

An overview of H₂ combustion

SAACKE's Feedback

A brief introduction of SAACKE

Who are we ?

Based in Bremen, Germany

Specialized in Combustion Systems and Burners

- Specialized in special fuels and low carbon solutions
- Industrial field mainly
- Complete turnkey project, focus on combustion



1.100
Employees worldwide



> 450
Engineers



> 200
Service engineers

A worldwide representation

50 countries



A brief introduction of SAACKE

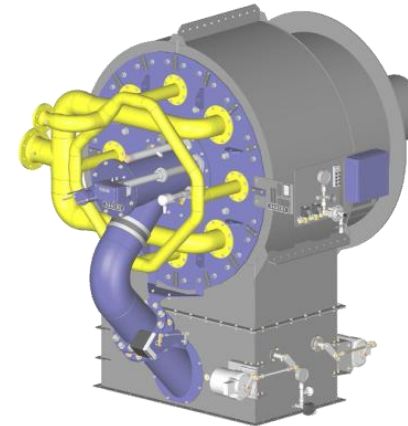
Our know-how ?

Leading-edge technology:

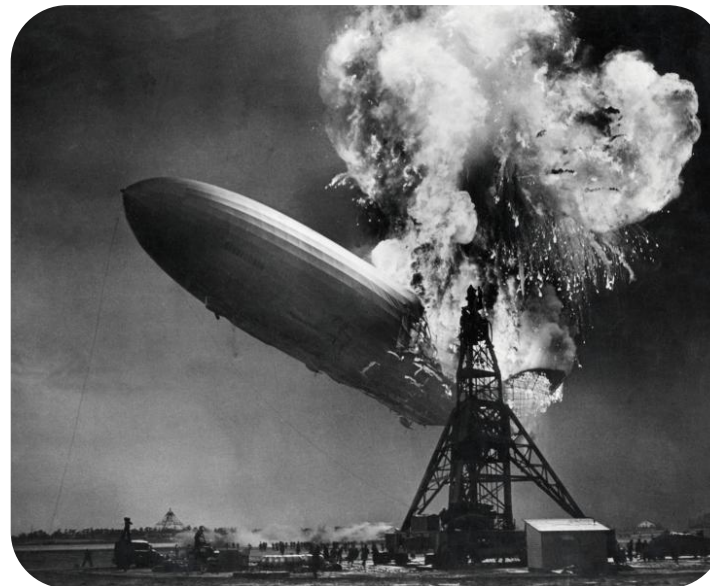
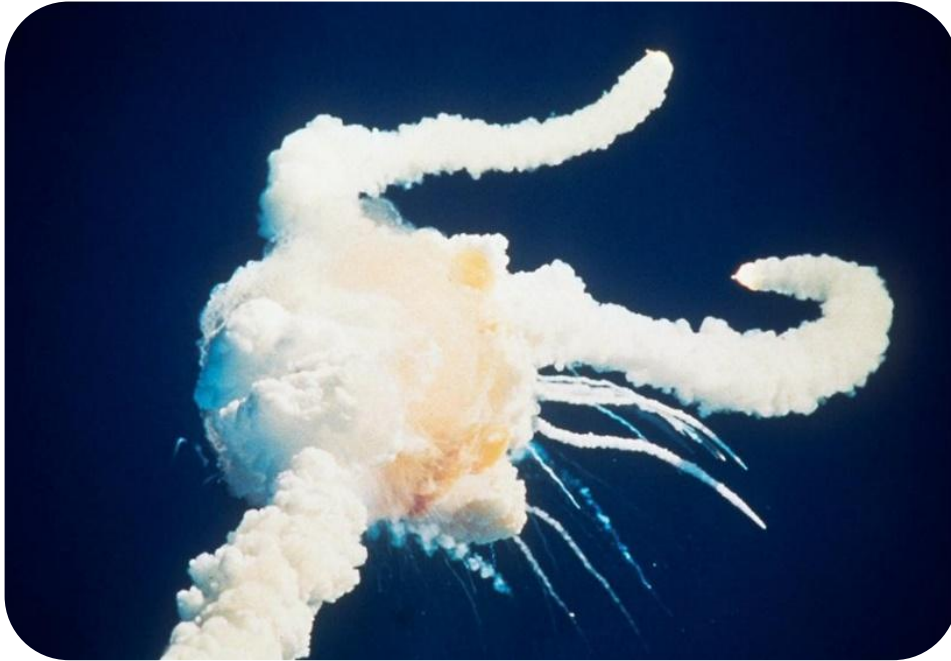
- Environmentally friendly
- Durable & Economical

Our solutions

- Shell boilers, water tube boilers, combustion chambers, ...
- Liquid and gaseous fuels
- Single burner capacity:
1 to 100 MW

