

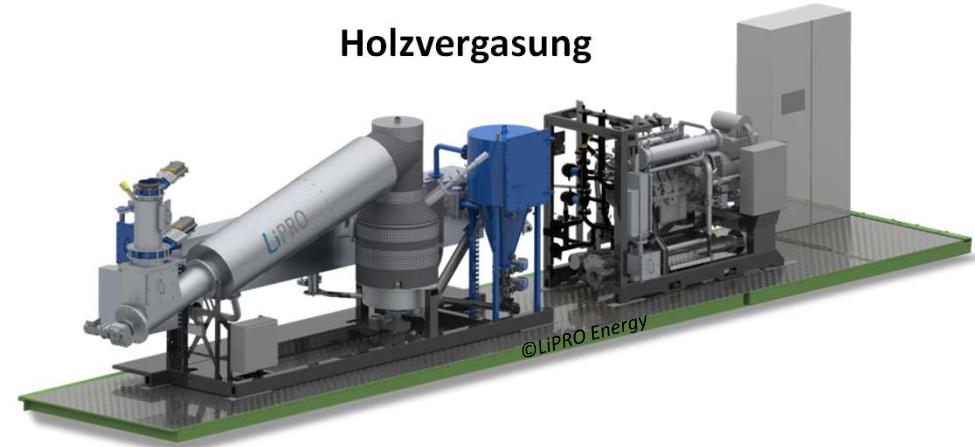
Abgasnachbehandlung für Holzgas-BHKW

Thomas Schliermann, Bettina Stolze, René Bindig, Lukas Lange, Felix Öffner, Giuliano Ercolano



Statuskonferenz Bioenergie, 20.11.2025, Leipzig

Herausforderungen



- **Regelkonformität** (Scharfe und sich weiter verschärfende Grenzwerte)
- **Robustheit** (inhomogene, eher minderwertige Brennstoffe mit spezifischer Rohgasmatrix und Schwankungen im Rohgas)
- **Wirtschaftlichkeit** (Kostengünstige Emissionsminderung für kleine und mittlere KWK-Anlagen)
- **Umweltverträglichkeit** und **Ressourcenschonung**
- **Zukunftssicherheit**

Motivation - Kosten und Umweltverträglichkeit verschiedener Minderungssysteme

Katalysatorsystem	Beschaffungs-kosten	Jährliche Wartungskosten	kontinuierliche Betriebskosten
SCR	sehr hoch		sehr hoch
TWC	sehr niedrig		
TWOx	niedrig		

Abschätzung: ©LiPRO Energy

→ Hohe Kosten (vor allem kontinuierliche Betriebskosten) bei SCR-System

Vorteile TWC/TWOx:

- Keine Notwendigkeit der Bereitstellung von Ammoniak
- Weniger komplexer Aufbau der Abgasstrecke (Keine Injektion mit Verdampfungs- und Mischstrecke)
- Wegfall von Investitionskosten für HWL-Tank (inkl. Fundament und Vorkehrungen zur Wahrung der Wasserschutzklasse) / Dosiersystem-Peripherie (Düse, Pumpe, Leitungen, ggf. Heizung etc.)
- Wegfall von Betriebskosten für HWL
- Höhere Betriebssicherheit (Weniger Komponenten, die zu einem Betriebsausfall führen können)

Entwicklung eines preisgünstigen und ressourceneffizienten Systems zur Abgasnachbehandlung für Holzgas-BHKW (TWOx-Projekt)



- **Projektlaufzeit:** 01.01.2024 – 31.12.2025 (2 Jahre)
- **BMWK (PtJ);** 7. Energieforschungsprogramm
- **Vorläuferprojekt „GasAsh“** (9/2018 – 12/2021)
- **Verbundkoordination:** DBFZ

Teilvorhaben (Emission Partner):

Entwicklung von Katalysatoren zur Emissionsminderung bei Holzgas-BHKWs



Giuliano Ercolano

Teilvorhaben (DBFZ):

Erweiterung einer mobilen Katalysatortestapparatur zur Katalysatorvermessung und In situ-Alterung sowie Laborversuche zur Katalysatorcharakterisierung



Thomas Schliermann,
René Bindig,
Dr. Bettina Stolze,
Sebastian Günther,
Sebastian Völker,
Carsten Tilch

Teilvorhaben (LiPRO Energy):

Entwicklung, Systemintegration und Evaluierung einer effizienten und preisgünstigen Abgasnachbehandlungstechnologie für verschärfte Abgas-Emissionsgrenzwerte



Lukas Lange,
Felix Öffner

Entwicklung eines preisgünstigen und ressourceneffizienten Systems zur Abgasnachbehandlung für Holzgas-BHKW (TWOx-Projekt)

- Projektlaufzeit: 01.01.2024 – 31.12.2025 (2 Jahre)
- BMWK (PtJ); 7. Energieforschungsprogramm
- Vorläuferprojekt „GasAsh“ (9/2018 – 12/2021)
- Verbundkoordination: DBFZ

Projektziele:

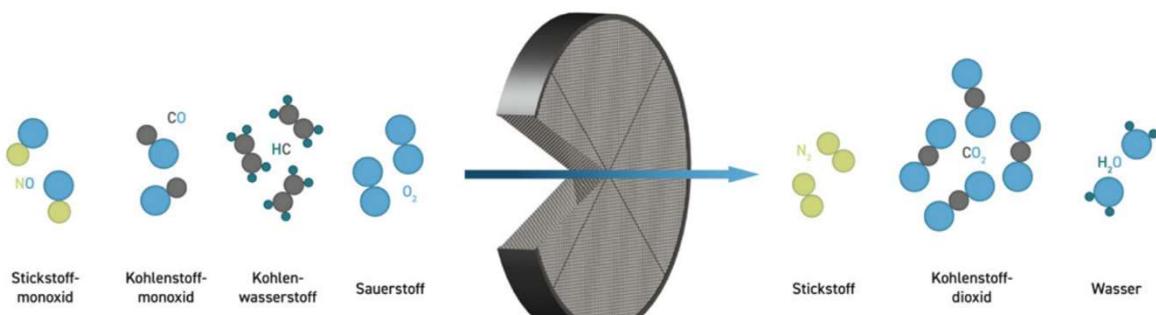
- Entwicklung einer **preisgünstigen und robusten Abgasnachbehandlungstechnologie für Holzgas-BHKW**
- **Ressourceneffizientes** System (Kein AdBlue Verbrauch; Edelmetalleinsparung)
- **Zielemissionen:**
 - NO_x: < 100 mg/m³ (bei 5 % O₂, i.N.)
 - CO: < 240 mg/m³ (bei 5 % O₂, i.N.)



