

www.holzenergie-symposium.ch

13. Holzenergie-Symposium

Leitung: Prof. Dr. Thomas Nussbaumer
Verenum Zürich und Hochschule Luzern

Patronat: Bundesamt für Energie

Ort: ETH Zürich

Datum: Zürich, 12. September 2014



**HOCHSCHULE
LUZERN**

Technik & Architektur



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie



bioenergy2020+

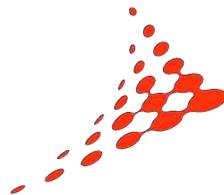
Integration von Oxidationskatalysatoren in Holzöfen

Funktionsweise - Abscheideleistung – Sicherheit – Langzeitperformance

13. Holzenergie - Symposium

Gabriel Reichert, Christoph Schmidl, Harald Stressler, Rita Sturmlechner

Zürich, 12.09.2014



FFG

bmwf

Bundesministerium für
Wirtschaft, Familie und Jugend

COMET

Competence Centers for
Excellent Technologies

bmwvft



Inhalte

- Hintergrund
- Ziele
- Material & Methoden
 - Verwendete Katalysatoren & Funktionsweise
 - Durchgeführte Versuchsreihen & Versuchsablauf
- Ergebnisse
 - Effizienz der Abscheidung von CO, VOC und PM Emissionen
 - Langzeitperformance
 - Sicherheitstechnische Bewertung
- Schlussfolgerungen

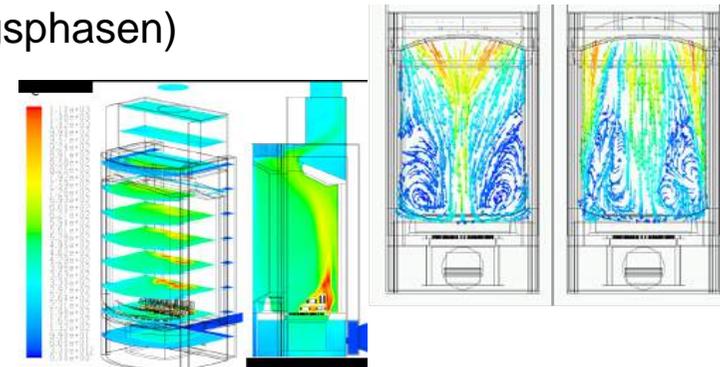


Hintergrund

- Scheitholzbetrieben Öfen sind weit verbreitet in Europa (> 66 Mio. Stück.)
- Jährliche Verkaufszahlen händisch beschickter Öfen in Europa: > 1 Mio. Stück
- Hoher Anteil an gas- und staubförmigen Emissionen im praktischen Betrieb abhängig von:
 - **Technologie** (Gerät & verschiedene Verbrennungsphasen)
 - **Betriebsweise** (Nutzerverhalten & Bedingungen)

- Ansätze zur Emissionsreduktion:

- **Primärmaßnahmen** → techn. Design, 3 T- Regel
 - Emissions- **Vermeidung**
- **Sekundärmaßnahmen** → Filter, ESP, Katalysatoren
 - Emissions- **Reduktion**



Entwicklung und kombinierter Einsatz und von **Primär- und Sekundärmaßnahmen** zukünftig notwendig





Ziele

- Untersuchung und Bewertung von **integrierten Wabenkatalysatoren** („EnviCat“) der Fa. Clariant hinsichtlich:

- **Abscheideeffizienz** von CO, VOC und PM Emissionen
- **Langzeitperformance**
- **Betriebssicherheit** (Druckverlust, Verblockungsrisiko)



- Integrierte Katalysatoren sollen vor allem in den **Anbrand-** und **Ausbrandphasen** Emissionen deutlich mindern

1. Anbrandphase:

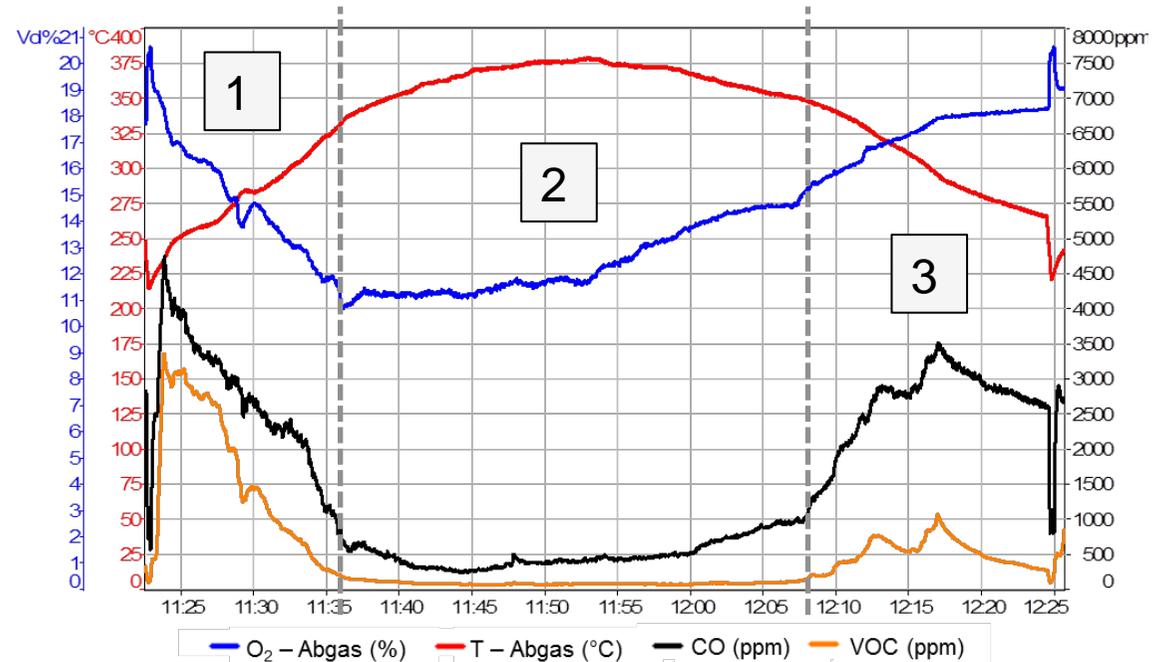
→ O₂ fallend & steigend
Abgastemperaturen