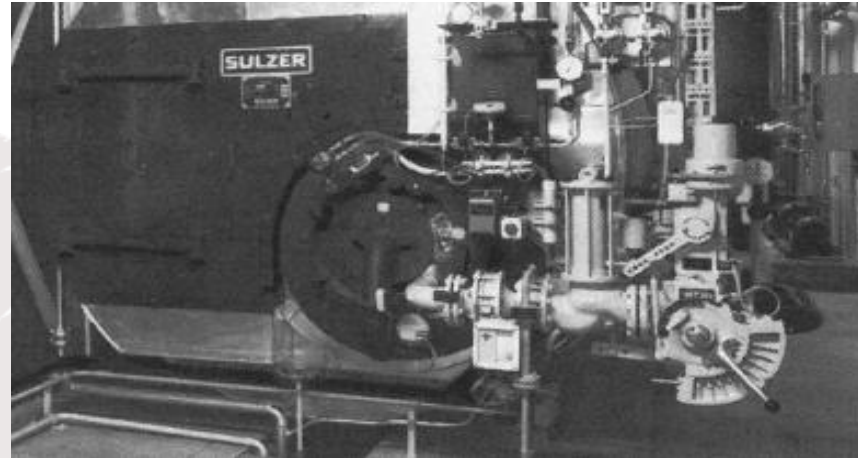


Association with Hydrogen and Combustion



Is combustion of Hydrogen the future ?

« For us it's an old story ...



Wasserstoff als Energieträger für die Dampfproduktion

Einer alten Überlieferung gemäß werden Stätten der Salzgewinnung mit „Hah- oder Hahen“ bezeichnet z. B. Schwäbisch-Hall, Reichenhall, Schweizerhalle. Mit der Erschließung des Salzkommens in Schweizerhalle wurde der Grundstein zur industriellen Entwicklung dieses Raumes östlich von Basel gelegt. Die Säurefabrik Schweizerhalle hatte zur Hauptaufgabe die Versorgung der chemischen Industrie vornehmlich in Rheine Basel mit lebenswichtigen Grundstoffen sicherzustellen.

In der Elektrolyse fällt beim Prozeß der Zerlegung von Kochsalz in Chlor und Natriumhydroxid zwangsläufig das Nebenprodukt Wasserstoff an. Je 100 kg verarbeitetes Kochsalz entsteht eine Menge von 32 m³ Wasserstoff, rund 1% der anfallenden Menge wird für die Verbrennung von Chlorgas zu Chlorwasserstoff bzw. Salzsäure gebraucht. Ein weiterer Teil wird auf 200 bar komprimiert und weiter verwendet. Nur die überschüssige, schwachende Wasserstoffmenge wird seit 1981 als Energieträger bei der Dampfzeugung genutzt. Dazu wurde von uns eine komplette Wasserstoff-Feuerunganlage für einen neuen Sulzer-Ordnungsantrieb geliefert. Der Gasbrenner SG 40 ist vollständig ausgelegt für eine Leistung von max. 100 m³/h Wasserstoff und später ausbaufähig auf 150 m³/h. Einer der wichtigsten Gesichtspunkte bei der Planung dieser Anlage war bestimmt die Frage der Sicherheit. Diesem Umstand mußte deshalb ganz besondere Beachtung geschenkt werden.

Betriebsweise und Sicherheitsvorkehrungen
Das Signal „Brenner „an““ erhält die Anlage, wenn min. 100 m³/h H₂ bei einem Druck von 270 mbar in der Elektrolyse über Dach abgelassen werden. Diese Leistung entspricht der minimalen Brennerleistung. Über diesen Input beginnt der Brenner vorzurufen. Gleichzeitig erfolgt die Gasprüfung der H₂-Stützgasarmaturen inkl. Gasverbindung. Da der Gasdruck keine Nulldarstellung besitzt, steigt der Hinterdruck im Schutz der Brenneranlage auf den vor-

handenen Vordruck, d. h. ca. 270 mbar an. Während des Vorlötens muß nun die Anfahrdruckentlastung öffnen und den Druck auf den gewünschten Hinterdruck von ca. 200 mbar absenken. Gleichzeitig während des Vorlötens wird das letzte Leitungsstück der Anlage sowie der Gasbrenner mit Stickstoff durchgespült. Das Signal „minimale Stickstoffmenge“ wird in der Sicherheitskette des Brenners geführt. Nach Ablauf der Vorlötzeit und bei gegebener UV-Überwachung (Dichtprüfung etc.) wird der Brenner über einen Druckwächter H₂ Betriebsdruck ca. 200 mbar, freigegeben. Die Brennerabregelung erfolgt in Abhängigkeit des Wasserstoffdruckes vor der Druckreduzierung. Dieser Druck wird auf 200 mbar eingestellt.

Aus Sicherheitsgründen wird bei Betrieb der Anlage die Gasfließgeschwindigkeit über dem Brenner auf ein Minimum begrenzt. Bei Unterschreiten einer minimalen H₂-Fließgeschwindigkeit wird die Anlage abgestellt. Bei Unterschreiten einer max. H₂-Fließgeschwindigkeit wird die Anlage ebenfalls abgestellt. Gefahr des Luftmangels – Explosionsrisiko. Zur Sicherheit wird die Anlage über

den ganzen Regelbereich mit einem O₂-Wert von 4% gehalten. Bei Unterschreiten des O₂-wertes von 2% geht die Anlage ebenfalls auf Störung. Des weiteren wird bei Betrieb die Flammrückschlagsicherheit fortlaufend überwacht.