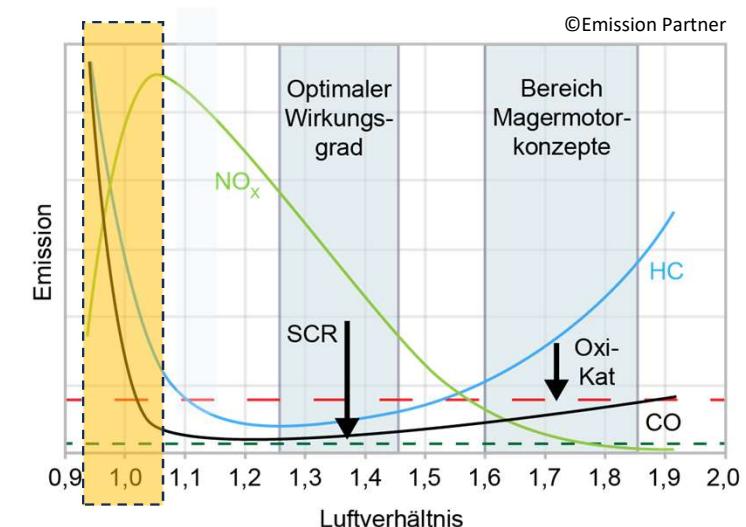
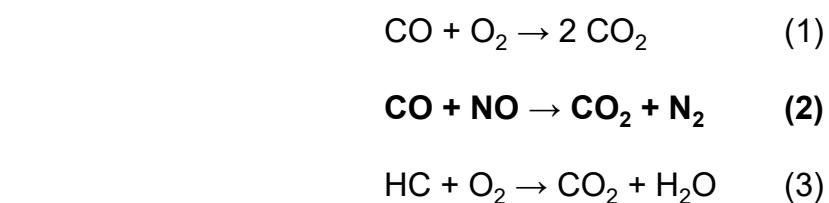
EMISSION PARTNER
clean air is our engine

Drei-Wege-Katalysatoren (TWC)

Einsatz bei stöchiometrischen Motoren mit einem Lambda-Wert von 1. Es werden Kohlenstoffmonoxid und Kohlenwasserstoffe oxidiert und dabei Stickoxide reduziert.



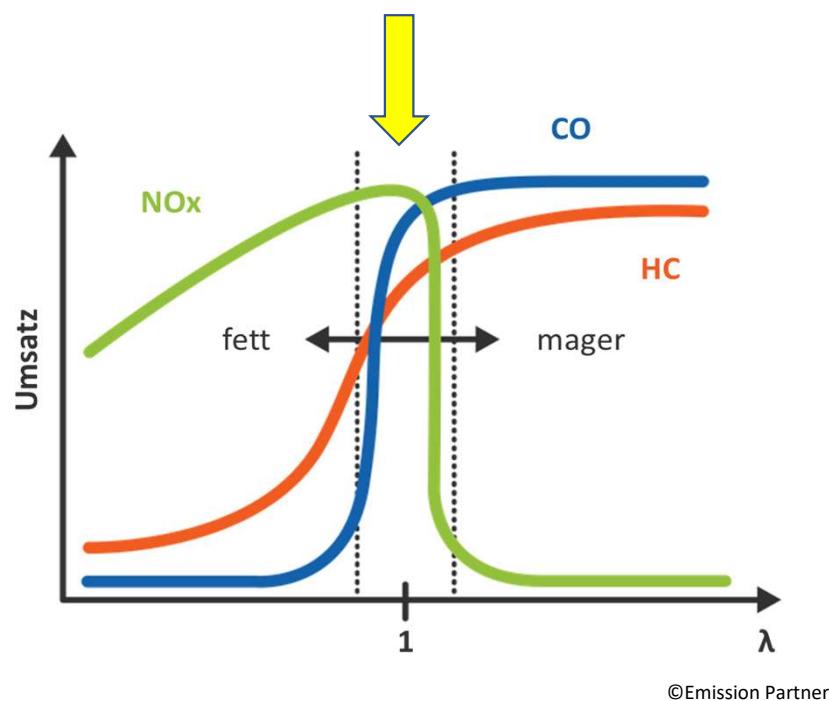
©Emission Partner



©Emission Partner

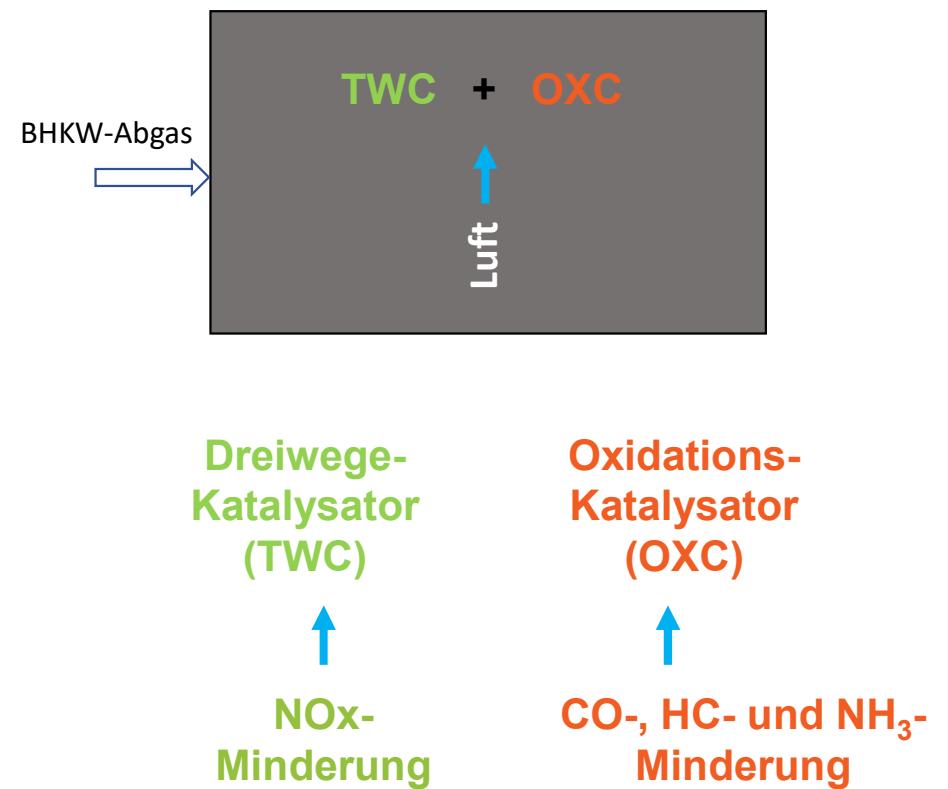
Verfahren

TWC (Dreiwegekatalysator)



Einfluss von Lambda (BHKW) auf die Umsätze von NO_x , CO und HC

TWOx-Verfahren



Vorgehen

1) **Katalysatorentwicklung** beginnend an **kleinskaligen Katalysatoren** TRL 4
(Labor)

2) Effektive Katalysatorauswahl mit **mobiler Katalysatortestanlage (MoKatTA)** an **kleinskaligen Katalysatoren** und Katalysatorkombination im **Real-Abgas am Holzgas- BHKW** (inklusive Labormessungen DBFZ, Emission Partner; Alterung)

