



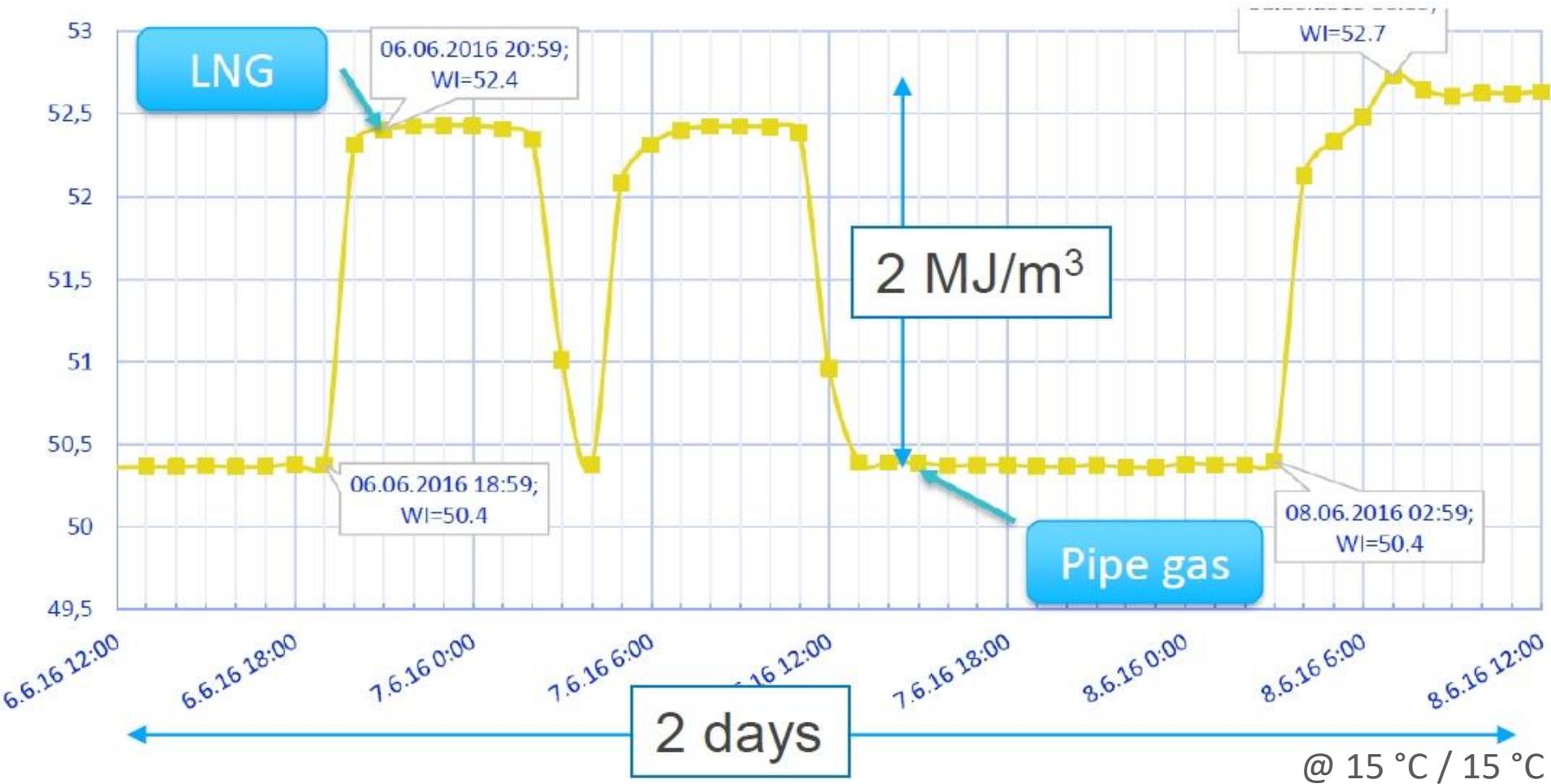
Gasbeschaffenheiten in Deutschland: Statistische Unter- suchungen und Auswirkungen auf Feuerungsprozesse

2. Aachener Ofenbau-Kolloquium 2019

Jörg Leicher, Tim Nowakowski, Bledar Islami, Tim
Schneider, Anne Giese, Klaus Görner, Bernhard
Fleischmann, Nils-Holger Löber

- Erdgas ist für viele Industrien eine wichtige Ressource – als Rohstoff in der chemischen und petrochemischen Industrie, aber vor allem auch als Brennstoff für die Bereitstellung von Prozesswärme.
- Mehr als 40 % des deutschen Erdgasverbrauchs entfallen auf die industrielle Erdgasnutzung.... Tendenz steigend.
- Der Erdgasmarkt befindet sich im Umbruch: die Entflechtung historisch gewachsener „Gasversorger“, die veränderte Versorgungslage (L-Gas, LNG, Biogas und Wasserstoff) sowie europäische Entwicklungen (EN 16726) bringen Vorteile auch für Endverbraucher, führen aber auch zu häufigeren und stärkeren Fluktuationen der lokalen Gaszusammensetzungen und -beschaffenheiten.
- Dies ist für viele Endverbraucher eine neue Situation.

Beispiel aus Frankreich, 2016



Quelle: Ourliac, M., „Deal with gas quality variations and melt glass with syngas from gasification”, IFRF/GWI TOTeM 44
“Gaseous Fuels in Industry and Power Generation: Challenges and Opportunities”, Essen, 2017

