

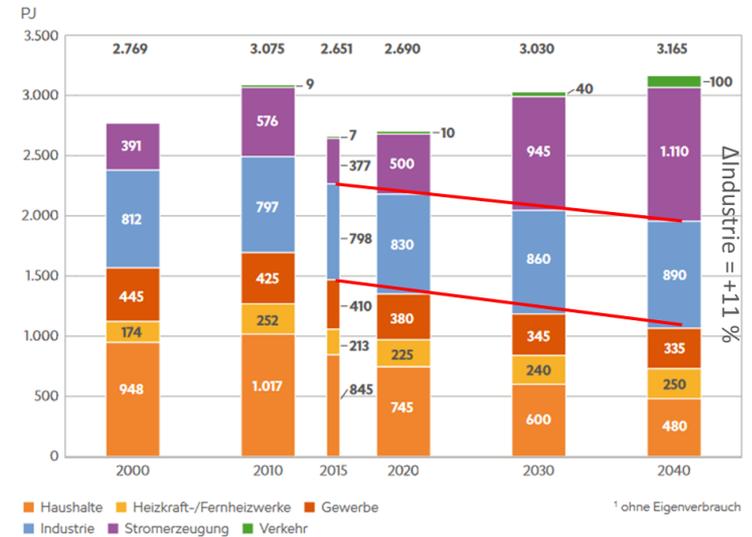


Was kommt nach der Umstellung von L- auf H-Gas?

**Gasbeschaffenheitsschwankungen und
Wasserstoff - Hintergründe, Auswirkungen,
Lösungen**

Dr. Anne Giese
Bonn, 10.04.2019

- Erdgas ist der einzige Energieträger, der in fast **allen Endverbrauchssektoren** mit **großen Marktanteilen** vertreten ist.
- Global wird die Bedeutung von Erdgas weiter zunehmen, meist auf Kosten der Kohle in der Stromerzeugung. Auch in Deutschland geht man vom Anstieg des Erdgasverbrauchs in den **Industrie- und Kraftwerkssektoren** aus, während die Bedeutung in Haushalt und Gewerbe abnehmen wird.
- Aber: der Energieträger **Erdgas** wird sich **verändern**. Veränderungen am Markt, das **Wegfallen** klassischer **Gasbezugsquellen**, aber auch „**neue**“ **Gase** bringen neue Herausforderungen mit sich ... insbesondere für empfindliche Endverbraucher in Thermoprosesstechnik, Chemie-Industrie und Kraftwerkstechnik.



Source: Energieprognose Deutschland 2016 – 2040, ExxonMobil, 2016

Typische verteilte Erdgase in Deutschland

Erdgas-Durchschnittswerte 2006							
Benennung Analysewerte		Nordsee-Erdgas H	Misch-Erdgas H	Russ.-Erdgas H	Holland-Erdgas L	Verbund-Erdgas L	Weser/Ems-Erdgas L
CO ₂	Vol.-%	1,91	1,96	0,09	1,71	1,74	2,55
	Mol.-%	1,92	1,97	0,09	1,72	1,75	2,56
N ₂	Vol.-%	0,93	2,65	0,83	10,11	9,21	8,71
	Mol.-%	0,92	2,64	0,83	10,09	9,19	8,69
O ₂	Vol.-%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Mol.-%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CH ₄	Vol.-%	86,25	87,50	97,63	83,08	85,46	88,08
	Mol.-%	86,22	87,43	97,61	83,04	85,43	88,08
C ₂ H ₆	Vol.-%	8,56	6,80	1,00	3,97	2,91	0,61
	Mol.-%	8,61	6,85	1,01	4,00	2,93	0,61
C ₃ H ₈	Vol.-%	1,89	0,90	0,32	0,81	0,47	0,04
	Mol.-%	1,91	0,92	0,33	0,82	0,48	0,04
C ₄ H ₁₀	Vol.-%	0,39	0,16	0,11	0,22	0,15	0,01
	Mol.-%	0,39	0,16	0,11	0,22	0,15	0,02
C ₅ H ₁₂	Vol.-%	0,05	0,02	0,01	0,06	0,03	<0,01
	Mol.-%	0,05	0,02	0,01	0,06	0,03	<0,01
C ₆₊	Vol.-%	0,02	0,01	0,01	0,04	0,03	<0,01
	Mol.-%	0,02	0,01	0,01	0,05	0,04	<0,01

Der wesentliche chemische Unterschied zwischen L- und H- Gasen ist der **weitaus höhere Anteil an Stickstoff (N₂)** in L- Gasen. Daraus ergeben sich die in der Regel niedrigeren Heiz- bzw. Brennwerte, minimaleren O₂-/Luft-Bedarfe und geringeren Wobbe-Indices bei L- Gasen.

Brennwert H _{s,n}	kWh/m ³ _N	11,905	11,332	11,135	10,322	10,241	9,880
Heizwert H _{i,n}	kWh/m ³ _N	10,766	10,237	10,040	9,320	9,241	8,906
Wärmeverhältnis H _v /H _n	-	0,9043	0,9034	0,9017	0,9029	0,9024	0,9014
Normdichte ρ	kg/m ³ _N	0,83363	0,8150	0,7362	0,8357	0,8178	0,8006
Dichteverhältnis (Luft=1)	-	0,6448	0,630	0,569	0,646	0,632	0,619
Wobbe-Index W _{s,n}	kWh/m ³ _N	14,826	14,277	14,762	12,842	12,882	12,588
Wobbe-Index W _{i,n}	kWh/m ³ _N	13,329	12,897	13,310	11,596	11,624	11,320
Methanzahl (+/- 2) MZ	-	75	82	91	86	90	102
min Luftbedarf L _{min}	m ³ _N /m ³ _N	10,33	9,77	9,6	8,9	8,83	8,52

$\Delta_{L-H-Gas}$ ca. + 10 - 15 %

$\Delta_{L-H-Gas}$ ca. + 10 - 15 %

$\Delta_{L-H-Gas}$ ca. + 10 - 15 %

Erdgas H - Hintergründe

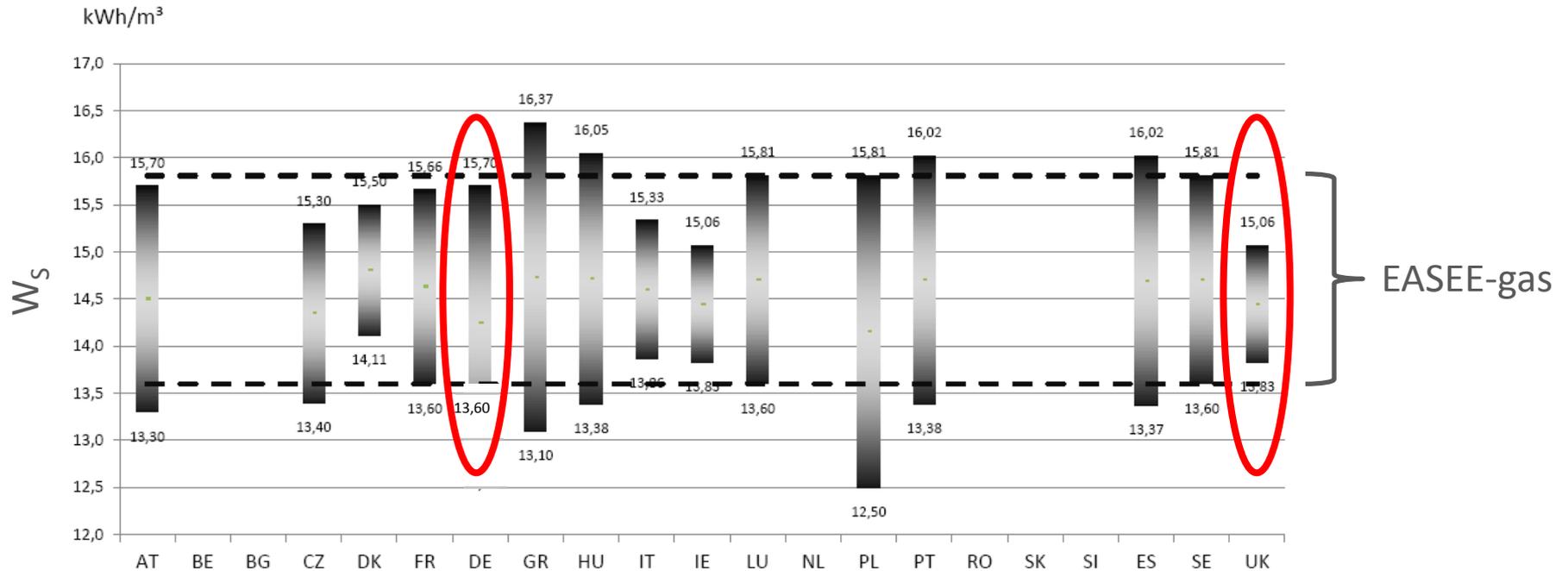


- Die Gasmärkte in D und EU sind in Bewegung:
 - Liberalisierung des Marktes (“**unbundling**”), kürzere Lieferverträge
 - EU H-Gas-Harmonisierung (**EN 16726**)
 - Rückgang von L-Gas (“**Marktraumumstellung**”)
 - Mehr Importe (Russland, Naher Osten, **LNG**)
 - Neue Gase: **Biogas**, **LNG**, evtl. **H₂** aus **power-to-gas** in naher Zukunft

- Viele dieser Entwicklungen sind für den Endverbraucher durchaus vorteilhaft:
 - Mehr **Wettbewerb** am Markt
 - **Diversifikation** der Quellen, erhöhte Versorgungssicherheit
 - **Einbindung erneuerbarer Energien** in die Gas-Infrastruktur

- Aber: es werden verstärkt erhebliche **Schwankungen lokaler Erdgasbeschaffenheiten** auftreten. Für viele Regionen in der EU ist das eine neue Erfahrung!