3) **Katalysatorsysteme im Anwendungsmaßstab am Holzgas-BHKW**

a. **Anfertigung, Systementwicklung und Inbetriebnahme**

b. **Optimierung der Minderungsleistung**

c. **Einschätzung von Standzeiten**

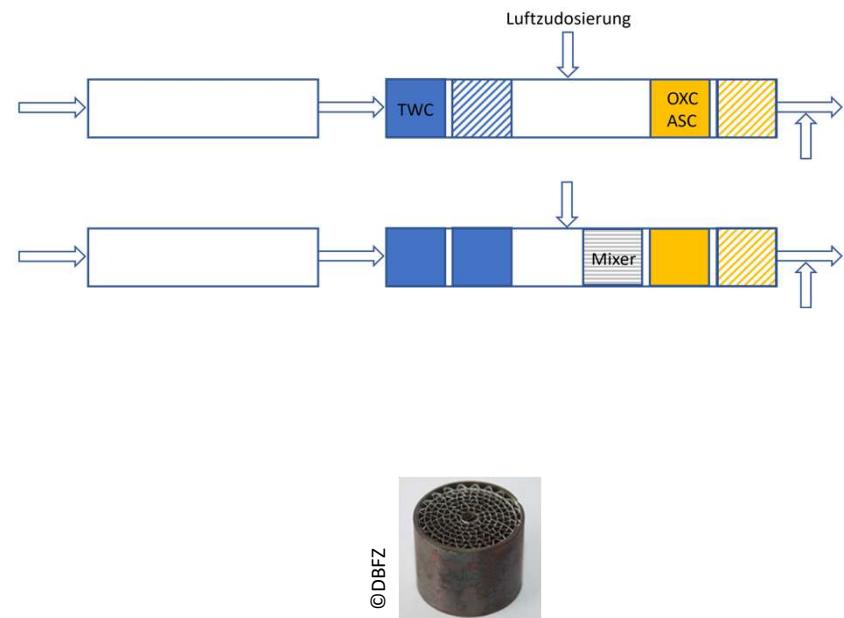
TRL 7
(Prototyp/Einsatz)

Vorgehen

- 1) Katalysatorentwicklung beginnend an kleinskaligen Katalysatoren TRL 4
(Labor)
- 2) Effektive Katalysatorauswahl mit mobiler Katalysatortestanlage (MoKatTA) an kleinskaligen Katalysatoren und Katalysatorkombination im Real-Abgas am Holzgas- BHKW (inklusive Labormessungen DBFZ, Emission Partner; Alterung)
- 3) Katalysatorsysteme im Anwendungsmaßstab am Holzgas-BHKW
 - a. Anfertigung, Systementwicklung und Inbetriebnahme
 - b. Optimierung der Minderungsleistung
 - c. Einschätzung von Standzeiten TRL 7
(Prototyp/Einsatz)

MoKatTA - Funktionsumfang

- Verschiedene Katalysatorhalter
- Unterschiedliche Katalysatordurchmesser
- Mehrstufige Katalysatorsysteme
- Umfangreiche Sensorausstattung
- Sicherheitseinrichtungen
- GHSV-Einstellung
- Abgas-Temperaturregelung
- Definierte Luftzudosierung
- Abfahren von Programmen
- Datenlogging und Fernüberwachung
- Autonomer Betrieb mit Remote-Datenübertragung
- Mehrwöchige Katalysatoralterungen



©DBEZ

Monolithische
Katalysatorprobe:
D: 25,4 mm; L: 20 mm

Messkampagnen - MoKatTA und Messgeräte

MoKatTA-Anhänger am BHKW der Forschungsbiogasanlage des DBFZ:



©DBFZ

MoKatTA an LiPRO-Feldanlage:



©DBFZ

mobiles FTIR:

- CO, CO₂, NO_x, SO₂, O₂, HCl, HC, Wassergehalt
- 10m Anschlussleitung

Horiba:

- CO, CO₂, NO_x, SO₂, O₂
- 5m Anschlussleitung

Messungen im Anwendungsmaßstab am HKW 50 mit TWC-Katalysator

Emission	Einheit ^(*)	vor Optimierung	Projektziel
		Typische Messwerte ST2	
NOx	mg/m ³	117	< 100
CO	mg/m ³	146	< 240
NH ₃	mg/m ³	23	
Gesamt-C	mg/m ³	7	
Staub	mg/m ³	1 ST3	

(*) trocken, i.N. bei 5% O₂

- LiPRO HKW 50
- 50 kW_{el}
- Restholz
- TWC-Katalysator ST1

Folie 12

- ST0** @LiPRO: Sind die Messwerte trocken angegeben?
Schliermann, Thomas; 2025-11-06T13:27:22.428
- ST1** @LiRPO: kann/sollte man den TWC-Typ genauer angeben?
Schliermann, Thomas; 2025-11-06T13:36:12.838
- ST2** @LiPRO: Kann man ggf. eine Art Mittelwert (für NOx u. CO) + SD aus euren Messungen vor der Optimierung angeben (sinnvoll)?
Schliermann, Thomas; 2025-11-06T13:37:40.140
- ST3** @LiPRO: Wie war die Messtechnik?
Schliermann, Thomas; 2025-11-06T13:38:59.114

Messungen im Anwendungsmaßstab am HKW 50 mit TWC-Katalysator

Emission	Einheit ^(*)	vor Optimierung	22.10.2025 ^(**)	28.10.2025 ^(**)			Projektziel
		Typische Messwerte	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Mittelwert (SD)	
NOx	mg/m ³	117	46	86	60	64 (20)	< 100
CO	mg/m ³	146	25	214	280	173 (132)	< 240
NH ₃	mg/m ³	23					
Gesamt-C	mg/m ³	7					
Staub	mg/m ³	1					

(*) trocken, i.N, bei 5% O₂

(**) MRU-Messgerät, 10min Mittelwert

→ Projektziele bezüglich NOx und CO erreichbar mit TWC-Katalysator

→ Umfassende Vermessung aller Emissionen mit FTIR (z.B. NH₃)

→ Weitere Optimierung der Minderungsleistung

→ Verringerung des Ressourceneinsatzes (geringere Edelmetallbeladung)

→ Einschätzung von Standzeiten

ST0

- LiPRO HKW 50
- 40-50 kW_{el}
- Restholz
- TWC-Katalysator: Benchmark TWC05

Folie 13

ST0 @Giuliano: Korrekt... die Messwerte sind trocken angegeben?
Schliermann, Thomas; 2025-11-06T13:40:07.960

GEO 0 Alles trocken
Giuliano Ercolano; 2025-11-07T09:21:08.896

GEO 1 Und auf 5 % O₂ bezogen
Giuliano Ercolano; 2025-11-07T09:23:06.575

Zusammenfassung und Ausblick

- Die im Rahmen des Projektes stark erweiterte **mobile Katalysator-Testapparatur (MoKatTA)** ermöglicht eine **schnelle und kostengünstige Katalysatorauswahl** durch **Einsatz von kleinen Laborkatalysatoren im realen Abgas eines BHKW**.
- Der Projektverlauf zeigt, dass kleine und mittelgroße **Holzgas-BHKW-Anlagen mit zugänglichen Techniken die Emissionsvorgaben mit vertretbarem Aufwand einhalten können**. Aktuell erfolgt die weitere Optimierung der Gesamtperformance des **TWC-Katalysatorsystems** im Anwendungsmäßstab am Holzgas-BHKW.
- **Aktuell: Einsatz eines edelmetallreduzierten Systems zur Optimierung des Ressourceneinsatzes/der Kosten sowie Untersuchungen zu Standzeiten des Katalysatorsystems im Anwendungmaßstab**
- Potenziell können so bisher **ungenutzte Potenziale** an lokal anfallende problematischen Rest- und Abfallstoffen, die bisher aufgrund der erhöhten Schadstoffemissionen nicht umweltfreundlich und damit nicht regulatorisch konform verwertet werden können, **für den Einsatz zur gekoppelten Strom- und Wärmegewinnung unter wirtschaftlichen Bedingungen erschlossen werden**.