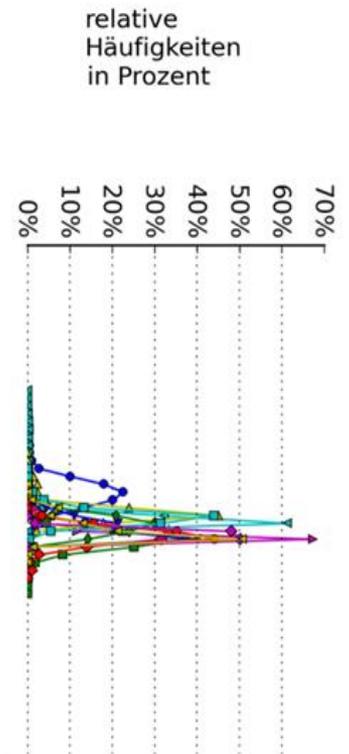
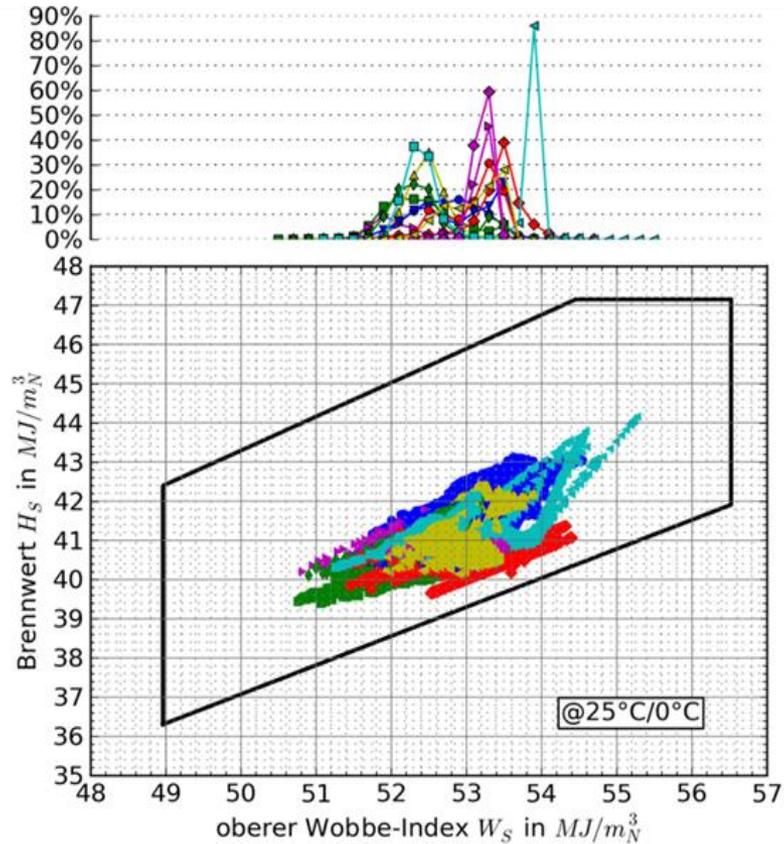
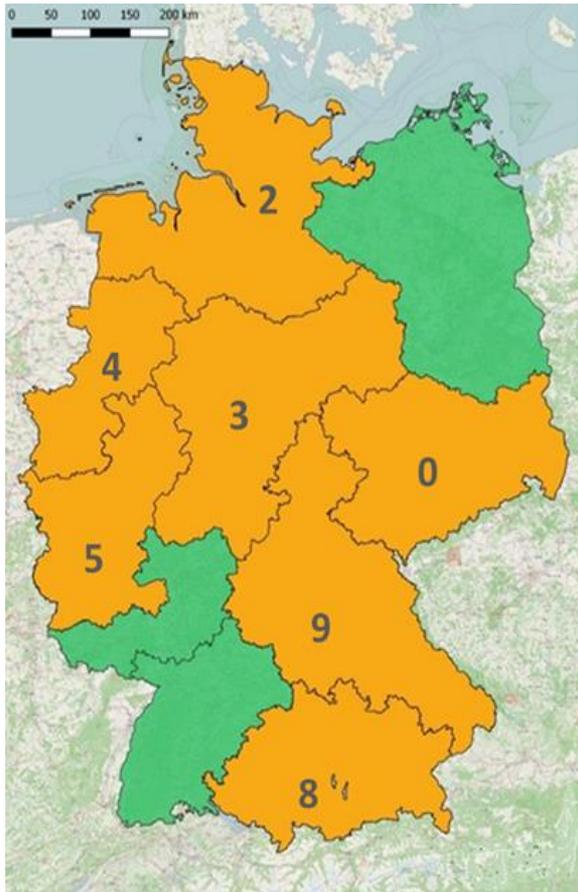
Empfindlichkeit industrieller Gasverbraucher (2018)

Branche	Prozess	Effizienz				Sicherheit (Emissionen + thermische Überlast)				Produktqualität				
		± 2 %	± 4 %	± 5,5 %	± 7,5 %	± 2 %	± 4 %	± 5,5 %	± 7,5 %	± 2 %	± 4 %	± 5,5 %	± 7,5 %	
Schwankungsbreite Wobbe-Index / Heiz- oder Brennwert zum eingestellten Wert														
Wärme	Raum	Hellstrahler*	Green	Green	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow
		Dunkelstrahler*	Green	Green	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow
		Wärmeluftheizer*	Green	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	Red
	Prozess	Heiz- und Dampfkessel	Green	Green	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red
		direkte und indirekte Trocknung	Green	Green	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red
Energieversorgung	Gasturbinen	Diffusion Mode	Green	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	
		DLE Mode	Green	Green	Yellow	Red	Green	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	
	Gasmotoren	Green	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	
Metallurgie	Vorwärmung (Metalle)	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	
	Thermochem. Wärmebehandlung	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Red	Green	Red	Red	Red	
	Endogaserzeugung	Yellow	Red	Red	Red	Green	Green	Yellow	Red	Green	Red	Red	Red	
	Verzinkungsprozesse	Green	Yellow	Red	Red	Green	Green	Yellow	Red	Green	Red	Red	Red	
	Schmelzprozesse (NE-Metalle)	Green	Yellow	Red	Red	Green	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	
Keramik	Kalköfen, Kalzinierung von Tonerden	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	
	Ziegelfertigung	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Red	Red	Red	
	Porzellanbrennen	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Red	Red	Red	
Glas	Glasschmelzen (Behälterglas)	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	
	Glasschmelzen (Flachglas)	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	
	Glasschmelzen (Spezialglas)	Yellow	Red	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Red	Red	Red	
	Feeder und Kühlung (Tempern)	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	
Chemie	Chemie-, Kunststoffindustrie	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	

**Grundlage: keine
Kompensationsmaßnahmen**

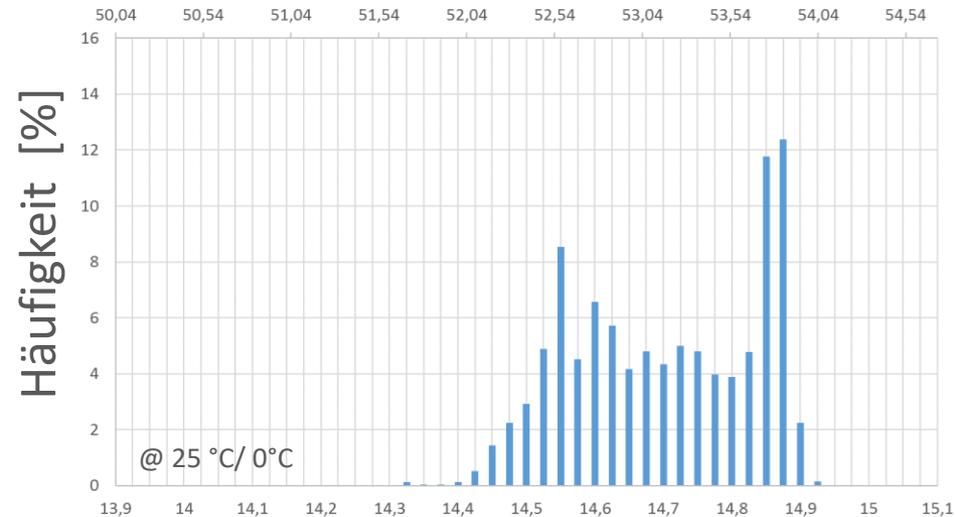
kein Handlungsbedarf
 z. T. Handlungsbedarf
 Handlungsbedarf

Hellstrahler*, Dunkelstrahler*, Wärmeluftheizer*:
"Produktqualität" bedeutet hier Raumwärmequalität