Wobbe-Index-Bereiche in der EU (H-Gas)

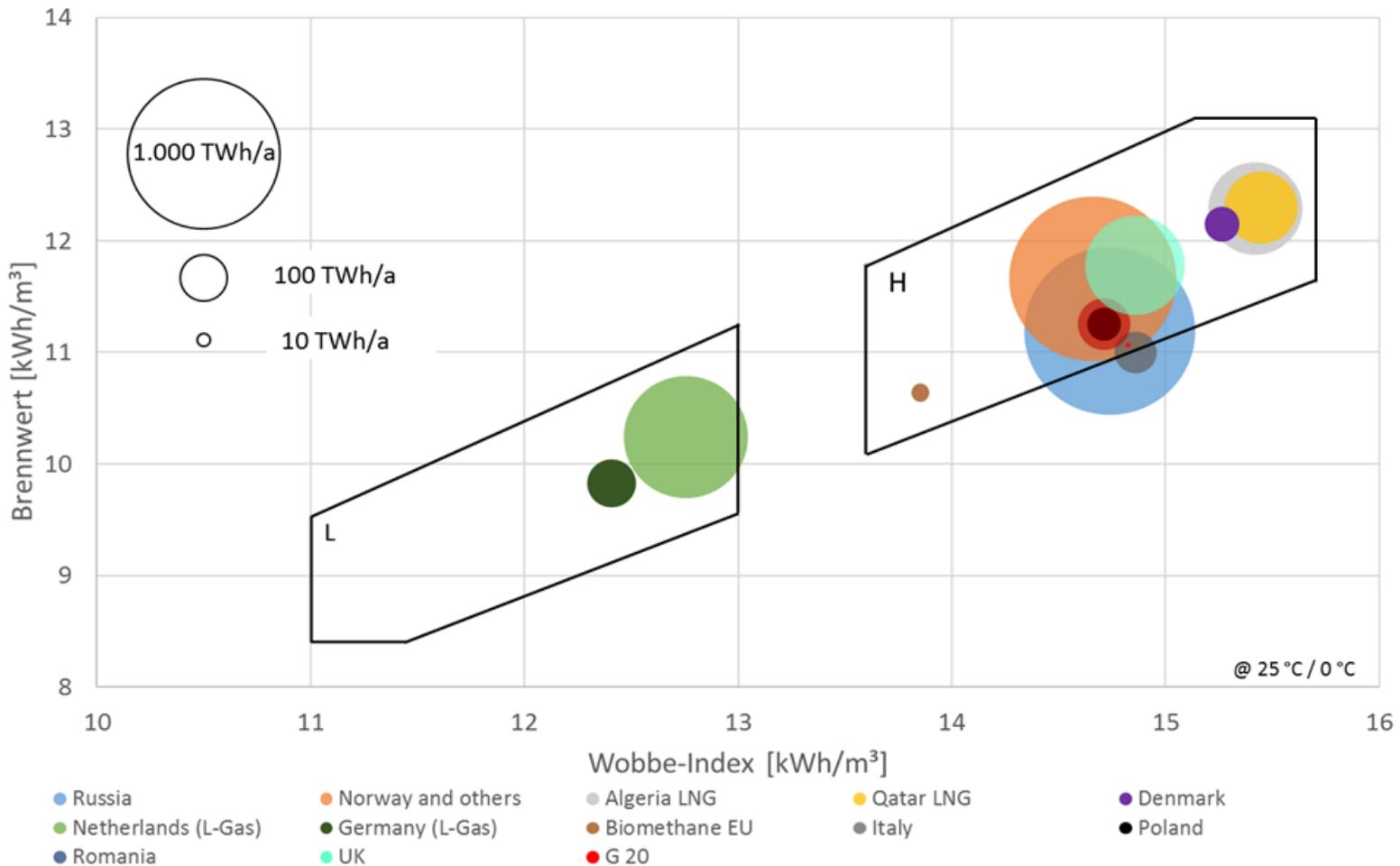


Different national Wobbe index ranges [kWh/m³ (@ 0°C, 101.325 kPa)] for high calorific natural gas; range defined by EASEE-gas denoted by dashed lines (Comparability has been achieved by adjustment of Wobbe Indices to normal conditions.)

Quelle: Pustisek, A. und Karasz, M.: „Harmonization of Rules to Support Turkey's Key Role in South-East European Natural Gas”, E-World Energy and Water Turkey, Istanbul, Turkey. 2013.

@25 °C / 0 °C

Europäische Gasbezugsquellen in den Grenzen der G 260



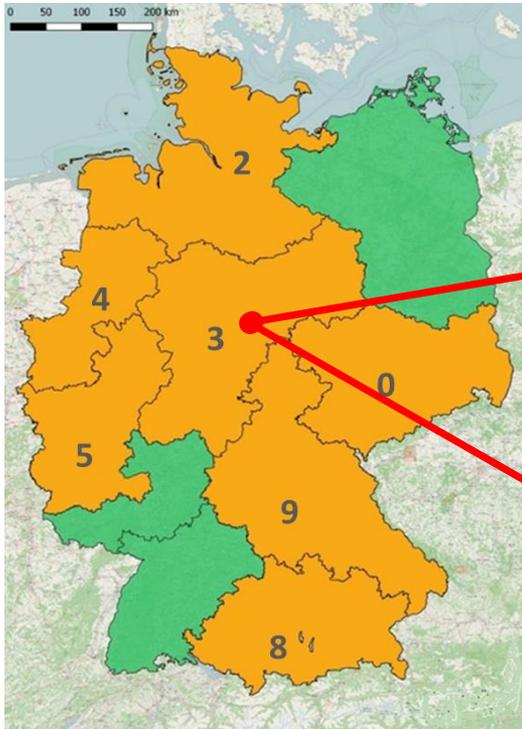
Daten für Gasbeschaffenheiten: DVGW G260, EN 437, U.S. DoE, ENTSOG

Daten für Bezugsmengen: Eurogas 2015

Gasbeschaffenheitsgrenzen nach DVGW G260

Erdgas H - Gasbeschaffenheitsschwankungen



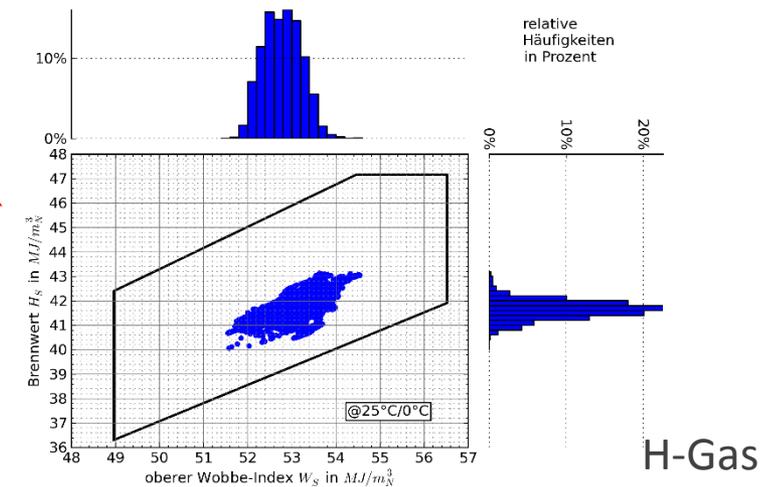
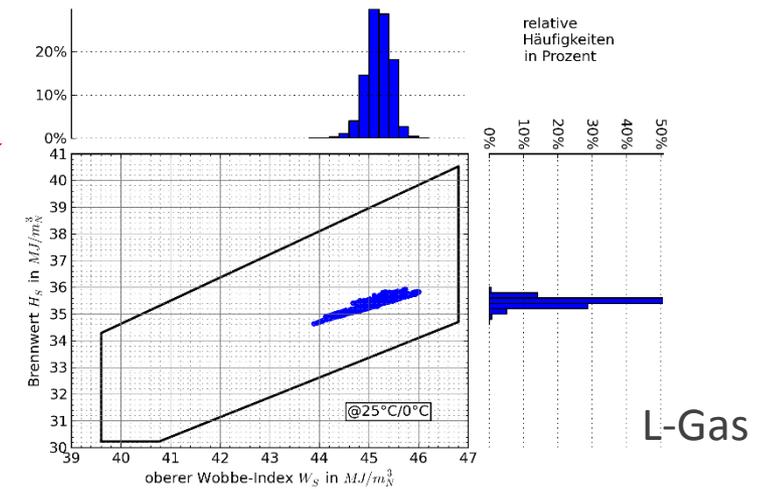