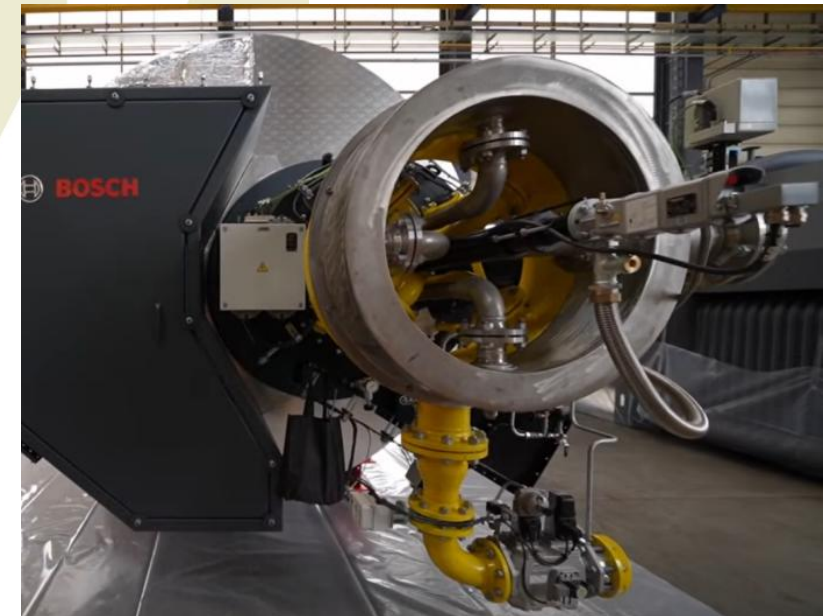
Bei Leistungsrückgang (Gasdruck fällt unter 200 mbar) geht die Anlage über einen Endwert von 2% auf einen Endwert von 2% zurück. Aus Sicherheitsgründen läuft das Gehäuse des Brenners während ca. 2–3 Minuten nach. Gleichzeitig werden das letzte Leitungsstück sowie der Gasbrenner, wie beim Vorlötens, mit Stickstoff durchgespült. Die Stickstoff-Magnetventile werden auf Dichtzeit geprüft sowie der Druck in der Stickstoffleitung überwacht.

Nach dem heutigen Stand der Kenntnis wird Wasserstoff oft als die „umweltfreundlichste Energie“ bezeichnet. Als wesentliches Verbräunungsprodukt fällt lediglich Wasserdampf an.

Die Betriebserfahrungen mit dieser Anlage haben gezeigt, daß die gestellten hohen Anforderungen an die Sicherheit der Anlage in allen Belangen erfüllt wurden und der Einsatz dieses Energieträgers in der Wärmeerzeugung technisch problemlos ist.

R. Fahrner

... started in 1975 »

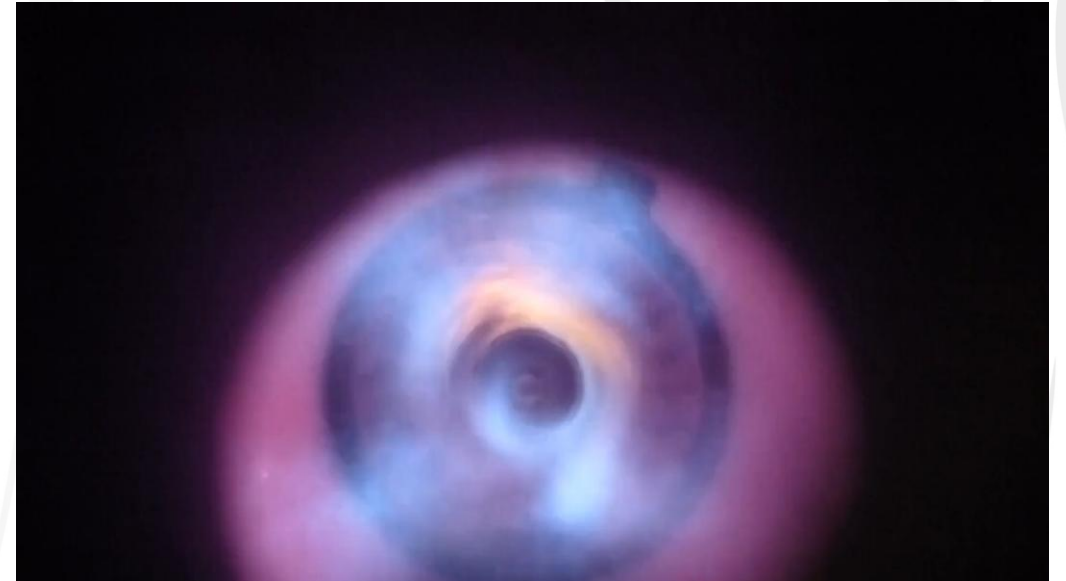


Is combustion of Hydrogen the future ?