2. Hauptbrandphase

→ O₂ leicht steigend & gleichmäßige
Abgastemperaturen

3. Ausbrandphase

→ O₂ steigend & fallende
Abgastemperaturen



Zürich, 12.09.2014

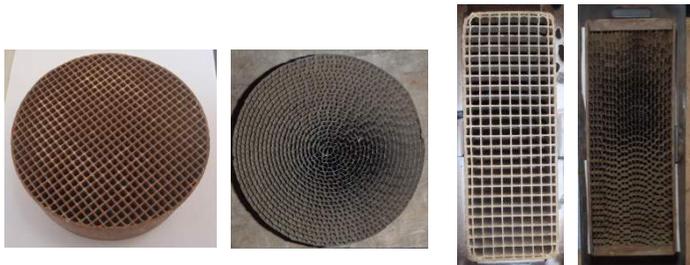


Material & Methoden

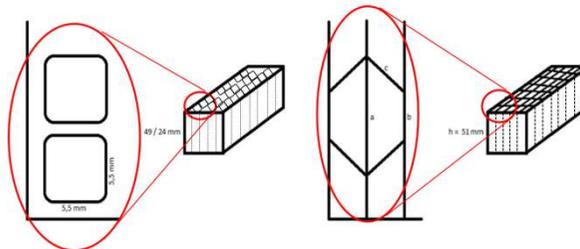
Verwendete Wabenkatalysatoren & Funktionsweise

Wabenkatalysatoren von Clariant

- Keramisches und metallisches Trägermaterial (aktive Phase Pt, Pd)
- Verschiedene Dimensionen & Formen
 - Rund/ rechteckig

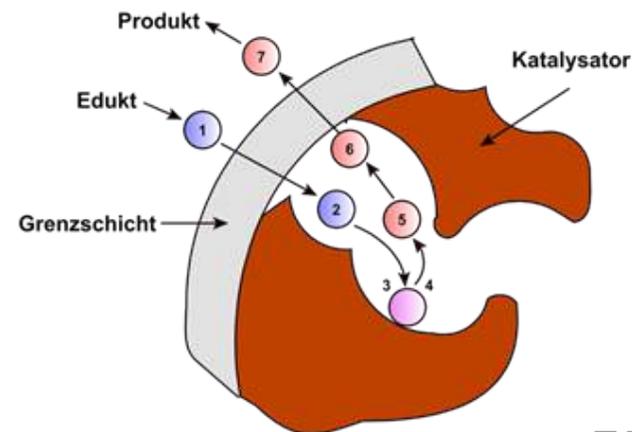


- Verschiedene Wabendichte & -form
 - Keramisch: quadratisch
 - Metallisch: trapezförmig



Reaktionsschritte der heterogenen Katalyse

1. **Transport** der Reaktionspartner durch die Grenzschicht
2. **Diffusion** der Reaktionspartner in die Pore
3. **Absorption** der Reaktionspartner an die katalytische Oberfläche
4. Heterogene chemische **Reaktion** der Reaktionspartner
5. **Desorption** der Produkte von der katalytischen Oberfläche
6. **Diffusion** der Produkte aus der Pore heraus
7. **Transport** der Produkte durch die Grenzschicht des Katalysators



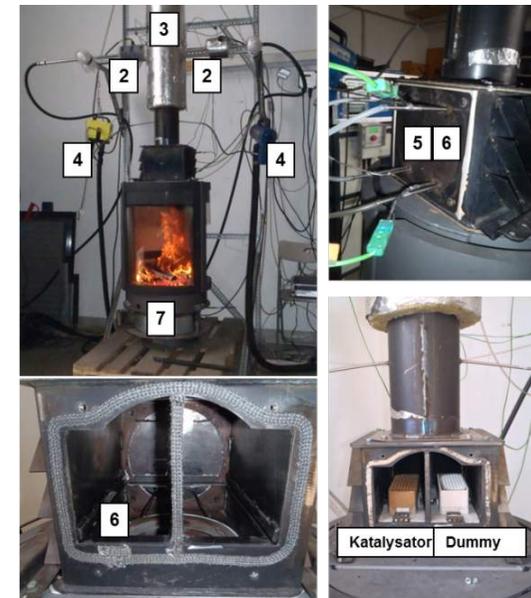
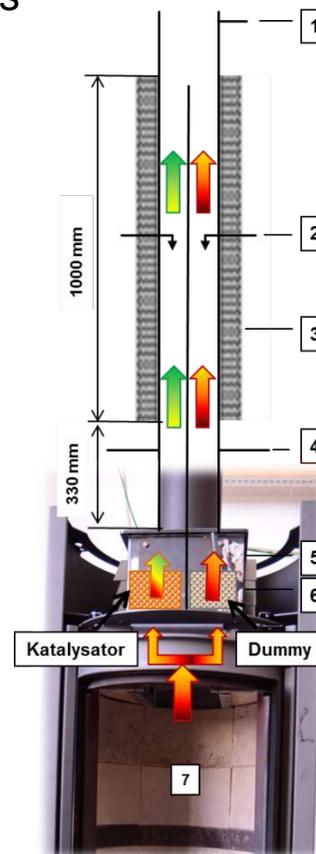
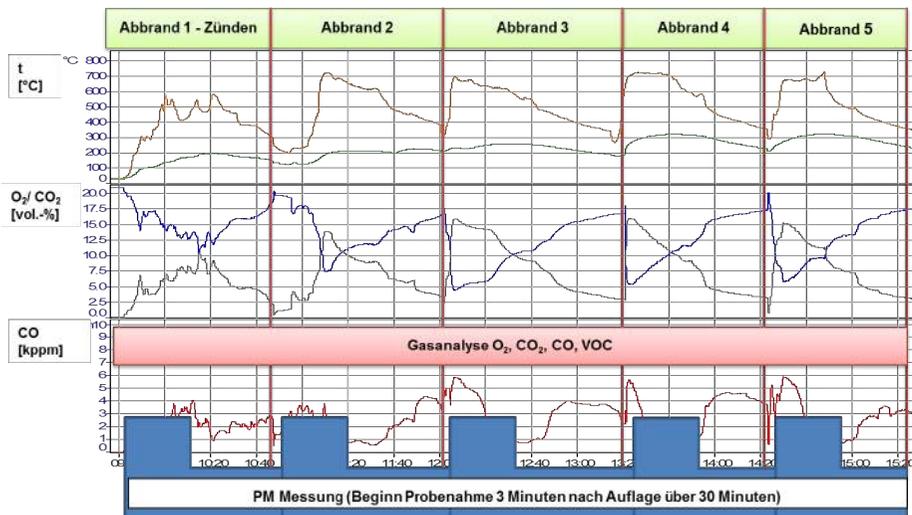