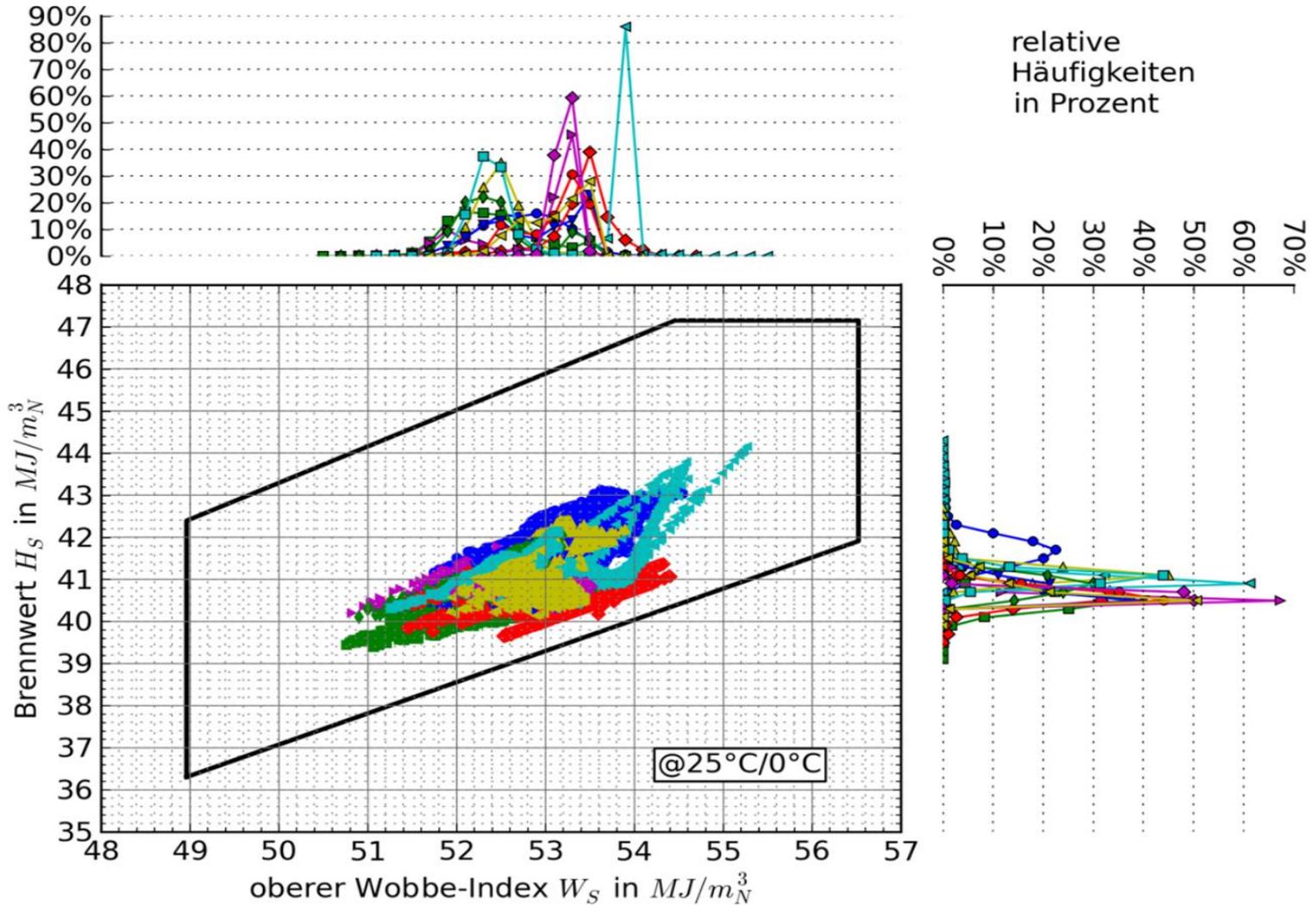
13 Standorte mit 15 verschiedenen Messgeräten
(vom Kalorimeter bis zum GC)

Davon:

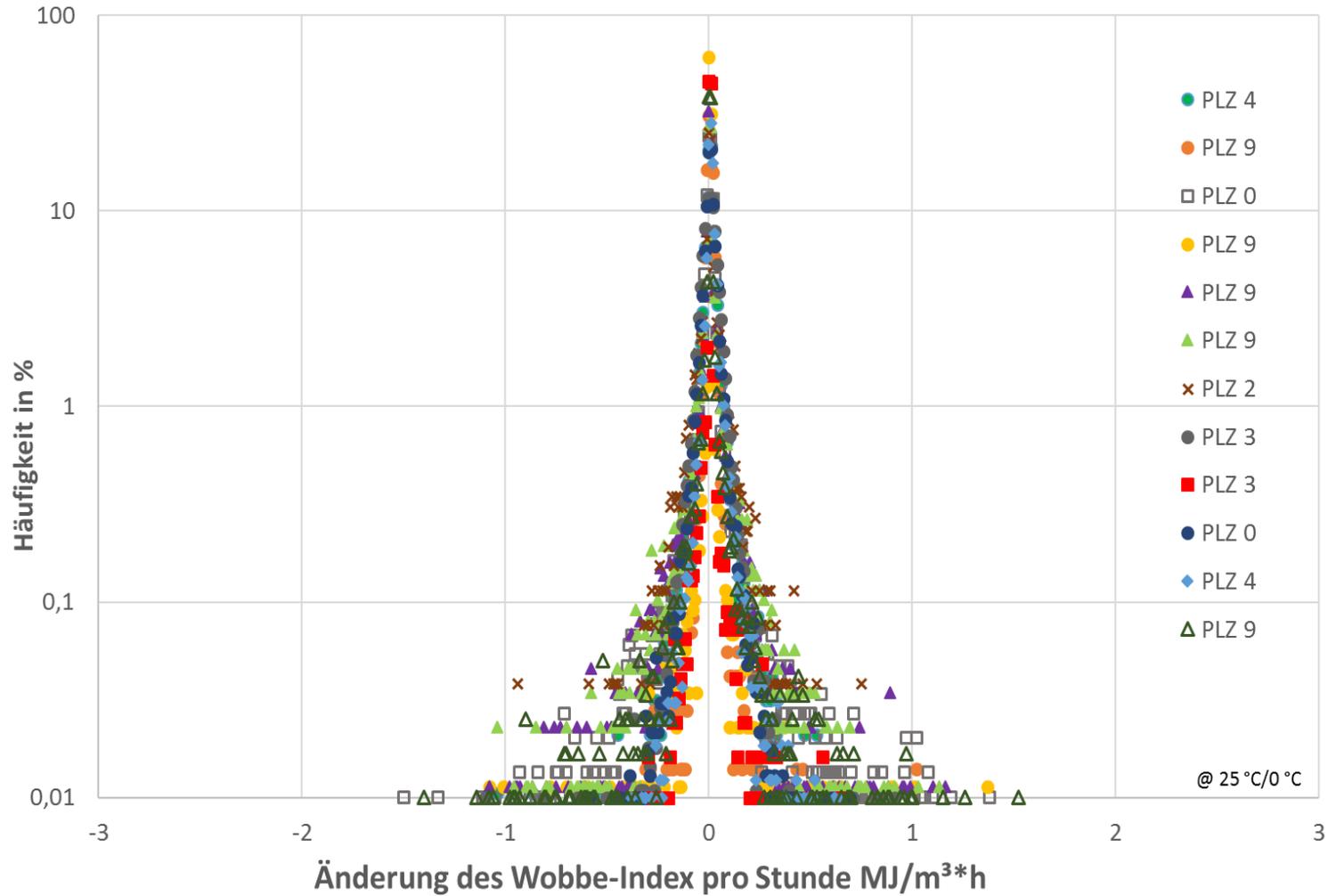
- 9 Standorte im H-Gas-Gebiet
- 3 Standorte im L-Gas-Gebiet
- 1 Standort mit Umstellung L- auf H-Gas

