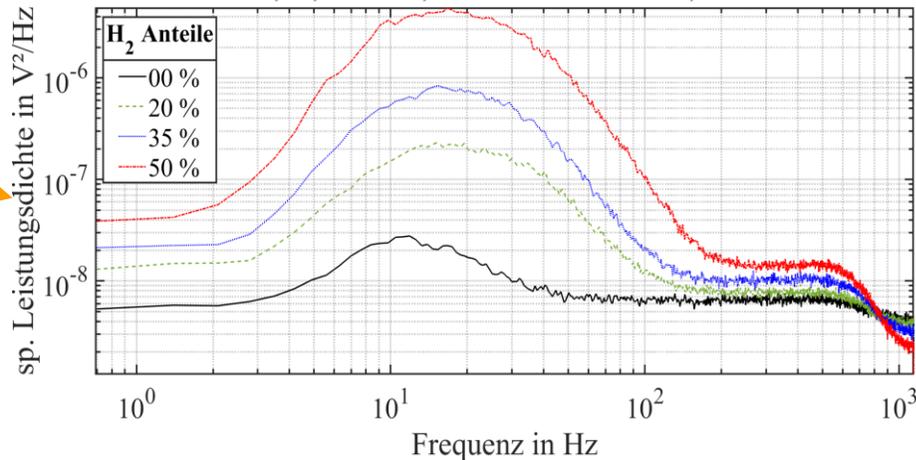
Versuch Nummer: 15; $\lambda = 1,05$; 300 kW; 50% H₂; UVVIS-Rechts



→ Flackerfrequenzen
→ Rohsignalverhältnis

PSD von: UV43(ggü. Brennermund) Daten

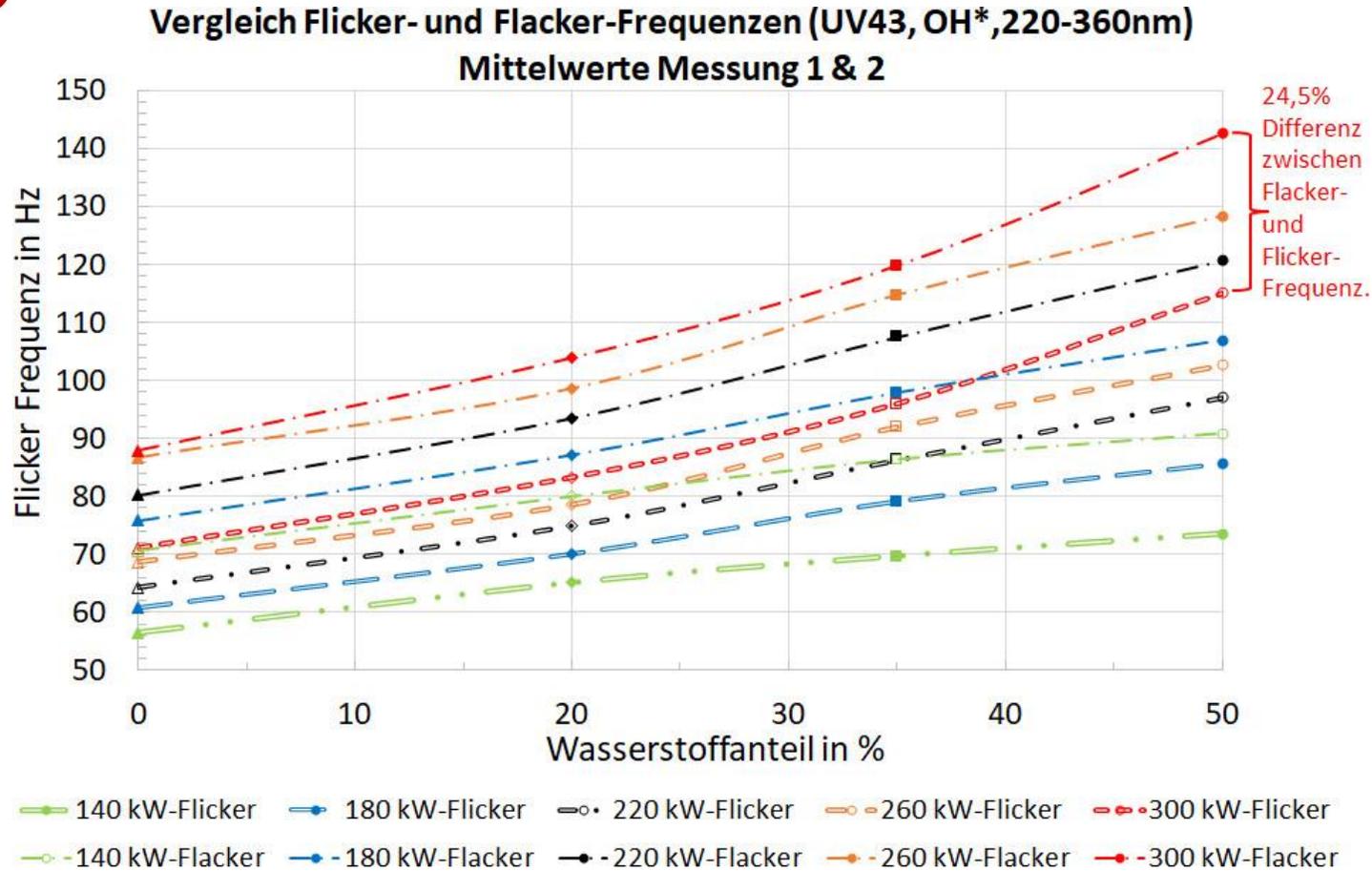
$\lambda: 1,05$; 140 kW; Bereich: 408-460 nm; VF: 10



