

15. Fachgespräch

Partikelabscheider

in häuslichen Feuerungen



IMPRESSUM**Herausgegeben von:**

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

Förderung:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

Geschäftsführung:

Prof. Dr. mont. Michael Nelles (Wissenschaftlicher Geschäftsführer)
 Dr. Christoph Krukenkamp (Administrativer Geschäftsführer)

DBFZ Tagungsreader, Nr. 30

15. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen
 8. Februar 2024, Leipzig
 ISSN: 2199-9856 (online)
 ISBN: 978-3-949807-07-7
 DOI: 10.48480/6a24-zd85

Datum der Veröffentlichung: 8. März 2024

Bilder: © Paul Trainer/DBFZ. Die Rechte für Abbildungen
 im Rahmen von Abstracts und Präsentationen liegen beim
 Referierenden.

Gestaltung: Stefanie Bader / **DTP:** Paul Trainer

Das DBFZ ist nicht verantwortlich für den Inhalt der eingereichten
 Dokumente. Die Verantwortung für die Texte sowie der Bilder/Grafiken
 liegt bei den Autoren.

Copyright: Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne
 die schriftliche Genehmigung der Herausgebenden vervielfältigt oder
 verbreitet werden. Unter dieses Verbot fällt insbesondere auch die
 gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische
 Datenbanken und die Vervielfältigung auf anderen digitalen
 Datenträgern.

15. Fachgespräch

Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen

8. Februar 2024, Leipzig

Inhaltsverzeichnis

Grußwort.....	6
Impressionen.....	7

SESSION: NEUES AUS ENTWICKLUNG UND FORSCHUNG, BLOCK I

Christian Gollmer, Technische Universität Hamburg

Primäre und sekundäre Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Verbrennung von Holzhackschnitzeln – (Brennstoff-)Additivierung und elektrostatischer Partikelabscheider –	10
--	----

Dr. Andreas Hänel, DBI – Gasttechnologisches Institut gGmbH Freiberg

Emissionsminderung durch Kombination eines Partikelabscheiders mit Katalysator	16
---	----

Claudia Schön, Technologie- und Förderzentrum Straubing

LangEFeld – Langzeitmonitoring von Abscheidern im Feld – Aktueller Stand	34
---	----

Dr. Axel Friedrich, freier Berater

Pilotprojekt Papageien/Waldsiedlung Berlin – Nachrüstung von realen Öfen mit Partikelabscheidern und Katalysatoren	42
---	----

Marc Oliver Schmid, Universität Stuttgart (Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik)

Die gemeinsame Reduktion von NOx und Feinstaub an einem Gewebefilter im DeNOx-DePM-Projekt	54
---	----

HERSTELLERFORUM: AKTUELLE PRODUKTE UND NEUERUNGEN

Dr. Johannes Gerstner, Clean Exhaust Association e.V.

Sauber verbrennen – Emissionen reduzieren: Aktuelle Perspektive des Verbandes CEA	64
--	----

Edmund Drohojowski, Ahrens Schornsteintechnik GesGmbH

Ahrens Clean Air Future – Feinstaubreduzierung aus Sicht der Schornsteinsanierung	76
--	----

Aleksandar Miskovic, SiO2 Ventures GmbH

FireWell – Für ein Feuer ohne Feinstaub	90
--	----

SESSION: RAHMENBEDINGUNGEN

Patrick Huth, Deutsche Umwelthilfe e.V.

Update zur EU-Luftreinhaltepolitik: Gesetzliche Rahmenbedingungen für Holzheizungen und Partikelabscheider	96
---	----

Gerhard Schmoeckel, Bayerisches Landesamt für Umwelt

44. BImSchV, VDI 3953 (Entwurf) – Methoden zum Nachweis des kont. effektiven Betriebs von Staubabscheidern für Festbrennstofffeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung zwischen 1 und 5 MW	104
---	-----

EXPERTENTALK: NEUES AUS DER NORMUNG

Tobias Ulbricht, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Zusammenfassung: Expertentalk „Neues aus der Normung“	114
--	-----

SESSION: NEUES AUS ENTWICKLUNG UND FORSCHUNG, BLOCK II

Lisa Feikus, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Einfluss des Abgaszustands und der Temperatur auf die Abscheideleistung von elektrostatischen Abscheidern für ERF – praxisrelevante Erkenntnisse	118
---	-----

Dr. Josef Wüest, Fachhochschule Nordwestschweiz

Einfluss von kondensierten und nukleierten Nanopartikeln auf den ESP	120
---	-----

Nemo Lohberger, Fachhochschule Nordwestschweiz

Integrierte ESP – Partikelabscheidung bei hohen Temperaturen	132
---	-----

ANHANG

Veranstaltende	144
----------------------	-----



SAVE THE DATE!

Die nächste Veranstaltung „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ findet am **12. Februar 2025** am TFZ in Straubing statt. Bitte merken Sie sich den Termin jetzt schon in Ihrem Kalender vor.

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!

Weitere Informationen unter: www.tfz.bayern.de

Grußwort

Sehr geehrte Vortragende und Teilnehmende des 15. Fachgesprächs „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“

wir befinden uns in einer Phase der Transformation unserer überwiegend auf fossilen Energieträgern basierenden Wärmeversorgungssysteme hin zu einem System, das auf erneuerbaren Energieträgern fußt. Hackschnitzel- Pellets- und Scheitholzfeuerungen leisten hierbei einen wesentlichen Beitrag.

Leider sind die Verbrennungsprozesse noch immer mit einem Treibhauspotenzial behaftet das dringend reduziert werden muss. Bei Biomassefeuerungsanlagen treten neben gasförmigen Emissionen auch klimaschädliche Feststoffe in Form von Partikeln, allen voran Black Carbon auf. Diese Stoffe müssen aus Rücksicht auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt aus dem Abgas der Feuerungsanlagen entfernt werden.

In den letzten 15 Jahren konnte das Fachgespräch die Entwicklung und Verbreitung von Staubabscheidern in häuslichen Feuerungen begleiten. Mittlerweile stehen mehrere technisch ausgereifte Systeme am Markt zur Verfügung. Bedauerlicherweise ist die Nachfrage zu gering, so dass die Stückkosten noch relativ hoch sind. An der Wirksamkeit der Systeme besteht jedoch kein Zweifel.

Im Fokus der diesjährigen Veranstaltung stand weniger der Status Quo der Entwicklung, als vielmehr die intelligente Kombination von Staubabscheidern mit anderen Schadstoffminderungstechniken, bzw. deren Integration in die Feuerungsanlage. Es wird immer deutlicher, dass Feuerung und Staubabscheider zusammen gedacht und weiterentwickelt werden müssen. Auch mögliche primär wirkende Emissionsminderungsmaßnahmen wie Kaolin als Zuschlagstoffe können, wenn alle rechtlichen Fragen geklärt sind, Teil einer integrierten Emissionsminderungsstrategie sein.

Um auch kurzfristig eine deutliche Minderung von klimaschädlichen Emissionen zu erreichen, wurde



Dr. Volker Lenz und Dr. Hans Hartmann

auch dieses Jahr die Nachrüstung der rund zwölf Mio. Kaminöfen mit Staubabscheidern thematisiert. Die Wirkung dieser nachrüstbaren Staubabscheider auf die Luftbeschaffenheit in Wohngebieten konnte bisher nur hochgerechnet werden. Umso erfreulicher ist es, dass diese positive Wirkung mittels eines Pilotprojektes in der Papageiensiedlung in Berlin nun auch messbar gemacht wurde.

Ein weiterer Themenblock der Veranstaltung beschäftigte sich mit der Wirkung von kondensierbaren Kohlenwasserstoffen aus Kaminöfen auf die Wirksamkeit von Partikelabscheidern. Hier wurden Ergebnisse aktueller praktischer Messungen sowie theoretische Überlegungen zum Thema vorgestellt und diskutiert.

Im vorliegenden Tagungsreader finden Sie die präsentierten Abstracts und Folien zum Nachlesen. Das 16. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ wird am 12. Februar 2025 am Technologie- und Förderzentrum in Straubing stattfinden. Wir freuen uns auf Ihre erneute Teilnahme!

V. Lenz *H. Hartmann*

Dr. Volker Lenz, DBFZ Dr. Hans Hartmann, TFZ

Impressionen



*Session: Neues aus
Entwicklung und Forschung,
Block I*

Christian Gollmer, Technische Universität Hamburg

Primäre und sekundäre Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Verbrennung von Holzhackschnitzeln – (Brennstoff-)Additivierung und elektrostatischer Partikelabscheider –

Christian Gollmer, Prof. Dr. Martin Kaltschmitt, Vanessa Weigel und Theresa Siegmund
Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) | Technische Universität Hamburg (TUHH)
Eißenendorfer Straße 40
21073 Hamburg
Tel.: +49 (0)40 42878-3319
E-Mail: christian.gollmer@tuhh.de

Die energetische Nutzung von holzartigen Festbrennstoffen (z. B. Pellets und/oder Hackschnitzeln) in Feuerungsanlagen ist zwangsläufig mit der Bildung und Freisetzung von potenziell gesundheits- bzw. umweltschädlichen gas- und partikelförmigen Emissionen (z. B. Staub und Kohlenstoffmonoxid) verbunden. Eine brennstoffseitige Primärmaßnahme – vorrangig zur Minderung der (anorganischen) Staubemissionen – ist die (Brennstoff-)Additivierung, bei der sogenannte Additive in Form von Mineralien oder anderer chemischer Verbindungen zum biogenen Festbrennstoff hinzugegeben werden. Für die Verwendung von (Holz-)Pellets in Kleinf Feuerungsanlagen hat sich insbesondere das Additiv Kaolinit bzw. Kaolin als zielführend für die Minderung der Staubemissionen erwiesen. Dieses kann das aus dem holzartigen Festbrennstoff stammende und infolge der vollständigen Verbrennung hauptverantwortlich (anorganische) Staubemissionen bildende Alkaliemet Kalium in Form hochtemperaturstabiler Verbindungen in die anfallende Asche einbinden und somit die normalerweise resultierenden Emissionen mindern.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel einer entsprechenden Studie am Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) der Technischen Universität Hamburg (TUHH), die Übertragbarkeit der brennstoffseitigen, primären Maßnahme der (Brennstoff-)Additivierung für die Minderung (anorganischer) alkalibasierter, partikelförmiger Emissionen bei der (vollständigen) Verbrennung von Holzhackschnitzeln in einer Kleinf Feuerungsanlage zu untersuchen.

Dazu wurde die (Brennstoff-)Additivierung von Holzhackschnitzeln mit je 0,5 Mas.-% verschiedener Kaolinsorten (d. h. variierende Partikelgrößenverteilung) untersucht, zudem wurde der Einfluss verschiedener Additive (d. h. je 1 Mas.-% Kaolinit, Kaolin, Anorthit, Titandioxid und Aluminiumhydroxid) näher betrachtet. Die Analysen erfolgten u. a. auf Grundlage der Gesamtstaub-, der Feinstaub- bzw. Kohlenstoffmonoxidemissionen sowie hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der Feuerraumasche. Zu Vergleichszwecken kam ein elektrostatischer Partikelabscheider als herkömmliche sekundäre Staubminderungsmaßnahme zum Einsatz.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich die brennstoffseitige, primäre Emissionsminderungsmaßnahme der (Brennstoff-)Additivierung auf die Verbrennung der Brennstoffart Holzhackschnitzeln in Kleinf Feuerungsanlagen unter Einhaltung der gültigen Grenzwerte gemäß der 1. BImSchV für die Luftschadstoffe Gesamtstaub (20 mg/Nm³13Vol%O₂) und Kohlenstoffmonoxid (400 mg/Nm³13Vol%O₂) übertragen lässt. Neben der Wahl geeigneter Additive (z. B. Kaolin, Anorthit) sollten zukünftige Untersuchungen bzw. Anwendungskonzepte auch den Einfluss der (mittleren) Partikelgröße bzw. der Partikelgrößenverteilung – neben der sonst vielbeachteten Menge – der verwendeten Additive sowie eine kombinierte Verwendung von (Brennstoff-)Additivierung und elektrostatischem Partikelabscheider auf die erreichbare Emissionsminderung stärker berücksichtigen.



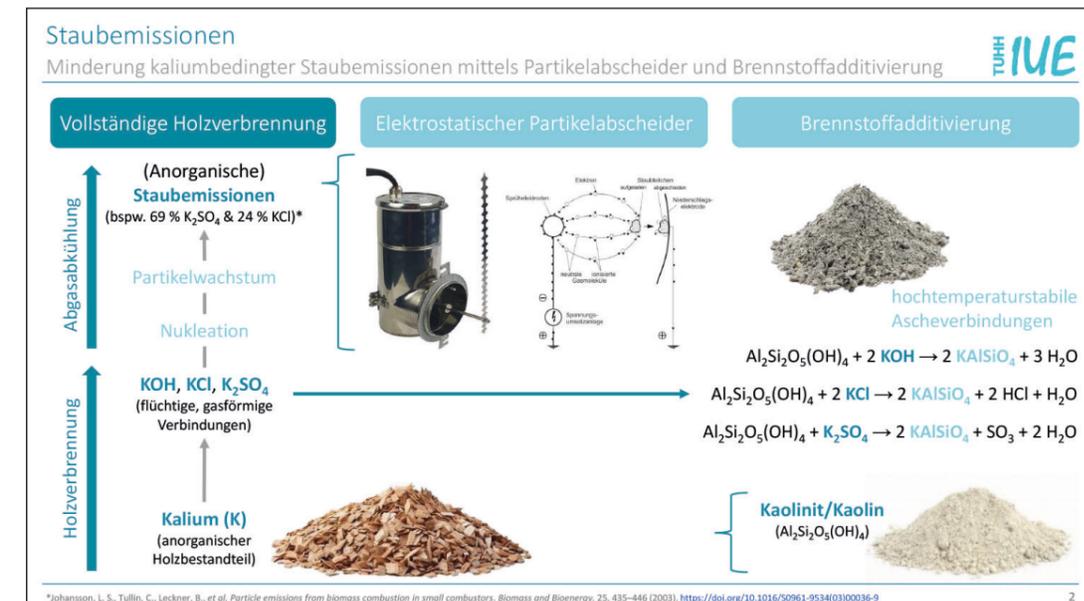
Leipzig
Donnerstag, 08. Februar 2024
15. Fachgespräch "Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen"

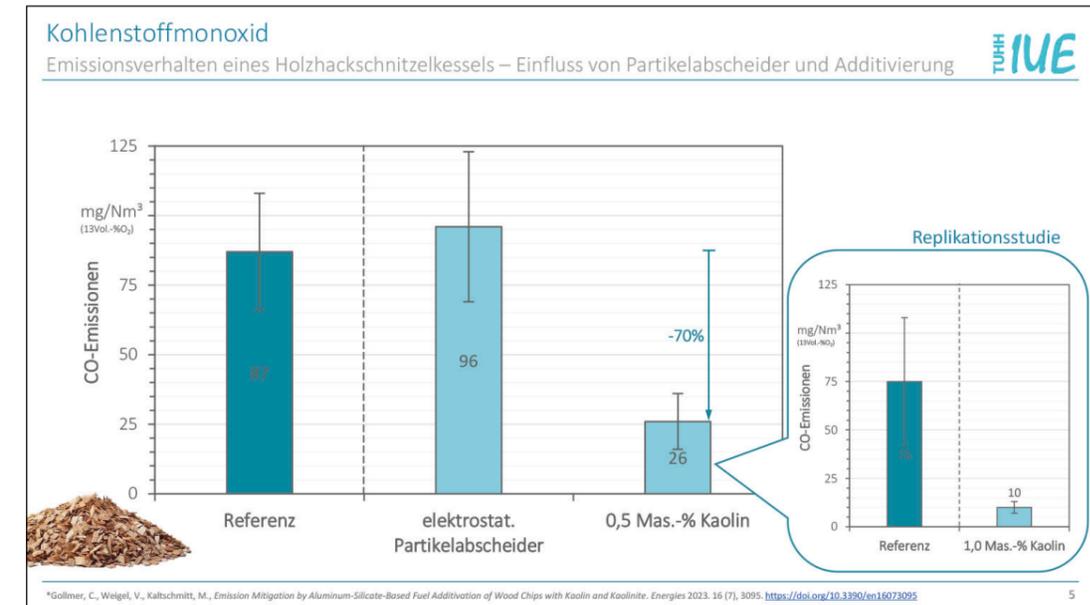
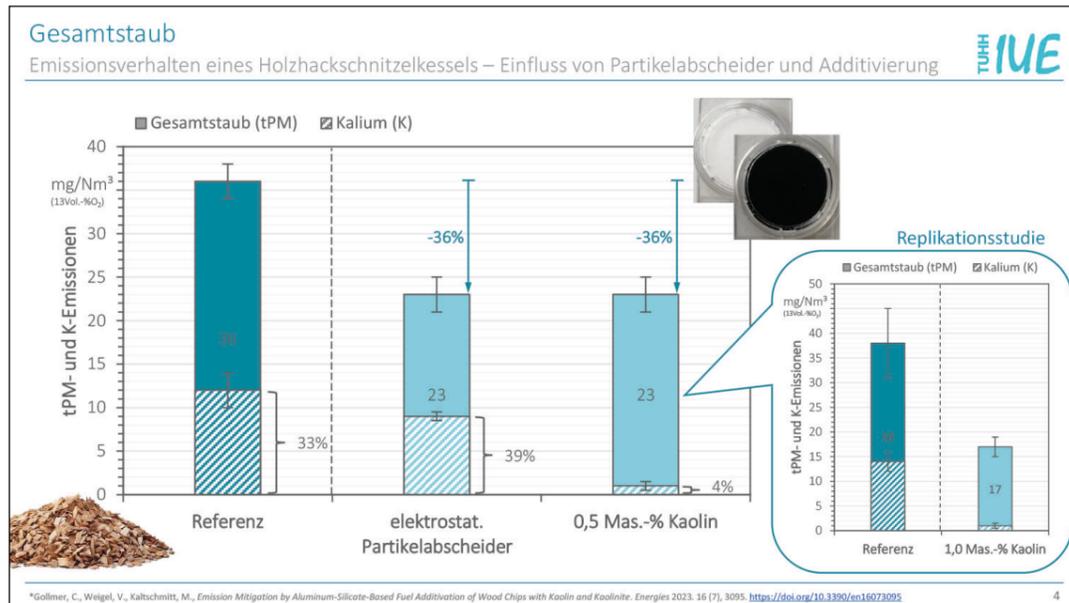
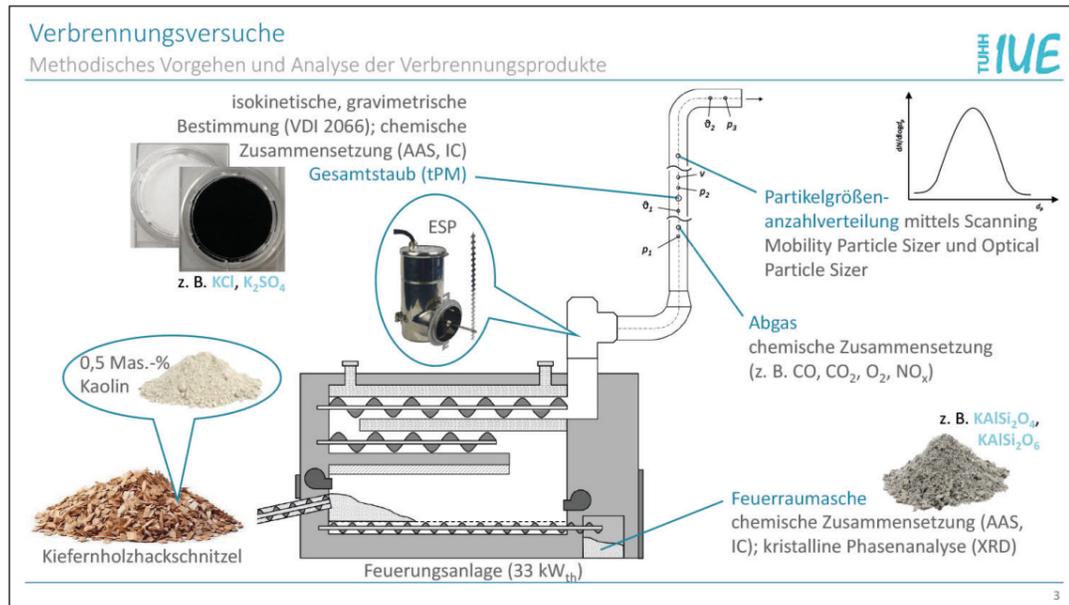
Primäre und sekundäre Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Verbrennung von Holzhackschnitzeln - (Brennstoff-)Additivierung und elektrostatischer Partikelabscheider -

Christian Gollmer, Theresa Siegmund, Martin Kaltschmitt



Technische Universität Hamburg (TUHH) | Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) | www.tuhh.de/iue





Zusammenfassung

Betriebserfahrungen an einem Holzhackschnitzelkessel

- Elektrostatischer Partikelabscheider und (Brennstoff-)Additivierung zeigen **vergleichbare Minderungswirkung bezüglich der Gesamtstaubemissionen** bei der Verbrennung von Holzhackschnitzeln.
- Durch die (Brennstoff-)Additivierung kann zeitgleich auch eine **deutliche Reduktion der Kohlenstoffmonoxidemissionen** bei der Verbrennung von Holzhackschnitzeln erreicht werden.
- Die Minderungswirkungen des elektrostatischen Partikelabscheiders und der (Brennstoff-)Additivierung weisen eine **hohe Replizierbarkeit** auf (auch in Hinblick auf andere Brennstoffe und/oder Feuerungsanlagen).