2 Standorte im PLZ-Gebiet 3

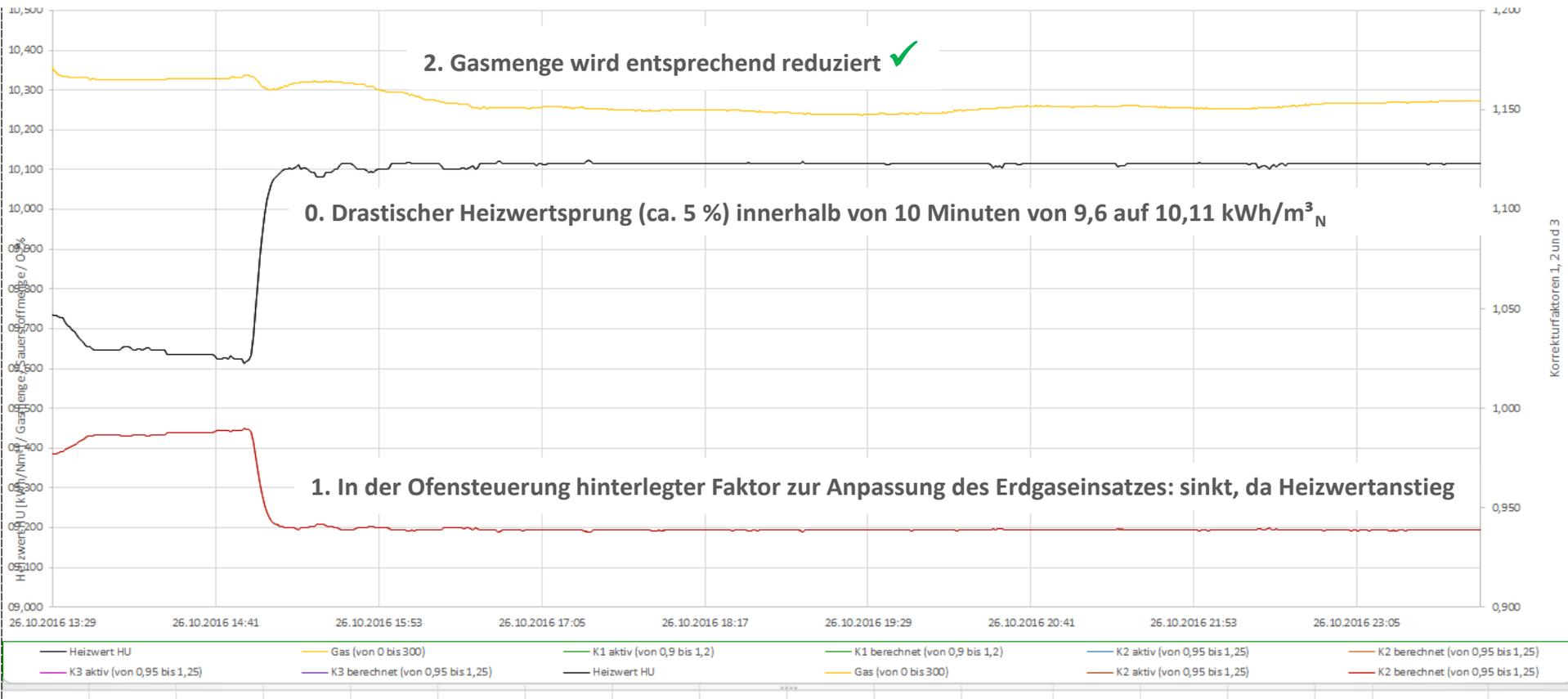




Änderungsraten des Wobbe-Index

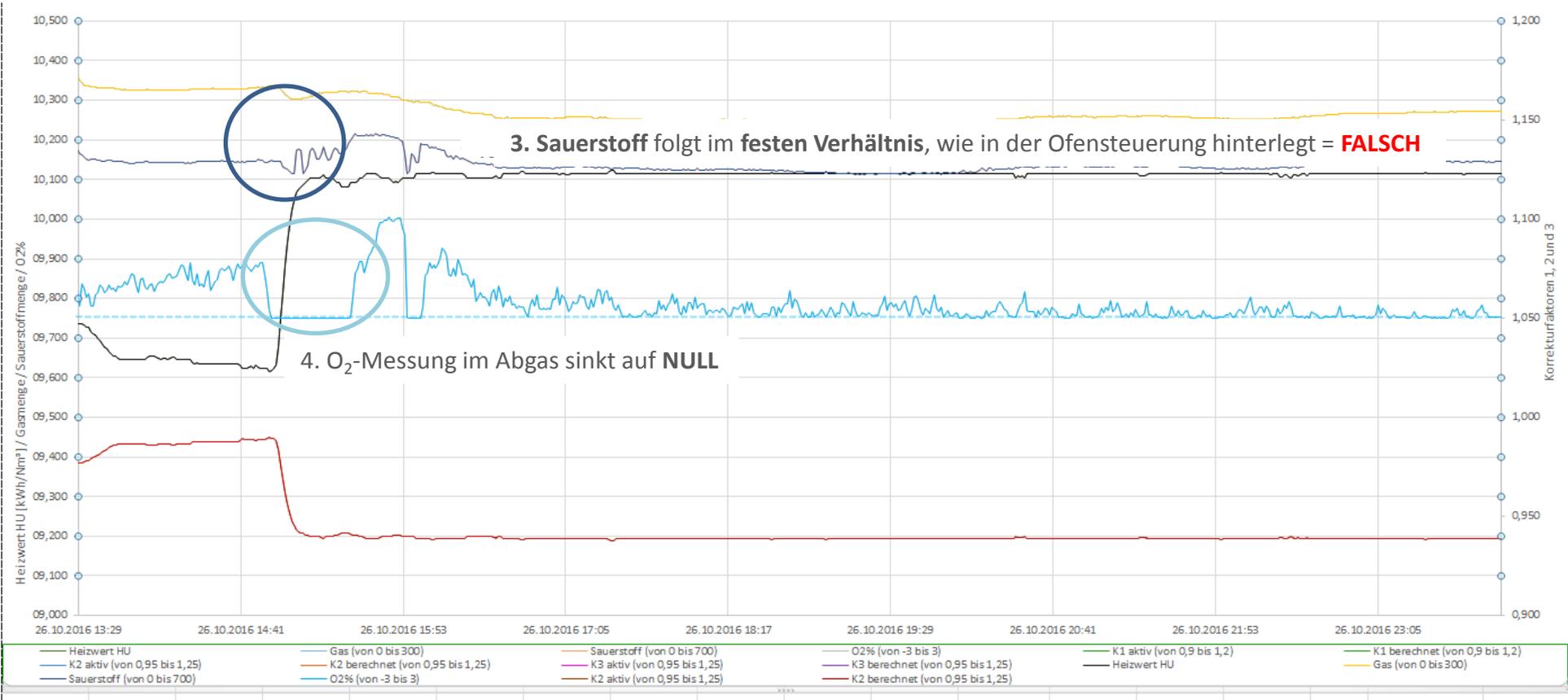


Beispiel 1



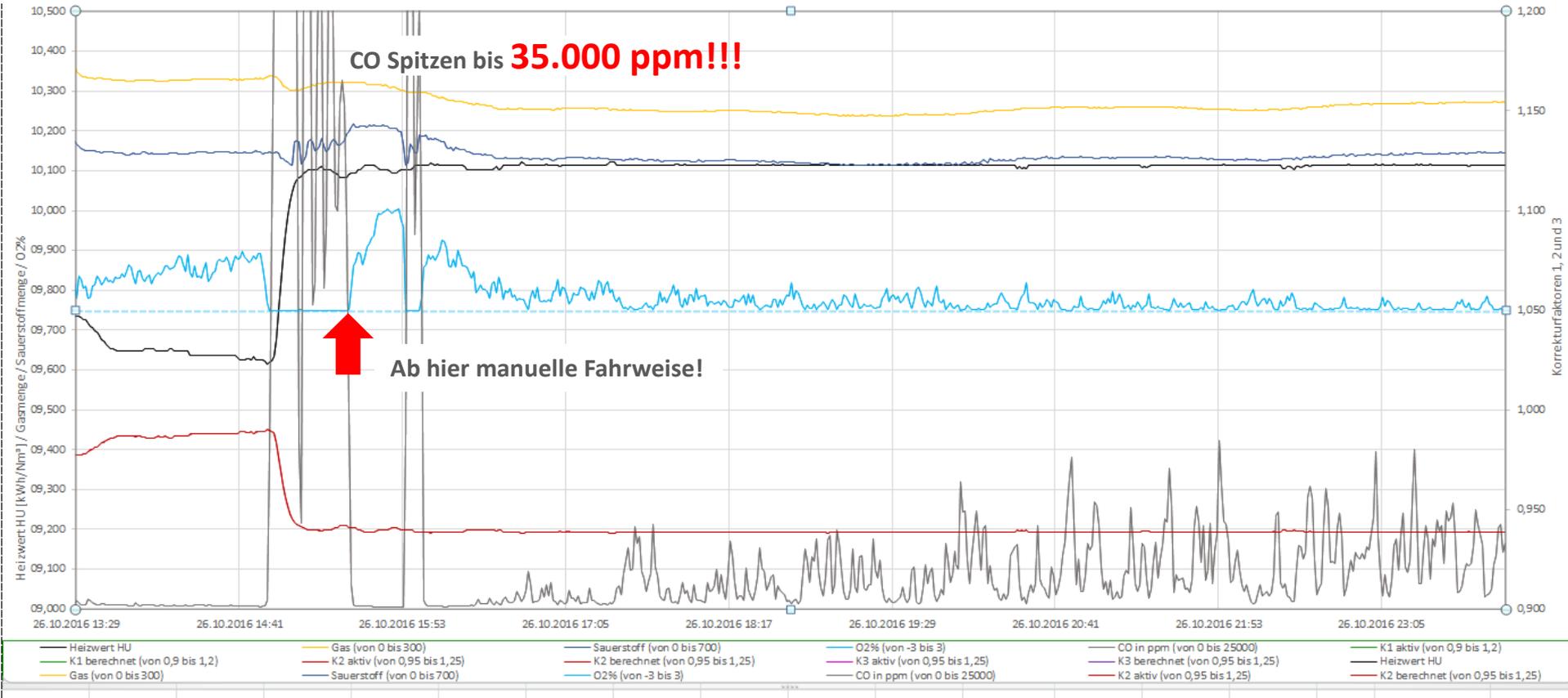
Quelle: Vortrag Herr Hemmann auf 2. Projekttreffen, GasqualitaetGlas in Lünen, 24.11.2016

Reaktion der Ofensteuerung - II



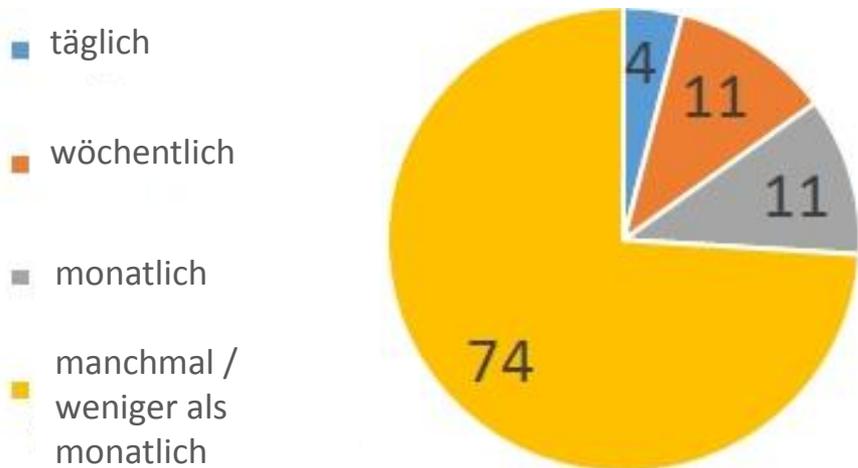
Quelle: Vortrag Herr Hemmann auf 2. Projekttreffen, GasqualitaetGlas in Lünen, 24.11.2016

Quelle: Vortrag Herr Hemmann auf 2. Projekttreffen, GasqualitaetGlas in Lünen, 24.11.2016

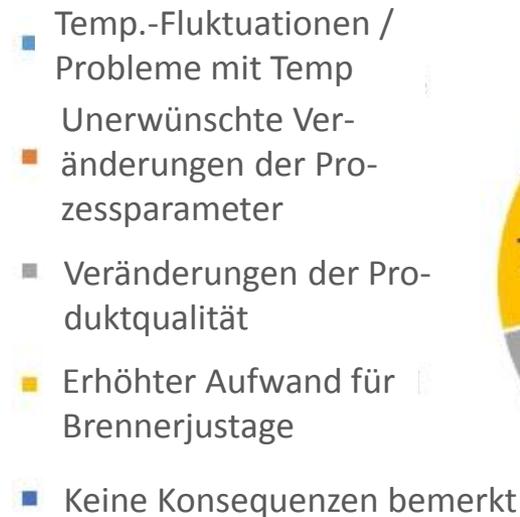


Neben der Erfassung der Gasbeschaffenheit, ist eine Anpassung der Ofenregelung notwendig, separate Regelung von Luft- und Gasmenge, **KEINE Verhältnisregelung**

48 % der befragten Anlagenbetreiber geben an, dass sie in den letzten Jahren signifikant schwankende Gasbeschaffenheiten ($> \pm 3\%$ einer relevanten Größe) erlebt haben („Hauptstudie Gasbeschaffenheit – Phase 1“, DVGW, 2016).