Deutsches Biomasseforschungszentrum

gemeinnützige GmbH



Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Smart Bioenergy – Innovations for a sustainable future

Thomas Schliermann

Thomas.Schliermann@dbfz.de

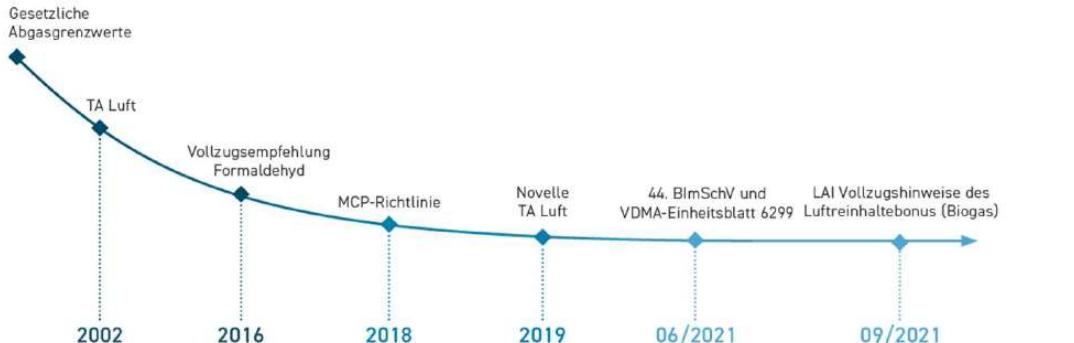
Tel.: +49 (0) 341 2434 - 463

DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-112
E-Mail: info@dbfz.de
www.dbfz.de

Entwicklung eines kostengünstigen, robusten und ressourcenschonenden Systems zur Abgasnachbehandlung für Holzgas-Blockheizkraftwerke



Motivation – stetige Verschärfung der Emissionsgrenzwerte



Stadtwerke und Energieversorger | Stand: 09. Juli 2025

ANFORDERUNGEN 44. BlmSchV – SCR SYSTEME

- Die 44. BlmSchV ist die nationale Umsetzung der europäischen MCP-Richtlinie („Mediumsized Combustion Plant Directive“ vom 18.12.2015)
- Die 44. BlmSchV ist am 20.06.2019 in Kraft getreten
- Die 44. BlmSchV löst für Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotorenanlagen im Leistungsbereich von 1 MW bis 50 MW FWL die bisher geltenden Regelungen der TA-Luft ab und ist gültig für alle Gasarten
- Unterscheidung zwischen Neuanlagen (Stichtag 20.12.2018) und Bestandsanlagen



Anlagen die ab dem 20.12.2018 in Betrieb genommen wurden	Anlagen die vor dem 20.12.2018 in Betrieb genommen wurden
Neuanlage	Bestehende Anlagen



Stadtwerke und Energieversorger | Stand: 09. Juli 2025

ERDGAS- UND BIOGASMOTOREN

Reduktion NO_x: SCR erforderlich

Gesamt-C: durch motorische Minderung

Oxidation CO, Formaldehyd: Oxidationskatalysator

Lambda-1-Motoren: 3-Wege-Kat

- Anforderungen gelten für Erdgas Neuanlagen ab 01.01.2025, für bestehende Erdgas Anlagen ab 01.01.2029. Vorher: 250 für Erdgas-Neuanlagen, TA-Luft 2002 für bestehende Anlagen.
- Biogas Neuanlagen ab 01.01.2023, für bestehende Biogas Anlagen ab 01.01.2029 – Anforderung 0,1 g/Nm³. Anforderung gilt für bestehende Anlagen ab 01.01.2025, bis 31.12.2024 gilt der Emissionswert der TA-Luft 2002.
- Anforderung gilt ab 01.01.2025.
- Neuanlagen ab 2020, Neuanlagen vorher und Altanlagen unbefristet: 30.—Achtung Biogas: ggf. Emissionsminderungsbonus dann 20
- Nur bei Einsatz von SCR
- Angabe 90 für Biogasmotoren und 9 für Erdgasmotoren .. auf 5% O₂ umgerechnet und aufgerundet

mg/m ³ (5 % O ₂)	Mager-motoren	Lambda-1-Motoren	Zündstrahlmotoren
CO	500/250 ²	500/250 ²	500/250 ²
NO _x	0,10 g/Nm ³ ¹	0,10 g/Nm ³ ¹	0,10 g/Nm ³ ¹
SO _x	90/9 oder DVGW G260	90/9 oder DVGW G260	90/9 oder DVGW G260
Gesamt-C	1300 ³	300 ³	1300 ³
Formaldehyd	20 ⁴	5	20 ⁴
NH ₃	30 ⁵	---	30 ⁵

Motivation – Schwankende Rohgasemissionen

		Lambda 0,9900		Lambda 0,9925		Lambda 0,9950	
Komponente	Einheit	Mittel-wert	Std. Abw.	Mittel-wert	Std. Abw.	Mittel-wert	Std. Abw.
Wasserdampf H ₂ O	vol.-% feucht	15	1	15	4	16	0
Kohlendioxid CO ₂	vol.-% feucht	18	0	18	0	18	0
Kohlenmonoxid CO	ppm trocken	6447	822	5146	789	3908	724
Methan CH ₄	ppm trocken	72	12	71	10	66	8
THC-FTIR	ppm trocken	136	26	134	22	124	17
Stickstoffmonoxid NO	ppm trocken	907	66	947	58	923	59
Lachgas N ₂ O	ppm trocken	1	1	3	2	3	3
Stickstoffdioxid NO ₂	ppm trocken	0	0	0	0	0	0
Schwefeldioxid SO ₂	ppm trocken	42	2	37	3	27	2
Ammoniak NH ₃	ppm trocken	3	0	4	0	5	1
CH ₂ O, C ₃ H ₆ , C ₃ H ₈ , C ₆ H ₆ , C ₇ H ₈	ppm trocken	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sauerstoff O ₂	vol.-% trocken	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0