References

- References over almost 50 years
- Approx. 70 installations
- From 70 to 100% H₂
- From 1.5 to 35MW burner capacity

Anlage	Betreiber	Land	Brenner- leistung [MW]	Anzahl Brenner	Brenner	1. Brennstoff	2. Brennstoff	3. Brennstoff	Jahr
se@vis	se@vis	DE	30,7	1	S580 200	H ₂ -Gas		Erdgas	2021
c@axx@	c@axx@	DE	3	1	S580	H ₂ -Gas		Erdgas	2021
se@vis	se@vis	PL	10,5	1	S580	H ₂ -Gas		Erdgas	2021
se@vis	se@vis	DE	1	1	S580	H ₂ -Gas		Biogas	2020
se@vis	se@vis	Japan	3,7	1	S580 20_GCU	H ₂ -Gas			2020
C@axx@	C@axx@	AUS	7,7	1	S530	H ₂ -Gas			2019
se@vis	se@vis	Malaysia	7,7	1	S500 80	H ₂ -Gas			2018
se@vis	se@vis	RU	7,5	1	S500 80	H ₂ -Gas		Erdgas	2017
se@vis	se@vis	TH	4	1	S500 40	H ₂ -Gas		Erdgas	2016
C@axx@	C@axx@	CZ	4,4	1	S580 300-CCL LT	H ₂ -Gas			2015
se@vis	se@vis	ES	4,5	1	S500 50	H ₂ -Gas		Erdgas	2015
se@vis	se@vis	PT	2	1	S500 40	H ₂ -Gas		Erdgas	2014
C@axx@	C@axx@	CN	4,5	1	S500R 40	H ₂ -Gas		Erdgas	2014
F@axx@	F@axx@	SK	15,4	1	S500 150	H ₂ -Gas		Erdgas	2014
C@axx@	C@axx@	IN	3	1	DD05-EN 150.01	H ₂ -Gas		HFO	2013
C@axx@	C@axx@	DE	5,71	1	SKV5 40	H ₂ -Gas		Erdgas	2012
C@axx@	C@axx@	DE	80	1	DD018-1120	H ₂ -Gas		Erdgas	2011
se@vis	se@vis	???	4	4	S580	Wasserstoffreih			2007
se@vis	se@vis	DE	10,33	6	DD020 10	H ₂ -Gas		Oil	2007
se@vis	se@vis	FI	19,8	1	S0 200	H ₂ -Gas			2006
se@vis	se@vis	DE	29,3	3	TF-DD020 120	Raffinerie Gas (70% H ₂)		Oil	2006
se@vis	se@vis	DE	10,23	3	DD050 12	H ₂ -Gas		Raffinerie Gas	2006
se@vis	se@vis	AT	10,23	1	DD050 10-400	Erdgas			2006
FC	FC	FI	11,7	1	SKV5 100	H ₂ -Gas		Oil	2005
se@vis	se@vis	DE	19	3	DD020 12	H ₂ -Gas		Oil	2005
se@vis	se@vis	DE	4,5	1	S500 50	Erdgas		H ₂ -Gas	2002
M@axx@	M@axx@	UK	2	2	S590	Wasserstoffreih			2001
se@vis	se@vis	Malaysia	1	1	S5110	Wasserstoffreih			2000
se@vis	se@vis	DE	35	2	TF-DD05 400	Raffinerie Gas (70% H ₂)		Oil	2000
se@vis	se@vis	Quatar	11	2	S50 100	Erdgas		H ₂ -Gas	2000
C@axx@	C@axx@	AU	9	1	SAV50 80	Erdgas		LFO	1999
se@vis	se@vis	DE	35	3	TF-DD020 120	Raffinerie Gas		H ₂ -Gas	1998
se@vis	se@vis	DE	35	3	TF-DD020 120	Raffinerie Gas		H ₂ -Gas	1998
se@vis	se@vis	DE	15	1	SKV5 150	H ₂ -Gas		HFO	1997
se@vis	se@vis	DE	12,5	2	TF-DD05 150	Raffinerie Gas (70% H ₂)		Oil	1995
se@vis	se@vis	DE	12,5	2	TF-DD05 150	Raffinerie Gas (70% H ₂)		Oil	1995
C@axx@	C@axx@	DE	6	1	SKV5 80	H ₂ -Gas		Oil	1992
C@axx@	C@axx@	DE	1	1	S50R	H ₂ -Gas			1992
F@axx@	F@axx@	FI	15	1	SKV5 150	H ₂ -Gas		Oil	1987
se@vis	se@vis	PA	4	1	SKV5 20	H ₂ -Gas			1985
se@vis	se@vis	CH	4	1	S500 40	H ₂ -Gas		Erdgas	1982
F@axx@	F@axx@	FI	15	1	S0 150	H ₂ -Gas			1978
C@axx@	C@axx@	DE	10	1	SKV5 100	H ₂ -Gas		Oil	1976
F@axx@	F@axx@	DE	10,8	1	SKV5 100	H ₂ -Gas		Oil	1975



Differences of H₂ combustion vs Natural Gas combustion

Characteristics	Hydrogen	Natural Gas
Chemical formula	H ₂	CH ₄ (> 90%)
Density (kg/m ³)	0,09	0,78
Low Heating Value (kWh/Nm ³)	3,0	10,0
Wobbe Index (MJ/m ³)	40,98	46,10
Air Demand (m ³ _{AIR} /MW)	791	959
Adiabatic flame temperature (°C)	2053	1831
Flame speed (m/s)	2,81	0,36

What are the technical challenges ?