Häufigkeit von signifikanten Gasbeschaffenheitsschwankungen [%]

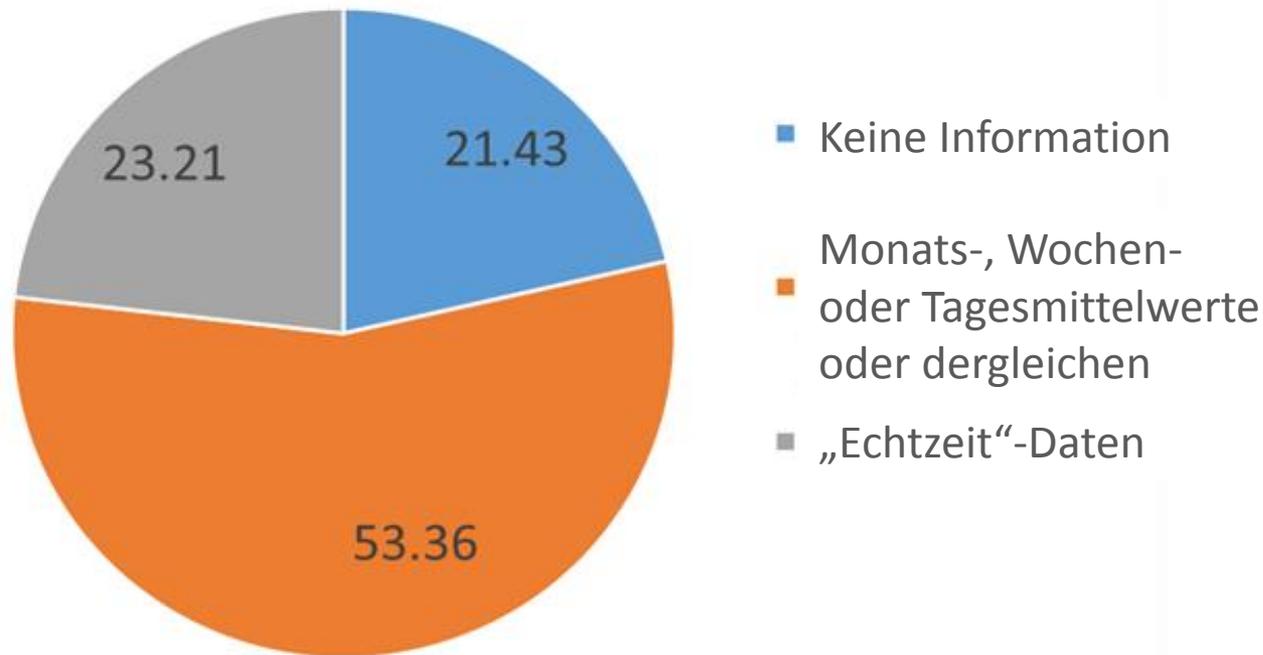


Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen [%] (Top 5)

Je nach Anwendung können die Auswirkungen von schwankenden Gasbeschaffenheiten sehr unterschiedlich ausfallen. Vorhersagen sind nicht immer einfach.

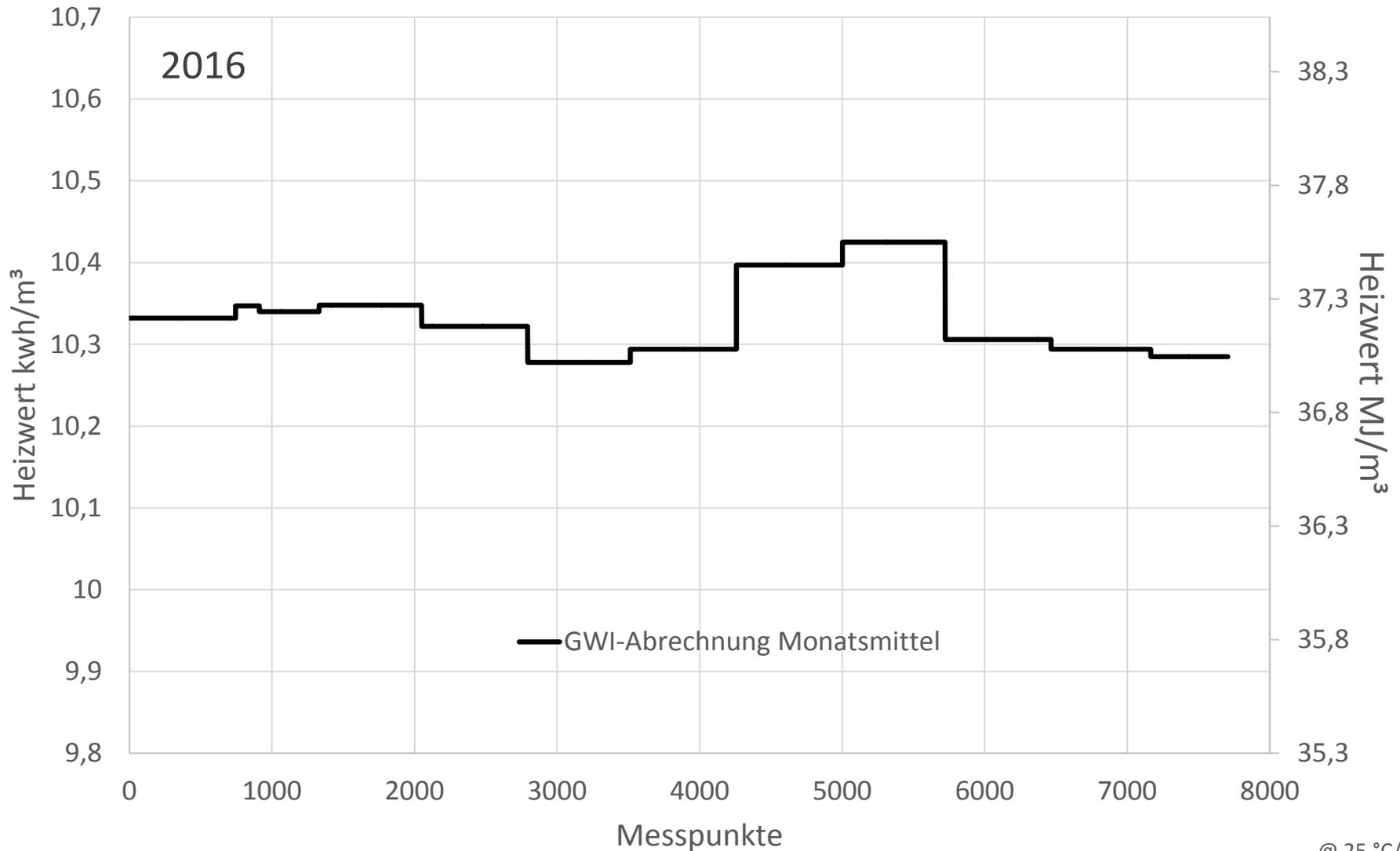
Frage (an Industriekunden):

In welcher Form haben Sie Zugriff auf Gasbeschaffungsdaten?



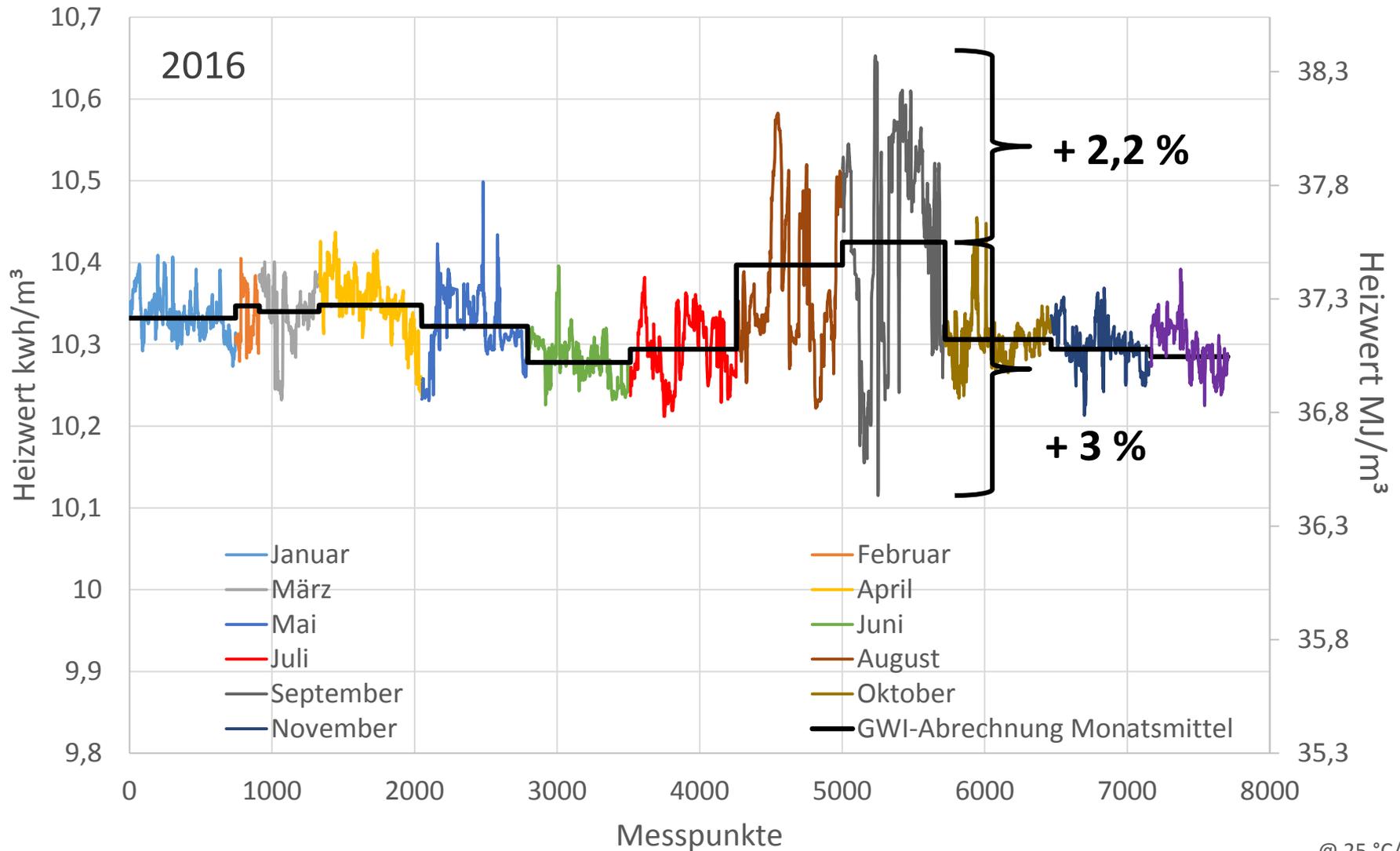
Die Mehrheit der Teilnehmer der Umfrage hat **keinen** Zugriff auf Informationen zur **aktuellen lokalen Gasbeschaffenheit**.

