

Neue Emissionsanforderungen für BHKW in Deutschland

- Regelwerke und Gesetzgebung
- Rohemissionen von Gasmotoren
- Katalysatorarten:
3-Wege-Kat, Oxi-Kat, SCR-Kat
- neue Grenzwerte
- welcher Kat für welchen Grenzwert?
- künftige Herausforderungen



Dipl.-Ing. (FH) Joachim Voigt
SOKRATHERM® GmbH

Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)

- Verwaltungsvorschrift mit Grenzwerten für Schadstoffemissionen
- 1964 in Kraft getreten
- stellt seit erster Novellierung 1974 die genehmigungsrechtliche Basis der 4. BImSchV (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) dar, wird von den Landratsämtern (LRA) aber auch für kleinere Anlagen herangezogen
- weitere Novellierungen in 1983/86 (in zwei Schritten) und 2002 (aktuell)
- neue wissenschaftliche Erkenntnisse bewerten diverse Schadstoffe anders, als noch 2002
- Ergänzung durch „Vollzugsempfehlung Formaldehyd“ vom 9.12.2015 der LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz)
- aktuelle TA-Luft (2002) entspricht nicht mehr dem Stand der Technik, Anspruch eines fortschrittlichen Regelwerkes

Gesetzgebung 2013 - 2017 (vergangene Legislaturperiode)

- Mitteilung „Saubere Luft für Europa“ der EU-Kommission vom 18.12.2013 fordert Maßnahmen zur Begrenzung der Emissionen aus mittelgroßen Feuerungsanlagen (MCP / Medium Combustion Plants)
- Richtlinie (EU) 2015/2193 vom 25.11.2015 (MCPD / MCP Directive) ist bis zum 19.12.2017 in nationales Recht umzusetzen, geforderte Grenzwerte müssen von Neuanlagen ab 20.12.2018 eingehalten werden
- Verabschiedung einer Novellierung der TA-Luft beim BMUB geplant für Mitte 2017, wurde jedoch mit dem Status eines Referentenentwurfs (Stand 9.9.2016) abgebrochen, Begründung: MCPD fordert Rechtsverordnung, keine bloße Verwaltungsvorschrift
- kleine Novelle der TA-Luft mit bloßer Aufnahme der aktuellen Vollzugsempfehlung Formaldehyd (Referentenentwurf vom 7.4.2017) wurde nicht weiter verfolgt, weil nicht mit einer Verabschiedung vor Ende der Legislatur zu rechnen war
- Diskussion einer zusätzlichen Verordnung (BImSchV) zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