TUHH IVE

Ausblick
Zukünftige Emissionsminderungsansätze

- Der elektrostatische Partikelabscheider und die (Brennstoff-) Additivierung können aus wissenschaftlicher Sicht als **Stand der Technik** bei der Verbrennung holzartiger Brennstoffe angesehen werden.
- Für eine weitere Emissionsminderung limitierter Luftschadstoffe aus der Holzverbrennung sollte zukünftig der **kombinierte bzw. simultane Einsatz unterschiedlicher Minderungsmaßnahmen** betrachtet werden.
- Die Einbringung geeigneter (Brennstoff-)Additive sollte dabei sowohl **brennstoff- als auch anlagenseitig** geprüft werden.




Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen und Diskussion




Christian Gollmer
 Technische Universität Hamburg (TUHH)
 Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE)
 Eißendorfer Str. 40, D-21073 Hamburg
 +49 40 42878 3319 | christian.gollmer@tuhh.de | www.tuhh.de/iue

Dr. Andreas Hänel, DBI – Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg

Emissionsminderung durch Kombination eines Partikelabscheiders mit Katalysator

Dr. Andreas Hänel, Jenö Schipek
 DBI – Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg
 Halsbrücker Straße 34
 09599 Freiberg
 Tel.: +49 (0)3731 41953-304
 E-Mail: andreas.haenel@dbi-gruppe.de

Biomassekleinfeuerungsanlagen sind eine klimaneutrale Option für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser, wo aufgrund lokaler Gegebenheiten andere Optionen nicht zielführend sind. Die Herausforderung bei der Verbrennung von Holz ist, dass neben Kohlenstoffdioxid und Wasser weitere Stoffe (CO, organische Verbindungen, Staub) emittiert werden. Um sowohl die schädlichen Emissionen von Feinstaub, als auch CO zu minimieren, wird ein System aus einem Staubabscheider und einem neuartigen Katalysator entwickelt. Im Rahmen des Vortrags wird der aktuelle Stand des Forschungs- und Entwicklungsprojektes Emin-koNa (FKZ 49MF210144) präsentiert.

Unabhängige Unternehmensgruppe des **DVGW**

DBI
Gruppe

www.dbi-gruppe.de

Emissionsminderung durch Kombination eines Partikelabscheiders mit Katalysator

(Zwischenergebnisse aus dem Projekt Emin-koNa)

Dr. Andreas Hänel, Jenö Schipek
 DBI – Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg



15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“, 8. Februar 2024

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

Energie mit Zukunft. Umwelt und Verantwortung.

EURONORM

Gliederung

- 1 Ausgangssituation für Wärmebereitstellung
- 2 Grundlagen
- 3 Entwicklung des edelmetallfreien Pulverkatalysators
- 4 Immobilisierung des Katalysators auf 1" Keramiken
- 5 Versuchsstand mit Partikelabscheider
- 6 Zusammenfassung & Ausblick



DBI
Gruppe

Ausgangssituation und Motivation

Energie mit Zukunft. Umwelt und Verantwortung.

DBI Gruppe

Emissionen

Nationale und europäische Standards der jüngeren Vergangenheit:

Typische Abgaszusammensetzung für Scheitholz

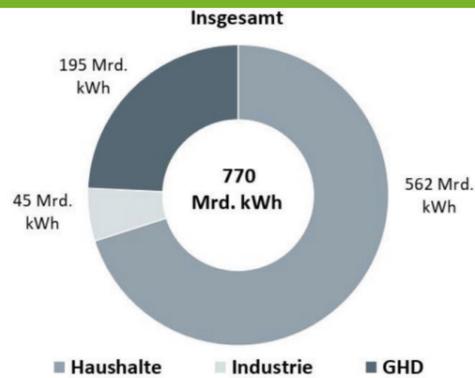
Parameter	Einheit	Einzelraumfeuerstätten	Heizkessel
Sauerstoffbezugswert für die Emissionen	Vol.-%	13%	10%
CO ₂	Vol.-%	6 – 9	13 – 16
CO	mg/m ³	750 – 1250	200 – 600
C _x H _y (ausgewiesen als OGC)	mg/m ³	80 – 120	1 – 30
NO _x (angegeben als NO ₂)	mg/m ³	90 – 140	180 – 220
PM (Staub-Emission)	mg/m ³	20 – 40	20 – 30

- Verbindlich seit 2015 2. Stufe der 1. BImSchV nach Anlage 4
- Freiwillig seit 2020 Blauer Engel für Kaminöfen (DE-UZ 212)
- Verbindlich seit 2020 EU Verordnung 2015/1189 (Eco-Design-Anforderungen Heizkessel)
- Verbindlich seit 2021 Straffere Anforderungen für die Förderung von Biomasseanlagen nach BEG EM des BAFA
- Verbindlich seit 2022 EU Verordnung 2015/1185 (Eco-Design-Anforderungen Einzelraumfeuerstätten)
- Freiwillig seit 2022 Blauer Engel für Partikelabscheider (DE-UZ 222)

➤ Verschärfung der Grenzwerte erfordert proaktives Handeln

DBI Gruppe

Raumwärme und Warmwasser



ca. 6,1 Mio. fernwärmeversorgte Haushalte		
7,6 Mio. Gas-Brennwertkessel	6,4 Mio. Gas-Kessel (Stand. & Niedertemp.)	
4,4 Mio. Öl-Kessel (Stand. & Niedertemp.)	0,8 Mio. Öl-Brennwertkessel	
1,2 Mio. Wärmepumpen	ca. 1,1 Mio. elektr. Speicherheizungen	ca. 2,5 Mio. solartherm. Anlagen
0,9 Mio. Biomasse-Kessel	ca. 11 Mio. Holz-/Kaminöfen	

Endenergieverbrauch 2021 Wärme nach Sektoren, Quelle: BDEW: Statusreport Wärme

Wärmeerzeuger 2021 in Haushalten, Quelle: BMWi, BDH, BDEW in BDEW: Statusreport Wärme

→ Wärmewende schaffen mit Holz als regional nachwachsenden Rohstoff

DBI Gruppe

Grundlagen

Energie mit Zukunft. Umwelt und Verantwortung.

DBI Gruppe

Emissionsgrenzwerte

- Gegenüberstellung der Emissionsgrenzwerte für Holzfeuerungen am Beispiel von Raumheizern nach EN 13240 (geschlossene Betriebsweise) – Wirkungsgradanforderungen sind nicht mit abgebildet

Parameter	1. BImSchV, Anlage 4, 2. Stufe	EU Verordnung 2015/1185	Blauer Engel DE-UZ 212 ^{*,**} (mit Abscheider)	Zusammenfassung
Gültig ab	01.01.2015	01.01.2022	01.01.2020	--
Staub-Massegehalt [mg/m ³] ***	≤ 40	≤ 40	≤ 15	Deutliche Verschärfung durch Blaue-Engel-Prozedur
Staub-Partikelanzahl [Mio./cm ³] ***	--	--	≤ 5 ****	Neues Messverfahren, hohe Anforderung
CO-Massegehalt [mg/m ³] ***	≤ 1.250	≤ 1.500	≤ 500	Deutliche Verschärfung durch Blaue-Engel-Prozedur
OGC-Massegehalt [mg/m ³] ***	--	≤ 120	≤ 70	Deutliche Verschärfung durch Blaue-Engel-Prozedur
NO _x -Massegehalt [mg/m ³] ***	--	≤ 200	≤ 180	Geringfügige Verschärfung durch Blaue-Engel-Prozedur

* Messung der Werte nach einer erweiterten Prüfprozedur mit Anzünd-, Nenn- & ggf. Teillastphase – nicht direkt mit den weiteren Verordnungen vergleichbar
 ** Freiwilliges Zeichen unter Beachtung, dass Kommunen und Städte diese Anforderungen lokal umsetzen wollen (Beispiel Berlin)
 *** Bezogen auf 13 % O₂, trockenes Abgas, normiert auf 0 °C & 1013 mbar
 **** Grenzwert gilt ab 01.01.2024

DBI Gruppe

Lösungsansatz



Anspruch / Randparameter

- Temperaturfenster 100 °C < T < 400 °C
- Lösung für viele Einsatzfälle / Produkte im Bereich der Kleinfeuerungsanlagen
- Sekundärmaßnahme sitzt komplett außerhalb der Feuerstätte
- Bestehende typgeprüfte RLU-Feuerstätten mit automatischer Verbrennungslufteinrichtung und ohne Katalysator können ohne Entwicklungsaufwand mit Nachschalteinheit versehen und nach dem „Blauen Engel“ für Kaminöfen geprüft und vertrieben werden
- Relativ schnelle Umsetzbarkeit in Verbindung mit einer Feuerstätte, da lediglich ein Quick-User-Guide erstellt werden muss, nach welchem der komplette Betriebszustand (Anzündphase, Nennlast, ggf. Teillast) geprüft wird



DBI Gruppe

10 23. Februar 2022 EFA Neujahrsempfang

Stand der Technik der Sekundärmaßnahmen

Katalysatoren (Edelmetall oder Metalloxid) als Einbauvarianten oder als nachgeschaltete Systeme



Staubabscheider als nachgeschaltete oder (seltener) in die Feuerstätten integrierte Systeme



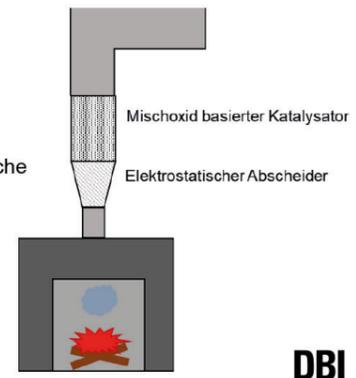

→ Es gibt aktuell keine kombinierte Lösung, die für Feuerstätten (z.B. Blauer Engel) genutzt werden kann.

DBI Gruppe

Lösungsansatz

Idee → Kombiniertes, aufeinander abgestimmtes Reinigungssystem

- Elektrostatischer Abscheider zur Staubentfernung
 - Verhinderung von Druckverlusten durch mögliche Verstopfung der nachfolgenden Reinigungsstufe
 - Technisch derzeit die sinnvollste Möglichkeit die Partikelanzahlkonzentration unter die Vorgaben nach dem „Blauen Engel“ für Kaminöfen zu senken
 - Unterbinden der Deaktivierung der reaktiven Katalysatoroberfläche
- Abgasreinigung mittels Katalysator nach dem Abscheider basierend auf Mischoxiden
 - Reaktiv für Gasaufbereitung
 - Kostengünstiger Katalysator
 - Nicht toxisch
 - Katalysator wird durch Platzierung nach dem Abscheider niedrigeren Temperaturen und Staubanteilen ausgesetzt



DBI Gruppe

Projektinformationen

- Förderprogramm: INNO-KOM MF des BMWK mit EURONORM GmbH als Projektträger
- FKZ: 49MF210144
- Geplante Projektlaufzeit: 30 Monate
- Förderquote: 70 %

Gefördert durch:

 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

EURONORM

Entwicklung für Partner aus der Feuerstätten-Branche, welche über die Projektbegleitgruppe involviert sind.



DBI Gruppe

11

Projektbegleitgruppe



12 19. Februar 2024

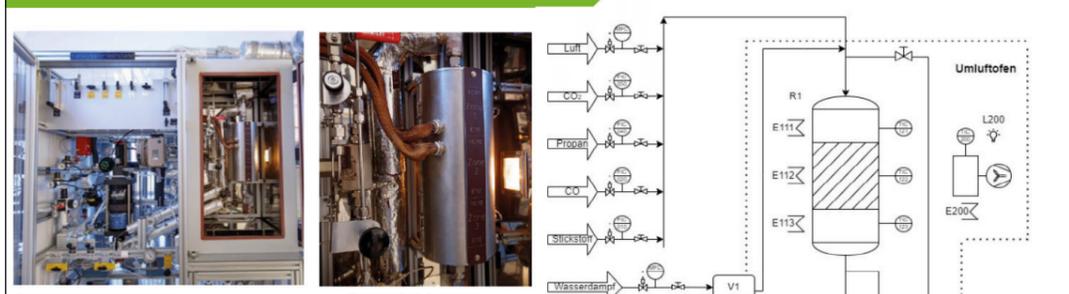
Entwicklung des edelmetalfreien Pulverkatalysators



DBI Gruppe

Energie mit Zukunft. Umwelt und Verantwortung.

Katalysatororteststand für Pulver



- Pulver: 250...500 µm
- Kat.-masse: 3,08 g
- Temperatur: 50 °C bis 550 °C
- Analyse: kont. FT-IR

DBI Gruppe

14 19. Februar 2024 Titel der Veranstaltung

Versuchsparameter

Versuch	CO [Vol.-%]	O ₂ [Vol.-%]	H ₂ O [Vol.-%]	CO ₂ [Vol.-%]	C ₃ H ₈ [Vol.-%]
Trocken	0,1	13	-	-	-
Trocken_CO ₂	0,1	13	-	7,5	-
Feucht	0,1	13	8	-	-
Modellgas	0,1	13	8	7,5	0,0075

Rest: mit N₂ auf 100%

- GHSV (Gas hourly space velocity):
– 50.000 h⁻¹
- Temperatur:
– 50 – 200 °C
- Rampe
– 1 K/min

DBI Gruppe

15 19. Februar 2024 Vorverteidigung

Trocken

- Totalumsatz für alle Katalysatoren unter 75 °C
- Kat 1 & 2 Totalumsatz schon bei Raumtemp.

DBI Gruppe

16

Trocken CO₂

- Vermutlich Konkurrenz CO₂ - CO um aktive Zentren
- T > 100 °C Totalumsatz für alle Katalysatoren

DBI Gruppe

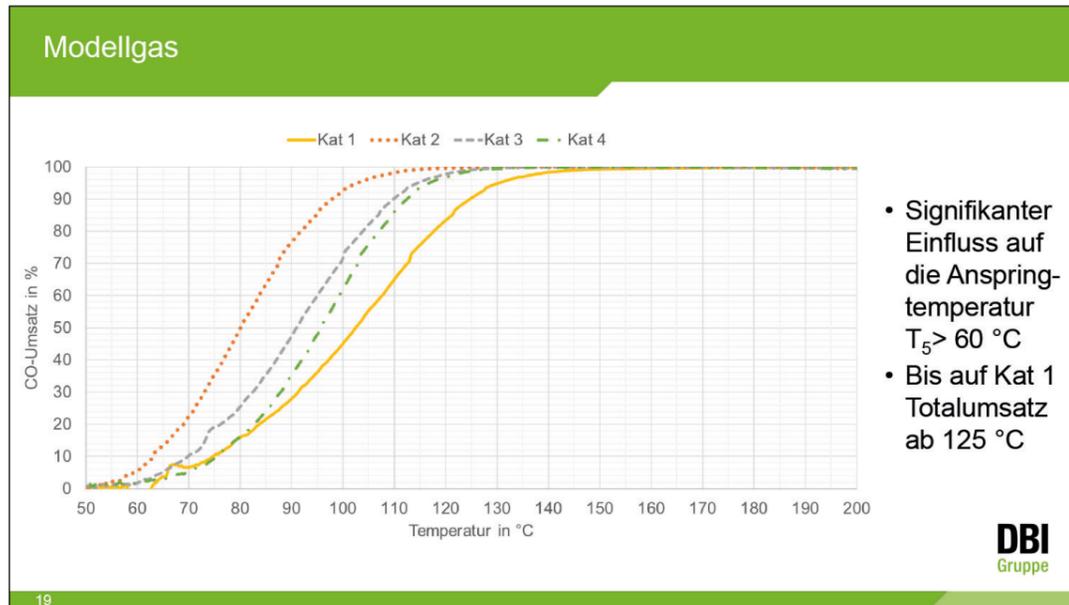
17

Feucht

- Wasserdampf hat den größten hemmenden Effekt
- Aktive Zentren „frei“ bei T > 120 °C

DBI Gruppe

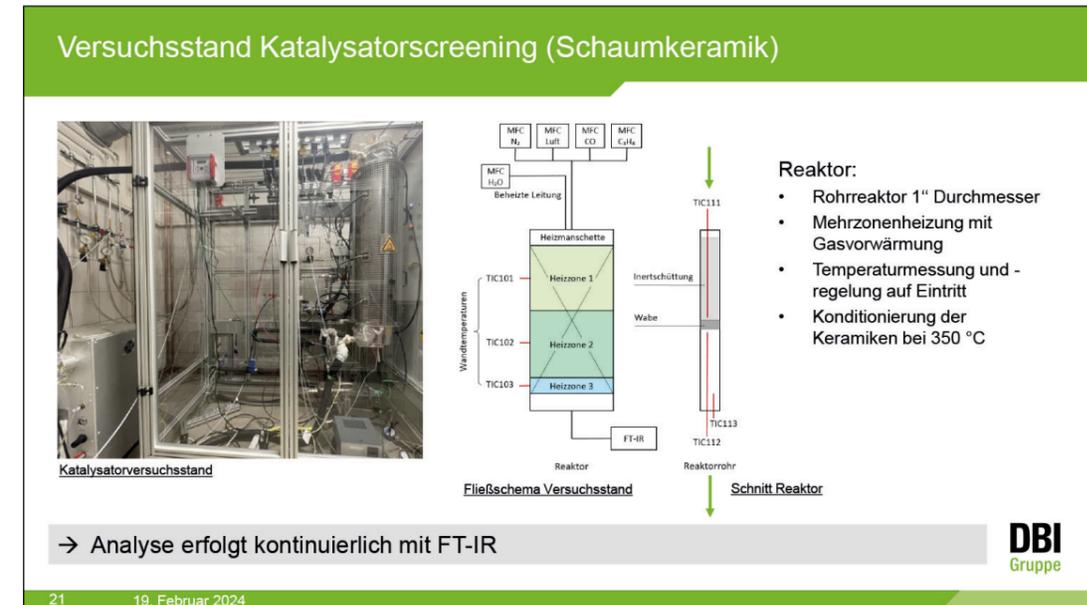
18



Immobilisierung des Katalysators auf 1“ Keramiken

Energie mit Zukunft. Umwelt und Verantwortung.