HHS, FTIR
50kW_{el}, LiPRO HKW 50

Motivation – Schwankende Rohgasemissionen

		Lambda 0,9900		Lambda 0,9925		Lambda 0,9950	
Komponente	Einheit	Mittel-wert	Std. Abw.	Mittel-wert	Std. Abw.	Mittel-wert	Std. Abw.
Wasserdampf H ₂ O	vol.-% feucht	15	1	15	4	16	0
Kohlendioxid CO ₂	vol.-% feucht	18	0	18	0	18	0
Kohlenmonoxid CO	ppm trocken	6447	822	5146	789	3908	724
Methan CH ₄	ppm trocken	72	12	71	10	66	8
THC-FTIR	ppm trocken	136	26	134	22	124	17
Stickstoffmonoxid NO	ppm trocken	907	66	947	58	923	59
Lachgas N ₂ O	ppm trocken	1	1	3	2	3	3
Stickstoffdioxid NO ₂	ppm trocken	0	0	0	0	0	0
Schwefeldioxid SO ₂	ppm trocken	42	2	37	3	27	2
Ammoniak NH ₃	ppm trocken	3	0	4	0	5	1
CH ₂ O, C ₃ H ₆ , C ₃ H ₈ , C ₆ H ₆ , C ₇ H ₈	ppm trocken	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sauerstoff O ₂	vol.-% trocken	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0

HHS, FTIR

50kW_{el}, LiPRO HKW 50

13 – 19 %

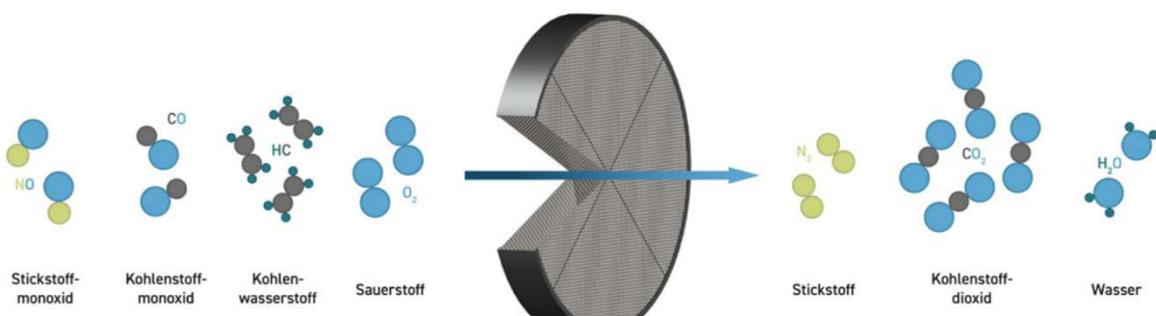
17 – 12 %

19 – 14 %

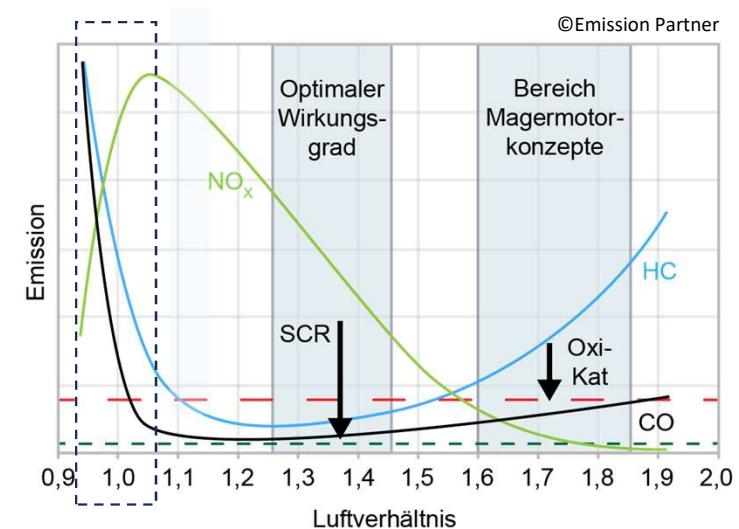
7 – 6 %

Drei-Wege-Katalysatoren (TWC)

Einsatz bei stöchiometrischen Motoren mit einem Lambda-Wert von 1. Es werden Kohlenstoffmonoxid und Kohlenwasserstoffe oxidiert und dabei Stickoxide reduziert.



©Emission Partner



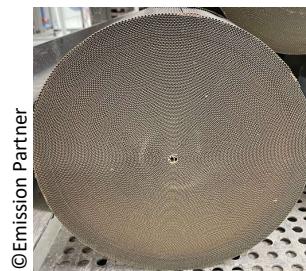
©Emission Partner

Katalysatorentwicklung

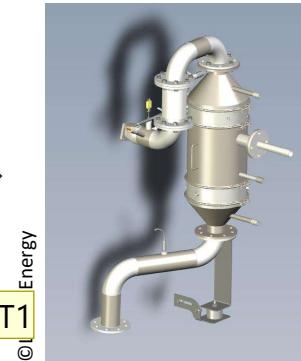
ST0



kleinskalige
Katalysatorprobe:
D: 25,4 mm; L: 20 mm



Katalysatorsystem im Anwendungsmaßstab

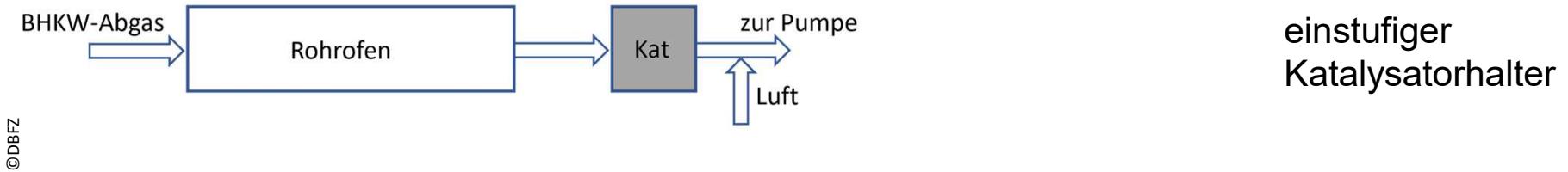


Probe	Zelligkeit (cpsi)	PM	Edelmetall Pt/Pd/Rh	S_{BET} (1) (m²/g)	V_{tot} (1) (cm³/g)
TWC:					
TWC01	400	-	1/0/1	114	0,35
TWC02	400	-o	1/0/1	146	0,37
TWC03	400	-o	1/1/1	150	0,38
TWC04	400	+o	1/0/1	114	0,34
TWC05	400	++	1/0/1	115 / 187	0,32 / 0,48
TWC06	400	o	1/0/1	121 / 135	0,33 / 0,39
OXC:					
OXC01	200	o	1/0/0	214	0,51
OXC02	200	-	1/0/0	126	0,35
OXC03	200	-	1/1/0	200	0,46
OXC04	200	+	1/1/0	113	0,32
OXC05	400	-	1/0/0	---	---
ASC:					
ASC01	200	-	0/0/0	211	0,49
ASC02	200	-	1/0/0	215	0,51
ASC03	400	+	1/0/0	86	0,39
ASC04	200	+	1/0/0	---	---