Ost-Deutschland(PLZ 0****)
(Januar – August 2016)

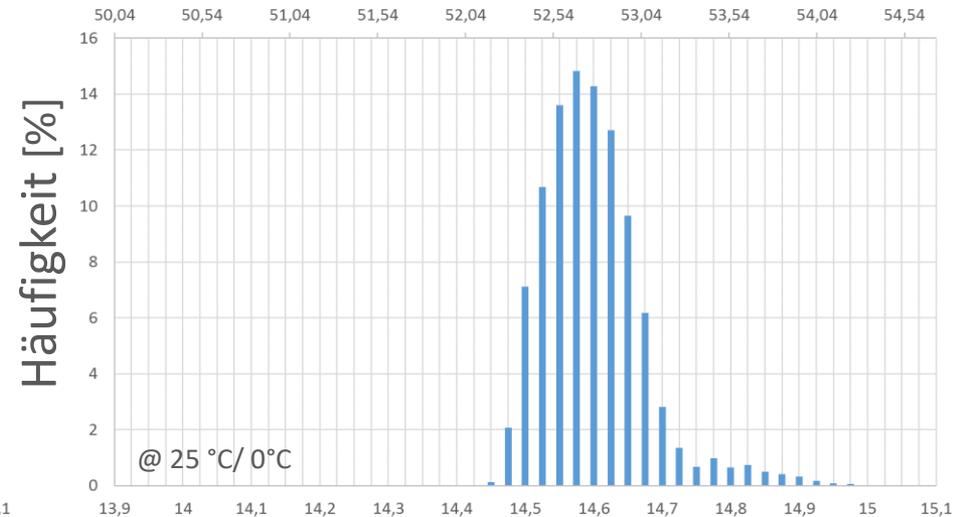
Wobbe-Index MJ/m³



Wobbe-Index kWh/m³

GWI, Essen
(Januar – Dezember 2016)

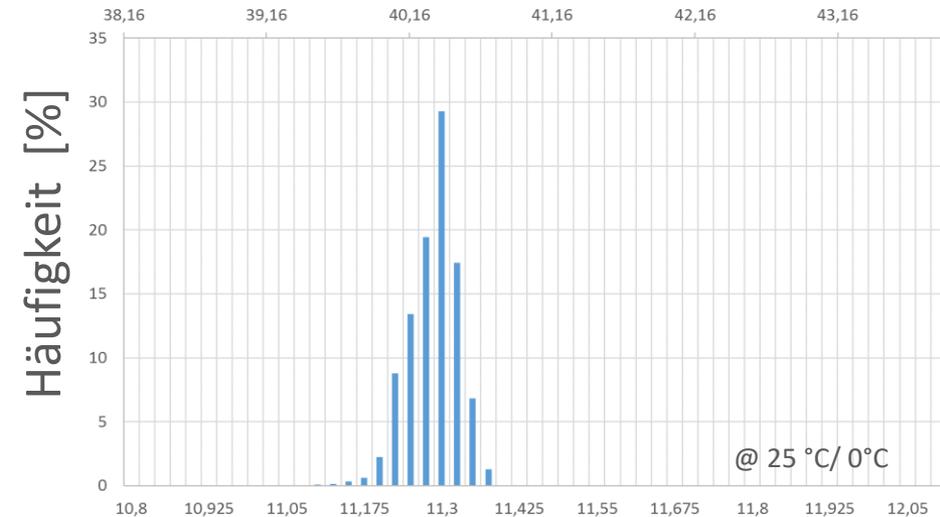
Wobbe-Index MJ/m³



Wobbe-Index kWh/m³

Ost-Deutschland (PLZ 0****)
(Januar – August 2016)