DBI Gruppe



Screening-Parameter: Immobilisierter Katalysator

Getestete immobilisierte Katalysatoren auf Schaumkeramiken (10 ppi)

Lf. Nr. Schaumkeramik	1	2	3
Beladung [%]	3,63	4,76	8,34
Masse Katalysator [g]	0,1531	0,2423	0,4182

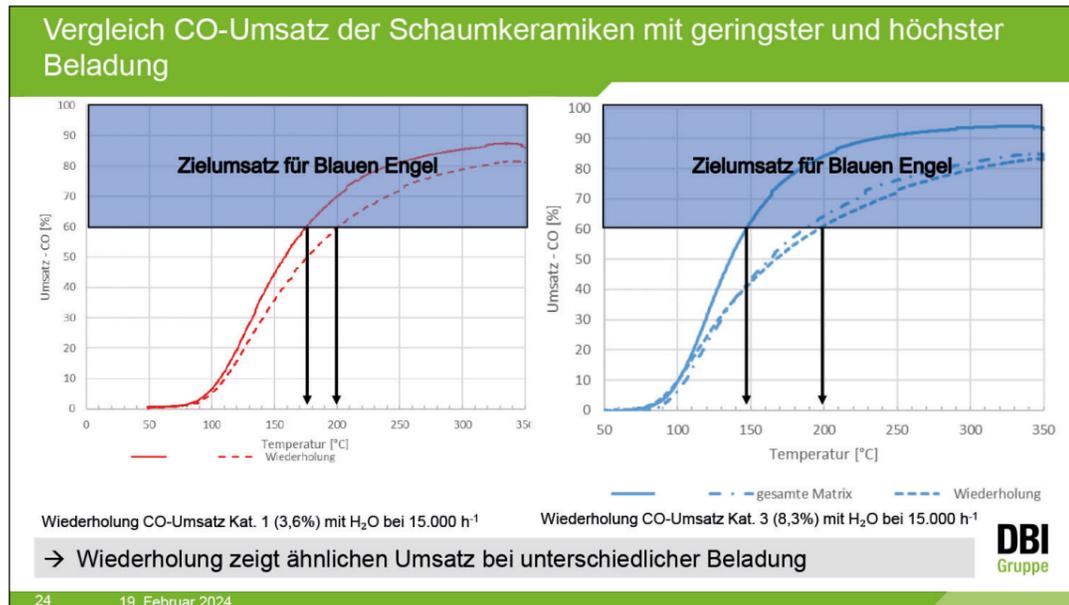
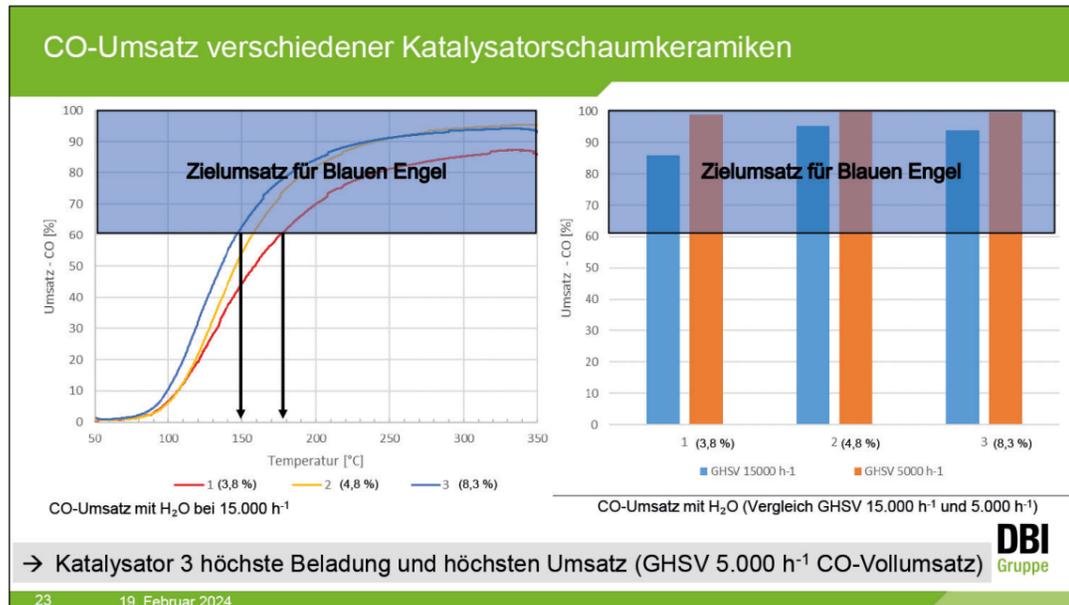
Versuchsparameter

- Temp.-rampe: 2 K/min
- T_{\min} : 50 °C
- T_{\max} : 350 °C
- GHSV: 15.000 h^{-1***}
- CO: 1.000 ppm
- O₂: 13 Vol.-%
- H₂O: $(8\text{ Vol.-%})^*$
- CO₂: $(7,5\text{ Vol.-%})^{**}$
- Propan: $(75\text{ ppm})^{**}$
- N₂: Rest

Beladung = $\left(\frac{m_{\text{Wabe}}^{\text{nachher}} - m_{\text{Wabe}}^{\text{vorher}}}{m_{\text{Wabe}}^{\text{vorher}}}\right) * 100\%$

* Versuche feucht
 ** Versuche gesamte Matrix
 *** Vergleich mit 5.000 h^{-1}

DBI Gruppe



Fazit: Katalysatorschaumkeramiken

Katalysator auf Schaumkeramik vor und nach der Versuchsdurchführung

- Notwendiger Umsatz (für Blauen Engel) ab 150...180 °C erreichbar
- CO-Umsatz nimmt mit Beladung zu
- Kein Einfluss des Trägermaterials auf den Umsatz
- Umsatzabnahme bei Wiederholung erkennbar 150 °C → 200 °C

➤ Weitere Optimierung der Immobilisierung, um stabilere Beschichtung und höhere Umsätze zu erzielen.

DBI Gruppe

25

Ergebnisse

Versuchsstand mit Partikelabscheider

Energie mit Zukunft. Umwelt und Verantwortung.

DBI Gruppe

Versuchsstand

- „Standard“-Feuerung 8 kW:
 - 1,8 kg Buchenholz ohne Rinde
 - Scheite 30 cm, Restfeuchte 14±2 %
- Elektrostatischer Abscheider
 - Oekotube Inside oder
 - Airjekt 1 Basic
- Katalysator:
 - Bypass von 20 cm² und 15 mm Mindestweite
 - Edelmetallfrei
- Analytik
 - Testo 380
 - Almemo 710

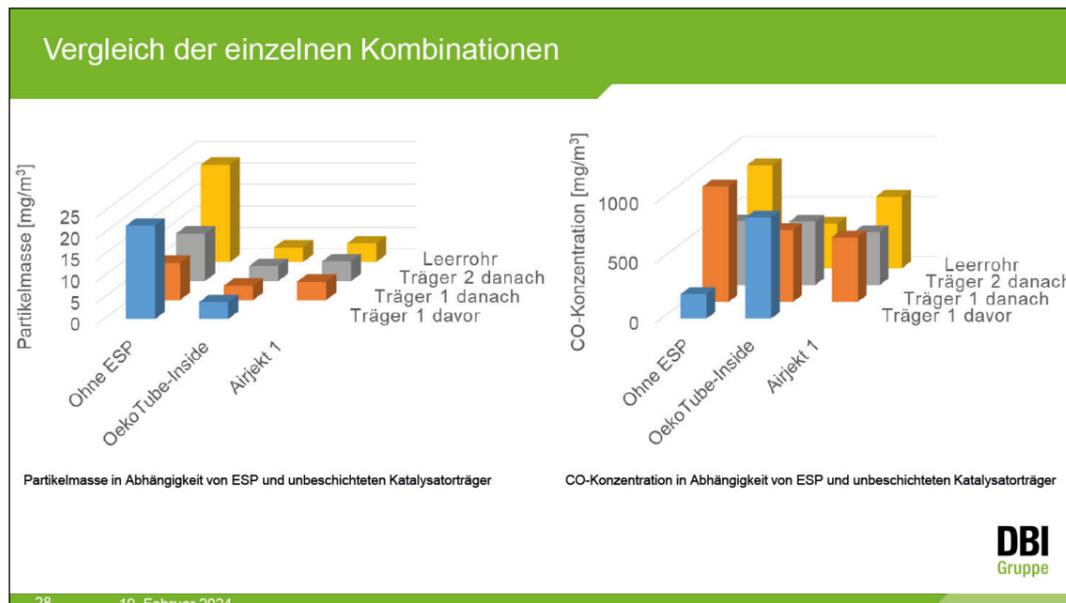
DBI
Gruppe

27

Zusammenfassung und Ausblick

DBI
Gruppe

Energie mit Zukunft. Umwelt und Verantwortung.



28

19. Februar 2024

Zusammenfassung und Ausblick

Bisher erreicht

- Vielversprechenden edelmetallfreien Katalysatoren identifiziert
- Abgassystemtypischer Temperaturbereich (120-350 °C) geeignet für Katalysator
- Katalysator nach elektrostatischem Abscheider ist umsetzbar

↓

Wie geht's weiter?

- Optimierung der Immobilisierung
- Upscaling → Prototyp herstellen
- Messung nach Blauer Engel Prozedur für Abscheider (DE-UZ 212 / 222)

DBI
Gruppe

30

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ihr Ansprechpartner

Dr. Andreas Hänel

Stellv. Fachgebietsleiter Energieversorgungssysteme

Tel.: +49 (0) 3731 4195-304

E-Mail: andreas.haenel@dbi-gruppe.de



DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg
Halsbrücker Straße 34 · D-09599 Freiberg

www.dbi-gruppe.de

 Energie mit Zukunft. Umwelt und Verantwortung.

DBI
Gruppe

Claudia Schön, Technologie- und Förderzentrum Straubing

LangEFeld – Langzeitmonitoring von Abscheidern im Feld – Aktueller Stand

Claudia Schön, Nico Opitz, Dr. Hans Hartmann, Julian Drewes, Mario König
Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)
Schulgasse 18
94315 Straubing
Tel.: +49 (0)9421 300-152
E-Mail: claudia.schoen@tfz.bayern.de

Im Vortrag wird das Projekt „LangEFeld“ vorgestellt, das bereits seit einem Jahr läuft und bis Ende 2025 in Bearbeitung ist. Dabei soll es um die Bewertung von elektrostatischen Staubabscheidern am Prüfstand gehen, wobei intensiv an einer entsprechenden Norm DIN 33999 mitgearbeitet wird. Außerdem wurden bereits ca. 30 Staubabscheider im Feld bis Ende 2023 erfolgreich installiert und mit geeigneter Messtechnik ausgestattet, so dass die Funktionalität aller Abscheider auch aus der Ferne überwacht werden kann. Hierzu war eine intensive Zusammenarbeit zwischen dem TFZ und der Firma OekoSolve AG, der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR) mit der Firma Kutzner + Weber GmbH sowie mit dem DBFZ und der Firma Exodraft erforderlich. Somit konnte bereits die erste Heizperiode im Feld berücksichtigt werden. Im Vortrag werden die Lösungen der Hersteller kurz vorgestellt und die Aufteilung auf die verschiedenen Feuerungstypen gegeben.

Neben den Arbeiten im Feld wird bei jedem Forschungspartner ein geeigneter Prüfstand errichtet und dieser wurde teilweise schon in Betrieb genommen. Auch hierüber wird kurz berichtet und ein Einblick in einen Aufbau am TFZ gegeben.

Abschließend wird aufgezeigt, wie und wo das generierte Wissen während der Laufzeit des Projekts LangEFeld verbreitet werden soll.



Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum
für Nachwachsende Rohstoffe



LangEFeld – Langzeitmonitoring von Abscheidern im Feld – Aktueller Stand

**15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen
Feuerungen“**
08.02.2024 in Leipzig

Claudia Schön, Nico Opitz, Julian Drewes, Mario König









P 24 B So 003

Agenda

- Allgemeine Projektinformationen
- Projektziele
- Aktueller Stand der Arbeiten

Allgemeine Projektinformationen

- Titel: Langzeitmonitoring und Funktionalität von Staubabscheidern für Einzelraumfeuerungen im Feld, Teil 1 – **LangEFeld**
- Projektpartner:
 - TFZ (Koordinator), Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR) und Deutsches Biomasseforschungszentrum GmbH in Leipzig (DBFZ)
- Industriepartner:
 - OekoSolve AG, Kutzner + Weber GmbH, exodraft A/S
- Laufzeit: 01.01.2023 – 31.12.2025 (3 Jahre – Teil 1)
- Förderkennzeichen bei der FNR: 2220NR108A/B/C
- Webseite: <https://www.tfz.bayern.de/biogenefestbrennstoffe/projekte/325102/index.php>



P 24 B So 003 Folie 3



Arbeitspakete

- AP 1: Projektkoordination
- AP 2: Messgeräteeignung (Gravimetrie, Schornsteinfegermessgeräte, Anzahl)
- AP 3: Charakterisierung von Stäuben, Flugaschen, Brennstoffen
- **AP 4: Prüfstandsuntersuchungen (Versuchsaufbau, Randbedingungen)**
- **AP 5: Langzeitmonitoring und Funktionalität der Abscheider im Feld**
- AP 6: Katalysatoralterung
- AP 7: Schwachstellenanalyse
- **AP 8: Berichterstattung und Wissenstransfer**

Schön
P 24 B So 003 Folie 5

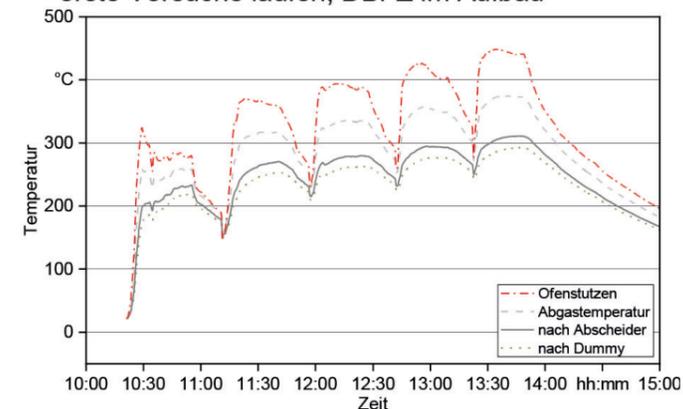
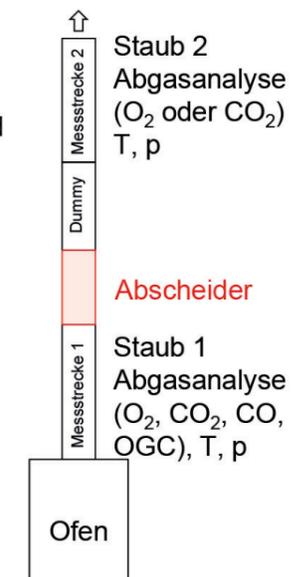
Projektziele von LangEFeld

- Bewertung elektrostatischer Staubabscheider (und der DIN 33999)
- Langzeitüberwachung im Feld und Schwachstellenanalyse
- Beurteilung der Notwendigkeit von mechanischen Abreinigungseinrichtungen
- Eignung von derzeit gängigen Messverfahren zur Gesamtstaubbestimmung
- Einfluss der elektrostatisch geladenen Partikel auf partikelzählende Messverfahren
- Bewertung des Langzeitverhaltens von Katalysatoren in Kleinfeuerungsanlagen
- Gefährdungsbeurteilung der abgeschiedenen Stäube von ca. 30 Einzelraumfeuerungen (jeweils ca. 10 Abscheider pro Hersteller)
- Erarbeitung von Anforderungen und Empfehlungen für mögliche Fördermaßnahmen
- Ableitung von Nutzeranweisungen / Empfehlungen für den Betrieb

Hartmann, Schön
P 24 B So 003 Folie 4

AP 4: Prüfstandsuntersuchungen

- Aufbau nach aktuellster Version der DIN 33999-1 nach genauerer Festlegung
- Erster Versuchsaufbau steht am TFZ sowie der HFR und erste Versuche laufen, DBFZ im Aufbau

Schön, Opitz
P 24 B So 003 Folie 6

AP 4: Prüfstandsuntersuchungen – Aufbau am TFZ

- Rohrdurchmesser 150 mm ab Ofenstutzen
- Versuchsaufbau mit „Erweiterungsmessstrecke“ (ehemals Dummy)
- Rohrstück des Abscheiders ist auch isoliert
- Direkt nach Ofenstutzen zusätzlich Isolierung entfernt für geringere Temperaturen am Abscheider
- Ventilatoren für Kühlung der Messstrecke
- Drosselklappen direkt nach Kaminofen für Einstellung des Förderdrucks an Normmessstelle



Schön
P.24 B So 003 Folie 7



AP 5: Abscheider von OekoSolve – TFZ / Straubing

- Alle Feuerstätten werden mit Holzbrennstoffen betrieben
- 8x Aufdachlösung – OekoTube Outside
 - 1x Pelletofen 6 kW
 - 2x Kaminofen 4,5 – 8 kW
 - 3x Kamineinsatz 9 – 12 kW
 - 1x Küchenherd 7 kW
 - 1x Grundofen 12 kW
- 3x Mauerwerk-Lösung
 - 2x Kaminofen 7 kW
 - 1x Kachelofen 9 kW
- Installation im Juli 2023 abgeschlossen



Schön, Opitz
P.24 B So 003 Folie 9



AP 5: Langzeitmonitoring und Funktionalität der Abscheider

- Leitung: TFZ, Mitarbeit von HFR und DBFZ
- Inhalt:
 - Ca. 10 Abscheider pro Hersteller über 2 Heizperioden betreiben und Daten erfassen
 - davon ca. 9 Abscheider im Feld und
 - 1 Abscheider im Prüfstand für regelmäßige Staubmessungen (alle 2-3 Wochen)
 - Datenerfassung von Temperatur, Stromstärke, Spannung, Stromverbrauch am Abscheider → kontinuierlich für Funktionsüberwachung
 - Wo möglich, Erfassung der Abgastemperatur im Aufstellraum → Zeitversatz
 - Auffällige Abscheider werden vorzeitig aus dem Feld geholt und zwischenvermessen → nur wenige Feldmessungen vorgesehen
 - Mindestens eine positive Gesamtbeurteilung eines Abscheidertyps → Fortsetzung von LangEFeld in Teil 2 (nochmals 2 Heizperioden)

P.24 B So 003 Folie 8



AP 5: Abscheider von Kutzner + Weber – HFR / Rottenburg a. N.

- Alle Feuerstätten werden mit Holzbrennstoffen betrieben
- 3x im Abgassystem - Airjekt 1 Basic
 - 3x Kaminofen 3 - 9 kW
- 2x Aufdachlösung – Airjekt 1 Outdoor Top
 - 1x Kaminofen 7 kW
 - 1x Kamineinsatz 6 - 9 kW
- 3x in Reinigungsöffnung – Airjekt 1 Ceramic
 - 1x Kaminofen 6 kW
 - 2x Kachelofen 8 - 16 kW
- 3x in Außenwandschornsteinen – Outdoor DW
 - 3x Kaminofen 5 - 6 kW
- 11 Anlagen installiert seit November 2023



Drewes, Schön
P.24 B So 003 Folie 10



AP 5: Abscheider von exodraft – DBFZ / Leipzig

- Alle Feuerstätten werden mit Scheitholz betrieben, eine Feuerstätte wird kombiniert mit Scheitholz und Braunkohlebriketts befeuert
- Nur Aufdachlösung verfügbar, keine weiteren Einbauorte möglich
- Schornsteinvarianten
 - 4x doppelwandig Edelstahl (davon 1x Prüfstand)
 - 4x gemauerter Schornstein
- Feuerungsvarianten
 - 7x Kaminofen 6 – 9 kW
 - 1x Kamineinsatz 8 kW
- Bis 10 kW Nennwärmeleistung zugelassen
- Mit integriertem Rauchsauger und autom. Reinigung
- Letzter Abscheider wird im Februar im Prüfstand installiert



TFZ

Schön, König
P 24 B So 003 Folie 11

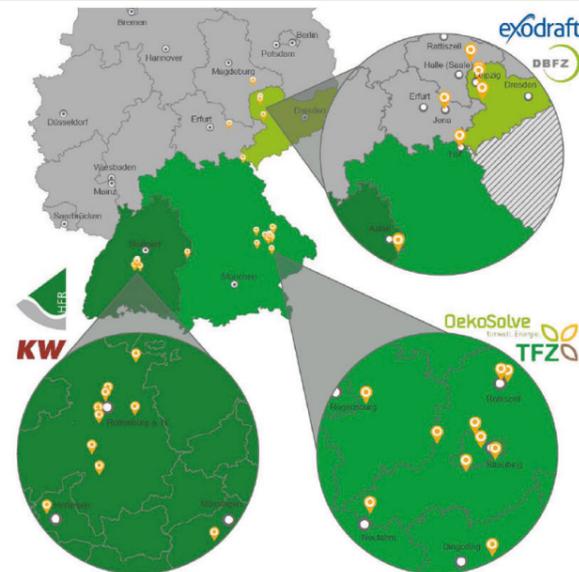
AP 8: Wissenstransfer

- AP 8 – Wissenstransfer (Leitung: TFZ)
 - Wissenstransfer in die Industrie und Praxis
 - Infoveranstaltungen, z. B. mit Schornsteinfegern am 04.07.2023 durch TFZ und OekoSolve zum Abbau von Hemmnissen
 - Durchführung von Workshops, z. B.
 - „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ am 08.02.2024
 - „Arbeitskreis Holzfeuerungen“ am 05.06.2024 in Straubing
 - Informationen an relevante Normungs- und Richtlinienausschüsse
 - Mitarbeit durch TFZ und DBFZ an der DIN 33999 bzw. VDI 3670 und Rückspiegelung der Erfahrungen aus aktuellen Prüfstandsmessungen in LangEFeld
 - Ausblick:
 - Endbericht in TFZ-Schriftenreihe in 2026
 - Papers

P 24 B So 003 Folie 13

TFZ

AP 5: Abscheider im Feld – Standorte in Deutschland



Drewes, Schön
P 24 B So 003 Folie 12

Quellen:
Bundesländer (alle Karten): © GeoBasis-DE / BKG 2023 (Daten verändert)
Gemeinden (Ba-Wü): LGL, www.lgl-bw.de
Landreise (Bayern): Bayerische Vermessungsverwaltung - www.geodaten.bayern.de und Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr

TFZ



Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum
für Nachhaltige Rohstoffe



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



P 24 B So 003

Claudia Schön
Gesamtprojektleitung LangEFeld
Abteilung Biogene Festbrennstoffe
Technologie- und Förderzentrum
Im Kompetenzzentrum für Nachhaltige Rohstoffe (TFZ)
Schulgasse 18
94315 Straubing
Tel.: +49 9421 300-152
Fax: +49 9421 300-211
Claudia.schoen@tfz.bayern.de
www.tfz.bayern.de

Dr. Axel Friedrich, freier Berater

Pilotprojekt Papageien/Waldsiedlung Berlin – Nachrüstung von realen Öfen mit Partikelabscheidern und Katalysatoren

Dr. Axel Friedrich
Hertastrasse 2
14169 Berlin
Tel.: +49 (0)157-71592163
E-Mail: axel.friedrich.berlin@gmail.com

Die Luftbelastung in der Papageien-/Waldsiedlung durch die Abgase von Kaminöfen ist im Winter sehr hoch und gesundheitsschädlich. Wie Sie vielleicht schon wissen, betreibt das KliQ-Projekt (s. [Gesund leben | kliq-berlin.de](https://www.gesundleben.de)) ein Modellvorhaben für die Nachrüstung von Kaminöfen mit Partikelabscheidern. Zielgruppe sind alle Kaminöfen in dem Gebiet.