Technical challenges due to high flame temperature

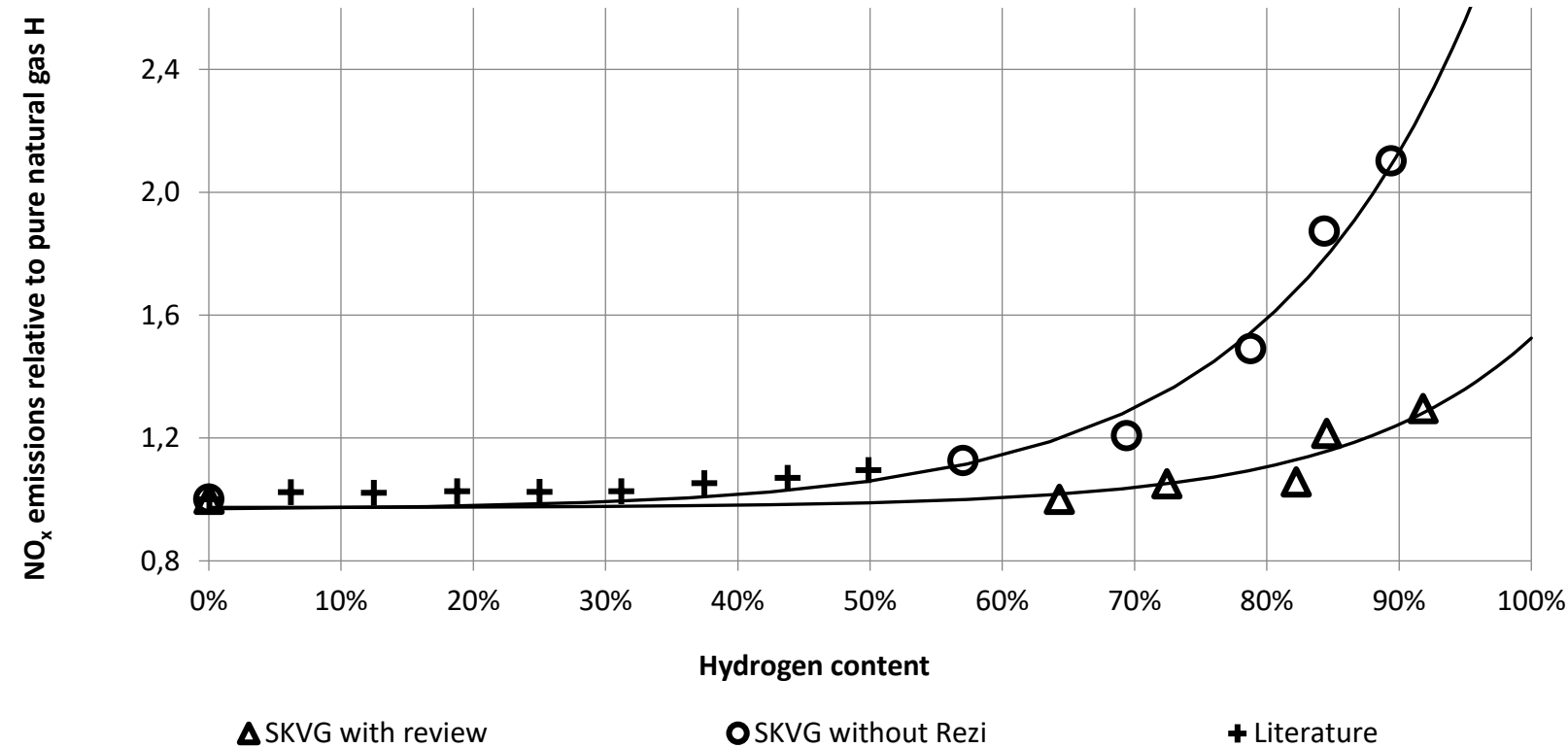
- Wear due to temperature stress
- NOx emissions

Other technical challenges

- Flame monitoring
- Condensation in the flue gas system
- Often H₂ low pressure



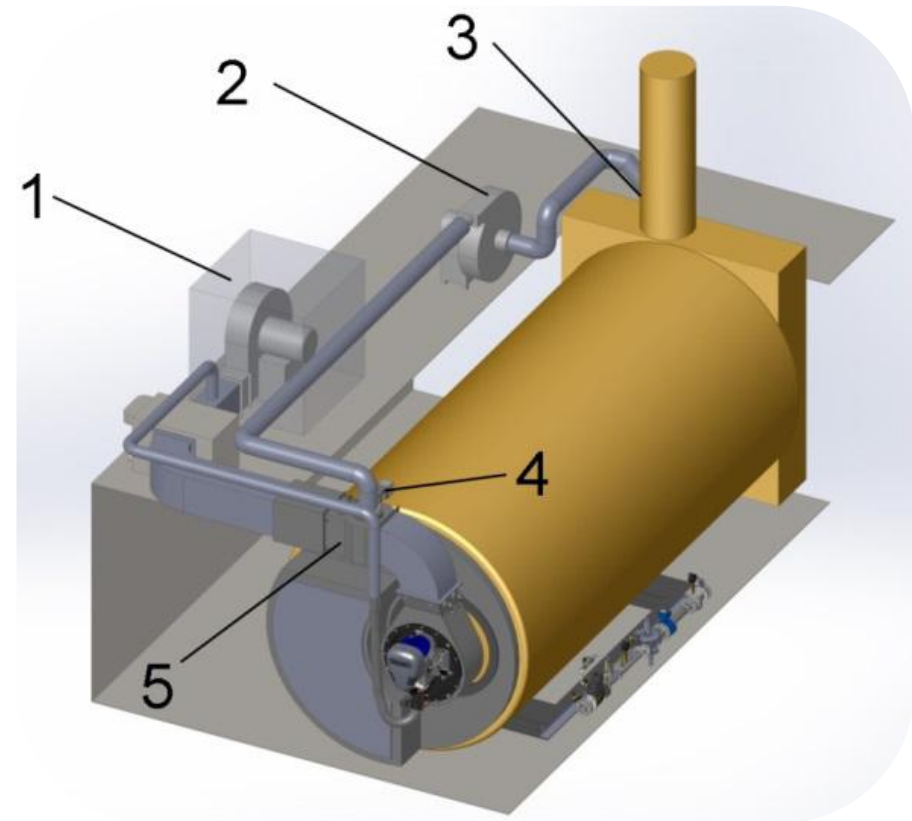
Hydrogen mixed in Natural Gas : Impact on NOx