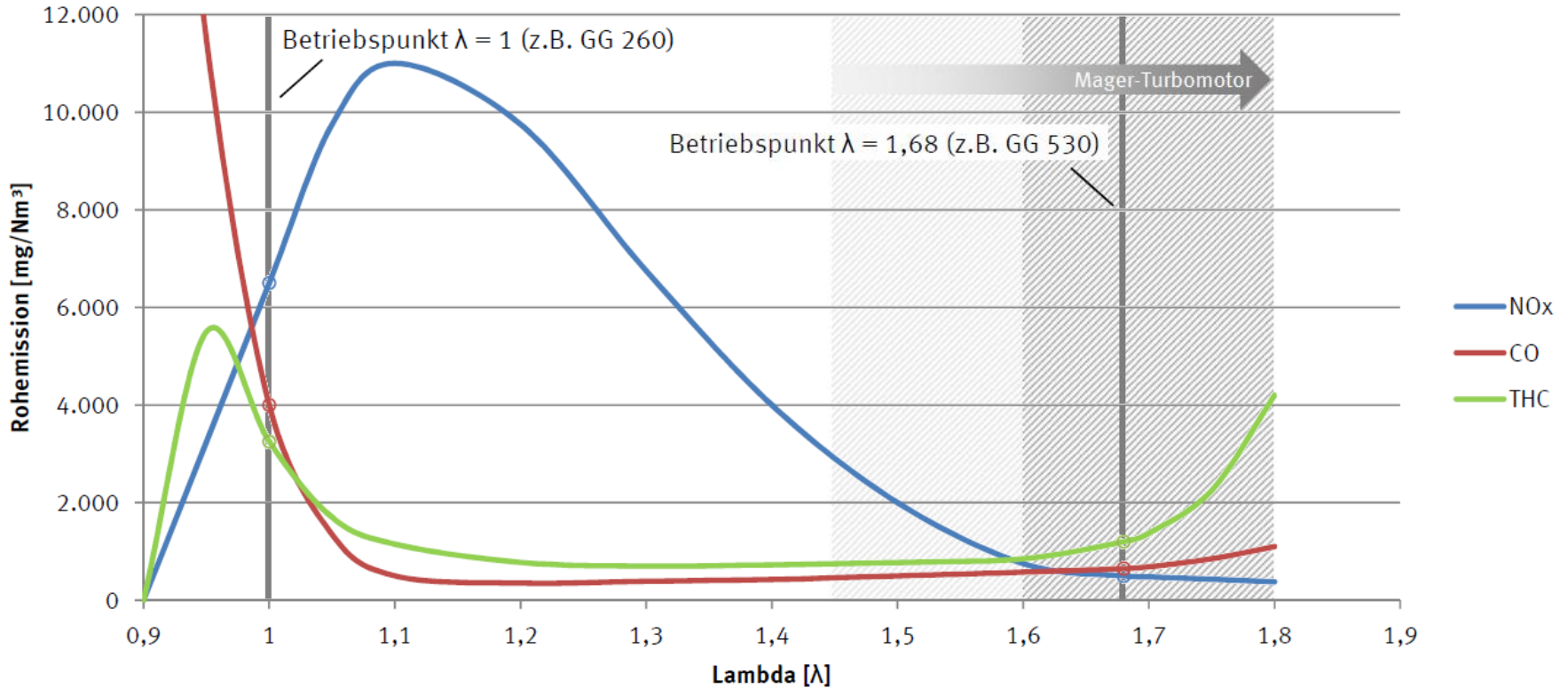
Gesetzgebung 2018

- 30.4.2018: Vorlage Referentenentwurf einer XX. BImSchV zur Umsetzung der MCPD
- Verbändeanhörung zum Referentenentwurf bis Juni 2018
- 30.8.2018: Vorlage Kabinettsentwurf der 44. BImSchV
- 18.10.2018: Verabschiedung im Bundestag
- 1.11.2018: Bitte um Zustimmung im Bundesrat eingebracht
- Verabschiedung in der Plenarsitzung des Bundesrates am 14.12.2018 zu erwarten

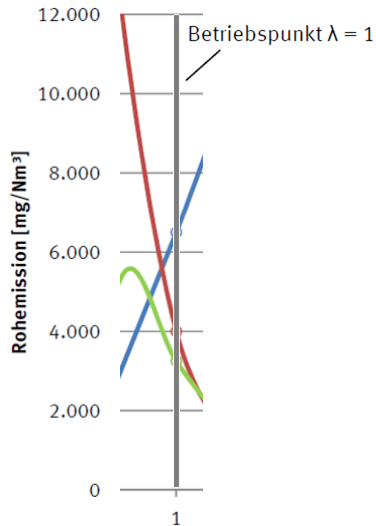
BHKW < 1 MW Feuerungswärmeleistung

- lt. BImSchG § 22 sind nicht genehmigungsbedürftige Anlagen „so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind“
- 44. BImSchV wird voraussichtlich die TA-Luft (2002) mit Vollzugsempfehlung Formaldehyd als Stand der Technik auch für kleine BHKW sukzessive ablösen