Mit Partikelabscheidern können die gesundheitsschädlichen ultrafeinen Partikel mehr als 90 % reduziert werden. Interessant ist dies vor allem für Besitzer von Öfen, die bis Ende 2024 aus Altersgründen stillgelegt werden müssen. Das sind solche Öfen, deren Typenschild ein Datum vor dem 22.3.2010 ausweist. Selbstverständlich können auch Besitzer von Kaminöfen, deren Baujahr nach März 2010 liegt, an dem Modellprojekt teilnehmen. Wir hoffen, dass dies möglichst viele tun, um den Schadstoffausstoß in unserer Siedlung zu verringern.

Nach ursprünglicher Planung wollte die Senatsumweltverwaltung im Rahmen des Modellprojekt zur Nachrüstung von Kaminöfen mit Partikelabscheidern die Messungen finanzieren. Aus Haushaltsgründen ist darüber noch nicht entschieden. Die Hersteller der Partikelabscheider haben sich bereit erklärt, die Partikelabscheider im Rahmen des Projektes zu 50 % des Listenpreises abzugeben. Die Kosten für die Partikelabscheider liegen dann

zwischen 1000 und 1300 €. Der Bezirksschornsteinfeger Herr Katsch hat sich bereit erklärt, die Partikelabscheider zu installieren und auch eine Sonderpreis in Rechnung zu stellen. Die Bezirksschornsteinfegerin Frau Kuckert ist ebenfalls informiert. Es wurde ein Pauschalpreis für die Montage vereinbart.

Technisch versierte Nachbarn können die Montage auch selbst übernehmen. Da wegen der Preisnachlässe eine hohe Beteiligung wünschenswert ist und sich ein Effekt für die Luftreinhaltung erst bei höheren Teilnehmerzahlen bemerkbar macht, werden weitere Interessierte gesucht, über 50 Haushalte haben sich bereits gemeldet.

Zu technischen Fragen können Sie sich an die Bezirksschornsteinfegerinnen und an Dr. Axel Friedrich wenden.

Fall Sie sich an der Nachrüstkampagne beteiligen wollen und bisher noch nicht Ihr Interesse bekundet haben, können Sie sich per Mail an die KliQ-Gruppe „gesund leben“ gesundleben@kliq-berlin.de wenden.

Pilotprojekt Papageien/Waldsiedlung Berlin Nachrüstung von realen Öfen mit Partikelabscheider und Katalysator

Dr. Axel Friedrich

15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“
08.02.2024, DBFZ Leipzig

Warum wir uns mit Holzfeuerung beschäftigen

Jährlich über 63.000 vorzeitige Todesfälle durch PM_{2,5} in Deutschland (EEA 2020)

Zusammenhang: Verlauf von Covid-19 und durch Partikel induzierte Vorerkrankungen

Luftbelastung „unter dem Radar“:
Standorte der Messstellen und problematischer Fokus auf größere Partikel

Vorhandene Messstellen: WHO AQG für oftmals nicht eingehalten

Klimawirkung durch Rußemissionen und Herkunft des Holzes

Climate crisis

Global heating is turning white Alps green, study finds

Vegetated areas above treeline have increased by 77% since 1984, satellite data shows

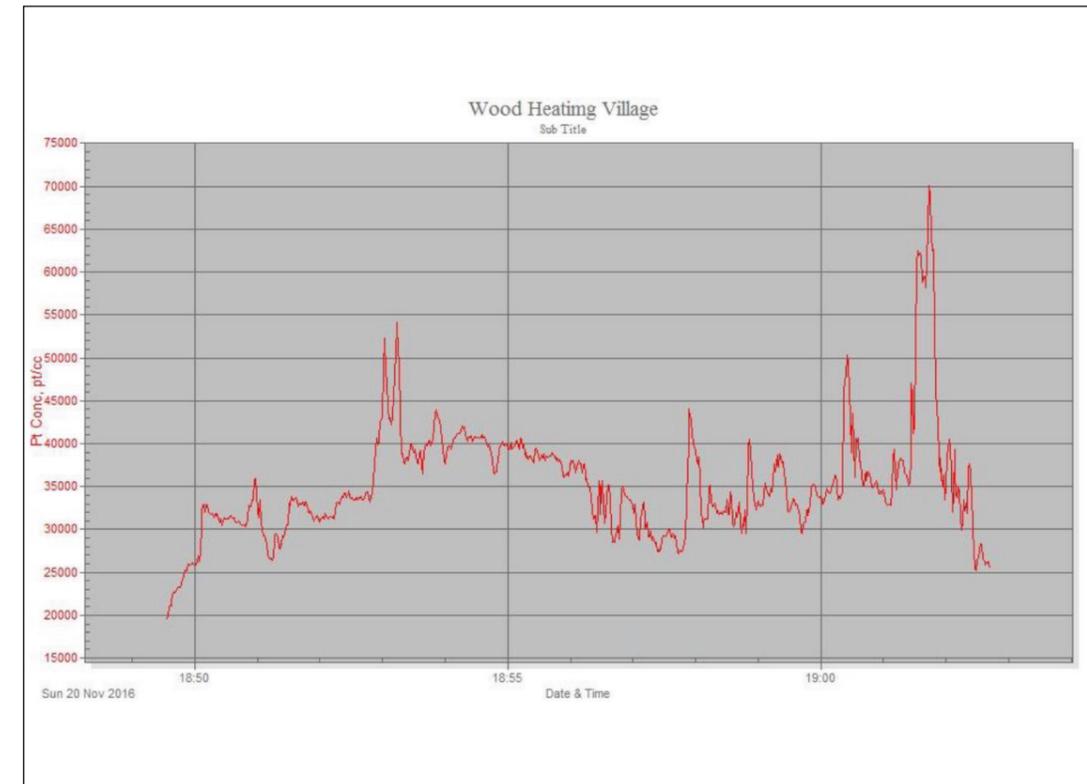
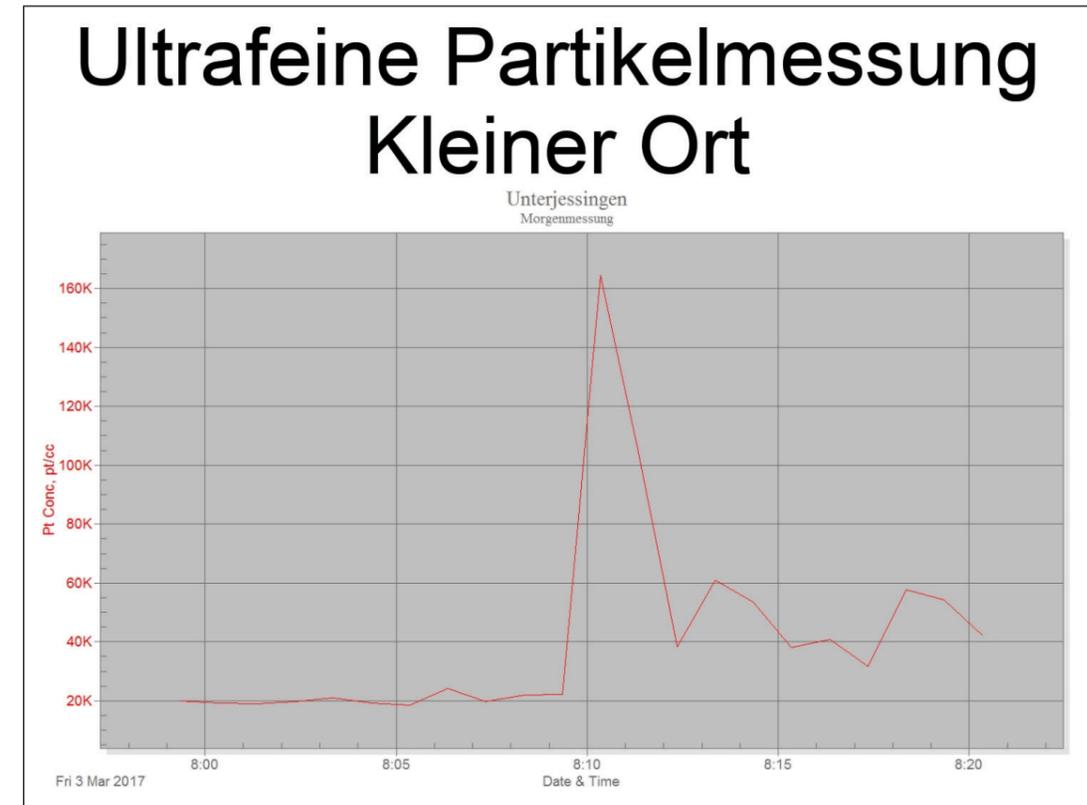
Patrick Barkham
 @patrick_barkham
 Thu 2 Jun 2022 18.00 BST



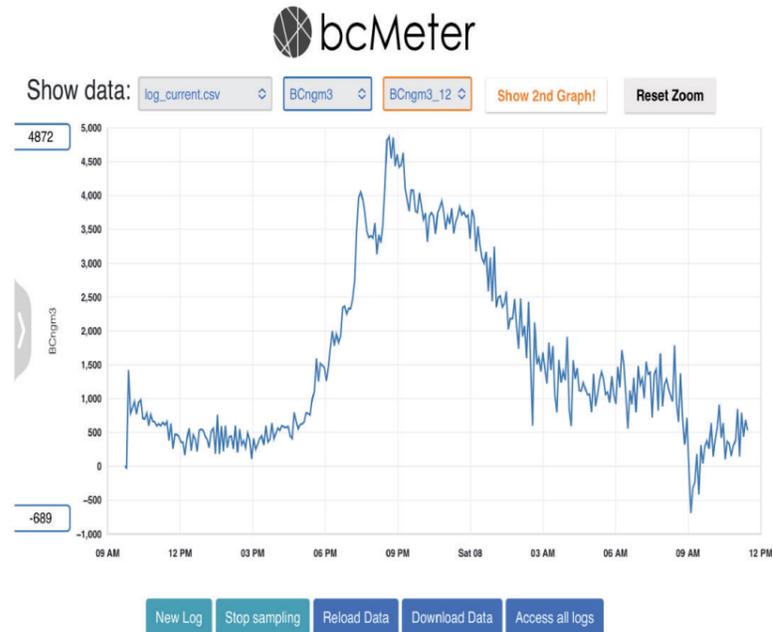
Rising temperatures from global heating and increased rainfall are prolonging the growing season on the Alps. Photograph: Philippe Desmazes/AFP/Getty Images

https://www.theguardian.com/environment/2022/jun/02/global-heating-is-turning-white-alps-green-study-finds?CMP=Share_iOSApp_Other

Luftverschmutzung



Tagesgang Ruß in einem Wohngebiet in Berlin

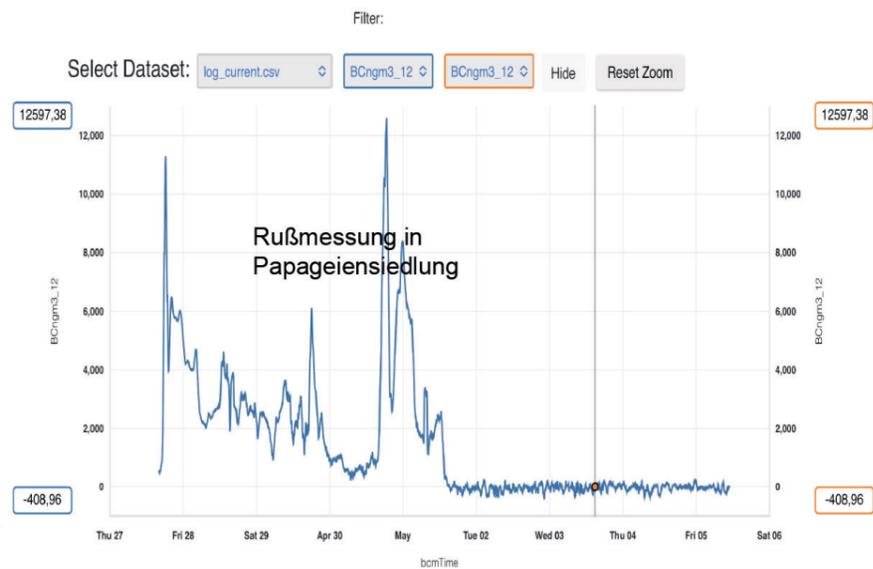


Filterpapier Messung BCMeter



Rußmessung in Papageiensiedlung

-1051 ng/m³ current » 24 ng/m³ avg60 » 1482 ng/m³ avgALL



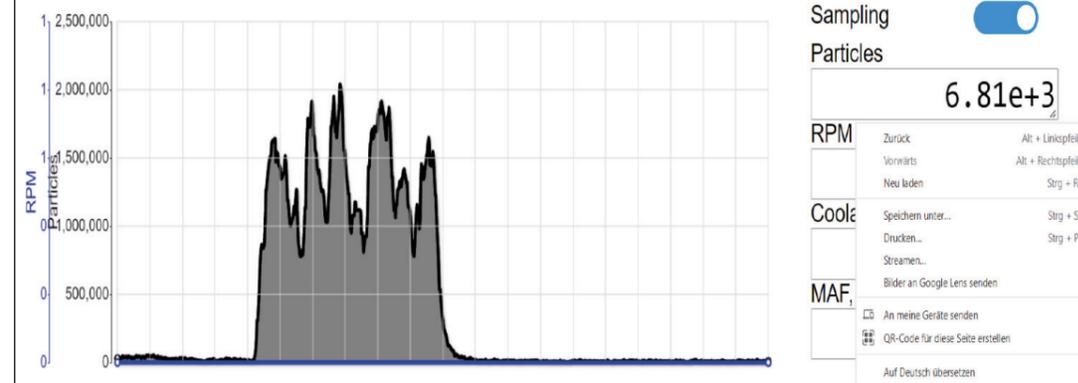
Rußmessung in Papageiensiedlung



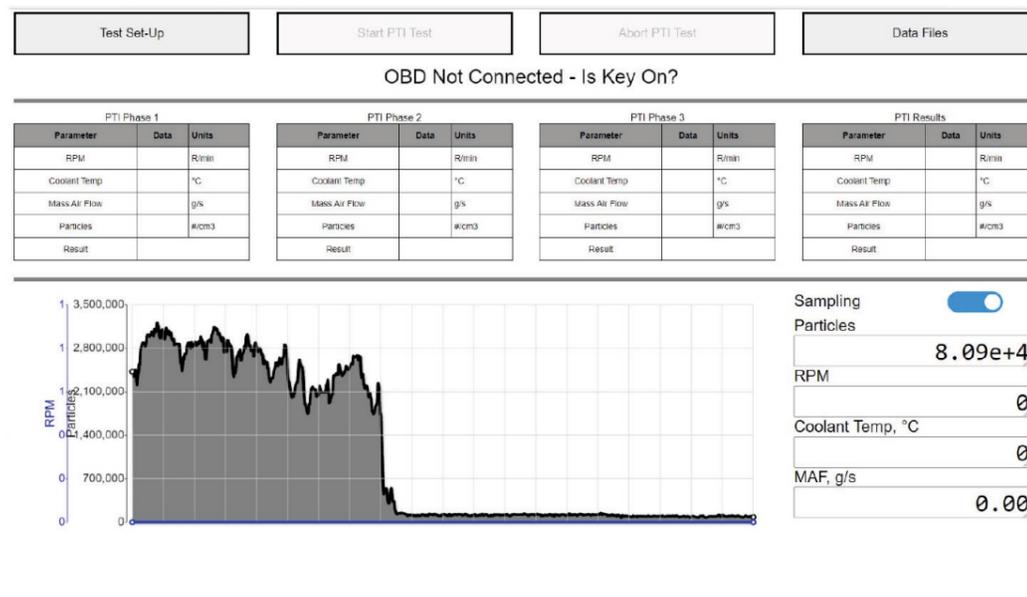
Lösung

Partikelanzahlreduktion durch einen Kutzner+Weber Partikelabscheider

K+W Airjet Basic



Partikelanzahlreduktion durch einen Exodraft Partikelabscheider



„Papageiensiedlung“ Zehlendorf



Waldsiedlung Zehlendorf



Nachrüstung von Kaminöfen in der Papageien/Waldsiedlung

Da bisher nur wenige Ofentypen im realen Leben untersucht wurden und auch die Nachrüstung von diesen Öfen mit Partikelabscheidern und Katalysatoren bisher nicht durchgeführt wurde, ist ein Pilotprojekt in der Papageien/Waldsiedlung in Berlin Zehlendorf begonnen. Es ist vorgesehen, bis zu 100 Öfen in Zusammenarbeit mit den Abscheiderherstellern nachzurüsten. Da die Nachrüstung in einem eng umrissenen Gebiet durchgeführt wird, kann auch die Auswirkung auf die Immissionssituation ermittelt werden. Die Öfen sind zwischen 1998 und 2019 installiert worden. Mehr als 50 Besitzer haben sich inzwischen bereit erklärt, an dem Projekt teilzunehmen.

Die beiden Bezirksschornsteinfeger sind in das Projekt eingebunden und unterstützen es ausdrücklich.

Es ist vorgesehen, nach der Installation die Partikelanzahl nach den Vorgaben des „Blauen Engels“ sowie die Rußemissionen mit und ohne Partikelabscheider zu messen. Die Messungen sollen jeweils nach zwei weiteren Heizperioden wiederholt werden.



Die ersten Partikelabscheider sind inzwischen installiert. Dabei müssen die Vorgaben des Denkmalschutzamtes beachtet werden. Vorgesehen ist, dass unterschiedliche Partikelabscheider im Wohnraum, im Dachgeschoß und auf dem Dach installiert werden.

OekoSolve
Umwelt. Energie.



KW
Kützner + Weber

Partikelabscheider Airjekt 1 Basic®



SCHRÄDER
ABGASTECHNOLOGIE



exodraft



axel.friedrich.berlin@gmail.com



15. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen



15. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen

Marc Oliver Schmid, Universität Stuttgart (Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik)

Die gemeinsame Reduktion von NO_x und Feinstaub an einem Gewebefilter im DeNO_x-DePM-Projekt

Marc Oliver Schmid, Andreas Fuchs, Dr. Ulrich Vogt
 Universität Stuttgart, Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - IFK
 Pfaffenwaldring 23
 70569 Stuttgart
 Tel.: 49 (0)711 685-63567
 E-Mail: marc-oliver.schmid@ifk.uni-stuttgart.de

Im Wärmesektor stellt Biomasse mit 84 % die wichtigste Wärmequelle dar. Bei der Verbrennung von Biomasse werden jedoch bekannterweise gasförmige Schadstoffe wie NO_x und partikelförmige Schadstoffe wie Feinstaub frei. Diese müssen zum Schutze des Menschen und der Umwelt auf ein Minimum reduziert werden.

Dieser Vortrag dient der Vorstellung des DeNO_x-DePM-Projekts und der Präsentation jüngster Ergebnisse dieses Projekts.

Bei dem DeNO_x-DePM-Projekt handelt es sich um ein Vorhaben zur Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur simultanen Reduktion von NO_x und Feinstaub über katalytisch aktive Additive an einem Gewebefilter. In diesem Projekt soll mit Hilfe eines mikrowellengestützten Imprägnier- und Kalzinierverfahrens ein Niedertemperatur-NH₃-SCR-Katalysator zur Entstickung hergestellt werden, welcher pulverförmig in das Rauchgas gegeben und gemeinsam mit dem Feinstaub am Gewebefilter abgeschieden wird. Hierbei soll ein katalytisch aktiver Filterkuchen entstehen. Durch den Aufbau eines Filterkuchens kommt es zu einer besseren Partikelabscheidung und einer Erhöhung der Kontaktzeit mit dem Katalysator. Zudem kann der Filterkuchen durch kurzes Zugeben von Druckluft vom Filter gereinigt und ein neuer Filterkuchen mit unverbrauchtem Katalysatormaterial aufgebaut werden. Das durch Katalysa-

torgifte verbrauchte Additiv wird zusammen mit den abgeschiedenen Partikeln aus dem System abgeschieden. Somit wird eine Erneuerung des Katalysators in einem kontinuierlichen Betrieb ermöglicht.