Material & Methoden

Durchgeführte Versuchsreihen & Versuchsablauf

1. Versuchsreihe - Abscheideleistung

- Konstruktion eines DemoCat-Versuchsstandes
- Parallele Messung von CO, VOC und PM Emissionen in Kat und Dummy Messtrecke
- Messung der Druckverluste & Abgastemperaturen an Kat/ Dummy
- 5 Abbrände pro Versuchszyklus



Legende:

- 1 Druckmessung (Kaminzug)
- 2 Parallele PM Messung
- 3 Dämmung
- 4 Parallele Gasanalyse (O₂, CO₂, VOC, CO)
- 5 Differenzdruck Katalysator/ Dummy
- 6 Temperaturmessung (vor und nach Katalysator/ Dummy)
- 7 Ofen

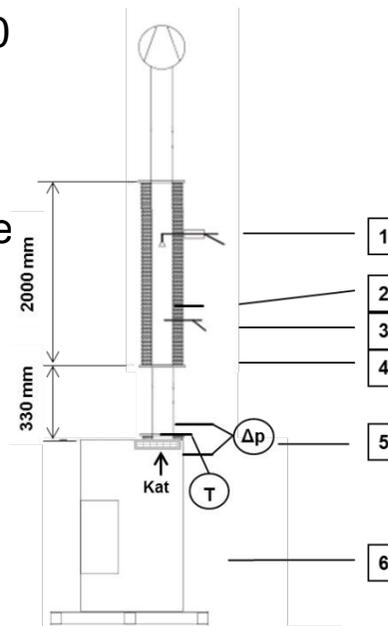
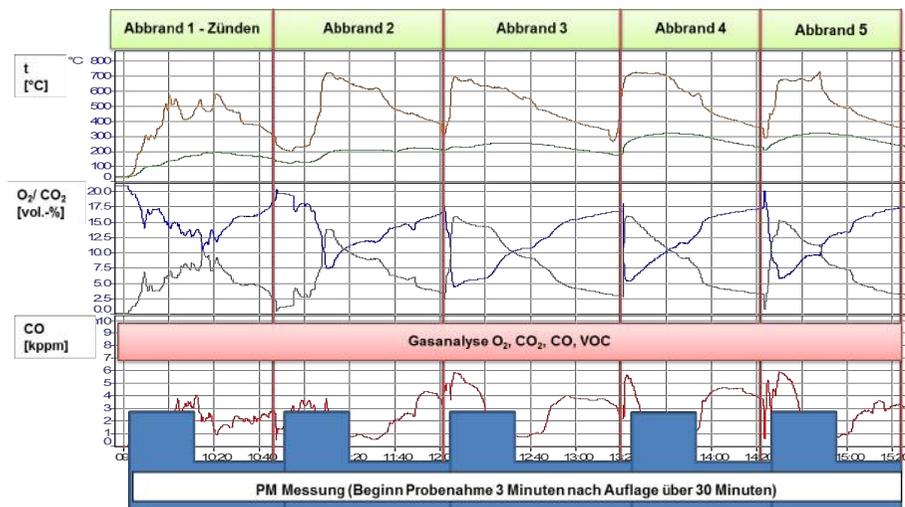