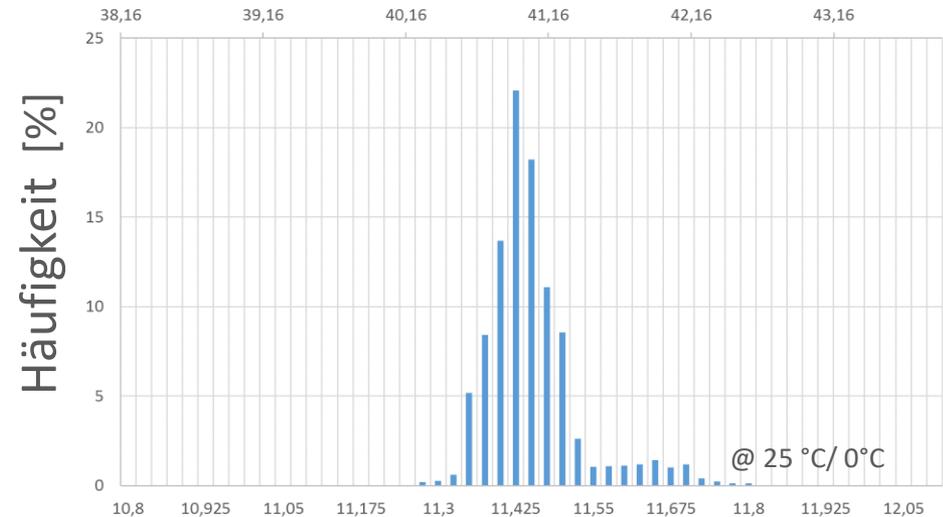
Brennwert MJ/m³



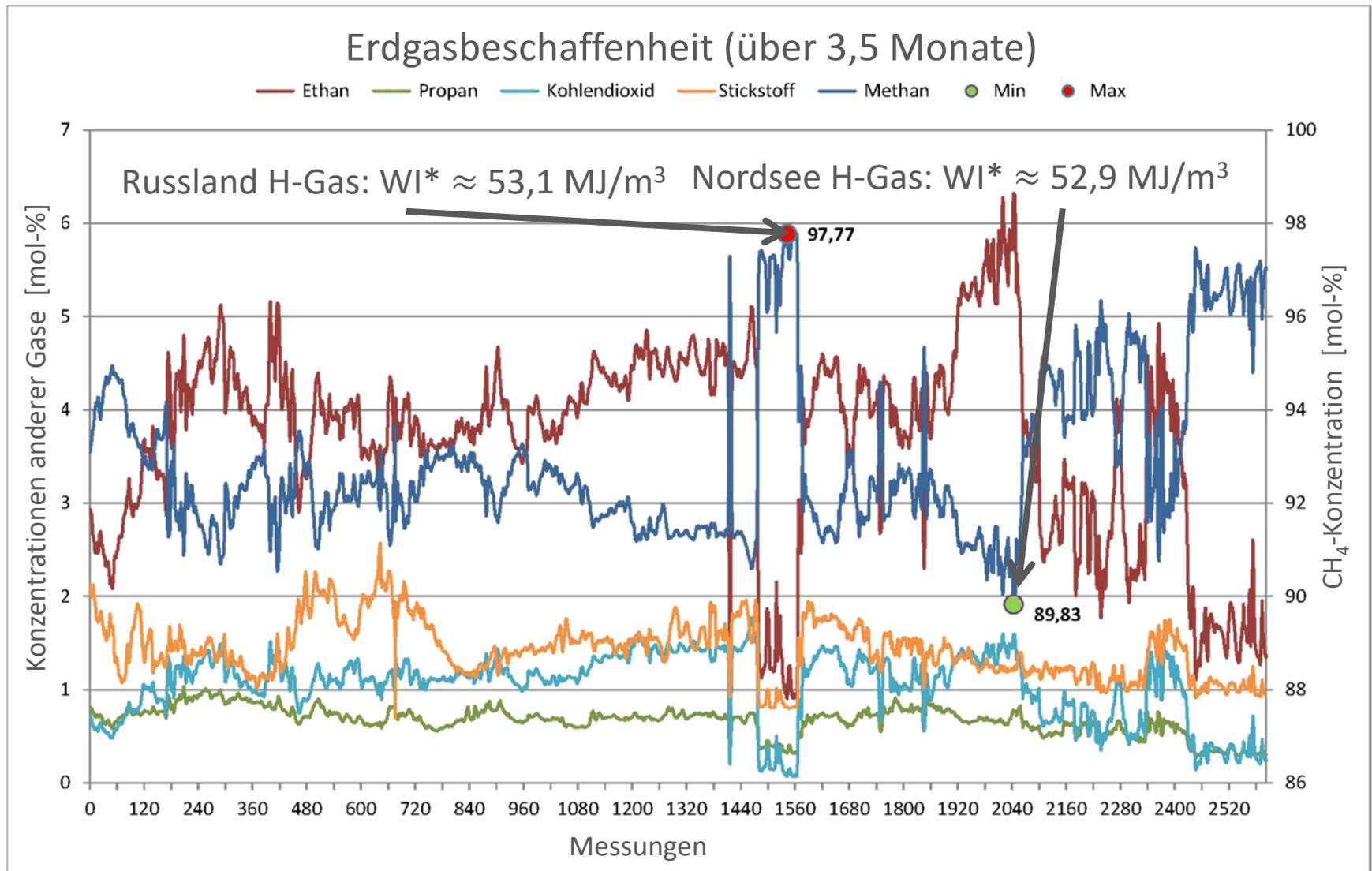
Brennwert kWh/m³

GWI, Essen
(Januar – Dezember 2016)

Brennwert MJ/m³



Brennwert kWh/m³



Referenzzustand:

Russland-Gas H
(P = 200 kW, $\lambda = 1,1$)

$\Delta W_s = 0,4 \%$

$\Delta H_i = 4 \%$

Keine Regelung:

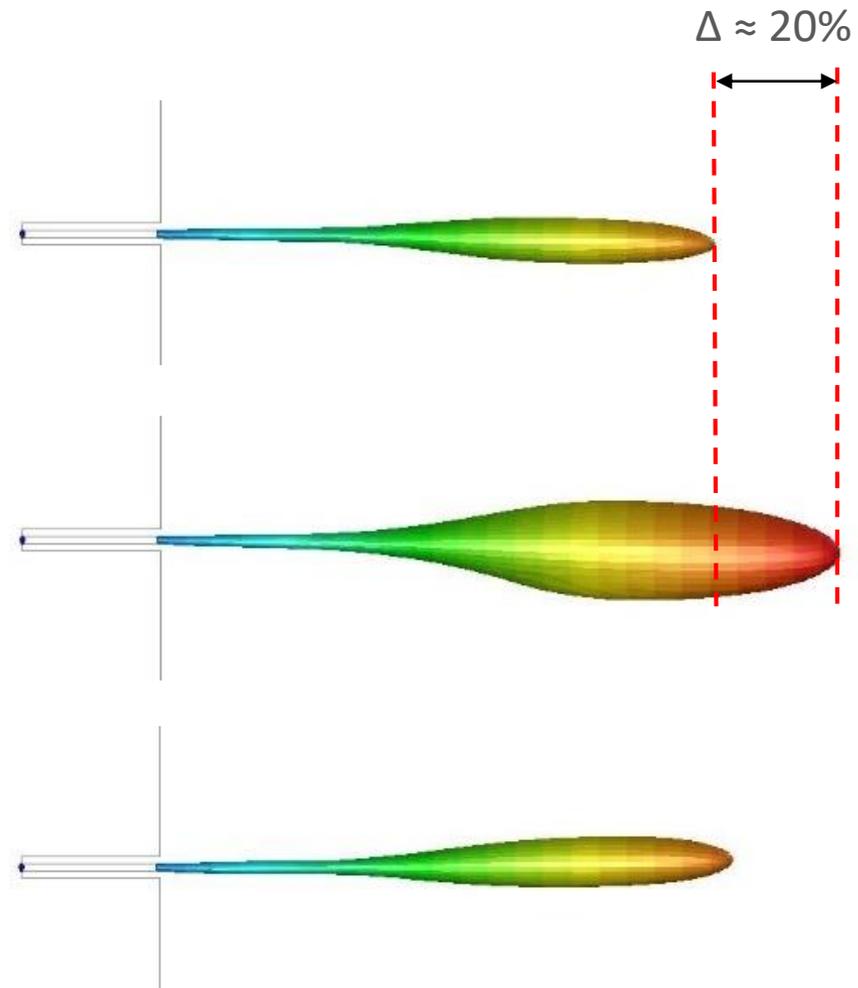
Nordsee-Gas H
Volumenströme konstant
(P = **208 kW**, $\lambda = 1,056$)

↑ 4 % ↓ 4 %

Regelung von Leistung und Luftzahl :

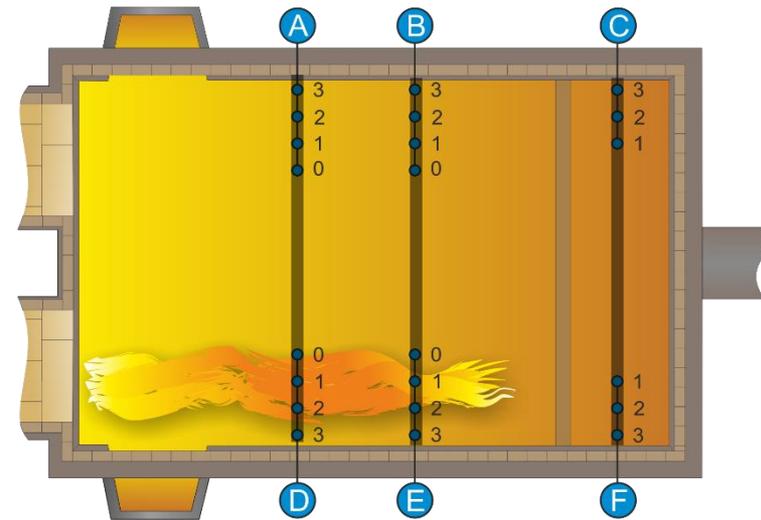
Nordsee-Gas H
(P = **200 kW**, $\lambda = 1,1$)

Luft- und Gasvolumenströme angepasst,
Voraussetzung: Gasbeschaffenheitsmessung **vor Ort**
und entsprechende Regelungstechnik.