Universität Stuttgart
 Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik
 Prof. Dr. techn. G. Scheffknecht

Die gemeinsame Reduktion von NO_x und Feinstaub an einem Gewebefilter im DeNO_x-DePM-Projekt
 08.02.2024
 Andreas Fuchs
 Marc Oliver Schmid
 Dr.-Ing. Ulrich Vogt

ifk

Motivation

- Energetische Nutzung biogener Brennstoffe
 - Substitution fossiler Brennstoffe
- Emissionsminderung gefordert
- Erhöhung der Attraktivität als erneuerbare Energieträger
- Verwendung biogener Rest- und Abfallstoffe
 - Stoffliche Nutzung vor energetischer Nutzung



Problemstellung

Biogene Rest- und Abfallstoffe sind anspruchsvolle Brennstoffe



Größerer Anteil an

- Inhomogenität
- Feuchte
- Rinde
- Fremdstoffe
- Aschegehalt

➔

Emissionen

- Partikelförmige Luftschadstoffe
 - PM10, PM2,5, BC
- Gasförmige Luftschadstoffe
 - NO_x, CO, SO₂, VOC

➔

Maßnahmen

- Entstaubung (DePM)
- Entstickung (DeNO_x)

Universität Stuttgart - Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - Andreas Fuchs, Marc Oliver Schmid 3

Forschungsvorhaben zur Emissionsminderung

Das DeNO_x-DePM-Projekt

- Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur kombinierten Stickoxid- und Staubabscheidung mithilfe von katalytisch wirksamen Additiven an einem Holzheizkraftwerk (FKZ: 03EI5455)
- Projektziele
 - Simultane Staub- und Stickoxidminderung
 - Entwicklung eines katalytisch wirksamen Additivs als Precoat
 - Praxisnahe Erprobung im Technikum und am HHKW Scharnhäuser Park
 - Ökonomische und ökologische Konzeptbewertung





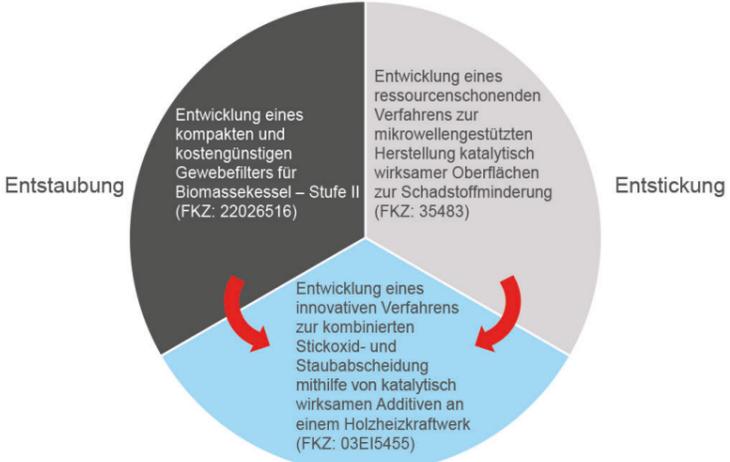



Gefördert durch:



Universität Stuttgart - Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - Andreas Fuchs, Marc Oliver Schmid 5

Hintergrund



Entstaubung

Entwicklung eines kompakten und kostengünstigen Gewebefilters für Biomassekessel – Stufe II (FKZ: 22026516)

Entstickung

Entwicklung eines ressourcenschonenden Verfahrens zur mikrowellengestützten Herstellung katalytisch wirksamer Oberflächen zur Schadstoffminderung (FKZ: 35483)

Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur kombinierten Stickoxid- und Staubabscheidung mithilfe von katalytisch wirksamen Additiven an einem Holzheizkraftwerk (FKZ: 03EI5455)

Universität Stuttgart - Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - Andreas Fuchs, Marc Oliver Schmid 4

Das DeNO_x-DePM-Projekt

DeNO_x Grundlagen

- Reduktion von NO_x

$$4 \text{ NO} + 4 \text{ NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{ H}_2\text{O} + 4 \text{ N}_2$$

$$6 \text{ NO}_2 + 8 \text{ NH}_3 \rightarrow 12 \text{ H}_2\text{O} + 7 \text{ N}_2$$
- Entstickung im Brennraum (SNCR)

Verwendung von Katalysatoren (SCR)

- Platten oder Wabenkörper
- Deaktivierung durch Katalysatorgifte wie Na, K, P, Pb, SO₂, ...
- Anlagenstillstand durch Austausch des Katalysators

Lösung durch das DeNO_x-DePM-Projekt



Wabenkörper SCR-Katalysatoren

Universität Stuttgart - Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - Andreas Fuchs, Marc Oliver Schmid 6

Das DeNO_x-DePM-Projekt

Idee

- Entwicklung eines Niedertemperatur-Katalysators
 - Wirkungsbereich des Katalysators 120 – 300 °C
 - Ressourcenschonend
- Zugabe als pulverförmiges katalytisches Additiv
 - Bildung eines katalytisch aktiven Filterkuchens
 - Verbesserte Feinstaubabscheidung durch Precoat
- Abtrennen des Filterkuchens mittels Druckluftreinigung
 - Kontinuierliche DeNO_x-Aktivität
 - Austausch des Katalysators bei Deaktivierung im laufenden Betrieb

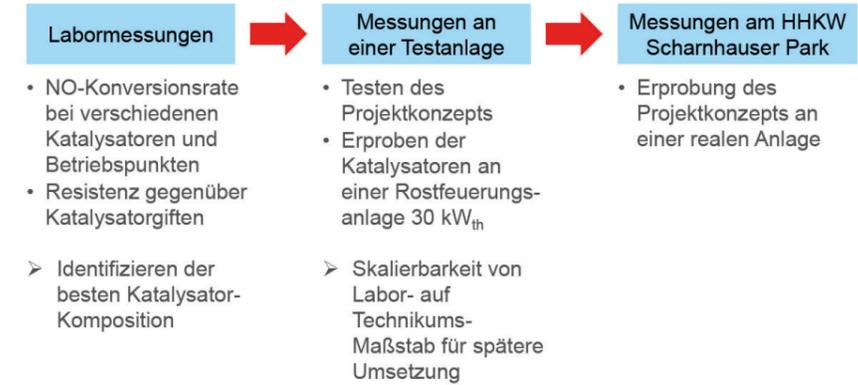


Universität Stuttgart - Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - Andreas Fuchs, Marc Oliver Schmid

7

Das DeNO_x-DePM-Projekt

Katalysatoranalyse



Universität Stuttgart - Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - Andreas Fuchs, Marc Oliver Schmid

10

Das DeNO_x-DePM-Projekt

Katalysatorherstellung



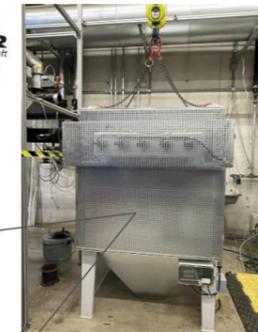
Universität Stuttgart - Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - Andreas Fuchs, Marc Oliver Schmid

8

Das DeNO_x-DePM-Projekt

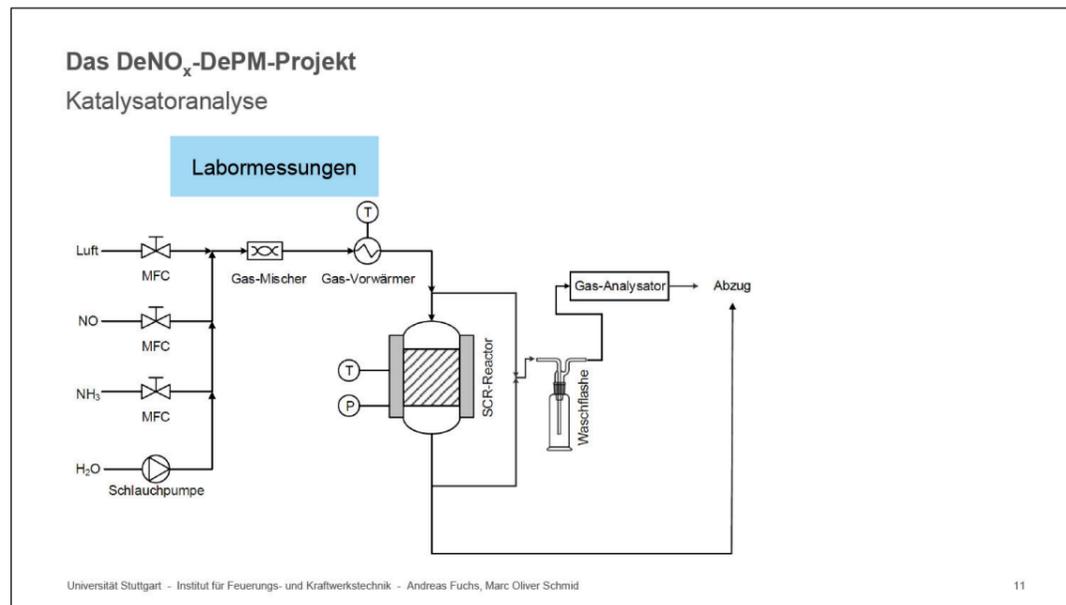
Das Filtersystem

- Rauchgas aus 30 kW_{th} Rostfeuerungsanlage
- 15 Filterkerzen
- Dreilagiges Edelstahl-Verbundgewebe
- Maschenweite 25 µm



Universität Stuttgart - Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - Andreas Fuchs, Marc Oliver Schmid

9



11

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

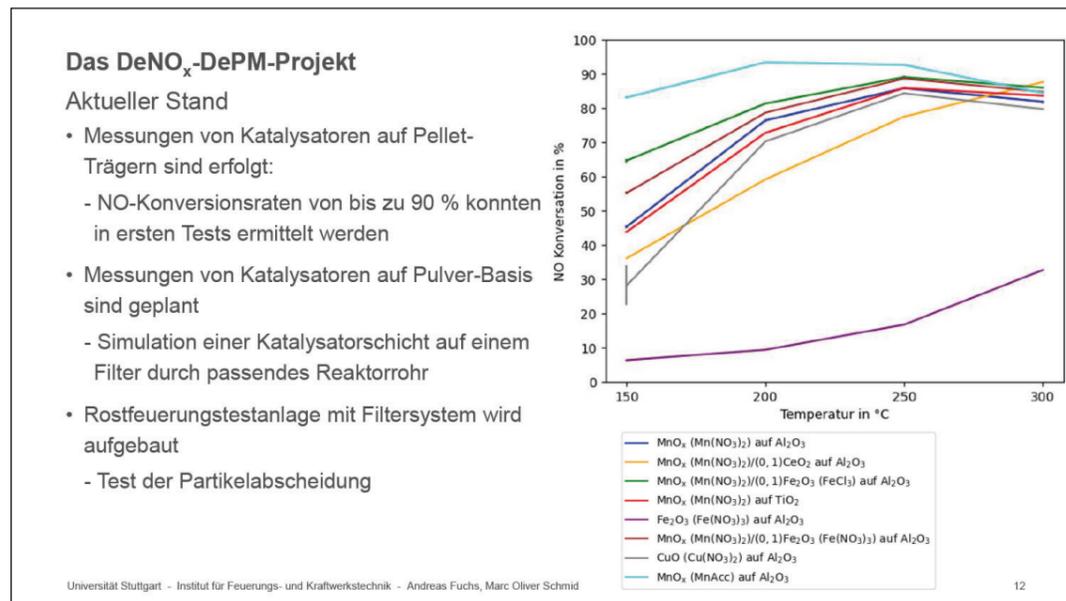
- Das Ziel ist die kombinierte Stickstoffoxid- und Feinstaub-Minderung
- Verwendung eines Niedertemperatur-Katalysators als Additiv und Precoat am Gewebefilter
- Lösung der Problematik der Prozessunterbrechung zur Katalysatorerneuerung
- Platzsparende Nachrüstlösung und als Ergänzung zu bestehen SNCR-Anlage

Ausblick

- Ausgiebige Katalysortests
- Optimierung des Katalysortests
- Inbetriebnahme der Testanlage im Technikums-Maßstab
- Praxisnahe Erprobung des Konzepts an einem Holzheizkraftwerk

Universität Stuttgart - Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - Andreas Fuchs, Marc Oliver Schmid

13



12

Universität Stuttgart

Vielen Dank!



Andreas Fuchs
E-Mail andreas.fuchs@ifk.uni-stuttgart.de
Telefon +49 (0) 711 685- 67806
Fax +49 (0) 711 685- 63491

Universität Stuttgart
Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik
Pfaffenwaldring 23 • 70569 Stuttgart



Marc Oliver Schmid
E-Mail marc-oliver.schmid@ifk.uni-stuttgart.de
Telefon +49 (0) 711 685- 63567
Fax +49 (0) 711 685- 63491

Universität Stuttgart
Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik
Pfaffenwaldring 23 • 70569 Stuttgart

ifk

*Herstellerforum:
Aktuelle Produkte und
Neuerungen*

Dr. Johannes Gerstner, Clean Exhaust Association e.V.

Sauber verbrennen – Emissionen reduzieren: Aktuelle Perspektive des Verbandes CEA

Dr. Johannes Gerstner, Alexander Root, Bernd Weishaar, Klaus Schmitt, Per Holm Hansen
Clean Exhaust Association e.V. (CEA)

Steinweg 20

95032 Hof

Tel.: +49173 871 9883

E-Mail: kontakt@cea-network.org

Die im Juni 2023 gegründete Clean Exhaust Association e. V. (CEA) stellt sich dem Fachpublikum als politische Vertretung der Hersteller von Staubabscheidern in Europa vor. Ihr Ziel ist es, Politik, Industrie und Gesellschaft Angebote zu machen, um konstruktiv aktuelle Herausforderungen der Holzwärme zu lösen. Bereits jetzt sind zwei Positionspapiere und eine Stellungnahme verfasst und an politische Stellen verteilt worden, auch am Gesetzgebungsprozess in Brüssel hat sich die CEA bereits beteiligt. Die Position ist klar: Der Staubabscheider soll als Technologie breit verfügbar werden und effizient Feinstaub mindern. Die CEA sieht im Abscheider eine Hilfe für die Ofenbranche, um auch in Zukunft angesichts strengerer Grenzwerte überleben zu können.

Mit ihren Innovationen machen die Mitglieder Wärme aus Holz zu einer sauberen und zukunftsfähigen Technologie – gerade in Zeiten wachsender Anforderungen an die Luftreinhaltung. Es gibt viele Argumente, die für Wärme aus Holz sprechen. Kamin- und Kachelöfen, aber auch Biomassezentralheizungen sind CO₂-freundliche Wärmequellen, die den Kreislauf regionaler Ökosysteme schließen. Sie sind nicht nur naturnah, sondern sorgen auch für ein wenig Unabhängigkeit von Wetter, Weltpolitik und Energiepreisen. Der elektrostatische Staubabscheider sorgt dafür, dass Biomasse ihr volles Potenzial ausspielen kann.

Eine der wirksamsten Möglichkeiten zur Staubreduktion von Holzöfen und -heizungen ist der Staubabscheider. So wird der Feinstaub nicht eingeatmet und kann auch nicht für gesundheitliche Probleme bei Menschen und Tieren sorgen. Staubabscheider sind grundsätzlich bereits bei Pelletheizungen verbreitet und setzen sich im Bereich Kamin- und Kachelöfen immer mehr durch. Würden diese Technologien flächendeckend eingesetzt, könnten wir allein in Deutschland einen guten Teil des besonders gefährlichen Feinstaubs einsparen.

Der Verband setzt sich für folgende Ziele ein:

- Ein breiter Einsatz von Abscheidertechnologie bei allen Verbrennungsprozessen von Holz als Biomasse
- Lösungsoffenheit, Bezahlbarkeit und Wirksamkeit bei Luftreinhaltetechnologien
- Realistische, aber ambitionierte Grenzwerte für Holzheizungen und Holzöfen

Aktuell haben sich im Verband vier Unternehmen zusammen geschlossen: OekoSolve AG, Kutzner + Weber GmbH, Exodraft a/s und K. Schröder Nachf.. Sowohl neue Wettbewerber am Markt der Staubabscheider als auch Hersteller weiterer Luftreinhaltetechnologien für Heizkessel und Einzelraumfeuerung mit Biomasse sind herzlich eingeladen, sich in den Verband einzubringen.



INHALT

1. Exodraft Group
2. Exodraft Solution
3. Feinstaubpartikelabscheider

Exodraft a/s
Niederlassung Deutschland
Industriestraße 14
D-55768 Hoppstädten-Weiersbach

Telefon: +49 (0) 6782 989 5-0
Fax: +49 (0) 6782 989 5929
E-mail: infode@exodraft.de
www.exodraft.de
<https://kaminfeinstaubfilter.de/>



Exodraft Solutions

Erfinder des **Rauchsaugers** zur
Optimierung des Schornsteinzuges
Erfahrung seit 1957

- Effizientere Verbrennung
- Weniger Holz- und Gasverbrauch
- Schnellere Wärme
- Keine Nachbarschaftsbeschwerden

Ihre Energie. **Optimiert.**



1. Exodraft Group

exodraft solutions

- Kaminzugoptimierung durch Rauchsauger
- Brenner und Ofen-Optimierung durch Differenzdruckregelung
- Abgas – Wärmerückgewinnung für Gewerbe und Industrie
- Feinstaubpartikel-Abscheider für Holz und Pelletöfen

exodraft energy

- Energietechnische Anlagen zur Städteversorgung
- Großwärmepumpen
- Pumpstationen
- Kälteanlagen
- Kesselanlagen

exodraft climate

- Optimierung von Heiz- und Kühlsystemen
- Kältefachbetrieb mit Projektmanagement, für Kühl- und Gefrieranlagen
- Service, Beratung und Wartung

Ihre Energie. **Optimiert.**



ESP10 Feinstaub-Partikelabscheider für Holzöfen bis 10 kW

- **Einfache Montage auf Schornsteinmündung**
Höchste Abscheideeffizienz
>95% im Bereich 10–400 nm
Plug'n Play Lösung
- **Integrierter, geregelter Rauchsauger**
Schnelles anzünden
Keine Rauchschwaden
- **Automatische Reinigung**
Nahezu wartungsfrei!





DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Mehr Infos und Kontaktdaten hier

Exodraft a/s, Niederlassung Deutschland, Industriestraße 14, D-55768 Hoppstädten-Weiersbach

Telefon: +49 (0) 6762 989 5-0
 Fax: +49 (0) 6762 989 5229

www.exodraft.de
<https://www.infoexhaustfilter.de/>

E-mail: info@exodraft.de

DIE RAAB-GRUPPE – WER SIND WIR?

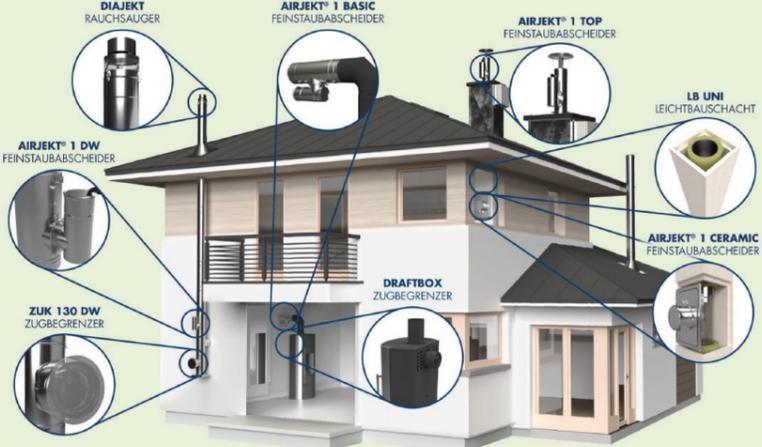
- Die Raab Gruppe gehört zu den europäischen Marktführern in der Abgastechnik und besteht aus den drei starken Marken

KW Raab NET

- Gründung 1898
- Die Firmengruppe steht für Fachkompetenz in Planung, Auslegung, Herstellung und Montage bis hin zur Inbetriebnahme von ganzheitlichen abgastechnischen Lösungen und Anwendungen



SEKUNDÄR EMISSIONEN REDUZIEREN:




PRIMÄR SAUBER VERBRENNEN

- Verbrennung von Biomasse in Feuerstätten erzeugt Emissionen
- Primär sauber verbrennen, sekundär „abscheiden“
- die Emissionen in der Startphase (die ersten 8-15 Minuten) machen zwischen 80-90% der gesamten Emissionen aus → Rauchsauger

Einsatz eines Zugbegrenzer:

- bis zu 21 % Steigerung der Verbrennungseffizienz
- bis zu 83 % Reduzierung des Kaminzugs
- bis zu 45 % Verminderung des Brennstoffeinsatzes
- bis zu 45 % Verlängerung der Abbranddauer
- über 50 % Emissionsminderung CnHm, NOx, CO und Feinstaub

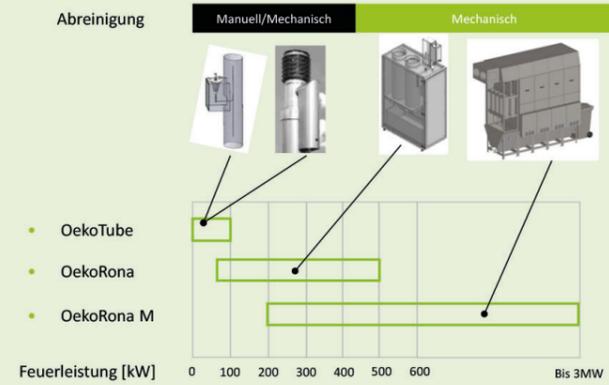



AIRJEKT 1 – TECHNISCHE DATEN

Zulassung DIBT	Z-7.4-3442
Modell	Airjekt 1
Anwendungsbereich	Kaminmündung/DW außen/obere Reinigung Innenraum/Verbindungsstück, Querschnitt 130-250 mm
Art des Schornsteins	Stahl/Keramik/Mauerwerk
Brennstoff	Holz geschlossen bis 100 kW
Art des Betriebes	trockener Betrieb
Auslegung des Airjekts 1	Ein-/Mehrfachbelegung/RLU
Verbrauch	30 W
Anzahl der Installationen seit der Einführung 2015	18.000 Einheiten



Portfolio



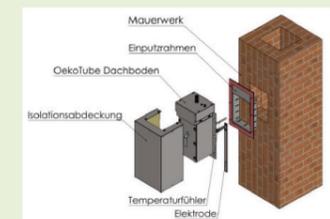
OekoSolve

- Seit 2007 Hersteller von Einzelkomponenten und Elektrofilter für Holzfeuerungen bis 3MW
- Eigenentwicklung und Produktion von Hochspannung, Software, Elektronik und Mechanik
- 64 Mitarbeitende
- Hauseigene Teststände vom Kaminofen bis Industrieanlage
- Vertriebs- und Servicenetz europaweit
- 3 Servicestandorte in Deutschland
- 14 Gebietsvertretungen in Deutschland



Neuerungen OT- Mauerwerk

- Einbau im Innenbereich, vorwiegend im Dachboden
- Einbau über Putztüre mittels Adapter oder Einputzrahmen
- Isolator seitlich ausserhalb Kernstrom angeordnet => weniger Verschmutzung
- Grosszügige Revisionsöffnung für Reinigung und Servicearbeiten
- Elektrode und Isolator können für Servicearbeiten einfach herausgenommen werden, ohne neu justiert zu werden
- **DIBT-Zulassung Z-7.4-3451**
- **Erweiterung für doppelwandige Systeme beim DIBT beantragt**



Filterintegration

- Hochspannungsmodule 15-60 KV, Leistungsbereich 15-750 Watt
- Isolatoren aus Teflon, Silikon & Keramik für verschiedene Temperaturbereiche
- Hauseigene Produktion von Keramikisolatoren
- Hochspannungsverbindungstechnik: Kabel, Verbinder, Erdungslanzen
- Kommunikation über CAN, Mod-Bus, Display (Einbindung Feuerungsmonitor)



FUTURE-EMISSIONCONTROL

Einzigartige Emissionsminderungseinheit

3-stufiges Funktionsprinzip:
Kombination und Reihenfolge der Komponenten
reduziert schädliche Emissionen bei der Entstehung
(Verbrennungsoptimierung) und scheidet restliche
Staubanteile effizienter ab

- 1 Elektrode mit Isolator aus Glas
- 2 Drosselklappen Bimetall-geregelt
- 3 2-fach Katalysatoren
- 4 Innovatives Steuerungskonzept mit:
 - Smartphone
 - Tablet
 - Notebook
 - PC



SCHRÖDER
ABGASTECHNOLOGIE

Ihr Experte für Abgastechnologie in den Bereichen Feinstaubminderung,
Wärmerückgewinnung und Schornsteintechnik.