→ Flickerfrequenzen
→ spektrale Leistungsdichten
→ Quadratische, integrale Leistungsdichten
→ Unstabilitätsindex

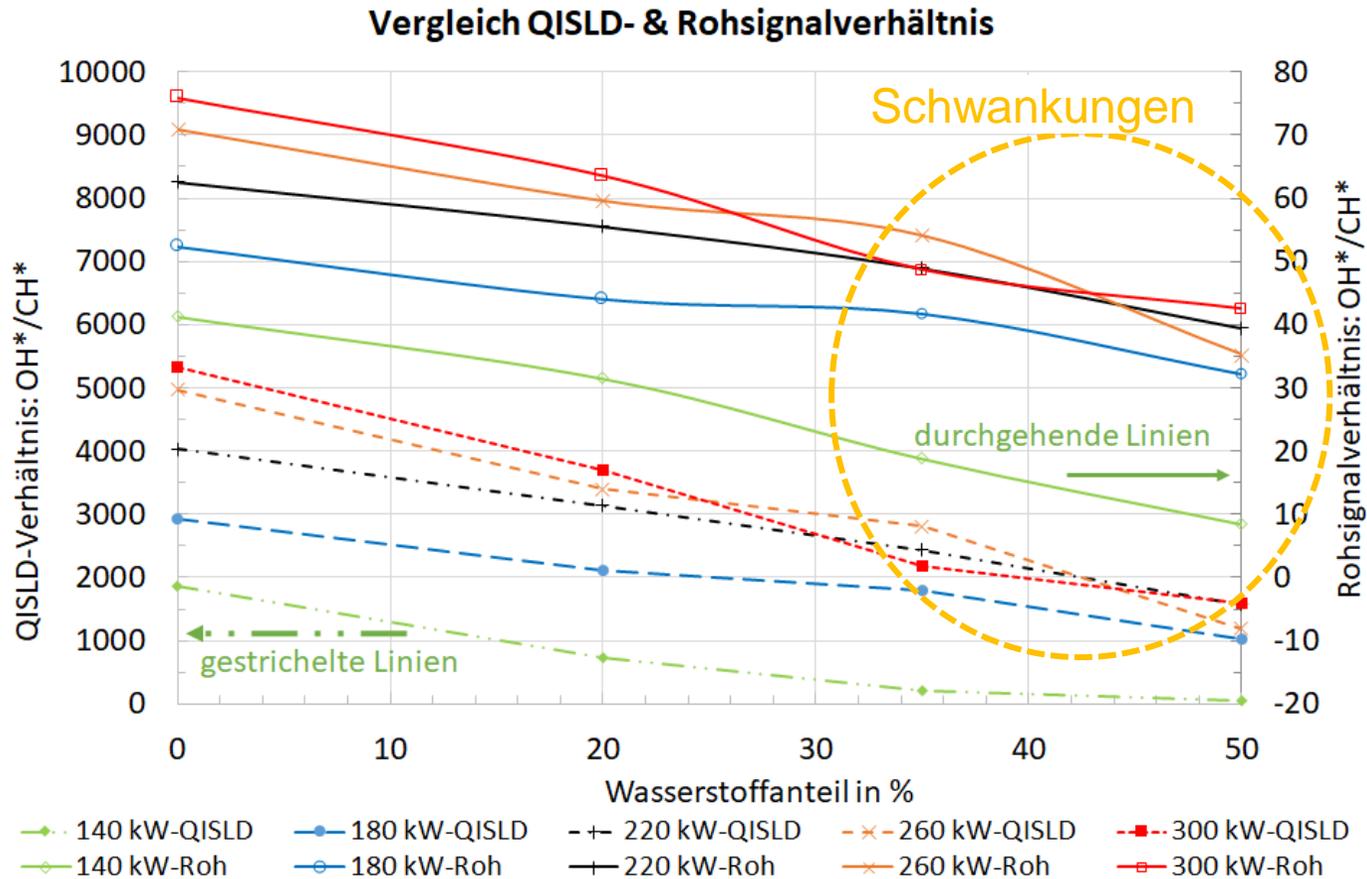
- Frequenzspektren zeigen signifikante, optische Unterschiede
- Zahlenwerte der Zielgrößen mit Tendenzen und Peaks zwischen 80 und 100 Hz