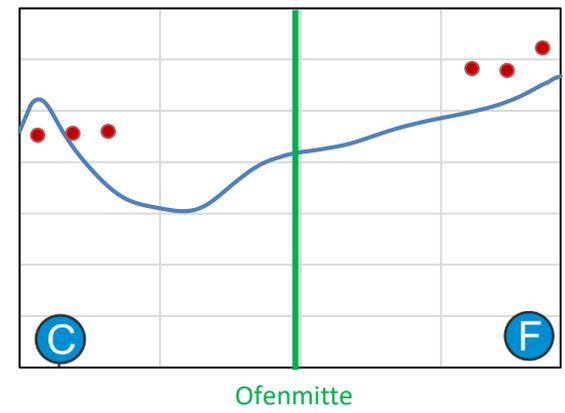
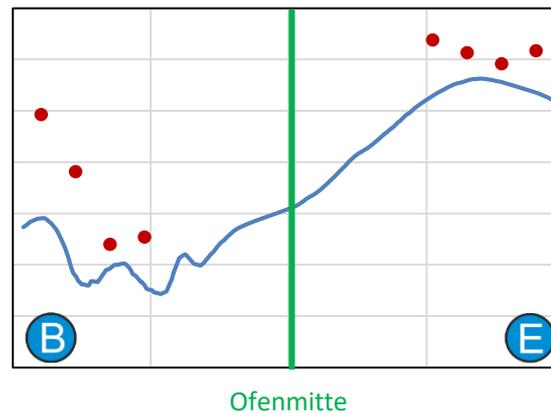
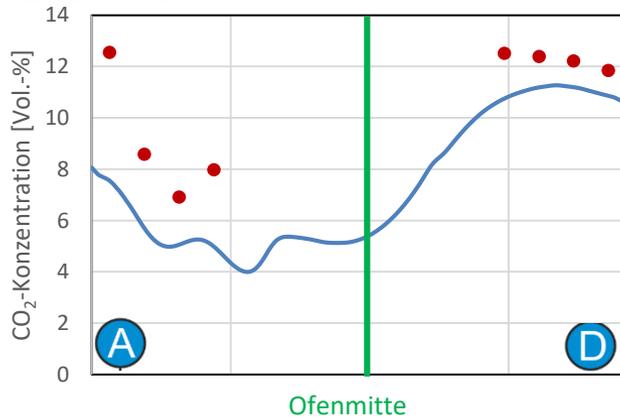
Test-Brenner

Vergleich zwischen Messungen vor Ort und Simulation



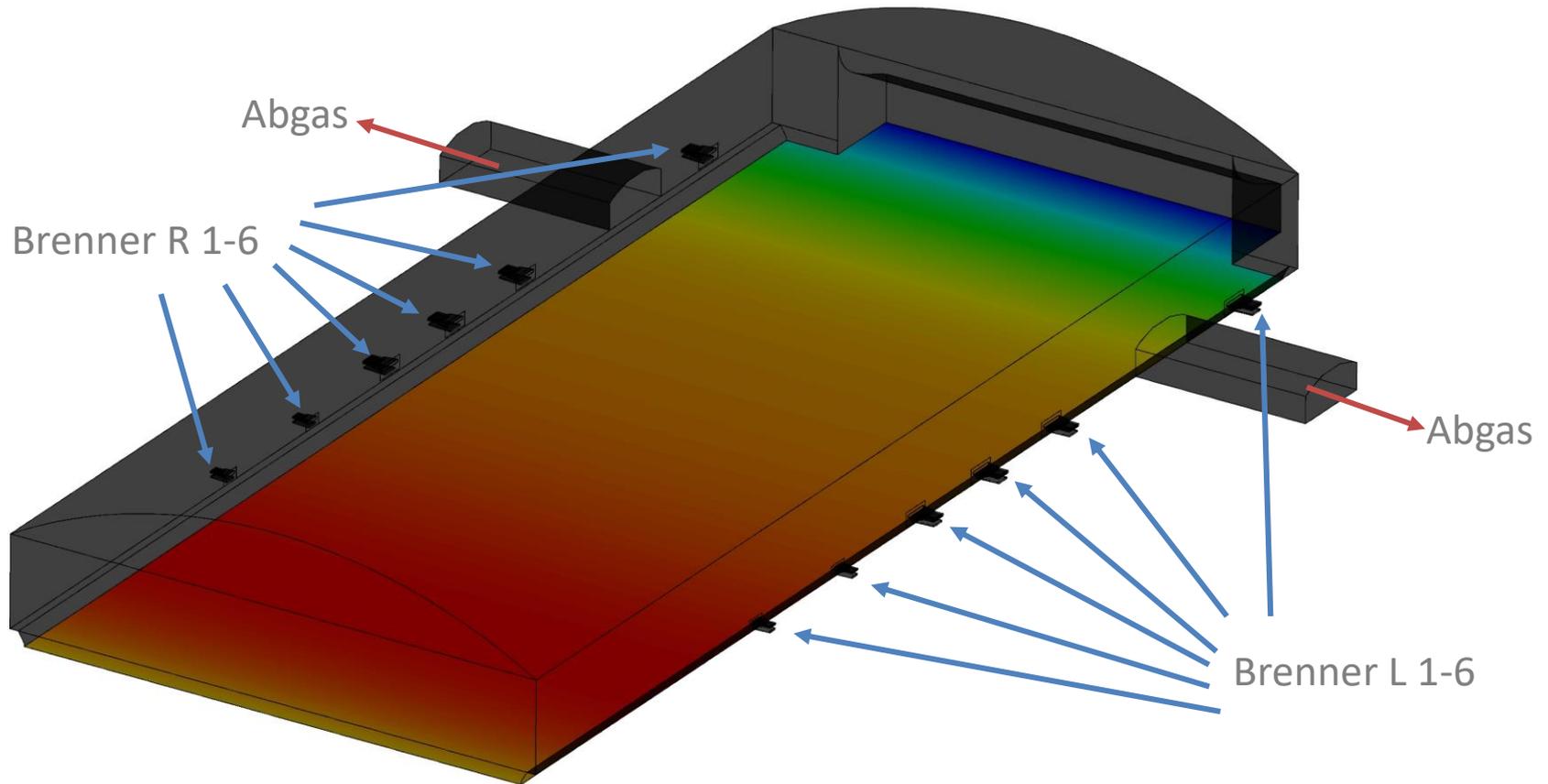
— Simulation • Messung

Referenzfall:



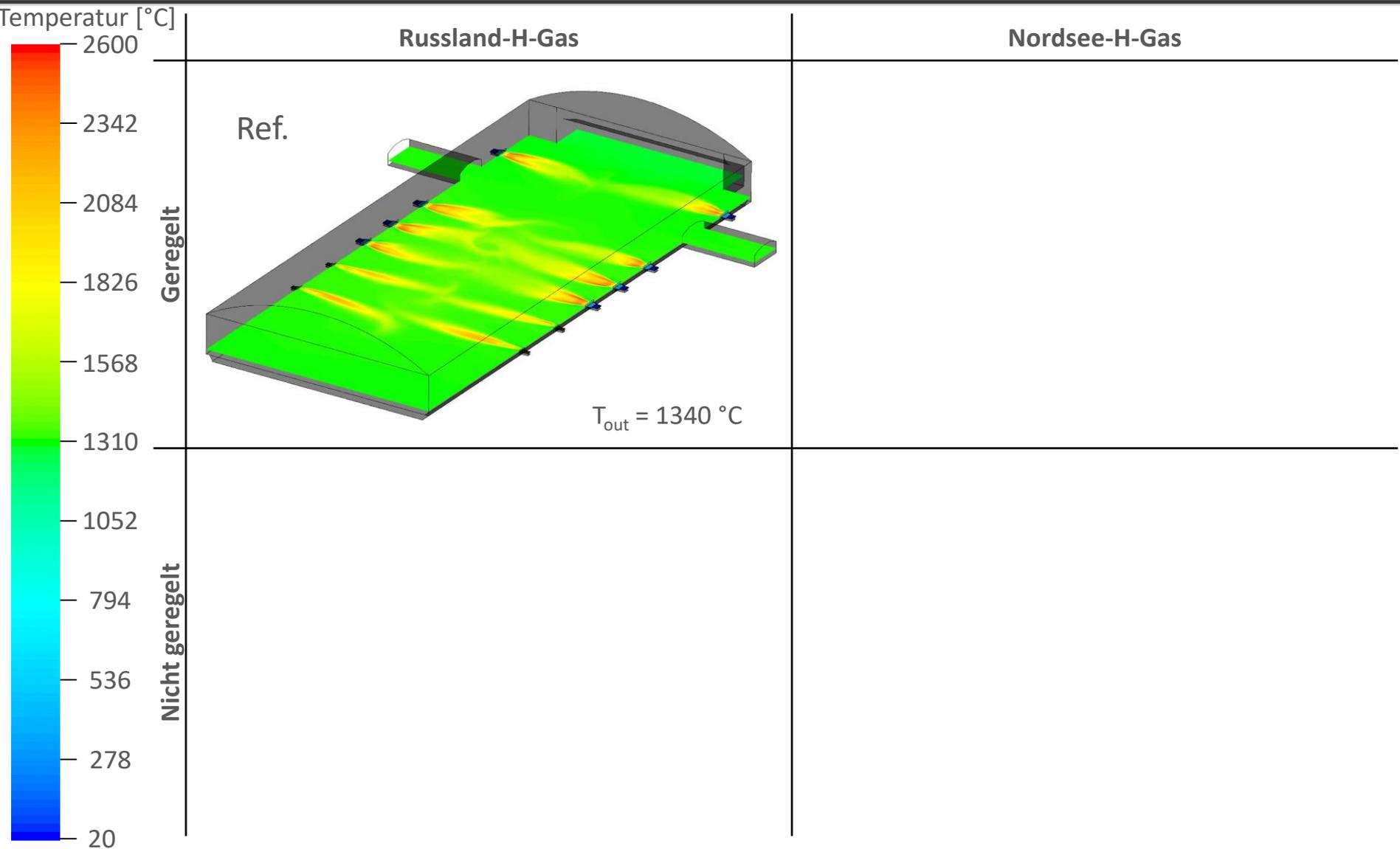
Untersuchungen an einer Oxy-Fuel-Schmelzwanne





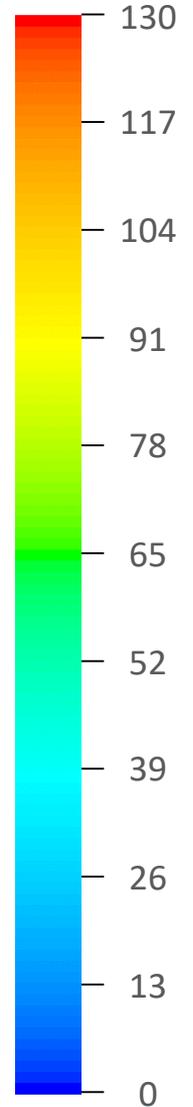
Feuerungsleistung: 14 MW

Oxidatorzahl: 1,03



Wärmefluss in das Glasbad

Wärmefluss ins Glasbad [kW/m²]



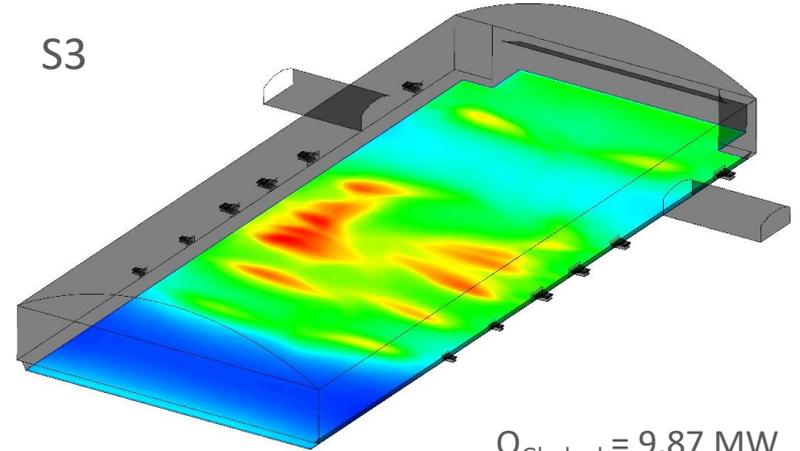
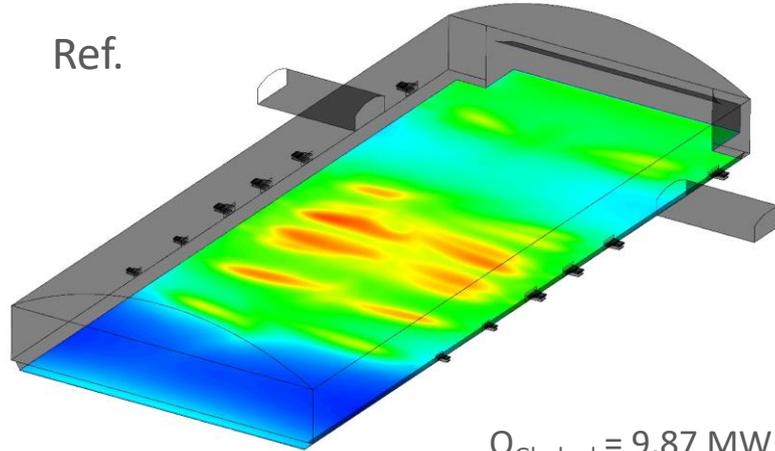
Russland-H-Gas

Nordsee-H-Gas

Geregt

Ref.