Abgas-Rohemissionen bei verschiedenen Motor-Fahrweisen



Wirkungsweise 3-Wege-Katalysator



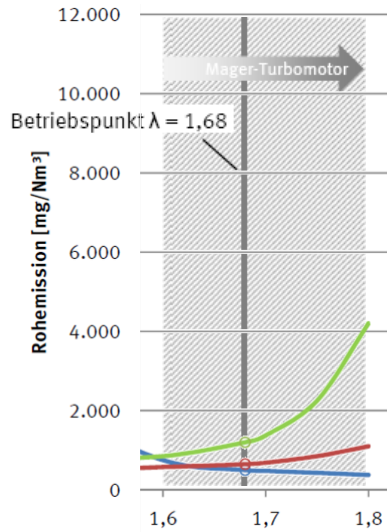
- serienmäßig bei BHKW-Modulen mit Saugmotoren (Erdgas)
- „drei Wege“, weil die drei Schadstoffgruppen Stickoxide (NO_x), Kohlenmonoxid (CO) und unverbrannte Kohlenwasserstoffe (C_mH_n oder THC) incl. Formaldehyd (HCHO oder CH_2O) gemindert werden
- Reduktion von NO_x zu N_2 und CO_2
- Oxidation von CO und C_mH_n zu CO_2 und H_2O
- hohe Rohemissionen bei stöchiometrischer Verbrennung ($\lambda = 1$), aber gleichzeitig hohe Konvertierungsraten

Schadstoff	Rohemission	Emission nach Kat
NO_x	< 6.500	< 250...100 *
CO	< 4.000	< 300...100 *
CH_2O	< 150	< 20...5 *

alle Angaben in mg/Nm^3 bei 5 % Restsauerstoffgehalt

* schärfere Grenzwerte bewirken etwas kürzere Kat-Standzeiten

Wirkungsweise Oxidationskatalysator



- serienmäßig bei BHKW-Modulen mit Turbomotoren im Magerbetrieb (Erdgas), bei Biogas und Klärgas als Option
- Oxidation von CO und C_mH_n zu CO_2 und H_2O
- geringere Rohemissionen und Konvertierungsraten
- keine Minderung von Stickoxiden
- hohe Rohemissionen von C_mH_n einschließlich Formaldehyd im extremen Magerbetrieb ($\lambda > 1,68$), Einhaltung der geplanten Grenzwerte allein mit Oxikat hier nicht darstellbar, im Zusammenspiel mit SCR-Kat nach Herstellerangabe möglich

Schadstoff	Rohemission ($\lambda = 1,68$)	Emission nach Kat
CO	< 650	< 300...100 *
CH ₂ O	< 60	< 30...20 *

alle Angaben in mg/Nm³ bei 5 % Restsauerstoffgehalt

* schärfere Grenzwerte bewirken etwas kürzere Kat-Standzeiten

Wirkungsweise SCR-Katalysator (Magerbetrieb)

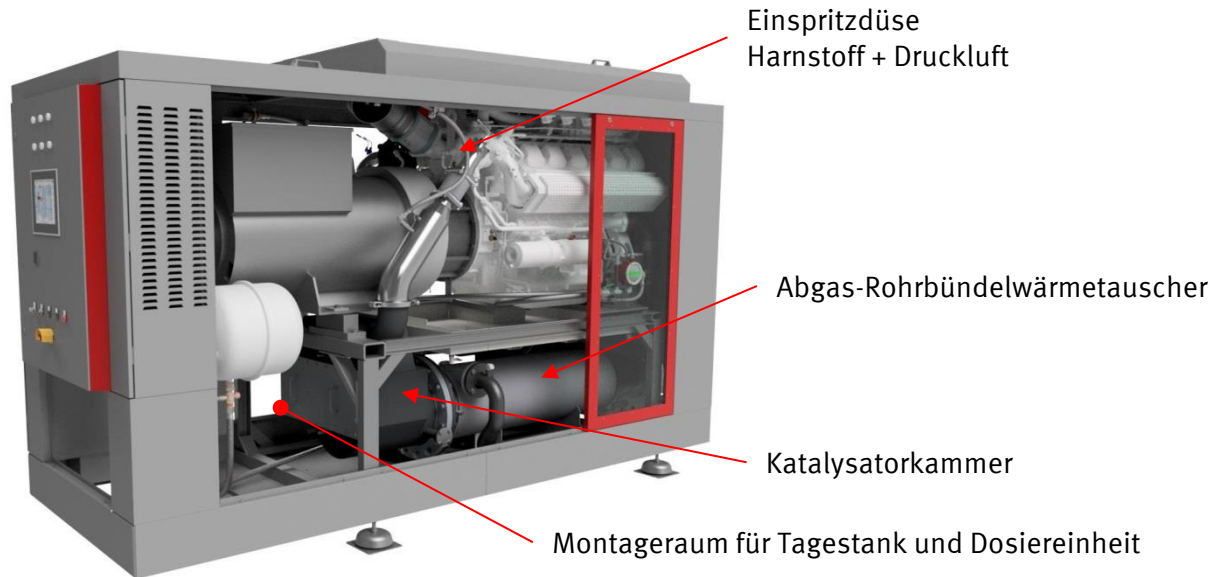
Einspritzung wässriger Harnstofflösung (AdBlue[®]) in das Abgassystem vor dem Katalysator: 32,5 % reiner Harnstoff (CH₄N₂O) und demineralisiertes Wasser