Heizwertmessung am GWI in Essen – Monatsmittelwert



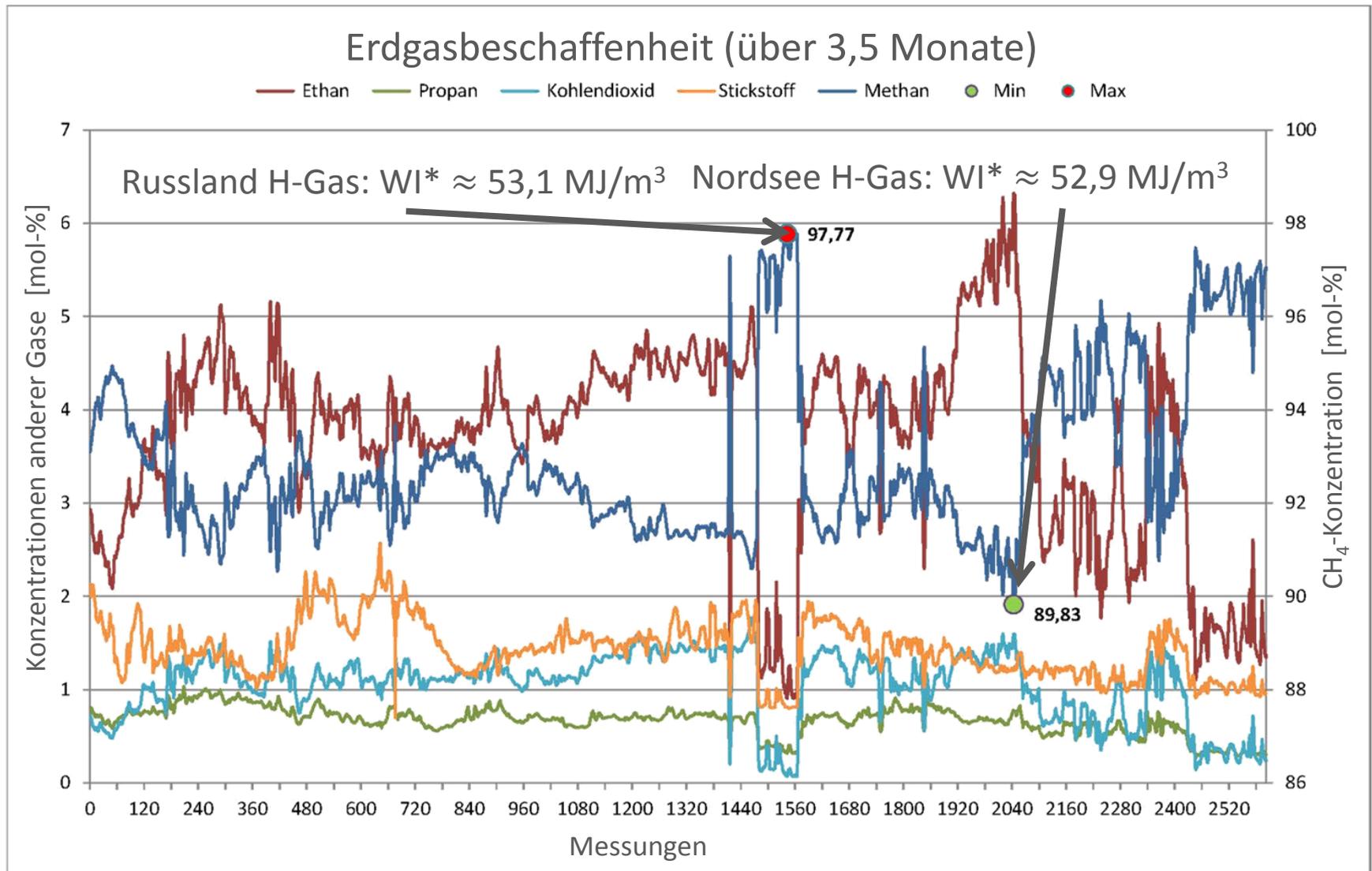
@ 25 °C/0°C

Heizwertmessung am GWI in Essen – GC-Werte



@ 25 °C/0°C

Beispiel 2



Referenzzustand:

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

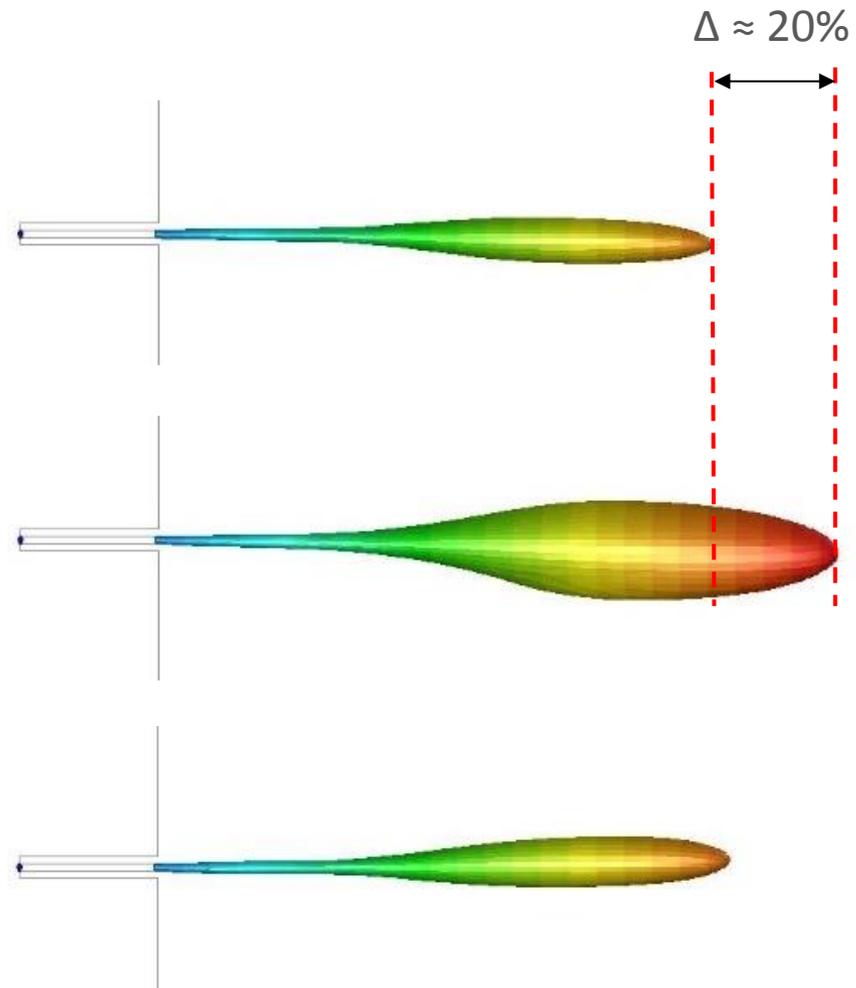
$\Delta W_s = 0,4 \%$
 $\Delta H_i = 4 \%$

Keine Regelung:

Nordsee-Gas H
Volumenströme konstant
(P = **208 kW**, $\lambda = 1,056$)
↑ 4 % ↓ 4 %