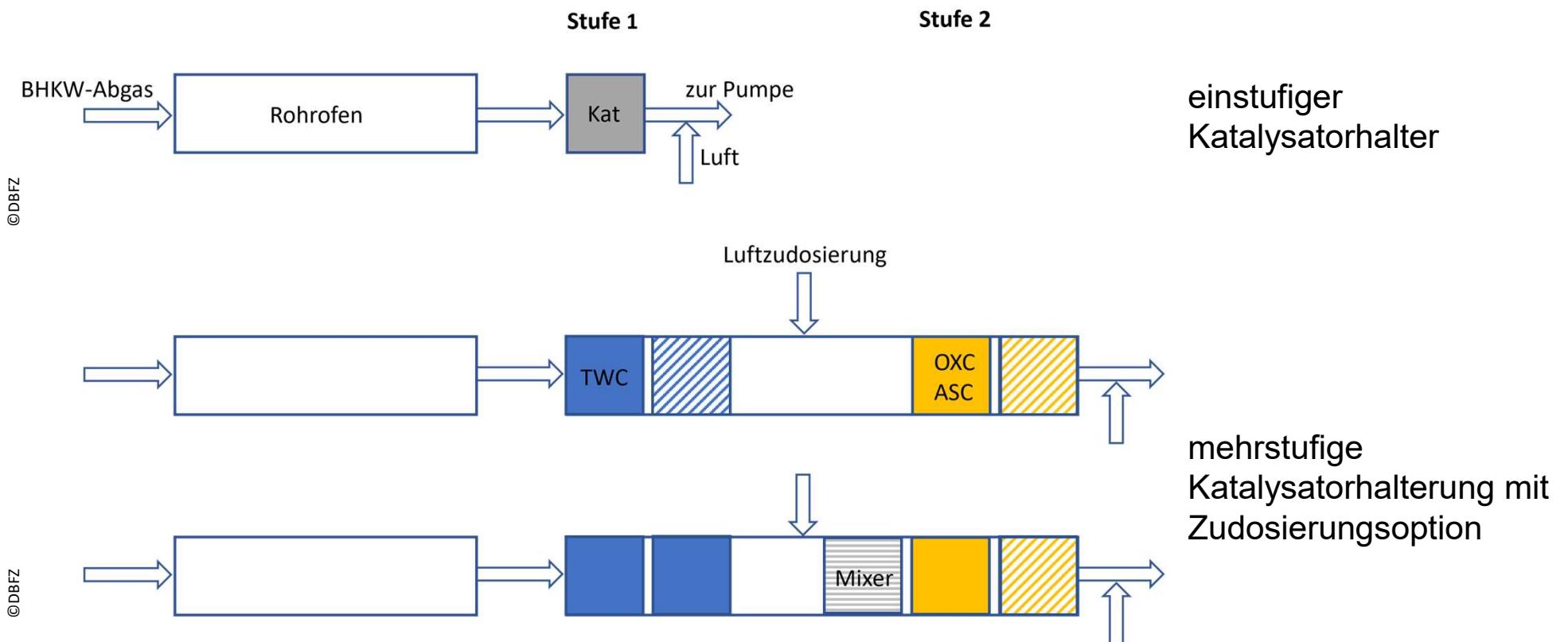
PM: Edelmetallbeladung, (1) Kalzinierter Washcoat

- ST0** @Giuliano: Bitte diese Folie ergänzen, Dinge streichen etc., damit sie auch für Emission Partner passen. Habe ein Foto von René der kleinskaligen Kats eingefügt, da mir keines der aktuellen vorlag.
Z.B. PM, Verhältnis Pt:Pd:Rh, eigene Fotos; ggf. kurzer Textblock etc.
Schliermann, Thomas; 2025-09-08T05:05:01.375
- GEO 0** Tabelle ist angepasst. PM in qualitativen angaben. Edelmetall nur die Angabe zur Anwesenheit
Giuliano Ercolano; 2025-09-08T10:59:38.808
- ST1** @Giuliano, Lukas: Kann das Foto bleiben? Ggf. ändern, ergänzen etc., falls sinnvoll.
Schliermann, Thomas; 2025-09-08T05:06:29.414
- GE1 0** Foro kann bleiben
Giuliano Ercolano; 2025-09-08T10:58:55.759

Messungen im Realabgas - Mobile Katalysator-Testapparatur (MoKatTA)