Material & Methoden

Durchgeführte Versuchsreihen & Versuchsablauf

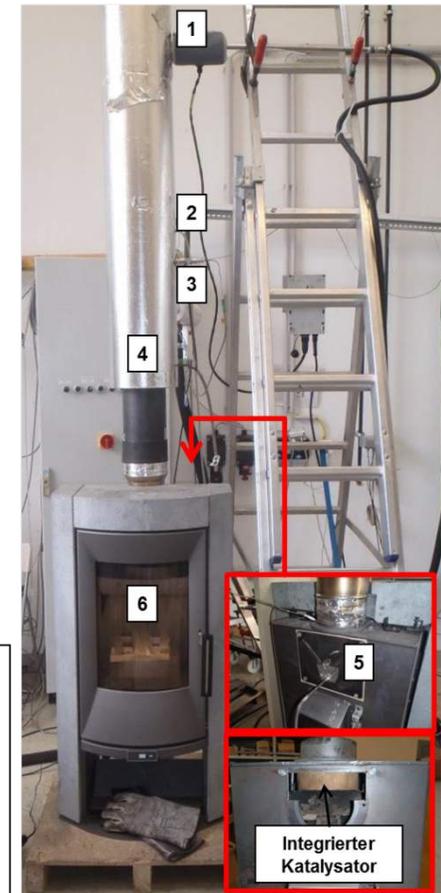
2. Versuchsreihe – Langzeitperformance

- **Eingangsprüfung** → 100 Abbrände (7 bis 10 Abbrände pro Tag) → **Ausgangsprüfung**
- Messung von CO, VOC und PM Emissionen
- Messung Druckverluste & Abgastemperature
- 5 Abbrände pro Testtag für Eingangs- und Ausgangsprüfung



Legende:

- 1 PM Messung
- 2 Druckmessung (Kaminzug)
- 3 Gasanalyse (O₂, CO₂, VOC, CO) & Abgas-Temperatur
- 4 Dämmung
- 5 Messung Druckverlust durch Katalysator & Temperaturmessung nach Katalysator
- 6 Ofen





Ergebnisse Versuchsreihe 1

Effizienz der Abscheidung von CO, VOC und PM Emissionen

CO Emissionen

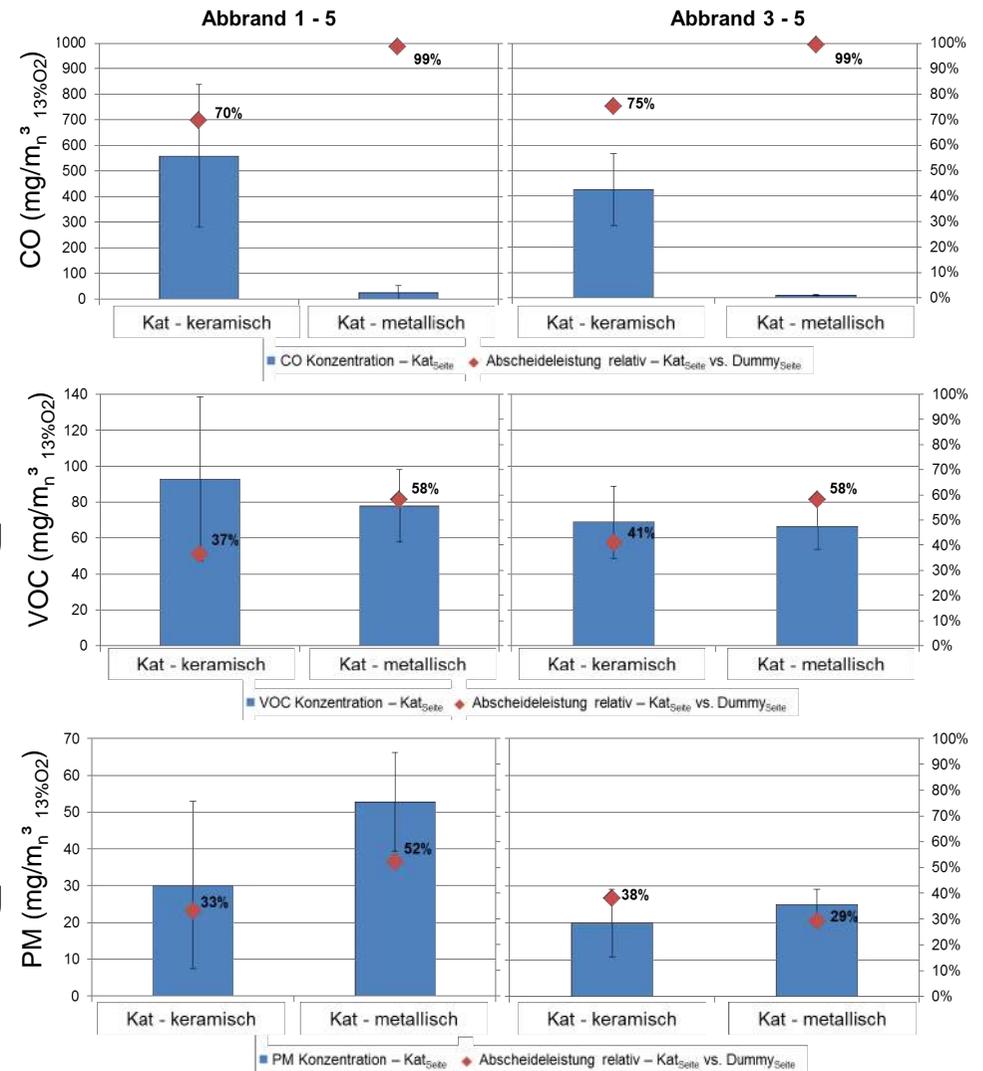
- Abscheideleistung von 70% bis 99%
- Metallischer Kat deutlich besser (v.a. absolutes Niveau)

VOC Emissionen

- Abscheideleistung von 37% bis 58%
- Unterschied keramisch zu metallisch gering

PM Emissionen

- Abscheideleistung von 33% bis 52%
- Unterschied keramisch zu metallisch gering
- Ggf. metallischer Kat am Beginn Vorteile