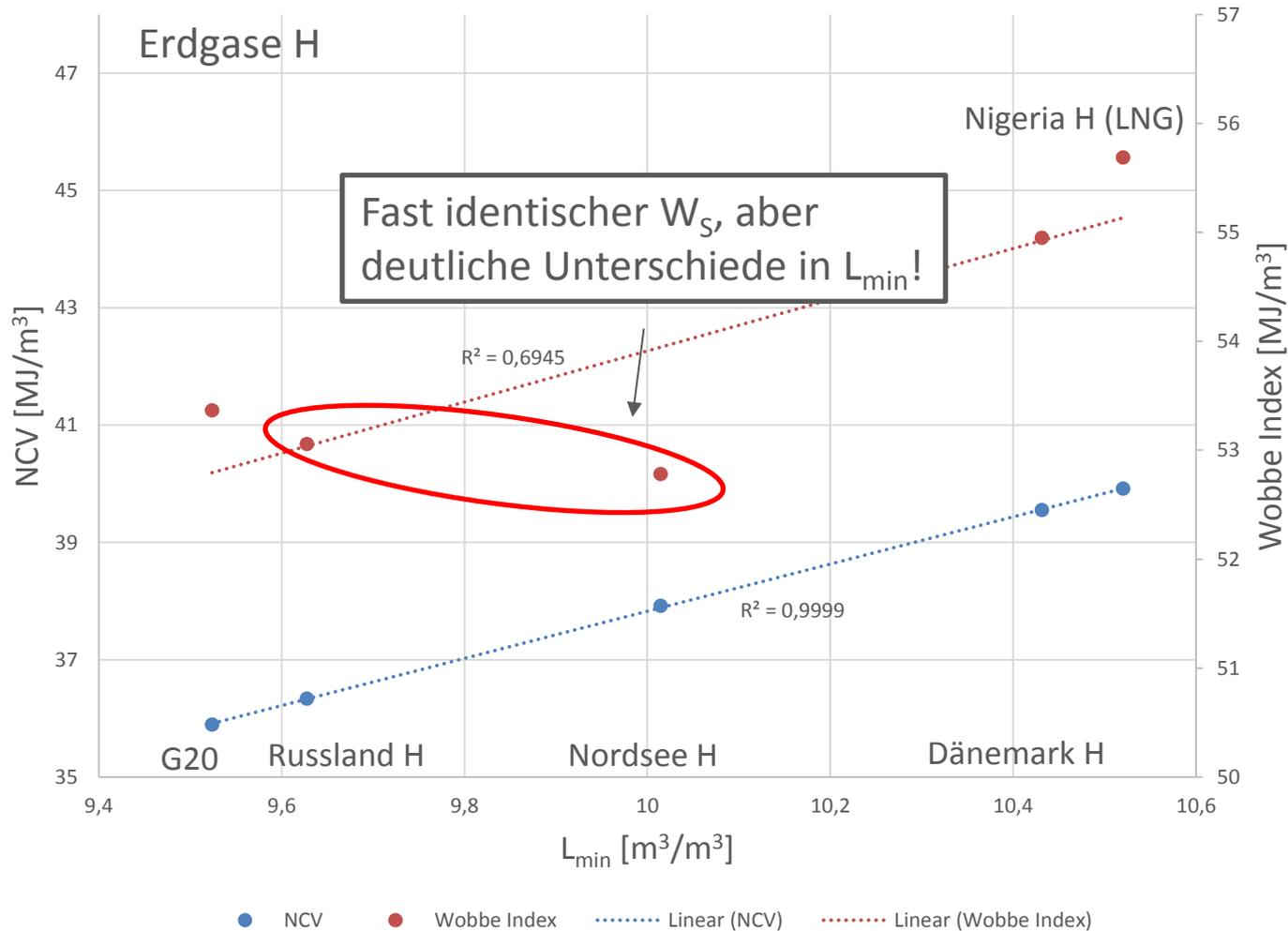
Regelung von Leistung und Luftzahl :

Nordsee-Gas H
(P = **200 kW**, $\lambda = 1,1$)
Luft- und Gasvolumenströme angepasst,
Voraussetzung: Gasbeschaffenheitsmessung **vor Ort**
und entsprechende Regelungstechnik.



Test-Brenner

Heizwert vs. Wobbe-Index vs. L_{\min} : Erdgase H



@25 °C / 0 °C

Einschätzung verschiedener (industrieller) Endverbraucher

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

**Grundlage: keine
Kompensationsmaßnahmen**

kein Handlungsbedarf
 z. T. Handlungsbedarf
 Handlungsbedarf

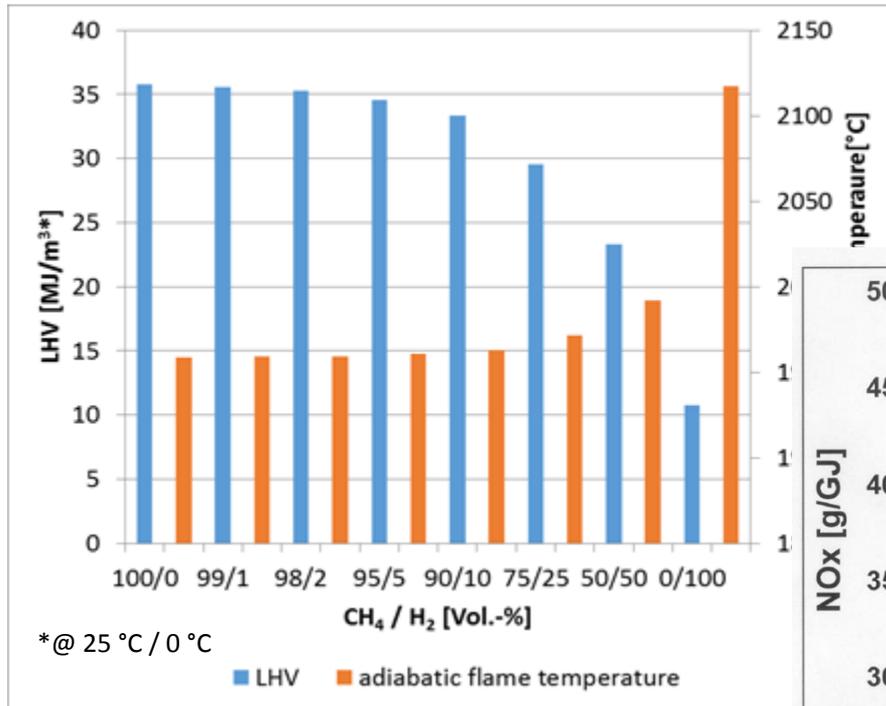
Hellstrahler*, Dunkelstrahler*, Wärmeluftheizer*:
"Produktqualität" bedeutet hier Raumwärmequalität

Wasserstoff – PtX



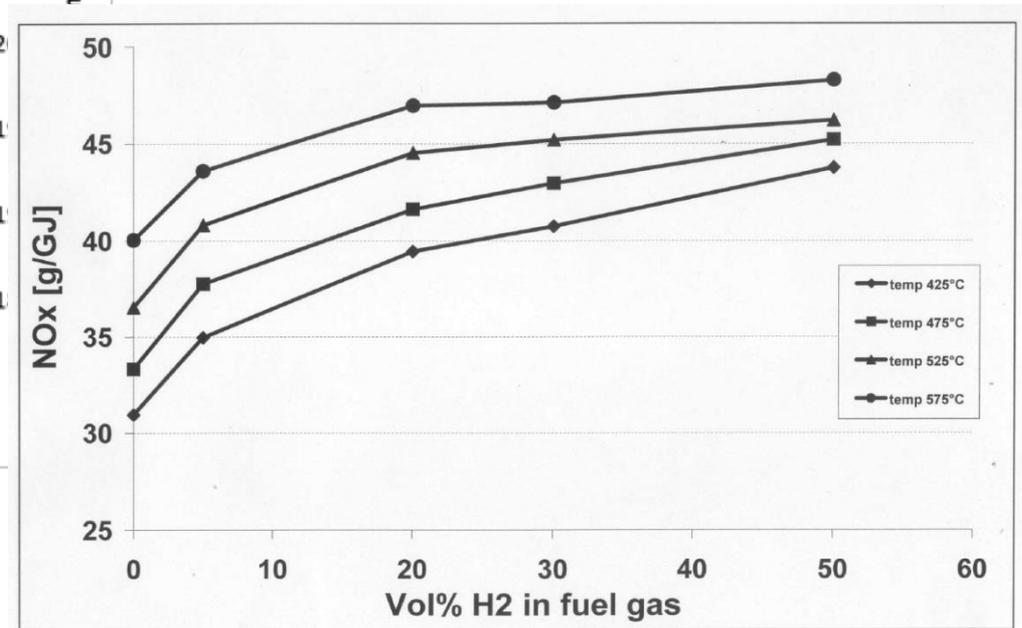
- Aber **welche Konsequenzen** haben die **Endverbraucher** zu erwarten, wenn **Power-to-Gas** im **großen Maßstab** umgesetzt wird?
- Wenn **Wasserstoff vor Ort** produziert und gespeichert wird, kann er **direkt** in Zeiten hoher Nachfrage z. B. in Gasturbinen oder Brennstoffzellen zur **Stromproduktion** genutzt werden ... **keine Auswirkungen** für die **Endverbraucher** von Erdgas.
- Wird **Wasserstoff** und **Kohlendioxid** in **Methan** umgewandelt, kann dieses **SNG** **direkt** in das **öffentliche Erdgasnetz** eingespeist werdendürfte **keine Auswirkungen** auf den Endverbraucher haben, höchstens durch die Schwankungen der lokalen Gasbeschafflichkeiten.
- Aber was, wenn der **Wasserstoff** **direkt** in das **Erdgasnetz** (bevorzugte Option der Gaswirtschaft) eingespeist wird?
Wie sind die **Auswirkungen** auf die **Betreiber** von **Thermoprozessanlagen** und Kraftwerken sowie die chemische Industrie, mit ihren teilweise **hochsensiblen Prozessen** und **Produkten**?

... auf die Verbrennung?



Source: GWI

... auf Schadstoffemissionen?



Source: Slim, B.K., Darneveil, H., van Dijk, G.H.J., Last, D., Pieters, G.T., Rotink, M.H., Overdiep, J.J., Levinsky, H.B., "Should we add hydrogen to the natural gas grid to reduce CO₂ emissions (Consequences for gas utilization equipment)", 23rd World Gas Conference, Amsterdam, The Netherlands, 2006

Szenario I:

Keine Regelung von **Luftzahl** und **Leistung**, d. h.

Volumenströme von **Gas** und **Luft** bleiben **konstant** („worst case“).

Szenario II:

Luftverhältnis konstant, aber **keine Leistungsregelung**, d. h. **Volumenstrom Gas** bleibt **konstant**, **Volumenstrom Luft** wird angepasst.