Abgastechnik aus Edelstahl

Für einen ökologischer Umweltschutz durch

- Effiziente
- Emissionsmindernde
- Nachhaltige

Produkte



FUTURE-DUST SEPARATOR

Elektrostatischer Feinstaubabscheider zur Feinstaubreduzierung
für Kleinfeuerungsanlagen

- Zugeschnittener DEM-Typ für die Ofenintegration
- Kastenform für den universellen Einbau

- 1 FUTURE-DustSeparator in Flanschausführung
- 2 Hochspannungsnetzteil mit Steuerungseinheit
- 3 Staubabscheider in separatem Gehäuse für den Einbau oberhalb des Kaminofens oder eingebaut in einen aufgesetzten Kasten.





Edmund Drohojowski, Ahrens Schornsteintechnik GesGmbH

Ahrens Clean Air Future – Feinstaubreduzierung aus Sicht der Schornsteinsanierung

Edmund Drohojowski, Uwe Athmann
Ahrens Schornsteintechnik GesGmbH
Teichweg 4
A-3250 Wieselburg
Tel.: +43 (0)664 8187-157
E-Mail: droho@ahrens.at

Ökologisch heizen bis zur letzten Konsequenz:
Die AHRENS CleanAir Future schließt die letzte Lücke in einer umweltfreundlichen Heizkette. Die Abgasleitung wird zu einer Abgasreinigungsanlage aufgewertet, womit ein wertvoller Beitrag für eine saubere Umwelt geleistet wird.

Über 45 Jahre Erfahrung macht die Ahrens Schornsteintechnik GesGmbH zu erfahrenen Spezialisten rund um das Thema Schornstein und Bauen. Das Portfolio reicht von der Schornsteinsanierung, über spezifische Neubau Kaminsysteme bis hin zur unabhängigen Energieberatung und moderne Feinstaubreduktion. Die laufende Weiterentwicklung von Kaminsystemen für Sanierung und Neubau ist dabei der eigene Anspruch. Ausgereifte Technik und Know-how in der Bau- und gleichzeitig Heiztechnik, macht es möglich, Innovationen zielgerichtet für den Kunden umzusetzen.

Die Präsentation gibt Informationen über die aktuelle Lage im Bereich der Feinstaubreduzierung in Österreich sowie über das Konzept Ahrens Clean Air Future samt Praxiserfahrungen.

A wie Ahrens.

Ahrens Clean Air Future
Feinstaubreduzierung
aus Sicht der Schornsteinsanierung

AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Schornsteintechnik

- Ahrens Schornsteintechnik Gesellschaft m.b.H.
 - Rauchfang - Sanierungssysteme
 - Rauchfang – Neubausysteme
 - Energieberatung
 - **Luft-Rein-Haltung**

AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Schornsteintechnik



- Gegründet 1975 in Wieselburg, NÖ
- 49 Jahre Erfahrung
- über 350.000 Kunden in Nö, W, Bgld, Stmk, Ktn, Sbg, OÖ
- 4 Betriebsstätten in Wieselburg, Graz, Achau, Hallein
- 110 Mitarbeiter
- Österreichischer **Marktführer** auf dem Gebiet der Rauchfangsanierung
- Einziges Kaminsanierungsunternehmen mit **staatl. Auszeichnung**






AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Schornsteintechnik



Das bedeutet,

tausendfache Erfahrung in der:

Verbesserung/Sicherstellung geeigneter Eigenschaften des Schornsteines puncto

- Abgastemperatur
- Betriebsdruck
- Feuchteverhalten
- Rußbrand

bzw. Anpassung der Bestandseigenschaften an die Anforderungen der Feuerstätte




AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Schornsteintechnik



Warum?

- Zum Schutz von Leben, Gesundheit sowie Gebäuden
- Zur Optimierung des Verbrennungsvorganges
- Zur Erhöhung des Wirkungsgrades der Feuerstätte
- Zur Einsparung von Brennstoff
- Zur Verringerung der Abgasmasse
- Zur Nachhaltigen sauberen Betriebsweise

➤ **Zur Verringerung von Staubemissionen**




AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Schornsteintechnik



Weil?

Wir erkennen das Thema Feinstaub als **Brennpunktthema**

- Im Kampf der Energieformen im Zuge der Klimastrategien
- Vermeidung von Black Carbon
- Bei der Einsparung von Holzbrennstoff
- Für den Erhalt bestehender Anlagen und Gewährleistung der Versorgungssicherheit mit Wärme (Black-Out)
- Verbesserung der Luftqualität (**geplante Senkung der Grenzwerte**)
 - zur Erhöhung der Lebensqualität
 - Verbesserung der gesundheitlichen Rahmenbedingungen




AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Schornsteintechnik 

Wir müssen etwas tun!

AHRENS. Ich bin der Schornstein.




Ahrens Clean Air Future 

Ahrens Clean Air Future

Worum geht es?

Ein Konzept der Firma **Ahrens Schornsteintechnik** zur Verringerung von Staub/Feinstaub aus Abgasen von Feuerstätten für feste Brennstoffe.



AHRENS. Ich bin der Schornstein.




Ahrens Clean Air Future 

Abgasvermeidung und -reinigung durch:

- optimale Bemessung und Planung der Abgasführung und damit die **aktive Verbesserung des Abbrandes**
→ **Der Kamin als Motor der Feuerstätte!**

und **NEU**

- Aktive Reinigung** der Abgase



AHRENS. Ich bin der Schornstein.




Ahrens Clean Air Future 

Ein Konzept?

Es handelt sich dabei um eine **AHRENS DIENSTLEISTUNG** die aus mehreren Teilen besteht:

- Kundenberatung, Datenerhebung
- Hinzuziehung des **Rauchfangkehrers**,
- Optimierung der Abgasanlage,
- ev. Lieferung und Montage des Feinstaubabscheiders,
- Nachbetreuung

AHRENS. Ich bin der Schornstein.




Ahrens Clean Air Future



Montage auf Kaminmündung

Feinstaubabscheider
=> **CAF Outside:**

- Zugelassen für Einzelfeuerstätten bis 50 kW
- für feste Brennstoffe
- Montage an Mündung
- Elektrischer Teil auf Mündung
- Stromversorgung zur Mündung






AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Clean Air Future



Powered by
OekoSolve
Umwelt. Energie.






AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Clean Air Future



Montage im Aufstellraum

Feinstaubabscheider
CAF Inside:

- Zugelassen für Kesselanlagen bis 100 kW
- für feste Brennstoffe
- Montage ins Rauchrohr
- Elektrischer Teil im HR
- Stromversorgung im HR



© Oekosolve




AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Clean Air Future








AHRENS. Ich bin der Schornstein.

Ahrens Clean Air Future

AHRENS
schornstein
technik

Innovation
Feinstaubfilter Ahrens ADC

Neue Innovation mit Partner:
Entwicklung einer Reinigungs-
vorrichtung an der Mündung
von Abgasanlagen für feste
Brennstoffe mit

Tiefenfilter



AHRENS. Ich bin der Schornstein.




Ahrens Clean Air Future

AHRENS
schornstein
technik

Innovation
Feinstaubfilter Ahrens ADC

- Tiefenfilter mit sehr
hoher Abscheideleistung
durch Aufbau mehrerer
Filterstufen
 - **Filterleistung beliebig
steigerbar**

**Besonders für strenge
Grenzwerte einsetzbar**



AHRENS. Ich bin der Schornstein.




Ahrens Clean Air Future

AHRENS
schornstein
technik

Innovation
Feinstaubfilter Ahrens ADC

- Tiefenfilter mit
**Regeneration
der Filter vor Ort**
**Hohe Standzeiten
der Tiefenfilter**

Betriebserfahrung einige
Generationen v. Prototypen



AHRENS. Ich bin der Schornstein.




Ahrens Clean Air Future

AHRENS
schornstein
technik

Innovation
Feinstaubfilter Ahrens ADC

Betriebsweise:

- Führung der Abgase im
Bypass über Tiefenfilter
- Steuerung erkennt das
Starten der Feuerstätte
- Freier Abgasquerschnitt
- Kein Rückstau bei Strom-
ausfall



AHRENS. Ich bin der Schornstein.




Ahrens Clean Air Future

AHRENS
schornstein
technik

Innovation
Feinstaubfilter Ahrens ADC

Betriebsweise:

- Speicherung des abgeschiedenen Feinstaubes außerhalb des Rauchgasweges
- **Hohe Sicherheit bei CO-Schmorbränden**



AHRENS. Ich bin der Schornstein.



Ahrens Clean Air Future

AHRENS
schornstein
technik

Innovation
Feinstaubfilter Ahrens ADC

Montage:

- An Mündung:
Verkleidung mittels Stülpkopf in verschiedenen Designs (Putz, Ziegel, Schiefer,...)



AHRENS. Ich bin der Schornstein.



Ahrens Clean Air Future

AHRENS
schornstein
technik



AHRENS. Ich bin der Schornstein.



Ahrens Clean Air Future

AHRENS
schornstein
technik

Innovation
Feinstaubfilter Ahrens ADC

- Kleine Abmessungen
- Rauchfang wird nur wenig höher bzw. breiter
- Betriebsdaten über Internet und Mobilphone auslesbar
- Anfahrhilfe durch Ventilator
- DIBt



AHRENS. Ich bin der Schornstein.



FAZIT



Zur Frage, was will Ihnen ein Kaminsanierer erzählen?

- Zur Senkung der Feinstaubemissionen bei Feuerstätten für feste Brennstoffe

UND

- zur Einführung diverser Lösungen im Markt bedarf es die Beiziehung aller Branchenbeteiligter:
 - Hersteller von Feinstaub-Absorber/Filter, F&E
 - Rauchfangkehrer, Heizungsbauer, Behörden,...
 - Bildungseinrichtungen, Univ., FH, und
 - für die Optimierung, Beratung und Montage **den befugten Rauchfang-/Kamin-/Schornsteinsanierer**

AHRENS. Ich bin der Schornstein.



Ahrens Clean Air Future



Danke für Ihr Interesse



Baumeister Ing. Edmund Drohojowski MSc (AAU)
drohojowski@ahrens.at
 0043-664-8187157

AHRENS. Ich bin der Schornstein.



Aleksandar Miskovic, SiO2 Ventures GmbH

FireWell – Für ein Feuer ohne Feinstaub

Aleksandar Miskovic, Alexander Carlsson, Aleksandar Dukanovic, Burkhard Schlagheck, Matthias Polzer
SiO2 Ventures GmbH
Sailerstraße 17
80809 München
Tel.: +49 (0)89 2000-34923
E-Mail: am@sio2-ventures.com

Der beste Weg, Feinstaubemissionen zu verringern ist es, erst gar keine entstehen zu lassen. An diesem Punkt haben wir FireWell angesetzt und eine Möglichkeit gefunden, jedem Betreiber einer Einzelraumfeuerstätte eine kostengünstige und praktikable Möglichkeit zu ermöglichen, seine Feuerstätte umweltfreundlich und wirtschaftlich betreiben zu können. Das von uns entwickelte FireWell Additiv in Kombination, mit der ebenfalls von uns entwickelten FireWell App, kann über 90 % der Feinstaubemissionen von holzbeheizten Einzelraumfeuerstätten senken. Jedem Betreiber einer Feuerstätte ist es ohne größeren technischen Aufwand möglich, durch Zugabe einer geringen Menge vom FireWell Additiv in das Glutbett des Feuerraums (ca. ein Esslöffel pro Holz Scheit), Feinstaubemissionen zu vermeiden.

Die FireWell App führt den Nutzer durch den richtigen Betrieb seines Holzofens und ermöglicht ihm mithilfe einer integrierten künstlichen Intelligenz sein Brennverhalten zu analysieren. Durch die Aufnahme eines zehnstündigen Videos der Flamme über die App wird eine Analyse angestoßen und der Betreiber erhält nach fünf Sekunden ein Feedback zu seinem Heizverhalten in Bezug auf die Feinstaubemissionen und Energieeffizienz. Bei einer umweltschädlichen Verbrennung werden umgehend Hilfestellungen und Vorschläge zur Verbesserung des Abbrandes gegeben. Mit FireWell bieten wir eine

Technologie an, die im Verbrennungsprozess aktiv zur Reduktion von Feinstaubemissionen beiträgt, sowie die App als Mittel, den Betreiber durch die richtige Nutzung seines Ofens zu führen. Wir laden alle Akteure der Holzofenbranche ein, neue Innovationen und Modelle in Form eines Ökosystems gemeinsam mit uns zu entwickeln und den Erhalt der Holzofenbranche langfristig sicherzustellen.



Additiv und APP Wie funktioniert das?



1. Einen Esslöffel FireWell Additiv zum Brennvorgang geben
2. Mit der App durch den Brennvorgang geleitet werden und m.H.v. KI basierten Assistenzsystemen optimal heizen
3. Feinstaubemissionen reduzieren und effizient heizen



Session: Rahmenbedingungen

Patrick Huth, Deutsche Umwelthilfe e.V.

Update zur EU-Luftreinhaltepolitik: Gesetzliche Rahmenbedingungen für Holzheizungen und Partikelabscheider

Patrick Huth
Deutsche Umwelthilfe e.V.
Hackescher Markt 4
10178 Berlin
Tel.: +49 (0)30 2400 867-77
E-Mail: huth@duh.de

Für Schadstoffe aus Holzheizungen und den Einsatz von Partikelabscheidern ist insbesondere der gesetzliche Rahmen der EU-Luftreinhaltepolitik und deren nationale Umsetzung maßgeblich. Zwei der drei wesentlichen Säulen der EU-Luftreinhaltepolitik werden aktuell überarbeitet und voraussichtlich im Jahr 2024 beschlossen: Zum einen die Ambient Air Quality Directive (AAQD), welche die maximal zulässigen Konzentrationen von Luftschadstoffen in der Außenluft (Immissionen) regelt; zum anderen die quellenbezogenen Emissionsstandards (Ecodesign-Verordnungen).

Der Vortrag wird im Wesentlichen auf folgende Punkte eingehen und dabei die möglichen Effekte auf die Nutzung von Holzheizungen/Partikelabscheidern beleuchten:

- Laufende Überarbeitung der AAQD: Wie sieht der Zeitplan für die Überarbeitung aus? Wie ambitioniert werden die künftigen Grenzwerte für Feinstaub und Co. voraussichtlich ausfallen? Welche Änderungen sind beim Monitoring der Luftbelastung geplant (u.a. Messungen von UFP/BC)?
- Laufende Revision der Ecodesign-Verordnungen für Einzelraumfeuerungen und Festbrennstoffkessel: Wie sieht der Zeitplan für die Überarbeitung aus? Welche Änderungen sind in der

Diskussion? Welche Vorgaben fordern die Umweltverbände?

Darüber hinaus soll im Vortrag kurz auf die dritte Säule der EU-Luftreinhaltepolitik, die Nationalen Emissionshöchstmengen (NEC Directive), eingegangen werden. Hier zeichnet sich ab, dass das 2. Nationale Luftreinhalteprogramm angesichts der Novelle des GEG/der BEG und der damit verbundenen laxen Vorgaben für Holzheizungen unzureichend ist, um eine sichere Einhaltung der PM_{2,5}-Minderungsziele im Jahr 2030 zu gewährleisten.

Deutsche Umwelthilfe

**Update zur EU-Luftreinhaltepolitik:
Gesetzliche Rahmenbedingungen für
Holzheizungen und Partikelabscheider**

Patrick Huth | Deutsche Umwelthilfe e.V.