TTgoesH2 – GreCoCon – Ergebnisse I



- Sowohl Flicker- als auch Flackerfrequenz steigen mit Leistung und Wasserstoffanteil
- Eine Kenngröße nicht ausreichend zur Bestimmung des Brennerzustandes

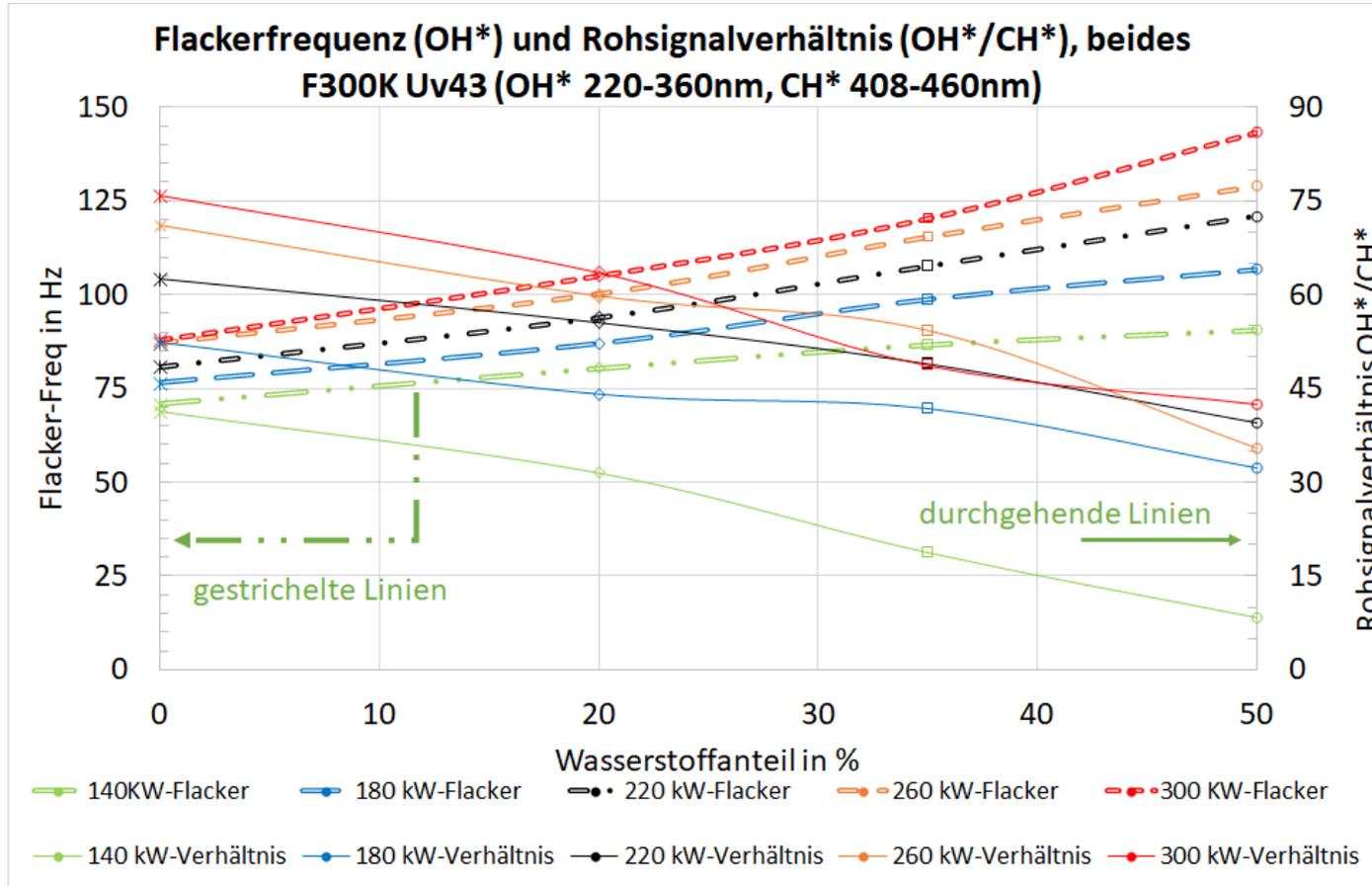
$$\text{Rohsignalverh.} = \frac{\sum |\text{Spannungssignale OH}|}{\sum |\text{Spannungssignale CH}|}$$



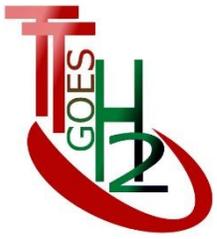
- Vergleichbare Trends für Rohsignalverhältnis und QISLD:
Abnahme mit sinkender Leistung und steigendem Wasserstoffanteil im Brenngas



Abbildung: Glühen der Stauscheibe bei 180 kW und 100 Vol.-% H₂.



- Kenngrößen prinzipiell als Basis zum Detektieren des Brennerzustandes geeignet,
- Gegenwärtig Verifizierungsversuche



TTgoesH2 – GreCoCon – Zusammenfassung

- **Ziel:** Entwicklung kostengünstiger Regelungssysteme für das Brennstoff-Luft-Verhältnis,
- **Ansatz:** Nutzung optischer Flammensignale zur Kompensation von Beschaffenheitsschwankungen des Brenngases in Thermoprozessanlagen,
- **Schritt 1:** Laborversuche für Verhältnisregelung basierend auf Emissionsspektren,
- **Schritt 2:** Identifikation geeigneter Parameter für Brennerleistung und Wasserstoffanteil,
- **Ergebnis:** Flicker- oder Flackerfrequenz in Kombination mit spektraler Leistungsdichte oder Fotodioden-Rohsignalverhältnis geeignet zur Bestimmung des Brennerzustands,
- **Aktuell:** Laufende Verifizierungsversuche zur Bestätigung der Regelstrategie,
- **Perspektivisch:** Erweiterung des Kennfeldes für den Betrieb mit bis zu 100 Vol.-% Wasserstoff und 500 kW Leistung.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt: Marcus Wiersig

DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg
Halsbrücker Straße 34
09599 Freiberg / Sachsen

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

E-Mail: marcus.wiersig@dbi-gruppe.de

www.dbi-gruppe.de