- vorgelagerte Reaktion im Katalysator: Thermolyse/Hydrolyse, bei der aus dem Harnstoff Ammoniak und Kohlendioxid gebildet werden
- mit Hilfe des Ammoniak werden Stickoxide zu Stickstoff reduziert
- Ammoniak und Sauerstoff der Stickoxide bilden weiteren Stickstoff sowie Wasser und Kohlendioxid
- optimale AdBlue[®]-Dosiermenge wichtig, zu gering: schlechte Konvertierungsrate, zu hoch: Ammoniakschlupf (Schadstoff, neuer Grenzwert erforderlich)
- leichte Minderung von Formaldehyd im SCR-Katalysator

Schadstoff	Rohemission ($\lambda = 1,68$)	Emission nach Kat
NO _x	< 500	< 100

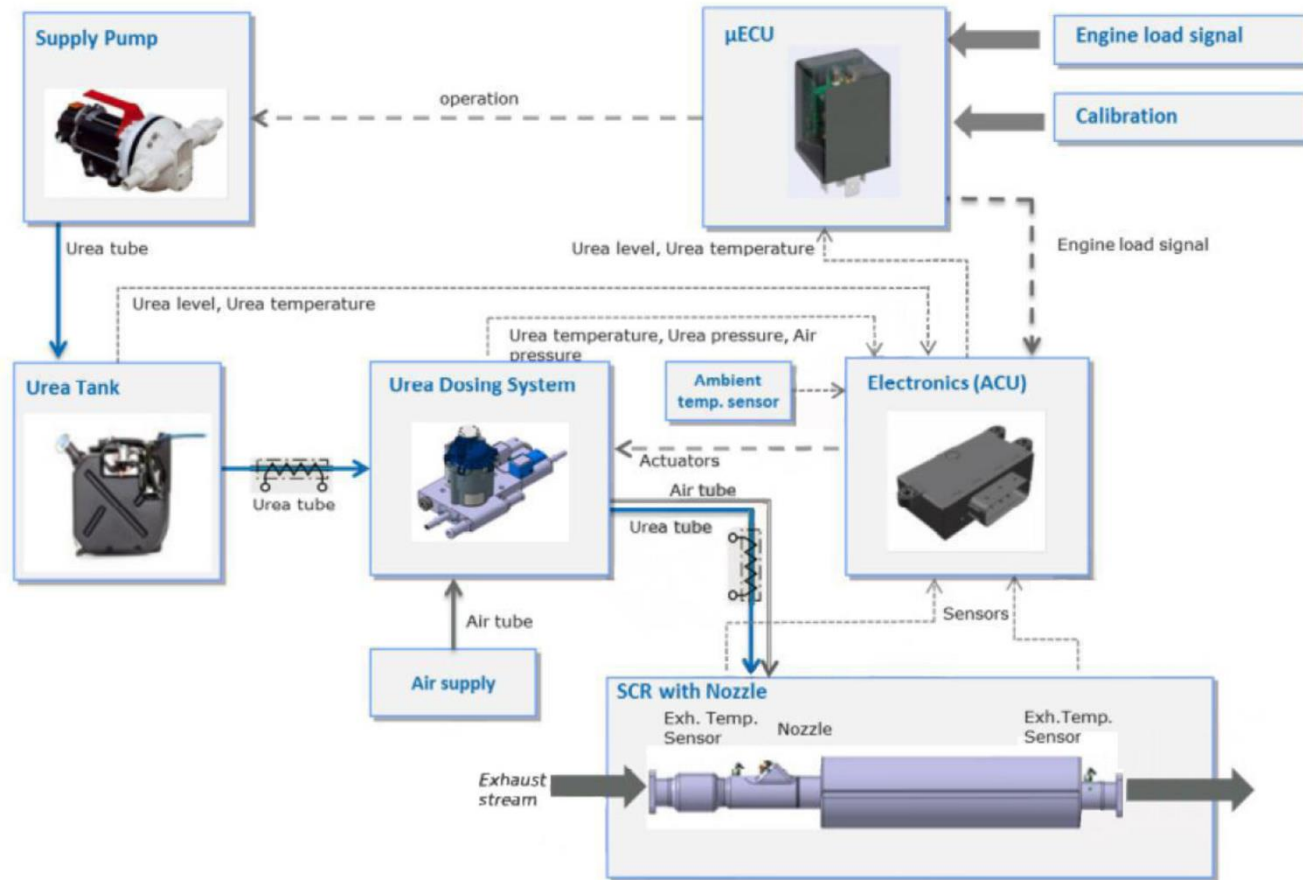
alle Angaben in mg/Nm³ bei 5 % Restsauerstoffgehalt