Source: iGF final report - Investigation of the effect of hydrogen admixture into the natural gas grid on industrial firing processes in thermoprocessing plants, 2017

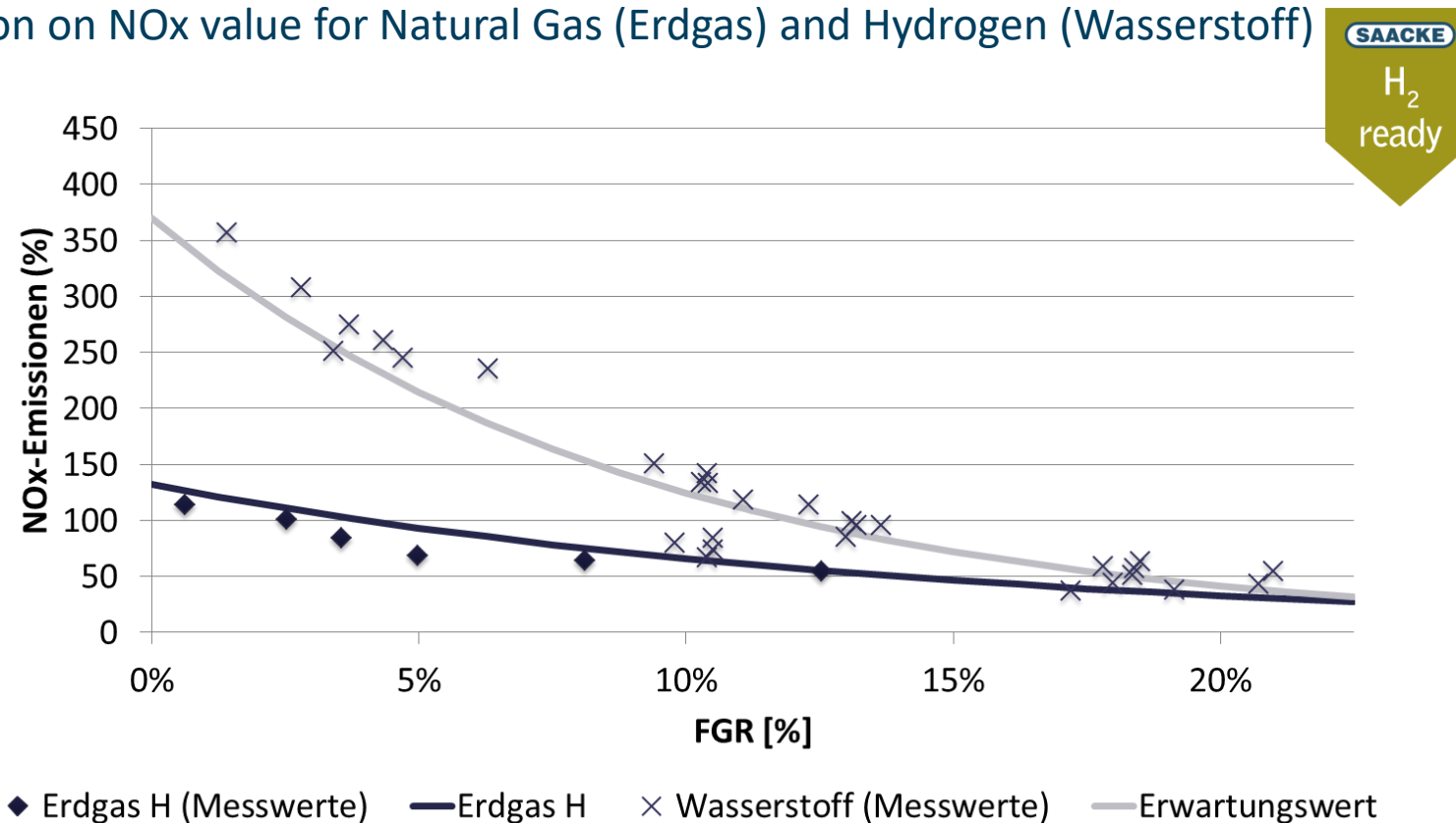
Principle of the FGR : Flue Gas Recirculation