S3



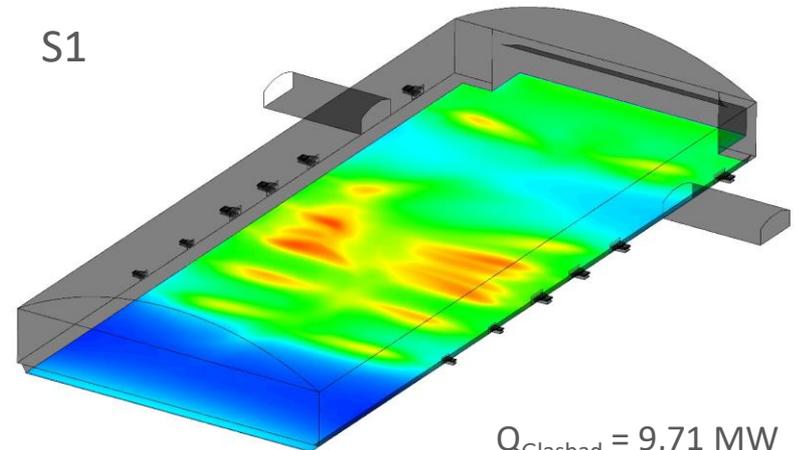
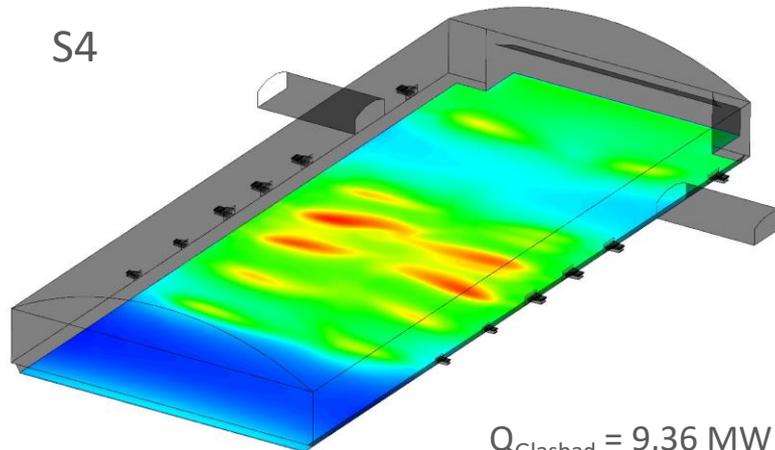
$Q_{\text{Glasbad}} = 9,87 \text{ MW}$

$Q_{\text{Glasbad}} = 9,87 \text{ MW}$

Nicht geregelt

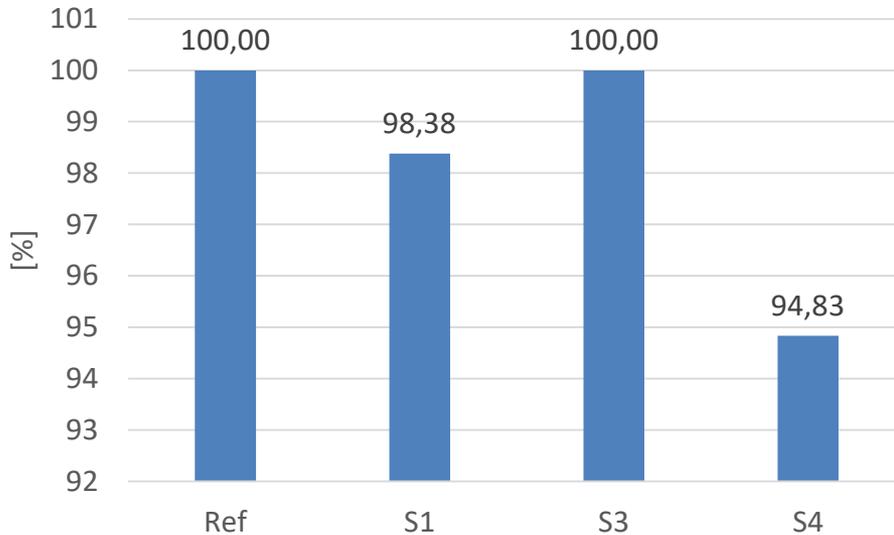
S4

S1



$Q_{\text{Glasbad}} = 9,36 \text{ MW}$

$Q_{\text{Glasbad}} = 9,71 \text{ MW}$

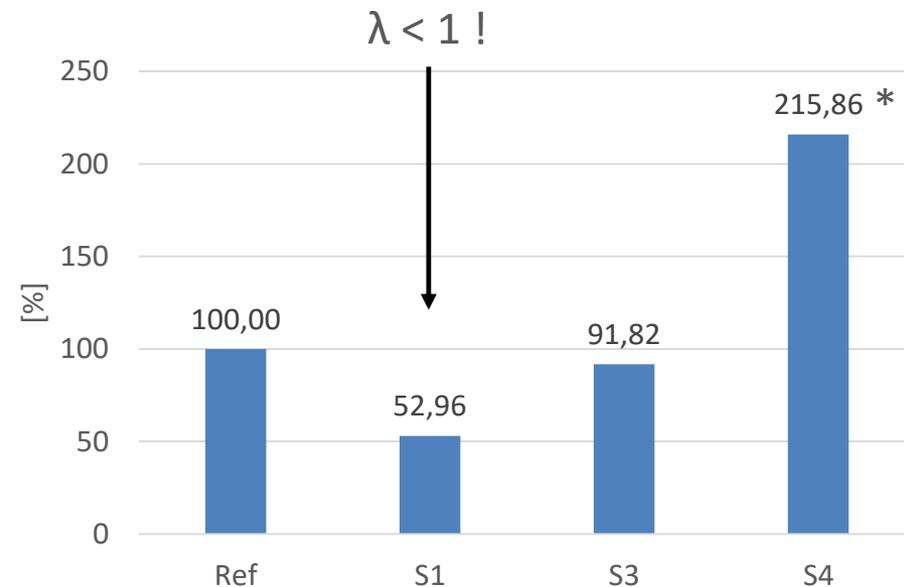


Relative NO-Emissionen:

$$\Delta NO [\%] = \frac{X_{NO,Case}}{X_{NO,Reference Case}} \cdot 100$$

Heat Transfer Impact Factor:

$$HTIF [\%] = \frac{\dot{Q}_{glass}}{\dot{Q}_{glass,reference}} \cdot 100$$



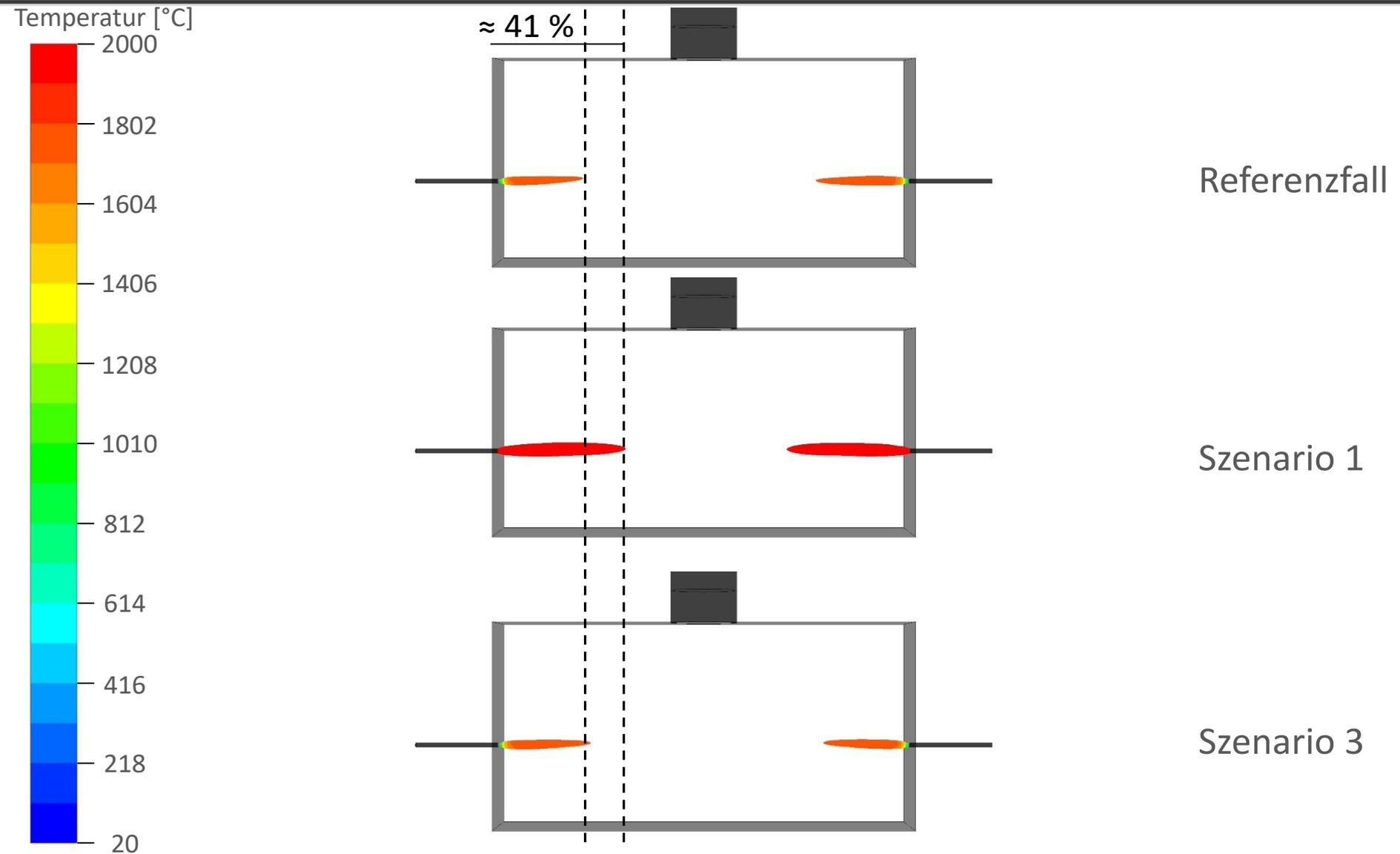
*: bezogen auf S3

Untersuchungen an Feeder-Brennern

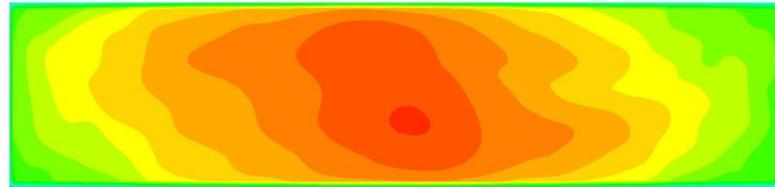
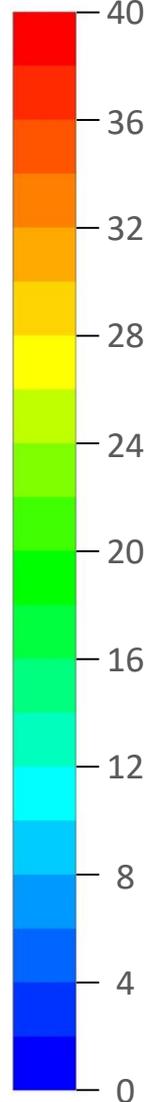


- Rechengebiet: Segment eines Feeders mit 2 Brennern
- **Referenzfall:** Russland-H, eingestellt auf **$P = 7 \text{ kW}$** , **$\lambda = 1,05$**
- **Szenario 1:** Wechsel von Russland-H auf Nordsee-H, **kein Eingriff**
=> d. h. Volumenströme konstant, **P und λ variabel**
- ~~○ **Szenario 2:** Wechsel von Russland-H auf Nordsee-H, **Regelungseingriff**
=> O_2 -Sonde, **λ konstant (nicht dargestellt)**~~
- **Szenario 3:** Wechsel von Russland-H auf Nordsee-H, **Regelungseingriff**
=> Volumenströme werden angepasst, um **P und λ konstant** zu halten

Iso-Fläche für $\text{CO}_{\text{tr}} = 2000 \text{ ppm}$ @ $1,048 \text{ Vol.-% O}_2$

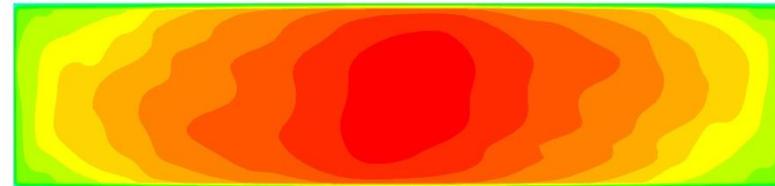


q [kW/m²]



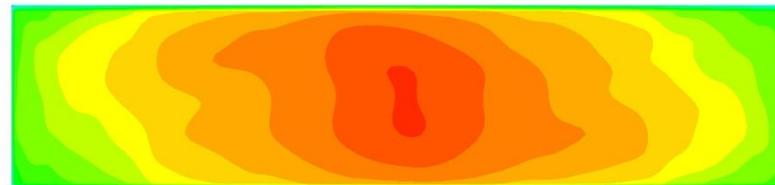
$Q_{\text{Glasbad}} = 1756 \text{ W}$
HTIF = 100 %

Referenzfall



$Q_{\text{Glasbad}} = 1938 \text{ W}$
HTIF = 110 %

Szenario 1



$Q_{\text{Glasbad}} = 1768 \text{ W}$
HTIF = 100,7 %

Szenario 3

- Das Thema „Erdgasbeschaffenheit“ hat in den letzten Jahren für alle Marktpartner erheblich an Bedeutung gewonnen.
- Die unterschiedlichen Anforderungen und Funktionen in der Gas-Wertschöpfungskette führen vermehrt zu Interessenskonflikten zwischen Stakeholdern.
- In Zukunft ist mit stärkeren und häufigeren Fluktuationen der lokalen Gasbeschaffenheit zu rechnen. Die Glasindustrie gilt als besonders empfindlich, aber auch andere Industriezweige sind betroffen.
- Fortschrittliche Mess- und Regelungstechnik kann die Auswirkungen schwankender Gasbeschaffenheiten für viele Anwendungen minimieren.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr.-Ing. Jörg Leicher
Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
Hafenstraße 101
45356 Essen
Tel.: +49 (0) 201 3618 – 278
leicher@gwi-essen.de