Ergebnisse Versuchsreihe 1

Abscheideeffizienz von CO & VOC in den Verbrennungsphasen

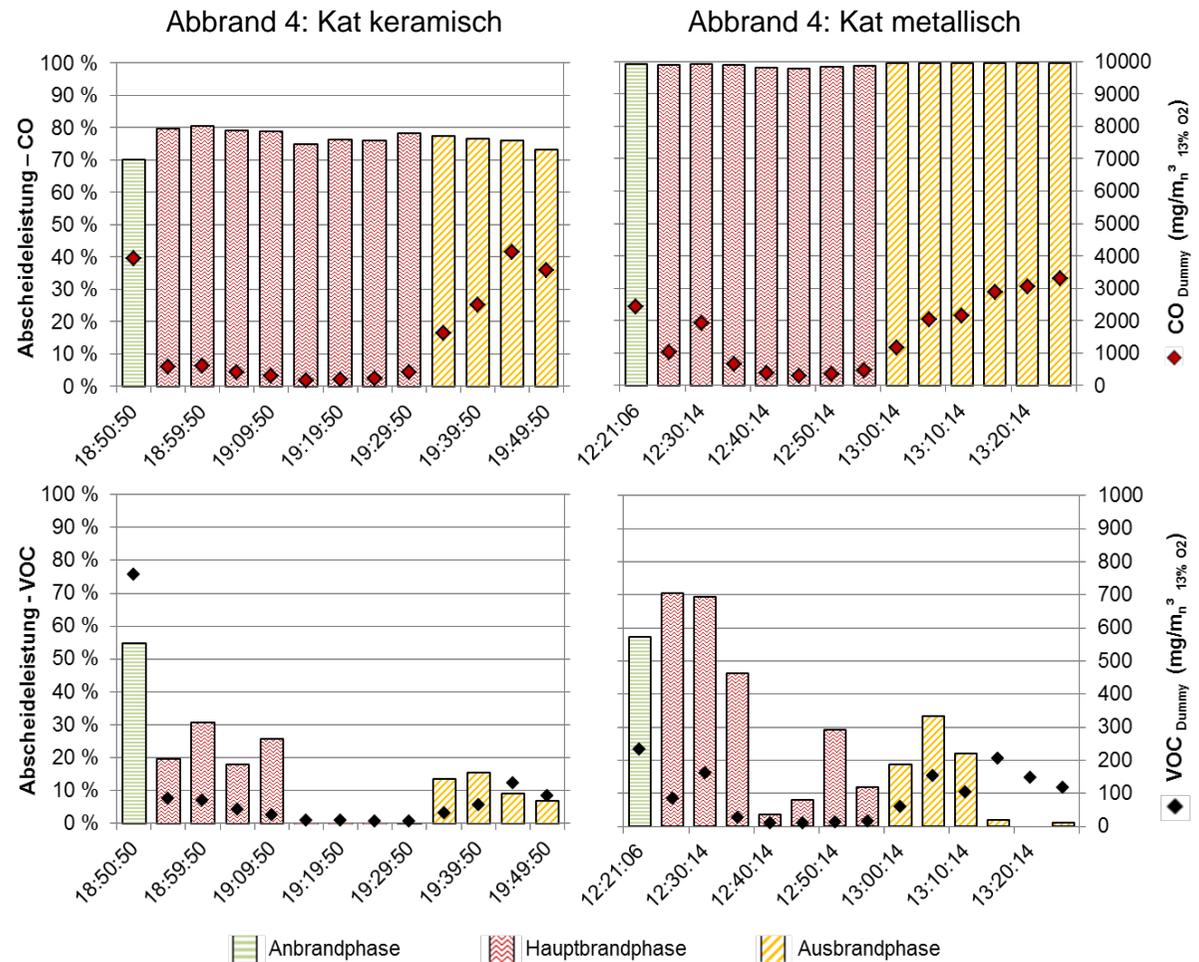
Vergleich Kat keramisch & metallisch

CO Emissionen

- Relativ in allen Phasen ähnlich
- Absolut besser in Anbrand- und Ausbrandphase

VOC Emissionen

- Relativ und absolut am höchsten in der Anbrandphase sowie im ersten Teil der Hauptbrandphase

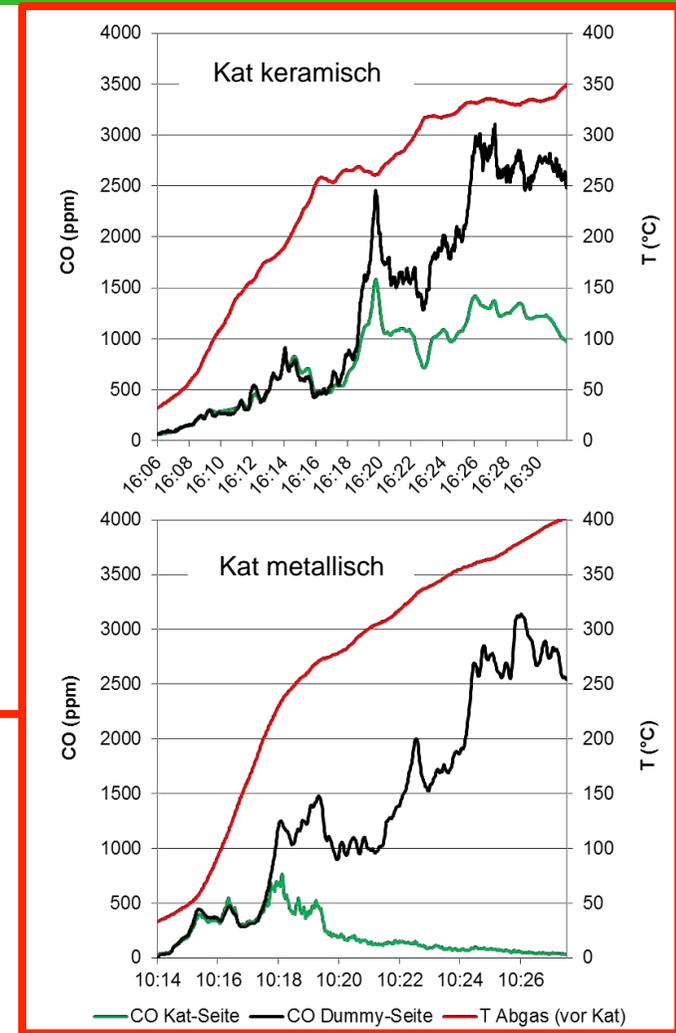
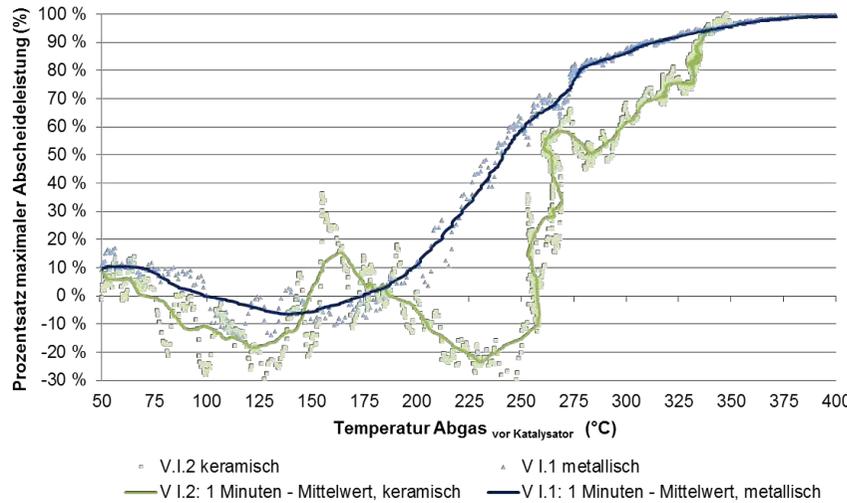