1. Combustion Air Fan
2. Flue Gas Fan
3. Chimney / Smoke stack
4. Flue Gas damper with actuator
5. Mixing Unit



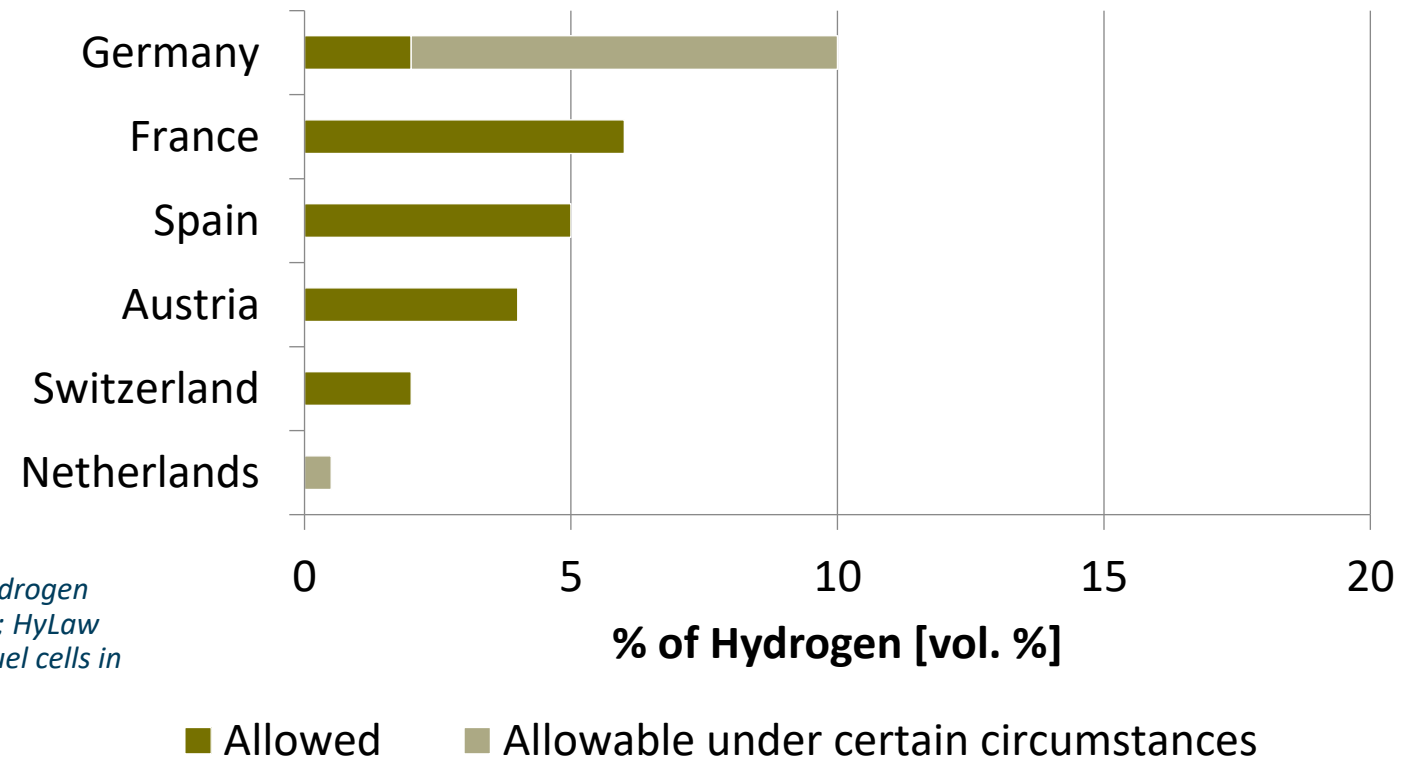
Hydrogen combustion : Impact on NOx

Comparison on NOx value for Natural Gas (Erdgas) and Hydrogen (Wasserstoff)



% Mix of Hydrogen in the existing EU Natural Gas Network

What is already allowed ?



Source: Dolci et al. (2019), "Incentives and legal barriers for Power-to-Hydrogen pathways: An international snapshot", International Journal of Hydrogen; HyLaw (n.d.), Online Database; Staffell et al. (2019) "The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system", Energy and Environmental Science.