© 2017, LESOTHE®

15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ | 8. Februar 2024 | 1

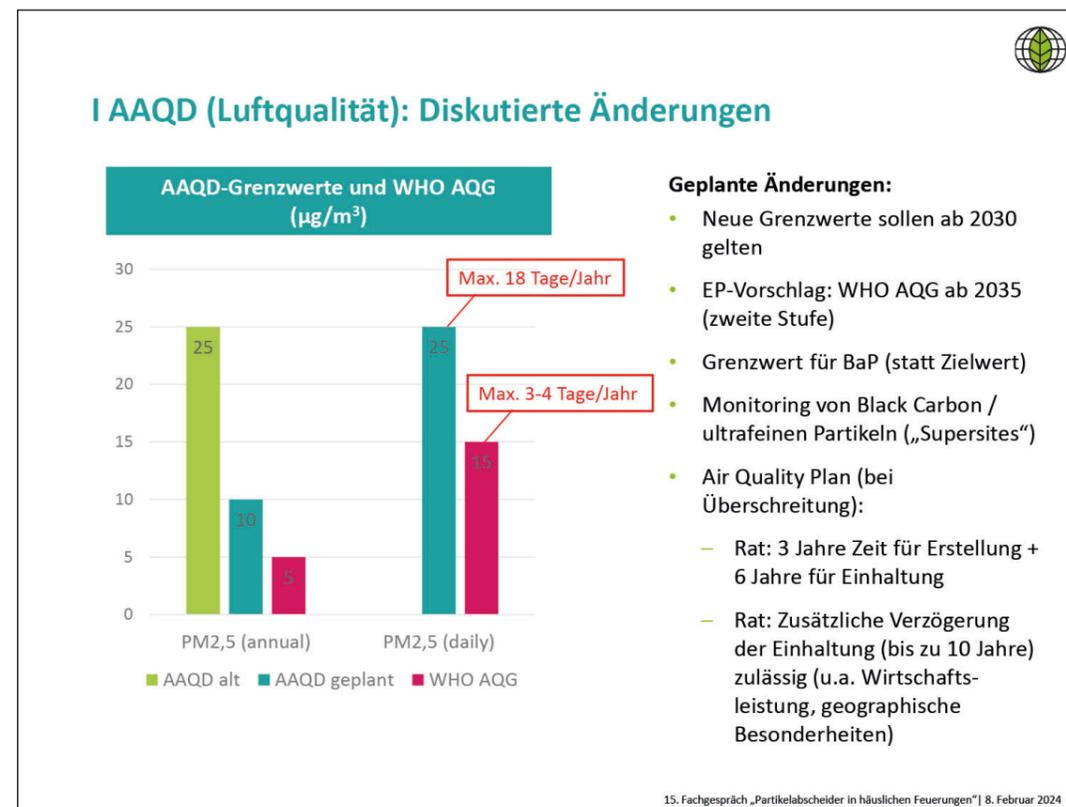
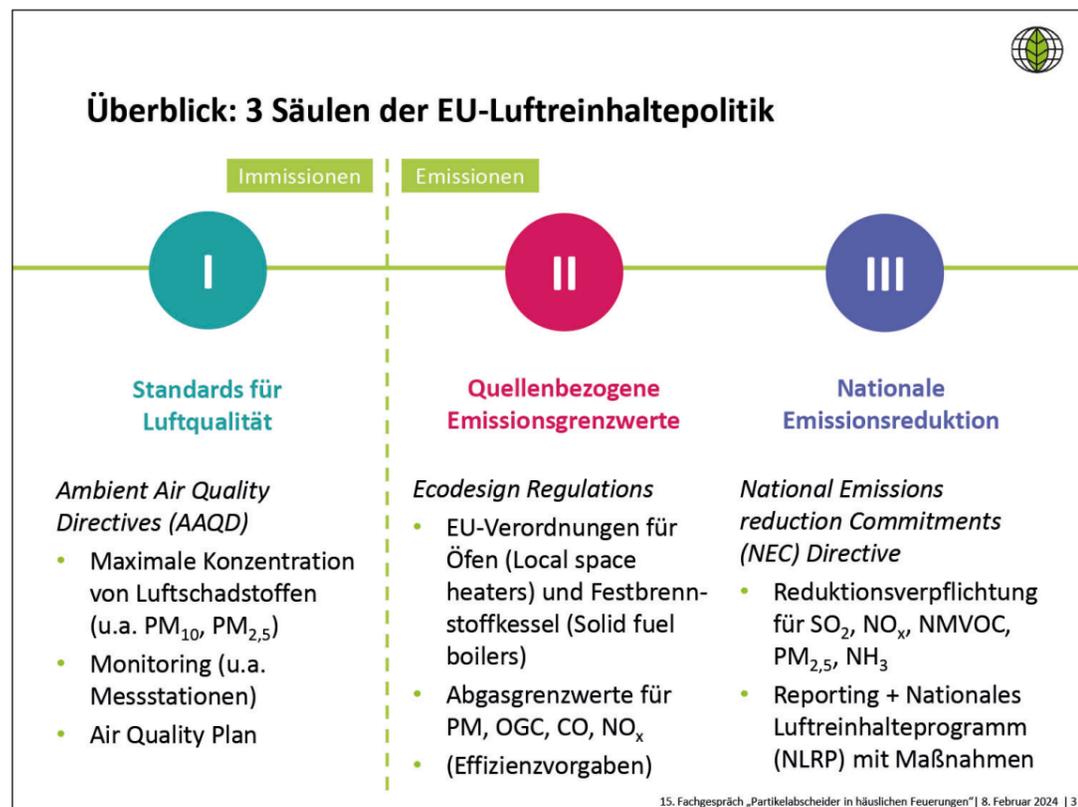
Deutsche Umwelthilfe

Fragestellungen

1. Welche EU-Vorgaben sind für Holzheizungen und Partikelabscheider relevant?
2. Welche EU-Vorgaben sollen überarbeitet werden?
3. Wie sieht der Zeitplan hierfür aus?
4. Was fordert/kritisiert die DUH?

© 2017, LESOTHE®

15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ | 8. Februar 2024 | 2



I AAQD (Luftqualität): Forderungen der DUH

- 1. Strenge Grenzwerte ohne Schlupflöcher!**
 - Umsetzung der WHO-Empfehlungen
 - Zeitnah Grenzwerte für BC und UFP
 - Keine Ausnahmen aufgrund von Wirtschaftsleistung oder geographischen Besonderheiten
 - Grenzüberschreitende Verschmutzung muss „zählen“
- 2. Monitoring: Umfangreiche Datenerhebung garantieren (insbes. Supersites)**
- 3. Air Quality Plan: Kürzere Fristen für Erstellung und Einhaltung der Grenzwerte**

15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ | 8. Februar 2024 | 6



II Ecodesign: Diskutierte Änderungen auf EU-Ebene (Öfen)

- **Strengere Emissionsgrenzwerte (Bandbreite der Policy options/PO)**
 - PO 1: nur minimale Änderungen (u.a. etwas strengerer CO-Grenzwert)
 - PO 6: substantielle Änderungen -> "Levels requiring a post-combustion system" (+ automated combustion control (ACC))
- **Testverfahren (zentrale Themen)**
 - Einführung von Messung in Teillast
 - Einheitliches Staub-Messverfahren/Kritik an EN-PME
- **Verschärfte Effizienzanforderungen**
- **Bessere Marktüberwachung**

© Bild: Bernd Lenzinger, CC BY-SA 4.0

15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ | 8. Februar 2024 | 8

II Ecodesign: Forderungen der DUH

1. **Grenzwerte: Partikelabscheider und Katalysator (Öfen) als Standard!**
 - Messung + GW für Schadstoffe, welche die AAQD beinhaltet (u.a. UFP, BC, BaP)
 - Messung mit Verdünnung (Condensables)
 - BAT als Maßgabe: Blauer Engel/Öfen und BEG/Kessel (max. 2,5 mg/m³ Staub)
2. **Insbes. bei Öfen: realitätsnäheres Messverfahren**
 - Prüfzyklus mit Anzündphase
 - Durchgehende Messung
 - Unterschiedliche Brennstoffmengen und handelsüblicher Brennstoff
 - Dichtheitsprüfung (Innenraumbelastung)

Positionspapier:
<https://www.coolproducts.eu/policy/comments-on-the-regulations-about-ecodesign-and-energy-labelling-requirement-for-solid-fuel-boilers-and-solid-fuel-local-space-heaters/>

© 2017, LESOTHE

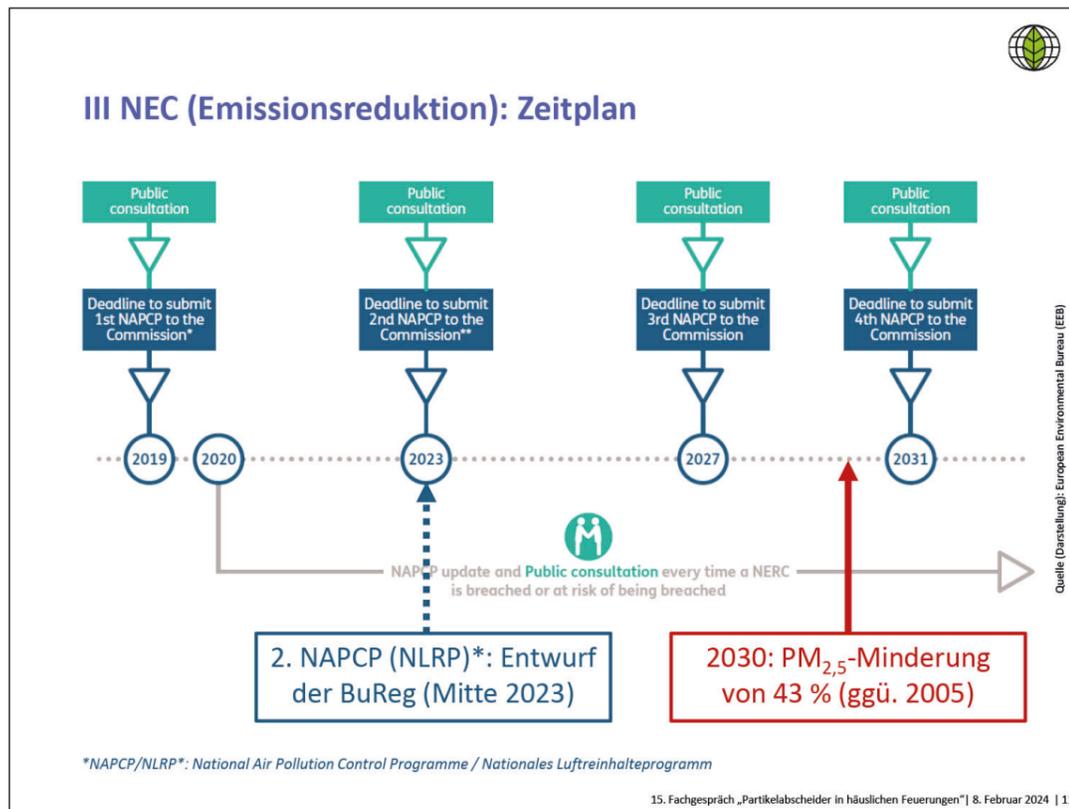
15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ | 8. Februar 2024 | 10

II Ecodesign: Diskutierte Änderungen auf EU-Ebene (Kessel)

- **Geltungsbereich ausweiten**
 - Kessel mit bis zu 1000 kW Leistung (bisher 500 kW)
 - Kessel für Biomasse jenseits von Holz (z.B. Halmgut)
- **Verschärfte Emissionsgrenzwerte**
- **Testverfahren (zentrale Themen)**
 - Messverfahren für PM
 - Messung von Condensables
 - Messung in 30 %-Teillastbetrieb (Umsetzung)
- **Strengere Effizienzanforderungen**

© Ba.Blog / Wikipedia / Lizenz: Creative Commons CC-by-sa-3.0.de

15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ | 8. Februar 2024 | 9



III NEC: Kritik der DUH an 2. NLRP

- Überholte Annahmen**
 - GEG: Kabinettsbeschluss als Grundlage (finales GEG u.a. ohne Abscheiderpflicht)
 - BEG 2024: Strenger Staubgrenzwert gestrichen
- Unrealistische Annahmen**
 - Steigende energetische Biomassenutzung
 - Eingepreiste Ecodesign-Revision (teils „ambitionierte“ Staubgrenzwerte)

➔ Hohes Risiko: PM_{2,5}-Reduktionsziel für 2030 wird nicht erreicht

➔ Handlungsbedarf: Ecodesign-VO, 1. BImSchV, GEG/BEG!

© 2017, Ecodesign

15. Fachgespräch „Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen“ | 8. Februar 2024 | 12

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Patrick Huth
Senior Expert Luftreinhaltung
Deutsche Umwelthilfe e.V.
E-Mail: huth@duh.de

Blieben Sie auf dem Laufenden

www.duh.de
www.duh.de/newsletter-abo

Folgen Sie uns

.../umwelthilfe

15. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen

Gerhard Schmoeckel, Bayerisches Landesamt für Umwelt

44. BImSchV, VDI 3953 (Entwurf) – Methoden zum Nachweis des kont. effektiven Betriebs von Staubabscheidern für Festbrennstofffeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung zwischen 1 und 5 MW

Gerhard Schmoeckel
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-5204
E-Mail: gerhard.schmoeckel@lfu.bayern.de

Der bestimmungsgemäße Betrieb eines geeigneten Elektrofilters im Abgas einer (bestimmungsgemäß betriebenen) Holzfeuerungsanlage gewährleistet niedrige Staubemissionswerte. Für Holzfeuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW oder mehr, die mit einem Staubabscheider zur Einhaltung des Emissionsgrenzwertes ausgestattet sind, fordert die 44. Bundesimmissionschutzverordnung daher einen Nachweis zum kontinuierlichen effektiven Betrieb des Staubabscheiders.

Die Richtlinie VDI 3953, Blatt 1, stellt hierfür ein Überwachungskonzept auf der Grundlage von „Ersatzparametern“ (Strom und Spannung) vor, das die Festlegung, Ermittlung und Speicherung von Statussignalen zum Feuerungs- und Abscheiderbetrieb beinhaltet. Für die Ersatzparameter Strom und Spannung muss ein geeigneter Signalwertebereich für den effektiven Abscheiderbetrieb definiert werden.

Die Richtlinie wird im Frühsommer 2024 im Weißdruck erscheinen.

Bayerisches Landesamt für Umwelt 

44. BImSchV, VDI 3953 (Entwurf)

Methoden zum Nachweis des kont. effektiven Betriebs von Staubabscheidern für Festbrennstofffeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung zwischen 1 und 5 MW

Bayerisches Landesamt für Umwelt 

44. BImSchV, VDI 3953 (E): Methoden zum Nachweis des kont. Betriebs von Staubabscheidern für Festbrennstofffeuerungen

Inhalt

- **Hintergrund**
- **Anwendungsbereich**
- **Merkmale der Überwachungskonzepte**
 - Direkter Nachweis mit Staubmessgeräten
 - Indirekter Nachweis bei elektrostatischen Abscheidern auf Grundlage von Ersatzparametern (insbesondere Strom und Spannung)
- **Umsetzung der Überwachungskonzepte**
 - Festlegung der Statussignale für den Anlagenbetrieb
 - Festlegung der Statussignale für den Abscheiderbetrieb (bei *direktem und indirektem* Nachweis)
- **Erfassung, Auswertung, Speicherung und Ausgabe der Daten**
- *Überprüfung der Eignung des Überwachungskonzepts und erstmalige Konfigurierung*
- *Laufende Qualitätssicherung im Betrieb*
- *Jährliche Funktionsprüfung*

Kursiv gesetzte Abschnitte sind nicht Bestandteil des Vortrags, aber der Richtlinie

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

44. BImSchV, VDI 3953 (E): Methoden zum Nachweis des kont. Betriebs von Staubabscheidern für Festbrennstofffeuerungen

Bayerisches Landesamt für Umwelt 

Hintergrund

- § 21 Abs. 2, 3 und 7 der 44. BImSchV legen (ab sofort) zur Überwachung der Staubemissionen fest:
 - bei Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) zwischen 1 MW und 5 MW:
 - Emissionsmessungen alle 3 Jahre und
 - Qualitativ kontinuierliche Überwachung der Einhaltung des Staubgrenzwertes mit geeigneten, fest installierten Messgeräten (optische oder triboelektrische Messverfahren)
 - oder Nachweis zum kontinuierlichen effektiven Betrieb des Staubabscheiders, sobald hierfür ein Verfahren nach dem Stand der Technik zur Verfügung steht.
 - Der Stand der Technik hierfür wird in der VDI 3953 entwickelt; der Weißdruck erscheint im Frühjahr 2024.

3

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

44. BImSchV, VDI 3953 (E): Methoden zum Nachweis des kont. Betriebs von Staubabscheidern für Festbrennstofffeuerungen

Bayerisches Landesamt für Umwelt 

Anwendungsbereich

- Anwendbar auf Staubabscheider mit Oberflächen- oder Elektrofiltern.
- Die hier vorgestellten **Überwachungskonzepte basieren** auf dem
 - direkten Nachweis mit geeigneten Staubmessgeräten oder
 - indirekten Nachweis durch Kontrolle von Ersatzparametern bei elektrostatischen Staubabscheidern.
- Anforderungen an die **Überprüfung der Umsetzung des Überwachungskonzepts** durch Stellen nach § 29b BImSchG
 - Prüfung der ordnungsgemäßen Umsetzung des Überwachungskonzepts und
 - regelmäßige Funktionskontrolle
- Anforderungen an **Auswerteeinrichtungen** zur
 - Erfassung der Statussignale des Betriebs der Feuerungsanlage und des Staubabscheiders
 - Berechnung der benötigten Daten (Zeitsummen) zum Nachweis des kontinuierlichen effektiven Betriebs von Staubabscheidern.
- Anforderungen an die **regelmäßigen qualitätssichernden Maßnahmen durch den Betreiber und die Dokumentation.**

4

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

44. BImSchV, VDI 3953 (E): Methoden zum Nachweis des kont. Betriebs von Staubabscheidern für Festbrennstofffeuerungen

Bayerisches Landesamt für Umwelt 

Merkmale der Überwachungskonzepte

Ziel: Nachweis des kontinuierlichen effektiven Betriebs des Staubabscheiders		
Mittel: Überwachungskonzept		
Methode	Direkter Nachweis mit Staubmessgeräten bei filternden und elektrostatischen Abscheidern: Leckagemonitor nach DIN EN 15859, Staubmonitor nach DIN EN 15859 oder AMS nach DIN EN 15267-3	Indirekter Nachweis auf Grundlage von Ersatzparametern bei elektrostatischen Abscheidern: Strom- und Spannungsüberwachung des elektrostatischen Abscheiders
Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung der Statussignale für den Feuerungsbetrieb • Festlegung der Statussignale für den Abscheiderbetrieb • Ermittlung aller benötigten Statussignale im Prozessleitsystem, Definition des Algorithmus • Auswahl des Staubmessgeräts unter Beachtung der Einsatzbeschränkungen aus der Eignungsprüfung 	
Dokumentation	Dokumentation des Überwachungskonzepts	
Überprüfung und Konfigur.	Überprüfung der Eignung des Überwachungskonzepts und erstmalige Konfigurierung durch eine Stelle nach § 29b BImSchG	
Auswertung	Auswerteeinrichtung mit Zeitählern; Zusammenführen der Statussignale über den Anlagen- und Abscheiderbetrieb zur Ermittlung der benötigten Zeitsummen	
laufende Qualitätssicherung	laufende Qualitätssicherung im Betrieb durch den Betreiber gemäß den festgelegten Anforderungen	
Funktionsprüfung	Funktionsprüfung durch eine Stelle nach § 29b BImSchG	

5

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

44. BImSchV, VDI 3953 (E): Methoden zum Nachweis des kont. Betriebs von Staubabscheidern für Festbrennstofffeuerungen

Bayerisches Landesamt für Umwelt 

Umsetzung: Statussignale für den Feuerungsanlagenbetrieb

- **Betriebszustände**
 - Anfahren
 - Regulärer Feuerungsbetrieb
 - definiert die Anzahl der Betriebsstunden i.S.d. 44. BImSchV
 - entspricht dem beurteilungspflichtigen Betrieb der Feuerungsanlage
 - Abfahren
- **An- und Abfahrzeiten**
 - bleiben unberücksichtigt (§ 2 Abs. 5 der 44. BImSchV)
 - sind möglichst kurz zu halten (§ 8 der 44. BImSchV)
 - Vor- und Nachbelüftungszeiten werden den An- und Abfahrzeiten zugerechnet
 - „Gluthaltebetrieb“
 - stellt eine Aneinanderreihung von An- oder Abfahrvorgängen mit dazwischen liegenden Stillstandsphasen dar
 - Voraussetzung dafür ist, dass die Feuerungsanlage nicht unterhalb einer anlagenspezifischen Mindestlast (10 – 30 % der Kesselnennleistung) betrieben wird (z.B. durch Einbindung eines geeignet dimensionierten Wärmespeichers)

6

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

Umsetzung: Statussignale für den Feuerungsanlagenbetrieb

- Für die Definition von „Feuer-ein“ und „Feuer-aus“ sowie „An-/Abfahren“ können folgende Signale ausgewählt werden:
 - „Feuer-ein“:
 - {Abgasventilator eingeschaltet}
 - UND
 - {O₂-Gehalt ≤ 16,0 %}
 - „Feuer-aus“:
 - {Abgasventilator ausgeschaltet}
 - ODER
 - {O₂-Gehalt ≥ 17,0 %}
 - „An-/Abfahren“:
 - {O₂-Gehalt ≤ 19,0 %}
 - UND
 - {NICHT [{„Feuer-ein“} ODER {„Feuer-aus“}]}
 - Der Sauerstoffgehalt gilt für den jeweiligen Betriebszustand (im feuchten Abgas gemessen). Die Werte sind in Zeitschritten von höchstens 10 s zu erfassen und über maximal 1 min zu mitteln. Die Mittelwerte sind zur Berechnung der Signale „Feuer-ein“, „Feuer-aus“ und „An-/Abfahren“ auszuwerten.

7

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

Umsetzung: Statussignale für den Abscheiderbetrieb - indirekter Nachweis bei elektrostatischen Abscheidern

- Für gültige Signale „Abscheider-effektiv“ und „Abscheider-nicht-effektiv“ sind die nachfolgenden Werte zu verwenden:
 - „Abscheider-effektiv“:
 - {Strom $I \geq I_S$ }
 - UND
 - {Spannung $U \geq U_S$ }
 - UND
 - {Bypass geschlossen}
 - mit
 - $I_S = 30\%$ von I_N und $U_S = 60\%$ von U_N
 - „Abscheider-nicht-effektiv“:
 - {Strom $I \leq I_S$ }
 - ODER
 - {Spannung $U \leq U_S$ }
 - ODER
 - {NICHT {Bypass geschlossen}}
 - mit
 - $I_S = 20\%$ von I_N und $U_S = 50\%$ von U_N
 - Die Werte des Stroms I und der Spannung U sind in Zeitschritten von höchstens 10 s zu erfassen und über maximal 1 min zu mitteln. Die Mittelwerte sind zur Berechnung der Signale „Abscheider-effektiv“ und „Abscheider-nicht-effektiv“ auszuwerten.