SCR-Katalysator im BHKW-Kompaktmodul (Beispiel SOKRATHERM GG 402)



- für genehmigungspflichtige, turboaufgeladene BHKW aus unserem Lieferprogramm als felderprobte, vollintegrierte Option verfügbar
- etwa 10 % höhere Investitionskosten für das BHKW-Kompaktmodul
- Möglichkeit der Vorrüstung von Katalysatorgehäuse und Mischstrecke mit Muffen zur einfachen Aktivierung nach Auslaufen der Übergangsfristen

SCR-Katalysator, Lieferumfang SOKRATHERM



Harnstofflösung: Lagerung, Bevorratung und Verbrauch

- Vorratstank mit Befüllungsmöglichkeit durch Tankwagen
- alternativ:
Lagerplatz für einen oder mehrere IBC-Tanks á 1.000 Liter
B x T x H = 1,20 m x 1,20 m x 1,16 m
- frostfreie Lagerung (Gefrierpunkt -11,5 °C)
- Verbindungsleitung (evtl. mit Begleitheizung) zum BHKW-Modul bzw. Tagestank
- Harnstoffverbrauch z.B. bei 530 kW_{el} ca. 1,6 ltr./VBh, empfohlene Bevorratung: 2 m³
- Mehrkosten im Full-Service für Harnstoff-Verbrauch und Instandhaltung SCR-System: ca. 20 %



Emissionsanforderungen für Stickoxid (NO_x) und Kohlenmonoxid (CO)

Differenzierung		TA-Luft (2002)	MCPD		44. BImSchV (Stand 1.11.2018)	
		Bestand	Bestand	Neu	Bestand	Neu
Erdgas	NO _x	λ=1: 250 mager: 500	500	250 ²⁾	λ=1: 250 ³⁾ mager: 500 ³⁾	100 ⁵⁾
	CO	300	-	-	300 ⁴⁾	250
Biogas Klärgas	NO _x	500	500	500	500 ³⁾	100 ⁶⁾
	CO	1000 ¹⁾	-	-	1000 ⁴⁾	500