Reference on boilers

Flame tube boiler

Chemical company

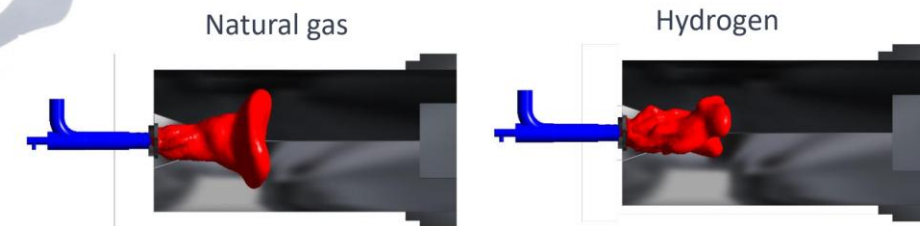
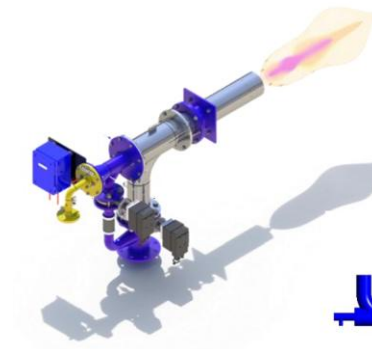
- 17 t/h flame tube boiler
- Firing capacity: 10.5 MW
- Fuels: Hydrogen / Natural Gas
- Pressure hydrogen min. 150 mbarg
- Control range 1 : 5
- Emissions:
 - $\text{NO}_x < 60 \text{ mg/Nm}^3 @ 3\% \text{O}_2 \text{ on NG}$
 - $\text{NO}_x < 60 \text{ mg/Nm}^3 @ 3\% \text{O}_2 \text{ on H}_2$



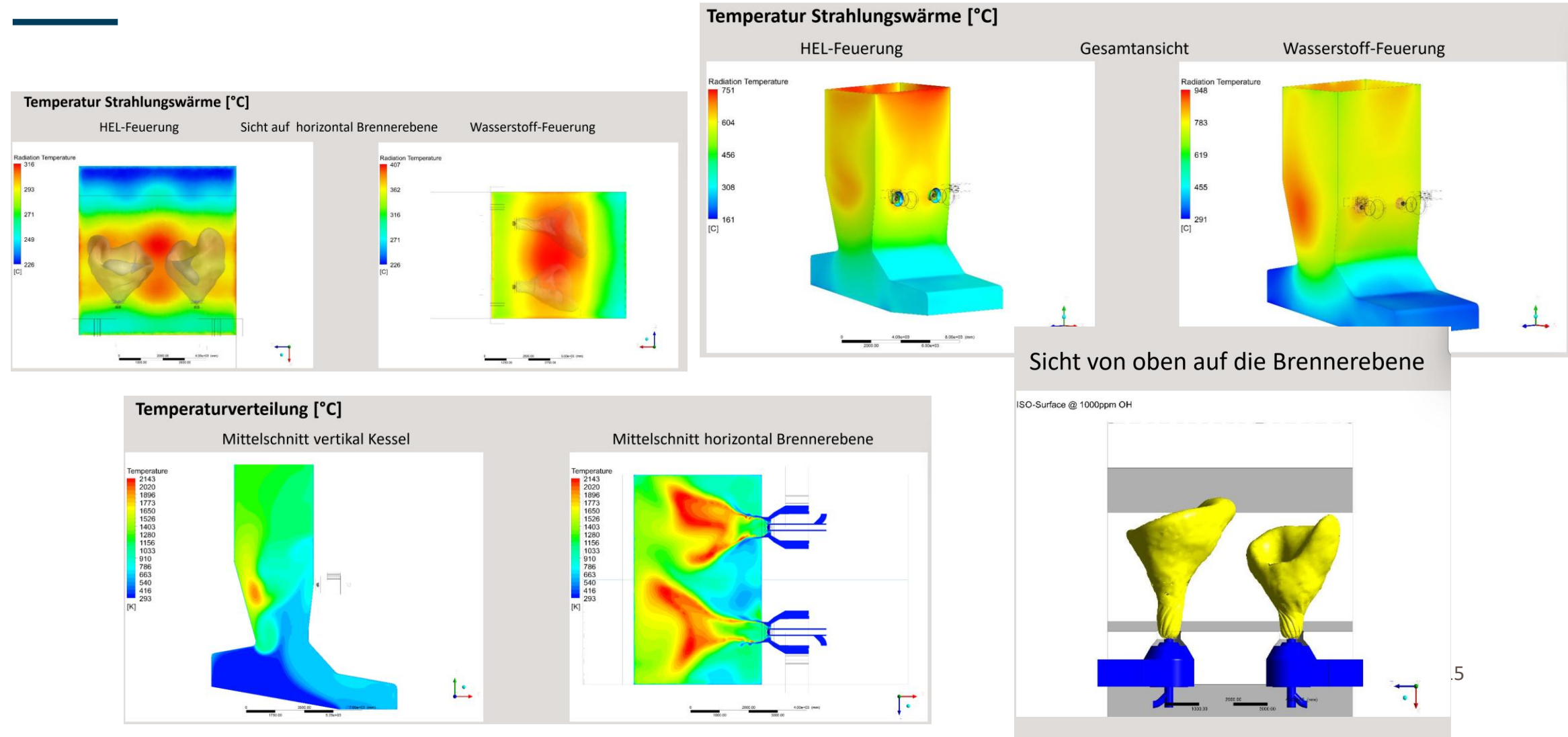
Reference on process

H₂ project for car industry

- Main goal : CO2 free process for painting cabin by using H2
- Step of the project:
 - Engineering, simulation, Feasability
 - Prototype on site
 - Sucessfull commissioning
 - Deployment of the solution on all equipment



On going project : H₂ conversion on Waste To Energy Plant



Thanks for your attention

RIBSTEIN Nicolas

n.ribstein@saacke.fr

+33 6 26 55 22 45

Südweststraße 13

28237 Bremen, Germany

saacke.com