Ergebnisse Versuchsreihe 1

Temperatureinfluss auf katalytische Abscheidung von CO

- Abscheidung am Beginn des Ofenbetriebs stark temperaturabhängig
- Beginn der katalytischen Abscheidung von CO erfolgte hier ca. zwischen 4 und 10 Minuten nach Zündung
- Katalytische Abscheidung beginnt bei etwa 175°C bis 260°C (metallischer Kat etwas früher).
- Ab etwa 310°C bis 335°C wird bei beiden Katalysatoren die maximale Abscheideleistung erreicht (CO).

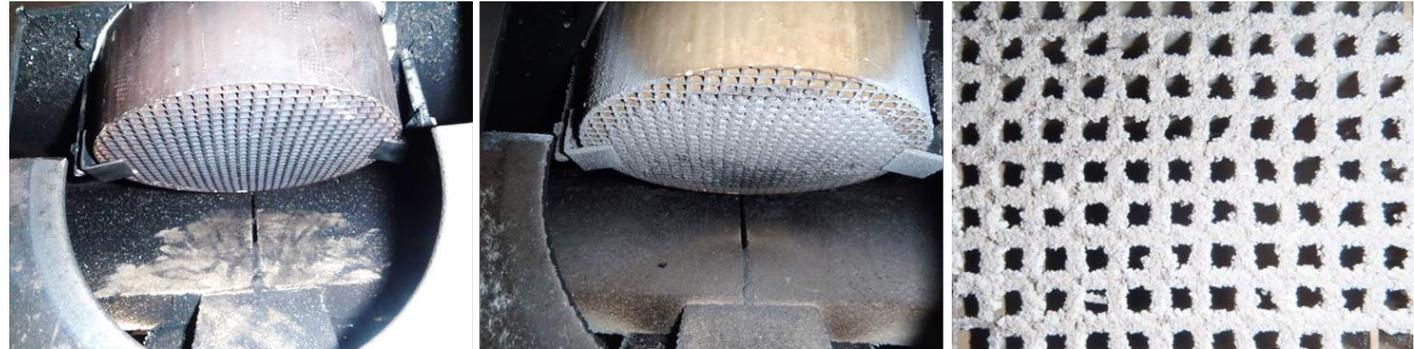




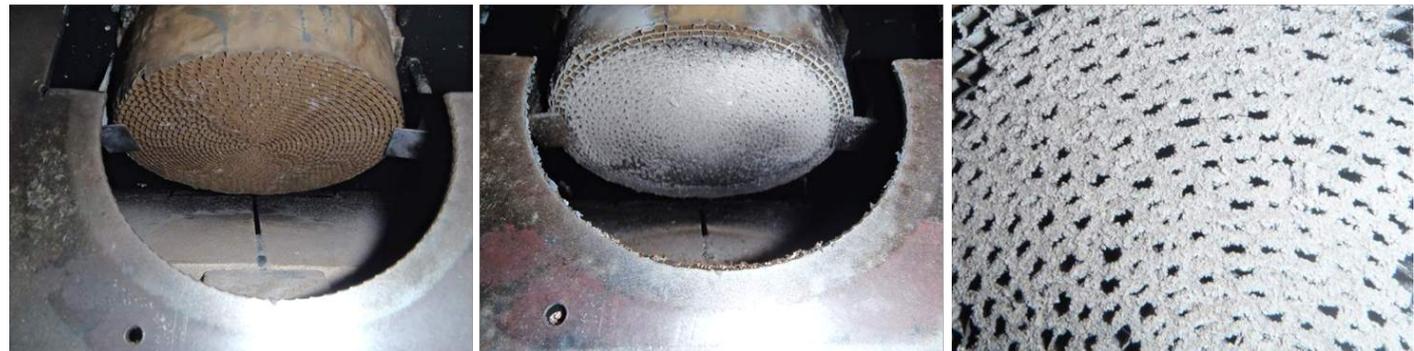
Ergebnisse Versuchsreihe 2

Betriebssicherheit – Verblockung bei längerer Betriebsweise

■ Keramischer Kat:



■ Metallischer Kat:

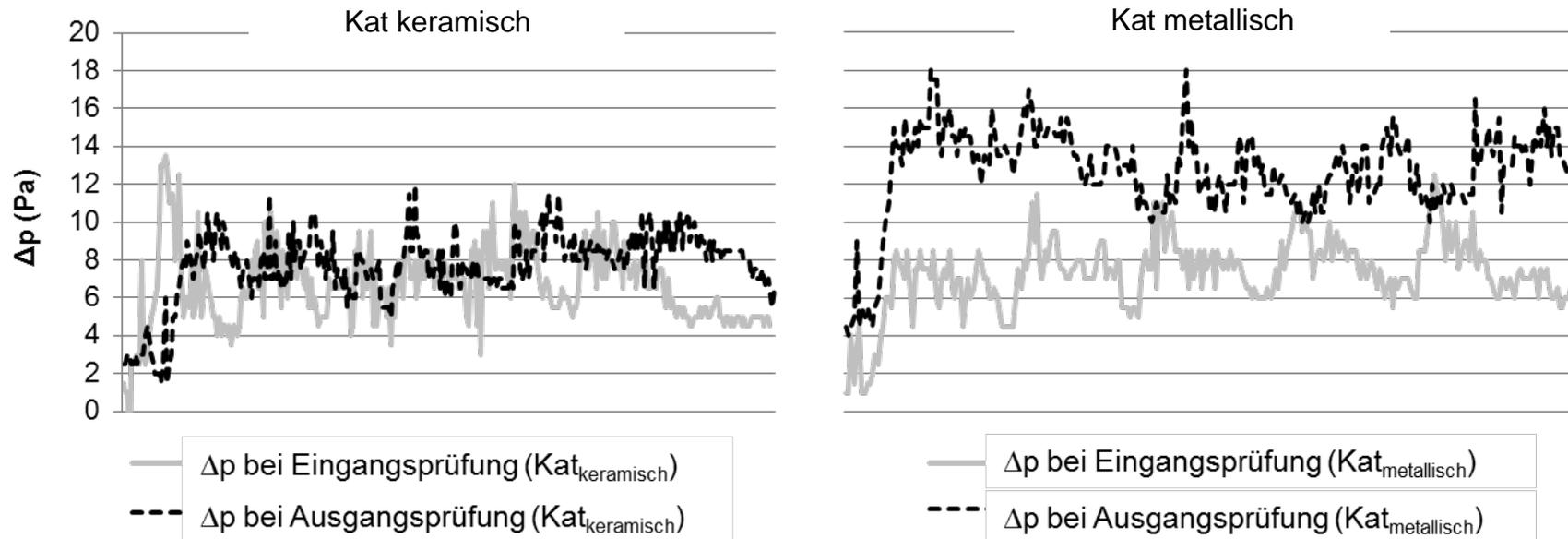


- Gleichmäßige Ablagerung an Partikel über dem durchströmten Querschnitt
- Bei metallischem Kat: Waben teilweise komplett abgedeckt bzw. verblockt
- Ablagerungen waren durch Abwaschen mit Wasser einfach und vollständig entfernbar



Ergebnisse Versuchsreihe 2

Betriebssicherheit – Druckverlust bei längerer Betriebsweise



- Druckverlust bei Eingangsprüfung: im Mittel bei 6 bis 8 Pa (keramischer & metallischer Kat)
- Druckverlust bei Ausgangsprüfung:
 - Keramische Kat: Druckverlust bei Eingangs- und Ausgangsprüfung annähernd gleich
 - Metallischer Kat: deutlich erhöhter Druckverlust bei Ausgangsprüfung
- **Höheres Verblockungsrisiko bei metallischem Kat sichtbar**