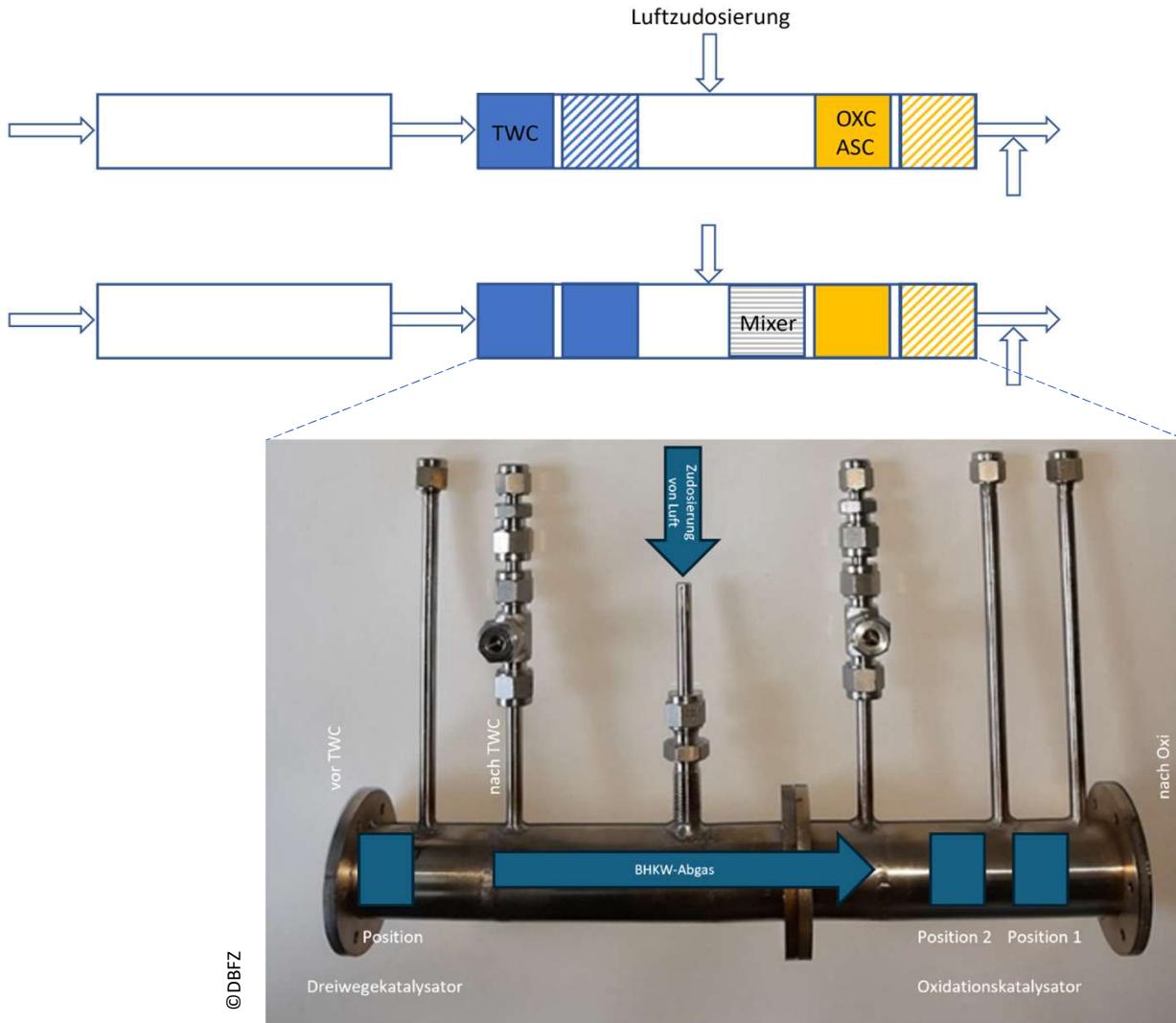


Variable MoKatTA-Konfigurationen



MoKatTA Katalysatorhalterung (Beispiel)

©DBFZ



MoKatTA-Messkampagne zur Katalysatorauswahl

Katalysator Stufe 1	Katalysator Stufe 2
TWC05	OXC04
TWC06	ASC01
TWC03	OXC03
TWC04	ASC02
TWC02	OXC02
TWC01	ASC03

Betriebsbedingungen	
LiPRO HKW 50	HHS, 40 kW _{el}
MoKatTA	$T_{vor_TWC} = 500^\circ\text{C}$ (geregelt) $\text{BHKW-Abgas}_{TWC} = 1000 \text{ l/h}$ (geregelt) Luftzudosierung = 105 l/h oder 250 l/h

Kriterien für die Auswahl der Katalysatoren:

- Minderungsleistung
- Selektivität
- Ressourcenschonung
- Wirtschaftlichkeit

MoKatTA-Messkampagne zur Katalysatorauswahl

Datum	TWC	Oxi	Lambda _{BHKW}	NO			CO			NH ₃			
				vor TWC	nach TWC	nach Oxi	vor TWC	nach TWC	nach Oxi	vor TWC	nach TWC	nach Oxi	
							105 l/h	250 l/h		105 l/h			
ppm, feucht (30min Mittelwerte FTIR)													
16.10.2024 ⁽¹⁾	TWC05	OXC04 ⁽²⁾	1,0000	828	526	526	2277	35	24,8		2	14	20
			0,9975	697	181	188	2284	95	66		33	75	49
			0,9950	770	60	55	3352	842	658		61	32	24
17.10.2024	TWC06	ASC01 ⁽²⁾	1,0000	979	554	520	2602	68	73		33	17	5
			0,9950		57	55		945	926			46	35
			0,9930	948	64	65	4772	2010	1766		30	98	82
18.10.2024	TWC03	OXC03	0,9970	1043	264	168	3660	409	107		40	25,6	13
			0,9950	1062	114	93	4182	1505	693	650	20	62	39
			0,9930	1072	118	100	5028	2580	1271		36	141	63
22.10.2024	TWC04	ASC02	1,0000		620			105				8,9	
			0,9970	1043	112	84	3613	239	224	115	36	28	16
			0,9950	1156	165	71	4299	849	338		30	52	29
			0,9930	1082	103	84	5053	1654	1542		27,8	150	98
23.10.2024	TWC02	OXC02	1,0000	1119	623		2605	97			10,9	6,5	
			0,9970	1088	157	142	3609	465	80	56	25,1	20	12
			0,9950	1085	136	127	4179	1379	309	236	5,3	31,6	18
			0,9930	1113	136	141	5039	2380	893	680	21,8	69	31
24.10.2024	TWC01	ASC03	1,0000		891			1422				3	
			0,9970	973	711	552	3475	2324	716	159	11	29	11
			0,9950	1005	689	522	4126	3141	1196	215	13	53	16
			0,9930		657	544		3858	2239	589		64	17

→ Ausgewählte Katalysatoren: TWC06, TWC02 und ASC03, OXC03

⁽¹⁾ Probleme HKW 50 Anlage, ⁽²⁾ Stufe-2-Kat an Position 1

MoKatTA-Messungen – Fokus TWC05 (Benchmark), TWC02

Fokus: TWC, Lambdaregelung, GHSV

Gemessene Emissionen nach TWC im Vergleich zu den Projektzielen für NO_x und CO.

Lambda		1,000	0,997	0,995	0,993	0,990	Flow, TWC	TWC
							l/h	
CO (Delta zum Ziel/TWOx)	%	-65		-24	165	1014	1400	TWC05
				24	382	1382	1000	
		-43	48	317	869	1992	1400	TWC02
				578	1215	2307	1000	
NO _x (Delta zum Ziel/TWOx)	%	1292	1135	781	293	-13	1400	TWC05
				478	90	-21	1000	
		1494	1011	567	350	352	1400	TWC02
				254	280	424	1000	
NH ₃	mg/Nm ³ (tr,5%O ₂)	2	1	1	1	27	1400	TWC05
				11	17	53	1000	
		2	1	3	26	63	1400	TWC02
				21	46	79	1000	

Ziel/TWOx:

(trocken, mg/m³ bei 5% O₂)