Szenario III:

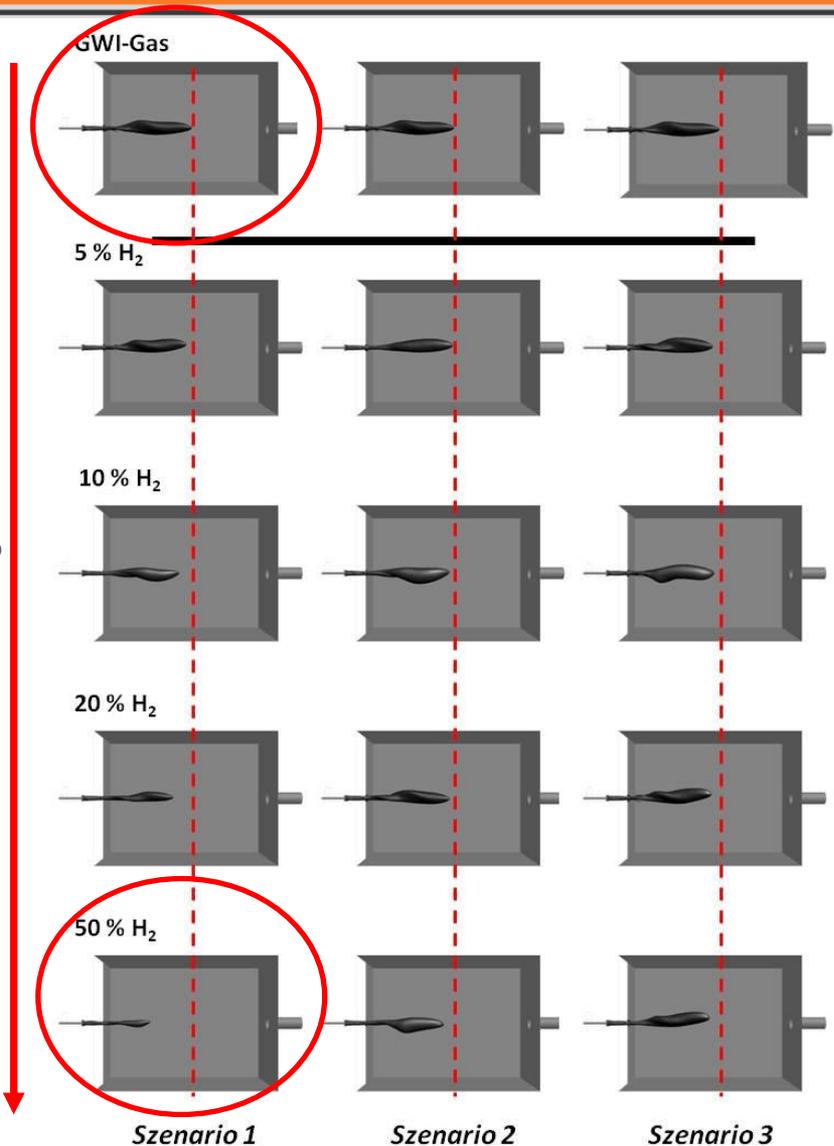
Luftzahl und Leistung konstant, d. h. **Volumenstrom Gas** und **Luft** werden **angepasst** („best case“)

ΔP ca. - 7,5 %

$\Delta \lambda$ ca. + 9 %

ΔP ca. - 35 %

$\Delta \lambda$ ca. + 61 %



Szenario I:

Keine Regelung von **Luftzahl** und **Leistung**, d. h.

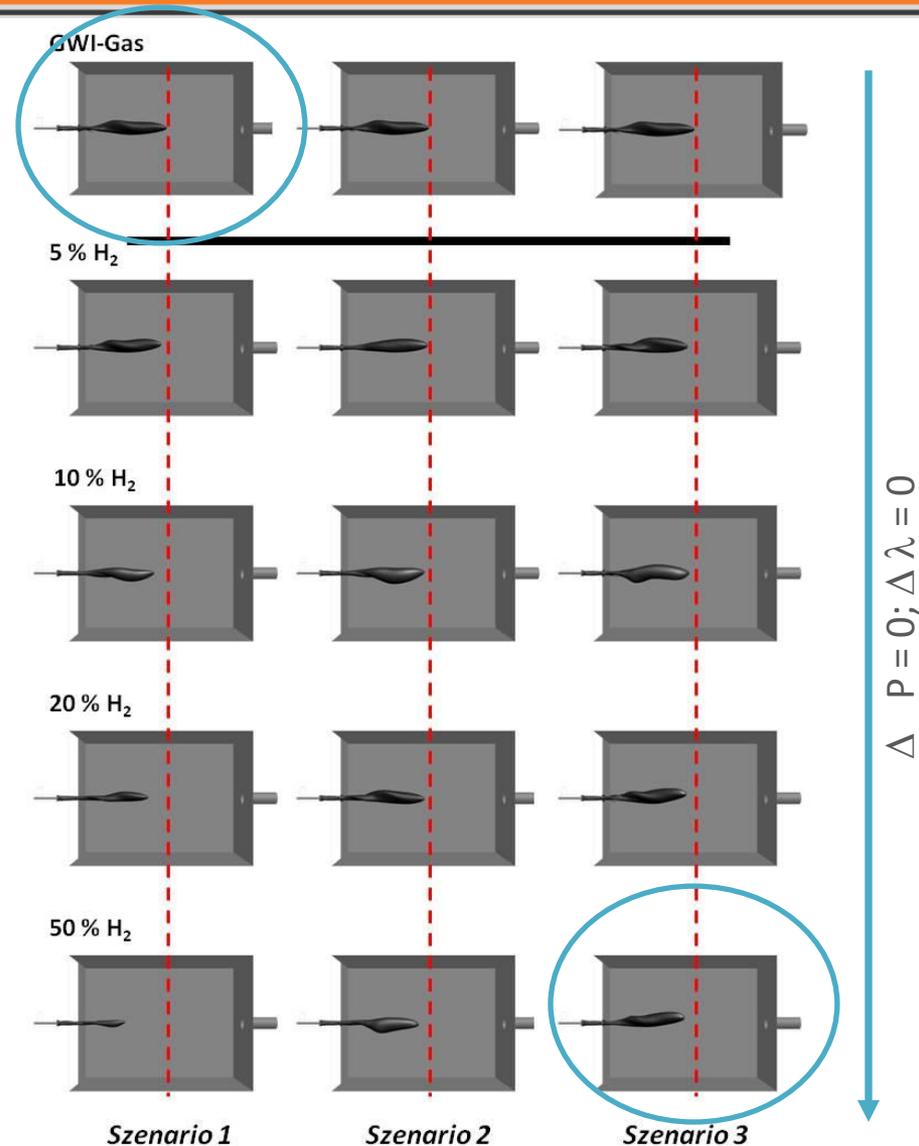
Volumenströme von **Gas** und **Luft** bleiben **konstant** („worst case“).

Szenario II:

Luftverhältnis konstant, aber **keine Leistungsregelung**, d. h. **Volumenstrom Gas** bleibt **konstant**, **Volumenstrom Luft** wird angepasst.

Szenario III:

Luftzahl und Leistung konstant, d. h. **Volumenstrom Gas** und **Luft** werden **angepasst** („best case“)



Lösung



Anwender

- Verschiedene Kompensationsmöglichkeiten sowohl auf der Anwender- als auch auf der Netzseite sind denkbar:
 - Stark überstöchiometrische Fahrweise – Effizienzverluste, u. U. höhere NO_x-Emissionen
 - Luftzahlregelung – z. B. Lambdasonde
 - Luftzahl- und Leistungsregelung – z. B. Lambdasonde, Gasbeschaffenheitsmessgerät, angepasste MSR-Technik, **KEINE** Verbundregelung, Gas und Luft müssen separat regelbar sein
 - Lokale Konditionierung – Gasbeschaffenheitsmessgerät, Mischeinheit, Gase

Netz

- Regionale Netzconditionierung – Gasbeschaffenheitsmessgeräte, Mischeinheiten, Gase
- Nationale Netzconditionierung – Gasbeschaffenheitsmessgeräte, Mischeinheiten, Gase



???

Anwender

- Verschiedene Kompensationsmöglichkeiten sowohl auf der Anwender- als auch auf der Netzseite sind denkbar:
 - Stark überstöchiometrische Fahrweise – Effizienzverluste, u. U. höhere NO_x-Emissionen
 - Luftzahlregelung – z. B. Lambdasonde
 - Luftzahl- und Leistungsregelung – z. B. Lambdasonde, Gasbeschaffenheitsmessgerät, angepasste MSR-Technik, **KEINE** Verbundregelung, Gas und Luft müssen separat regelbar sein
 - Lokale Konditionierung – Gasbeschaffenheitsmessgerät, Mischeinheit, Gase

Netz

- Regionale Netzkonditionierung – Gasbeschaffenheitsmessgeräte, Mischeinheiten, Gase
- Nationale Netzkonditionierung – Gasbeschaffenheitsmessgeräte, Mischeinheiten, Gase



???

- Erdgas wird auch in Zukunft eine **wesentliche Rolle im Energie-Mix** spielen, sowohl global als auch in Deutschland und Europa.
- Endverbraucher, insbesondere in sensiblen Bereichen, müssen jedoch mit Veränderungen rechnen, wie etwa **neue Marktsituationen** (Liberalisierung und „unbundling“), **neue Gasbezugsquellen** (LNG ?) oder auch die verstärkte Einspeisung von **regenerativen Gasen** (Bio-Methan, Wasserstoff) in die Gasnetze.
- Eine Konsequenz können weitaus **stärkere lokale Fluktuationen** im angebotenen Erdgas sein, mit unter Umständen erheblichen Konsequenzen.
- Bessere **Mess- und Regelungstechnik** kann hier helfen, wird aber momentan nicht flächendeckend in Deutschland eingesetzt. **FuE** sind immer noch notwendig!

- Hauptstudie zur Analyse der volkswirtschaftlichen Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen auf die Sektoren des Gasverbrauchs und deren Kompensation Phase 1 (Hauptstudie Gasbeschaffenheit)“, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Bonn, Abschlussbericht G1/01/15, 2016
- > [Hauptstudie Gasbeschaffenheit Phase I](#)
- Hauptstudie Gasbeschaffenheit, Phase II, Abschlussbericht über den DVGW zu beziehen
- Gasbeschaffenheitsschwankungen - Erarbeitung von Kompensationsstrategien für die Glasindustrie zur Optimierung der Energieeffizienz (GasqualitaetGlas), Abschlussbericht (03ET1296A-D), Dezember 2018
- > [GasqualitaetGlas](#)
- Untersuchung der Auswirkung von Wasserstoff-Zumischung ins Erdgasnetz auf industrielle Feuerungsprozesse in thermoprozesstechnischen Anlagen (H2-Substitution)“, Gas- und Wärme-Institut Essen e.V., Essen, Abschlussbericht zum AiF-Forschungsprojekt Nr. 18518 N, 2017
-> [H2-Substitution](#)



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