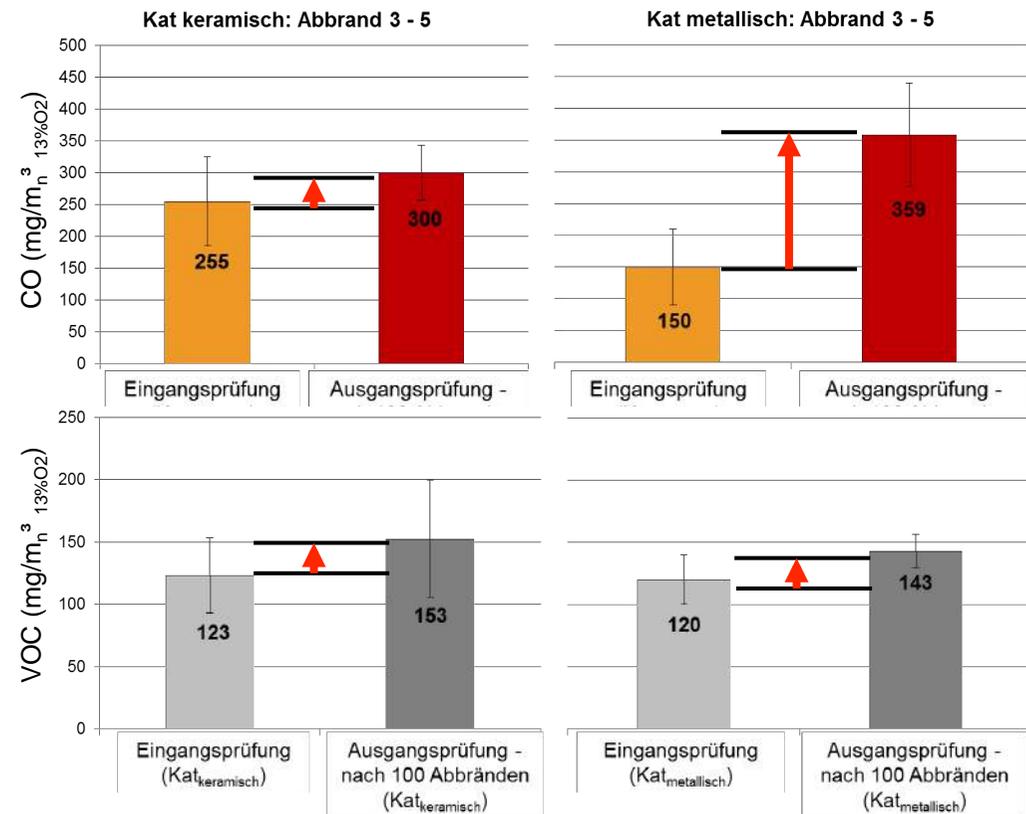
Ergebnisse Versuchsreihe 2

Langzeitperformance – Abscheideeffizienz nach längerer Betriebsweise

Vergleich Kat keramisch & metallisch

- Kat keramisch:
 - Leicht geringere Abscheideleistung für CO
 - Leicht geringere Abscheideleistung für VOC

 - Kat metallisch:
 - Deutlich geringere CO Abscheideleistung
 - Leicht geringere VOC Abscheideleistung
- Längere Betriebsweise (hier ca. 100h) führt zu einer **verringerten Abscheideleistung** von **CO** und **VOC Emissionen** – Unterschied ist bei metallischem Katalysator vergleichsweise deutlicher



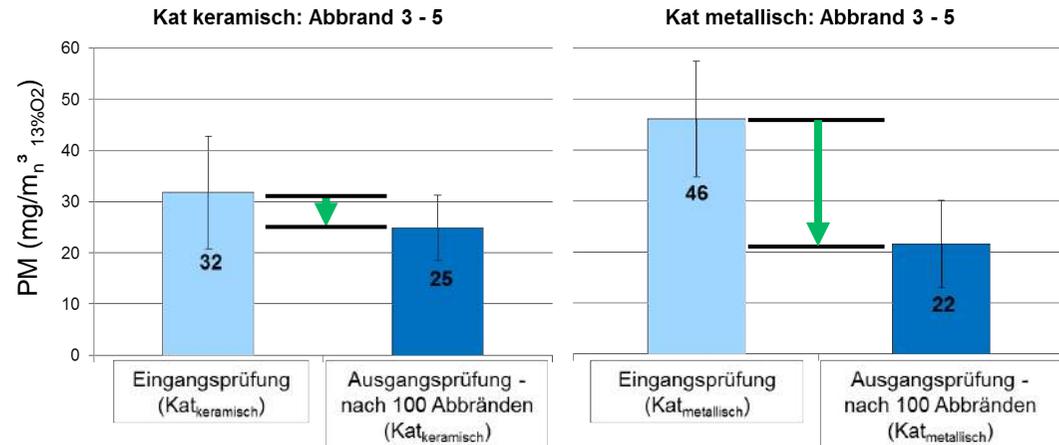


Ergebnisse Versuchsreihe 2

Langzeitperformance – Abscheideeffizienz nach längerer Betriebsweise

Vergleich Kat keramisch & metallisch

- Kat keramisch & metallisch:
 - Geringere PM Emissionen nach Dauerbetrieb
- **Bessere PM Abscheideleistung**



Vergleich Abscheideeffizienz vor und nach Waschen (Kat metallisch)



Kat metallisch: Ø Abbrand 3-5			
-	Eingangsprüfung	Ausgangsprüfung	Ausgangsprüfung – „nach Waschen“
CO (mg/m ³ 13% O ₂)	150	359	150
VOC (mg/m ³ 13% O ₂)	120	143	96
PM (mg/m ³ 13% O ₂)	46	22	41
Fazit:	Verringerung (CO/ VOC) bzw. Steigerung (PM) der Abscheideleistung sind reversibel		



Schlussfolgerungen

- Durch Integration der Wabenkatalysatoren ohne Bypass in Holzöfen werden **deutliche Minderungen** hinsichtlich **gas- und staubförmiger Emissionen** erzielt.
 - CO: Reduktion 70% bis 99%,
 - VOC: Reduktion 40% bis 60%
 - PM: Reduktion 30% bis 40%
- Katalysator wirkt am **effektivsten in Anbrand und Ausbrandphase** emissionsreduzierend.
- Reduktion der PM Emissionen scheint durch Prozesse der **Impaktion** sowie durch **Diffusio- und Thermophorese** bedingt zu sein.
- Der Druckverlust der integrierten Katalysatoren liegt im Bereich von 6 bis 8 Pa.
- **Längere Betriebsweise** führt zu **Ablagerungen von Partikeln** auf der Katalysatoroberfläche
 - Risiko für höheren Druckverlust & Verblockungsgefahr
 - Geringere Abscheideleistung von CO & VOC Emissionen

 Integrierte Wabenkatalysatoren in Holzöfen reduzieren gas- und staubförmige Emissionen, müssen jedoch für eine optimale Abscheideeffizienz und Betriebssicherheit in regelmäßigen Abständen von anhaftenden Agglomeraten gereinigt werden.



bioenergy2020+

**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!**



Gabriel Reichert

Combustion Systems
BIOENERGY 2020+ GmbH

Location Wieselburg

Tel: +43 7416 52238 73

gabriel.reichert@bioenergy2020.eu

Zürich, 12.09.2014



FFG

bmwfi

Bundesministerium für
Wirtschaft, Familie und Jugend

bmwvrt

COMET

Competence Centers for
Excellent Technologies