CO: 240

NOx: 100

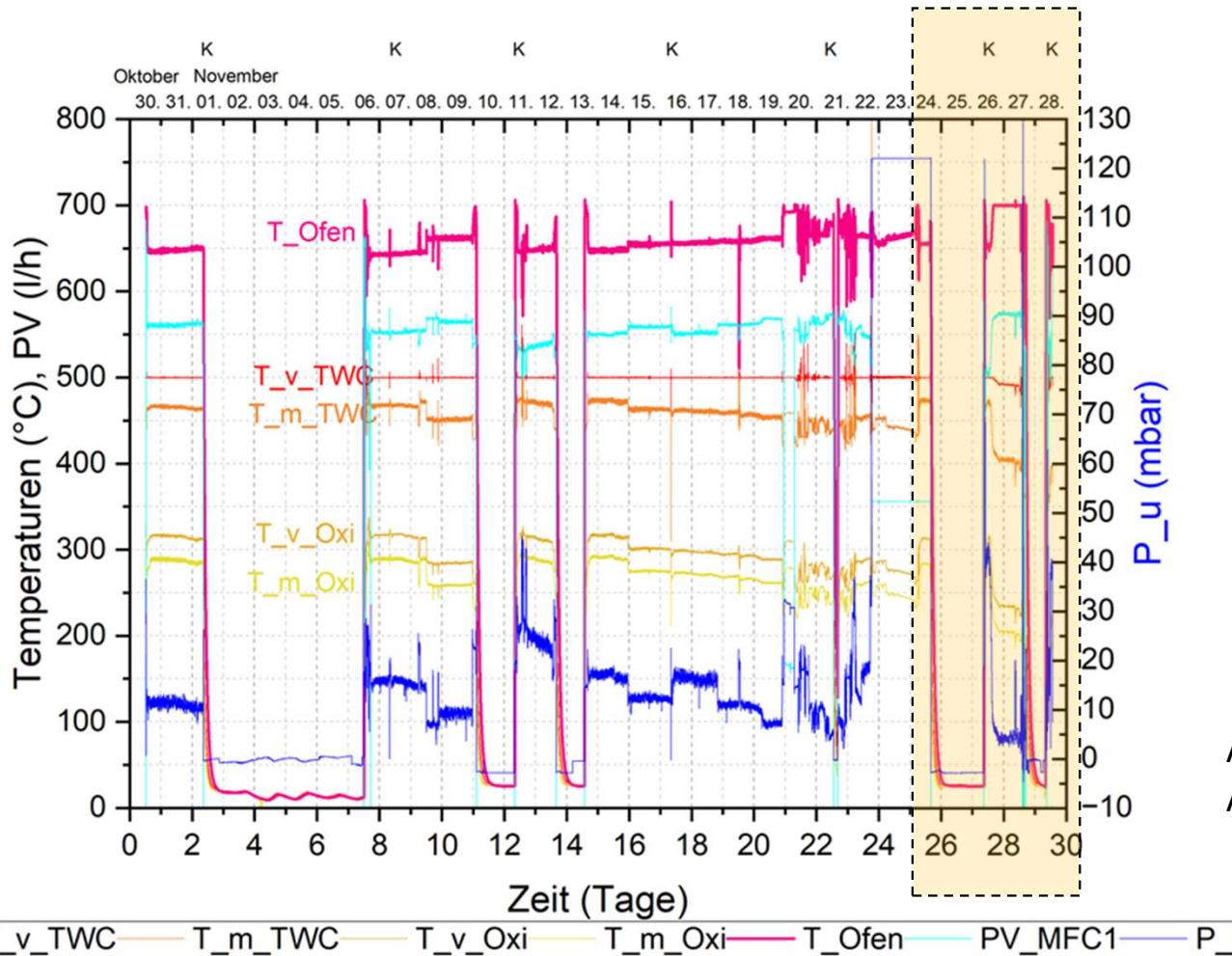
→ TWC05 und TWC02 zeigen verschiedene Charakteristik

→ Minimales NO_x und minimales CO bei unterschiedlichem Lambda

→ Einfluss der GHSV auf Emissionskonzentrationen

→ Unterschiedliche Ammoniakentstehung

Verlauf einer Alterung von Laborkatalysatoren in der MoKatTA (1)

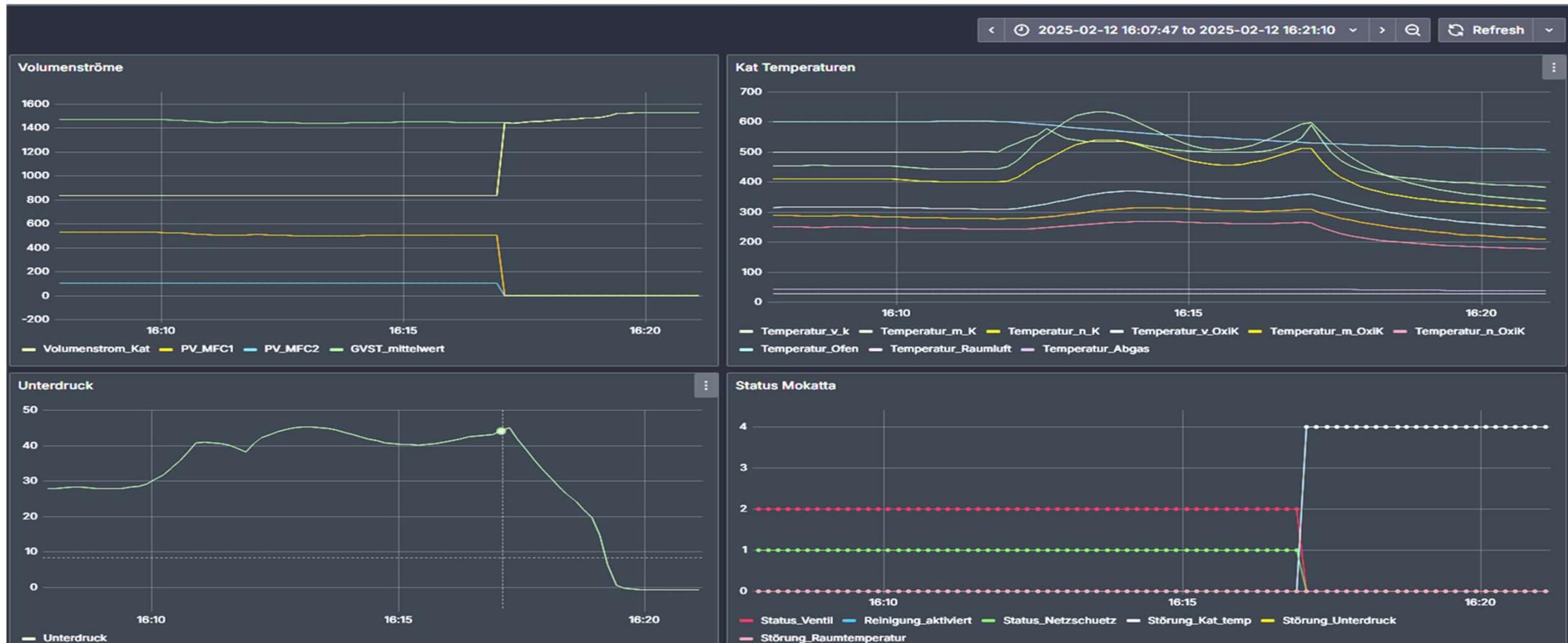


Verlauf einer Alterung von Laborkatalysatoren in der MoKatTA (2)



MoKatTA-Abschaltung bei Alterung

TWC06 + OXC03



→ Abschaltung wegen Übertemperatur

Alterung von Laborkatalysatoren

TWC02:

		vor TWC	nach TWC	Umsatz (%)
CO	ppm	4196	1820	57
		4298	2490	42
NO	ppm	918	131	86
		815	191	77

ASC03:

		nach ZL	nach Oxi	Umsatz (%)
CO	ppm	1456	377	74
		1992	1481	26
NO	ppm	105	109	-4
		153	128	16

TWC06:

		vor TWC	nach TWC	Umsatz (%)
CO	ppm	4236	1423	66
		5004	1052	79
NO	ppm	830	73	91
		835	124	85

OXC03:

		nach ZL	nach Oxi	Umsatz (%)
CO	ppm	1138	141	88
		842	267	68
NO	ppm	58	58	1
		99	134	-35

Alterung: TWC02 und ASC03: 14 Tage
 TWC06 und OXC03: 10 Tage
 Zwischenluft ZL: 250 l/h