Grenzwerte für Gas-Ottomotoren zum Betrieb mit Erdgas, Biogas oder Klärgas

alle Angaben in mg/Nm³ bei 5 % Restsauerstoffgehalt

¹⁾ bei FWL < 3 MW

²⁾ für Bestandsanlagen bei FWL > 5 MW ab 1.1.2025, bei FWL ≤ 5 MW ab 1.1.2030

³⁾ bis 31.12.2028, danach wie Neuanlage

⁴⁾ bis 1.1.2025, danach wie Neuanlage

⁵⁾ bis 31.12.2024: 250 mg/Nm³

⁶⁾ Biogas bis 31.12.2022: 500 mg/Nm³, Klärgas 500 mg/Nm³ ohne Beschränkung

weitere Emissionsanforderungen

Differenzierung	Vollzugsempfehlung Formaldehyd (2015)		44. BImSchV (Stand 1.11.2018)	
	Bestand	Neu	Bestand	Neu
Formaldehyd (HCHO)	$\lambda=1$: 60 ¹⁾ mager: 30 ²⁾	$\lambda=1$: 5 mager: 20 ³⁾	gemäß TA-Luft (2002) ⁴⁾	$\lambda=1$: 5 mager: 20 ³⁾
unverbrannte Kohlenwasserstoffe (THC)	-	-	- ⁵⁾	Erdgas $\lambda=1$: 300 ⁶⁾ Erdgas mager: 1300 ⁶⁾ Bio-/Klärgas: 1300 ⁷⁾
Ammoniak (NH ₃)	-	-	nur bei SCR-Kat: 30 mg/Nm ³	

Grenzwerte für Gas-Ottomotoren zum Betrieb mit Erdgas, Biogas oder Klärgas (keine Grenzwerte dazu in der MCPD)

alle Angaben in mg/Nm³ bei 5 % Restsauerstoffgehalt

¹⁾ ab 5.2.2020: 5 mg/Nm³

²⁾ für Bestandsanlagen mit > 40 mg/Nm³ vor dem vor dem 9.12.2015;
für Bestandsanlagen mit ≤ 40 mg/Nm³ vor dem vor dem 9.12.2015: ab 5.2.2019

³⁾ bis 31.12.2019: 30 mg/Nm³

⁴⁾ bis 31.12.2024, danach wie Neuanlage; Ausnahme: Magermotor Bestand mit > 40 mg/Nm³ vor dem 5.12.2016: weiterhin 30 mg/Nm³

⁵⁾ bis 31.12.2024, bei Biogas bis 31.12.2028, danach wie Neuanlage

⁶⁾ Grenzwert gültig ab 1.1.2025

⁷⁾ Grenzwert gültig ab 1.1.2025, bei Einsatz von Biogas ab 1.1.2023

Welcher Katalysator für welchen Grenzwert?

Emissions-niveau	NO _x				CO				HCHO				THC			
	λ=1	mager	ultra-mager		λ=1	mager	ultra-mager		λ=1	mager	ultra-mager		λ=1	mager	ultra-mager	
500	●	○	○		1000	●	○	●	60	●	○	●	1300	●	○	●+●
250	●	●	○		500	●	●	●	40	●	○	●	300	●	n.v.	n.v.
100	●	●	●		300	●	●	●	30	●	●	●+●				
					250	●	●	●	20	●	●	●+●				
									5	●	n.v.	n.v.				

λ=1	mager	
		TA-Luft
		44. BImSchV Übergangsregelungen
		44. BImSchV

○	kein Katalysator
●	3-Wege-Katalysator
●	Oxidations-Katalysator
●	SCR-Katalysator

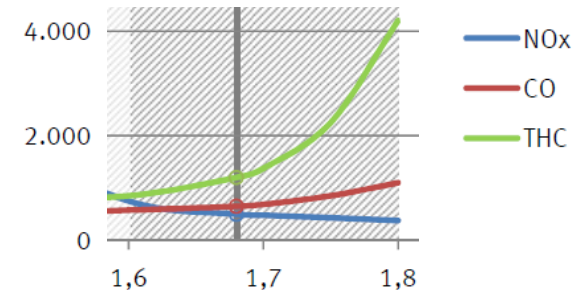
(im Magerbetrieb ggf. abweichende Grenzwerte für Erdgas und Bio-/Klärgas)

künftige Herausforderungen

- Erfordernis von Katalysatoren auch bei bio-/klärgasbetriebenen Motoren
 - Bildung von Schwefelsäure im Katalysator möglich,
 - Katalysatorgifte (z.B. Schwefel und Siloxane) führen schon in Spuren zu einer Schädigung der aktiven Oberfläche,

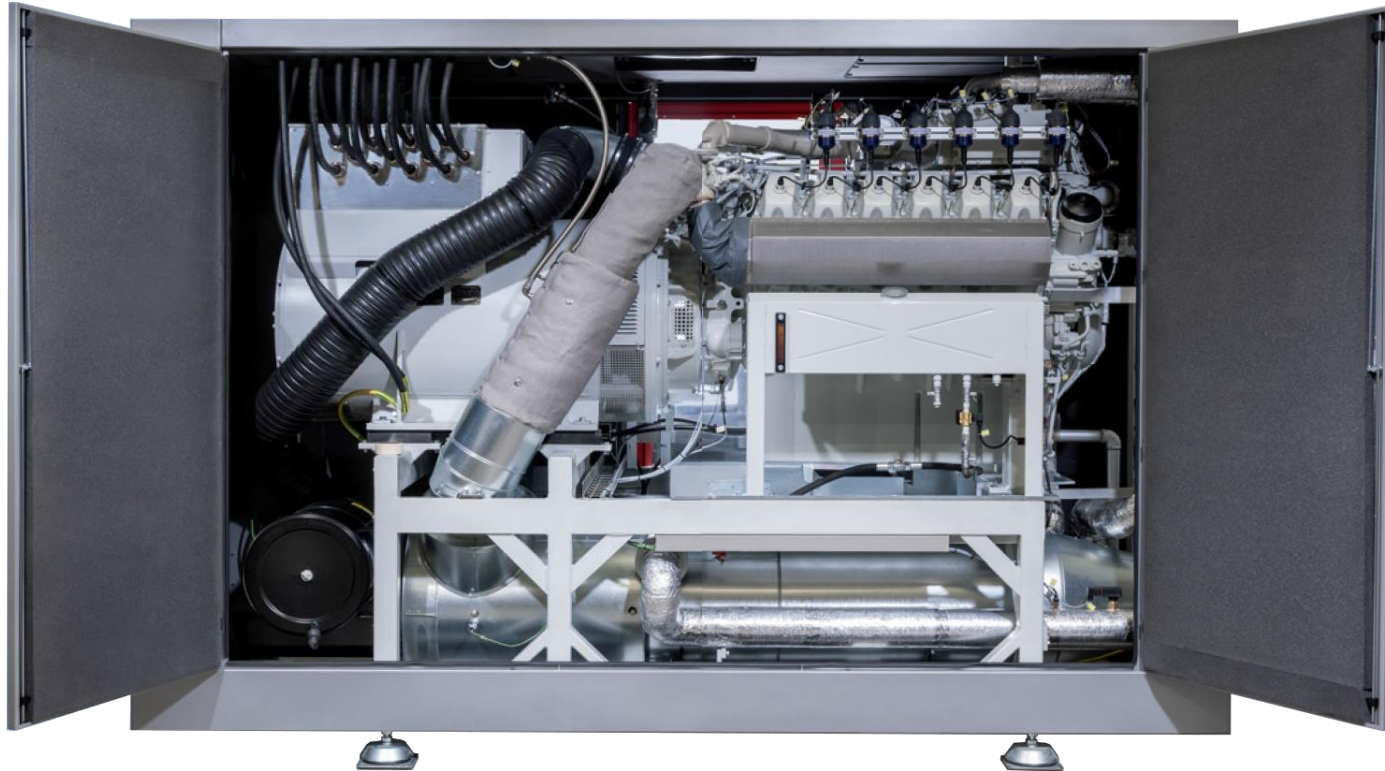
bei Betrieb mit diesen Gasarten mit Katalysator sehr aufwendige Gasreinigung erforderlich!

- drastischer Anstieg der Emissionen unverbrannter Kohlenwasserstoffe und Formaldehyd bei Ultra-Mager-Motoren (optimierte elektrische Wirkungsgrade) aufgrund zunehmend unvollständiger Verbrennung, Einhaltung künftiger Grenzwerte fraglich!



- Optimierung des Motor-Betriebspunktes bei Verwendung von SCR-Katalysatoren, etwas fettere Fahrweise bei NO_x-Rohemissionen von 700...800 mg/Nm³ möglich mit besseren Zündkerzenstandzeiten, ruhigerem Motorlauf, höherer Verfügbarkeit und geringeren THC / CH₂O-Rohemissionen

Wir sind offen für Ihre Fragen!



Kompetenz in KWK