9

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

Umsetzung: Statussignale für den Abscheiderbetrieb - indirekter Nachweis bei elektrostatischen Abscheidern

- Festlegung der Statussignale für den Abscheiderbetrieb
 - Festlegung der **Strom- und Spannungswerte** (U_N , I_N) eines Elektrofilters **im Auslegungsbereich** und Plausibilisierung durch Messungen mit dem Standardreferenzverfahren
- Definition der Signalwertebereiche für den effektiven Abscheiderbetrieb
 - Festlegung der **Schwellenwerte** für die Stromaufnahme I_S und die Spannung U_S **in Relation zu** den bei Nennlast gemessenen **Nennwerten** für die Spannung U_N und die Stromaufnahme I_N
 - Erfahrungsgemäß führen Spannungswerte von mindestens 60 % und Stromwerte von mindestens 30 % der jeweiligen Nennwerte in der Regel zu einem effektiven Betrieb des Abscheiders.
 - Überwachung der Stellung der Bypassklappe(n) z.B. mit Endlagenschaltern

8

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

Erfassung, Auswertung, Speicherung und Ausgabe der Daten durch eine Datenerfassungseinrichtung (DAHS)

- Abtastung der Statussignale alle 10 s
- Die Länge des betrachteten Zeitintervalls (t_{FB} , t_{AA} oder t_{NEB}) ergibt sich aus der Zeitdifferenz zwischen einer Änderung eines der Statussignale S ($S = 0$ oder 1)
 - „Feuer in Betrieb“: $S_{FB} = \{ \{ \text{Feuer-ein} \} \text{ UND } \{ \text{NICHT } \{ \text{Feuer-aus} \} \} \}$
 - „An-/Abfahren“: $S_{AA} = \{ \{ \text{An-/Abfahren} \} \}$
 - „Nicht-Effektiver-Betrieb“:
 - $S_{NEB} = \{ \{ \{ \text{Feuer-ein} \} \text{ UND } \{ \text{NICHT } \{ \text{Feuer-aus} \} \} \} \text{ UND } \{ \{ \text{Abscheider-nicht-effektiv} \} \text{ ODER } \{ \text{NICHT } \{ \text{Abscheider-effektiv} \} \} \} \}$
- Die Rohdaten der Statussignale sind mindestens bei jeder Änderung eines der Stati mit einem Zeitstempel zu speichern.

10

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

Erfassung, Auswertung, Speicherung und Ausgabe der Daten

- Nach einem Wechsel des Status S_{FB} von 0 (nein = Feuerung nicht in Betrieb) nach 1 (ja = Feuerung in Betrieb) bleiben die ersten 10 min als Stabilisierungsphase unberücksichtigt.
- Ein **Alarm** ist zu dem Zeitpunkt **auszugeben**, wenn die Zeitsumme t_{NEB} folgende Werte überschreitet:
 - 3 h bezogen auf den Tag
 - 400 h bezogen auf die zurückliegenden 365 Tage
- Die DAHS muss
 - die Eingabe von Maßnahmen bei Alarmereignissen seitens des Betreibers und deren Speicherung ermöglichen.
 - zum Nachweis der Einhaltung der nach Anhang B festgelegten Verfügbarkeit ihre Betriebszeit täglich als Zeitsumme gleitend über die letzten 12 Monate ermitteln.

11

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit

13

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

Erfassung, Auswertung, Speicherung und Ausgabe der Daten

- Die zu erstellenden Tagesprotokolle müssen mindestens die folgenden Informationen enthalten:
 - Datum des aktuellen Tags
 - eindeutige Zuordnung zum Staubabscheider
 - **Zeitsummen für NEB, FB und AA**, jeweils bezogen auf den aktuellen Tag und gleitend für die zurückliegenden 365 Tage
 - **Alarmereignisse** mit Zeitstempel bezogen auf den aktuellen Tag
 - Anzahl der Alarmereignisse gleitend für die zurückliegenden 365 Tage
 - Verfügbarkeit der DAHS gleitend für die zurückliegenden 365 Tage
- Die DAHS muss
 - die **Tagesprotokolle** täglich am Tagesende **erstellen** und speichern.
 - eine Ausgabe der Tagesprotokolle als Dokument (z.B. im PDF-Format) sowie eine Ausgabe der Rohdaten der Statussignale in einem definierten Format als Datei jederzeit ermöglichen.

12

© LfU / Referat 21 / Schmoeckel / 08.02.2024

*Expertentalk:
Neues aus der Normung*

Tobias Ulbricht, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Zusammenfassung: Expertentalk „Neues aus der Normung“

Tobias Ulbricht
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Str. 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-518
E-Mail: tobias.ulbricht@dbfz.de

In der von Dr. Hans Hartmann moderierten Gesprächsrunde sprachen als Experten die Obmänner der jeweiligen Normen und Richtlinien, Prof. Dr.-Ing. Günter Baumbach (DIN spec 33999), Dr. Volker Lenz (VDI 3670) und Gerhard Schmoeckel (VDI 3953).

Die Überarbeitung der DIN spec 33999 „Emissionsminderung – Kleine und mittlere Feuerungsanlagen (gemäß 1. BImSchV) – Prüfverfahren zur Ermittlung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen“ befindet sich derzeit in der finalen Phase. Aktuell werden, aufgrund der Wirkung der kondensierenden Kohlenwasserstoffe auf die Abscheider, noch die Prüftemperaturen diskutiert. Ebenfalls wird geprüft, inwieweit diese DIN auf das neue europäische, in der DIN EN 16510 beschriebene Staubmessverfahren umgestellt werden kann. Die DIN EN 16510 bleibt vorerst bei der Partikelmasse. Die Partikelzählung und insbesondere die Bestimmung eines „anzahlbezogenen Abscheidegrades“ birgt weitere Herausforderungen, welche in der aktuellen Überarbeitung nicht berücksichtigen konnten. Insbesondere fehlt ein normativ festgeschriebenes Messverfahren.

Die Anwendung der Norm soll durch die Überarbeitung vereinfacht werden. Rückmeldungen von Prüfeinrichtungen zeigen, dass auch die Anwendung der überarbeiteten DIN nicht trivial ist. Insbeson-

dere die kontinuierliche Bereitstellung des realen Abgases, für welches die DIN spec 33999 Randbedingungen definiert hat, stellt eine Herausforderung dar. Insbesondere da der Parameter Gesamtstaub in der Regel nicht direktanzeigend gemessen werden kann. Zur Einstellung der Feuerung sollte daher auch auf zusätzliche direktanzeigende Messgeräte zurückgegriffen werden.

Die VDI 3670 „Nachgeschaltete Staubminderungseinrichtungen für Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe“ wird ebenfalls überarbeitet. Sie soll den in der 1. BImSchV den eher abstrakten Verweis auf „Staubabscheider nach dem Stand der Technik“ mit Leben füllen. Die Richtlinie beschreibt nur den Stand der Technik und ist keine Anforderung an ein Produkt. Zu einer Anforderung wird es erst, wenn ein Gesetz, eine Verordnung oder ein Label darauf Bezug nehmen.

An den erreichbaren Abscheidegraden hat sich seit der letzten Überarbeitung wenig getan. Was sich in den letzten Jahren verändert hat, ist die technische Ausstattung zur Überwachung der Abscheider, insbesondere im höheren Leistungsbereich. Der Fokus liegt auf der Überwachung, dass der Abscheider bei Betrieb der Feuerung tatsächlich in Betrieb ist. Hier gibt es verschiedene Ansätze, wie z.B. die Betriebszeiten einer Feuerung definiert werden. In Deutschland können wir uns auf die Erfahrungen



und Regelungen in der Schweiz stützen, die bei Feuerungen mit Staubabscheider ab 70 kW einen Verfügbarkeitsnachweis verlangen.

Die überarbeitete VDI 3953 Blatt 1 „Nachweis des kontinuierlichen effektiven Betriebs von Abgasreinigungseinrichtungen – Staubabscheider bei Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe mit einer Feuerungswärmeleistung zwischen 1 MW und weniger als 5 MW“ wird demnächst im Weißdruck erscheinen. Die VDI adressiert zwar nicht die häuslichen Feuerungen, jedoch können die Verfahren auch in diesem kleineren Leistungssegment angewendet werden. Derzeit besteht für häusliche Feuerungen in Deutschland keine Pflicht zur Verfügbarkeitsüberwachung. Da ein außer Betrieb befindlicher Staubabscheider nicht positiv wirken kann, ist eine angemessene technische Überwachung grundsätzlich als sinnvoll anzusehen.

Zur VDI 3953, Blatt 1, gibt es im Tagungsreader einen separaten Vortrag.

Derzeit befindet sich eine Norm für Katalysatoren in der Erarbeitung. Träger dieser Norm ist der beim Industrieverband Haus-, Heiz und Küchentechnik e.V. (HKI) angesiedelte DIN-Normenausschuss „Heiz-, Koch- und Wärmegerät“ (FNH). Zum nächsten Fachgespräch wird dazu sicherlich mehr zu erfahren sein.

Leider vergehen von der Erarbeitung der ersten Vorwürfe einer Norm bis zur Veröffentlichung häufig mehrere Jahre. Einige Teilnehmende der Veranstaltung merkten diesbezüglich an, dass wir womöglich nicht mehr so viel Zeit haben, um den Klimawandel aufzuhalten.

Normen und Richtlinien werden in üblicherweise ehrenamtlich arbeitenden Ausschüssen erarbeitet und beruhen grundsätzlich auf Konsensentscheidungen der interessierten Kreise. Da eine aktive Mitwirkung von Fachleuten immer gern gesehen wird, wird gebeten sich, bezüglich einer Mitarbeit an einer Richtlinie oder einer Norm direkt an den Normungsausschuss zu wenden.

Session: Neues aus Entwicklung und Forschung, Block II

Lisa Feikus, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Einfluss des Abgaszustands und der Temperatur auf die Abscheideleistung von elektrostatischen Abscheidern für ERF – praxisrelevante Erkenntnisse

Lisa Feikus, Daniel Wohter
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet Thermoprozesse und Emissionsminderung in der Entsorgungs- und Recyclingswirtschaft
Wüllnerstraße 2
52062 Aachen
Tel.: +49 (0)241 80-95705
E-Mail: feikus@teer.rwth-aachen.de

Einzelraumfeuerungsanlagen (ERF) für Scheitholz emittieren eine komplexe Mischung aus partikulären und gasförmigen Schadstoffen. Sie tragen nach wie vor zu einem erheblichen Anteil an der Luftschadstoffbelastung in Deutschland bei. Rußpartikel können durch elektrostatische Abscheider abgeschieden werden. Organische Schadstoffe im Abgas werden durch den Einsatz von Katalysatoren gemindert. Um die toxikologisch relevanten Emissionen effektiv zu minimieren, sollten beide Minderungsmaßnahmen kombiniert werden.

Die Größenverteilung und chemische Zusammensetzung der emittierten Partikel verändern sich in Abhängigkeit von Abgaszustand und im Verlauf des Abgassystems. Die veränderten Eigenschaften beeinflussen die Minderungswirkung von elektrostatischen Abscheidern deutlich.

Der Vortrag zeigt die Ergebnisse von experimentellen Arbeiten, die den Einfluss des Abgaszustandes und den Einsatz eines Katalysators auf die Minderungswirkung eines nachgeschalteten elektrostatischen Abscheiders untersucht haben. Darüber hinaus wird aufgezeigt, wie die Positionierung des Abscheiders die Abscheidewirkung beeinflusst.

Die Vortragsfolien wurden aufgrund von Geheimhaltung (Dissertation) nicht freigegeben. Wir bitten um Ihr Verständnis.

Dr. Josef Wüest, Fachhochschule Nordwestschweiz

Einfluss von kondensierten und nukleierten Nanopartikeln auf den ESP

Dr. Josef Wüest, Nemo Lohberger, Daniel Lustenberger
 Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz
 Klosterzelgstrasse 2
 CH - 5210 Windisch
 Tel.: +41 (0)56 202-9900
 E-Mail: josef.wueest@fnw.ch

Die Vergleichsmessungen zur Partikelanzahlmessung (Ringversuch HLNUG-22K2) in Kassel haben für uns einige interessante Effekte zu Tage gefördert, die bei der Beurteilung der Funktion von ESP und damit ihrem Abscheidegrad wichtige Erkenntnisse geliefert haben.

Wir haben bei diesen Vergleichsmessungen neben einem SMPS drei DiSC-Geräte eingesetzt. 1.) ein Partector P2 von Naneos hinter einem Rotations-Verdünner bei 150 °C, 2.) ein miniDiSC von Testo hinter einem e-Diluter von Dekati bei 300 °C und 3.) ein Sureal23 mit einem Thermodenuder und Messzelle bei 200 °C. Letzteres ist ein mobiles Referenzgerät, das von der FHNW für METAS zur Partikelmessung von Diesel-Motoren in realer Fahrt entwickelt wurde.

Die Verläufe von Spannung und Strom des Abscheiders korrelierten stark mit den Phasen des Abbrandes und somit auch mit der Partikelgrößenverteilung. So entstanden beim Verlöschen der Flamme viele Kleinstpartikel als kondensierte OGC und Ruß, was scheinbar die ESP-Performance negativ beeinträchtigte. Dies äusserte sich im Einbruch der Abscheiderspannung, weil der Abscheider an seine Leistungsbegrenzung kam.

Die Präsenz von vielen kleine Nanopartikel konnte anhand der SMPS-Spektren nachgewiesen werden,

welche in diesen Phasen einen markanten Anstieg der Partikelgrößen im Bereich 10-20 nm zeigten. Diese Nanopartikel waren somit am Abscheider real vorhanden und wurden von ihm beladen und abgeschieden. Sie bildeten sich in diesem Fall nicht erst als Artefakt bei der Verdünnung. Diese Effekte konnten auch im Labor in ähnlichen Konfigurationen mit Abscheider beobachtet werden.

Die Hauptursache für diese Effekte ist die gute Beladbarkeit der Nanopartikel durch die Diffusionsbeladung und die daraus resultierende hohe Raumladung, welche die Strom-Spannungs-Kennlinie an einen anderen Betriebspunkt verschiebt, was zu einem höheren Strom führt.

Die Ergebnisse von verschiedenen Konfigurationen mit verschiedenen Verdünnern und Partikelzählgeräten zeigten den grossen Einfluss der Verdünnung und der Behandlung der Abgase (z.B. durch Thermodenuder) bei der Bestimmung der Partikel-Anzahl und -Masse.

Es ist aus unserer Sicht fragwürdig, wenn durch die Vorbehandlung der Abgase, OGC-Partikel, die laut Nussbaumer 100-mal toxischer als mineralische Partikel und für die Bildung von SOA verantwortlich sind, nicht erfasst werden.

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Einfluss von kondensierten und nukleierten Nanopartikel auf den ESP

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE)
 N. Lohberger, D. Lustenberger, J. Wüest,

Fachhochschule Nordwestschweiz
Klosterzelgstr. 2
CH-5210 Windisch

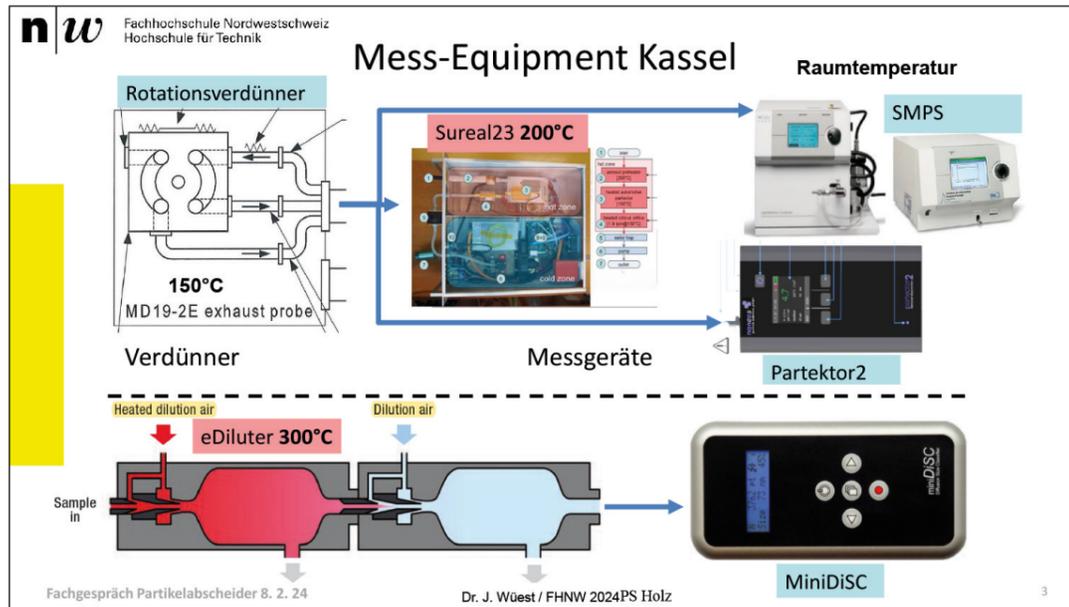
Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 1

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Inhalt

1. Mess-Equipment
2. Kombinationen
3. Verlauf der Partikelgrößenverteilung
4. Phänomen beim Erlöschen der Flamme
5. Einfluss auf die Leistungsparameters des ESP
6. Ursachen
7. Fazit

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 2

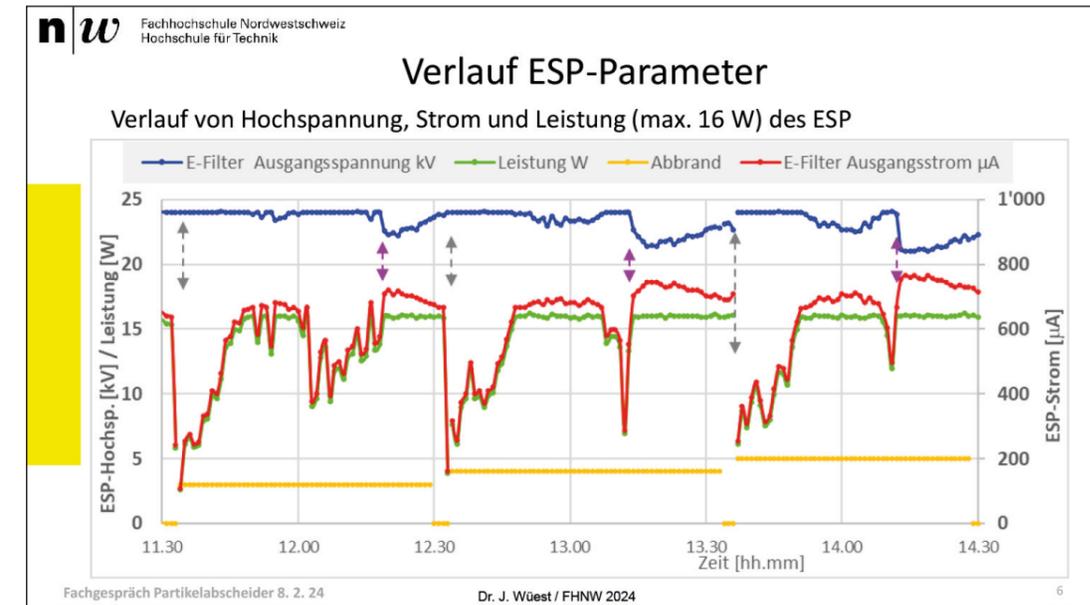
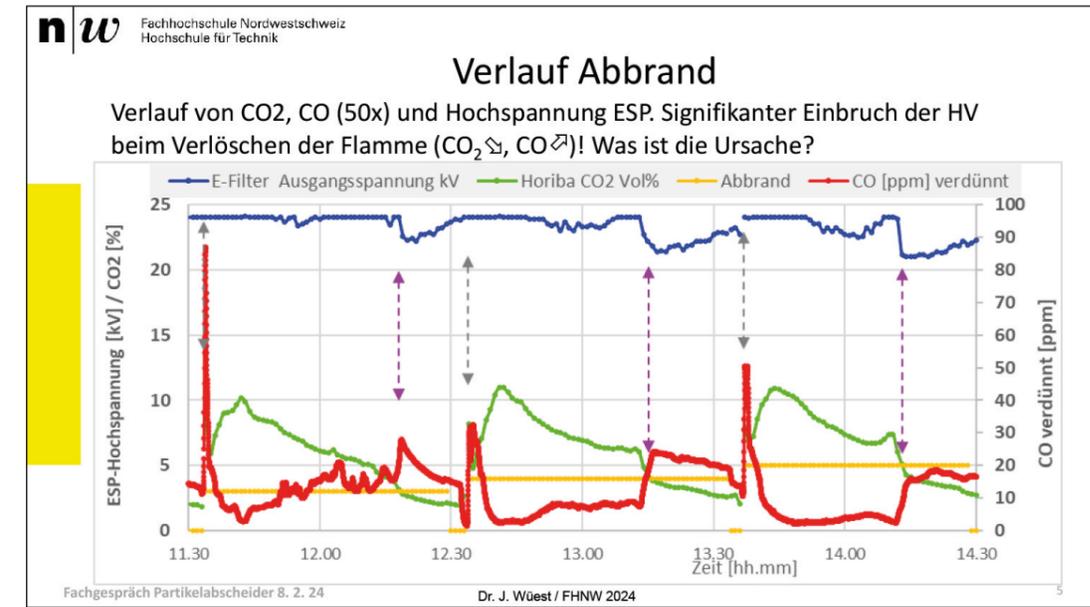


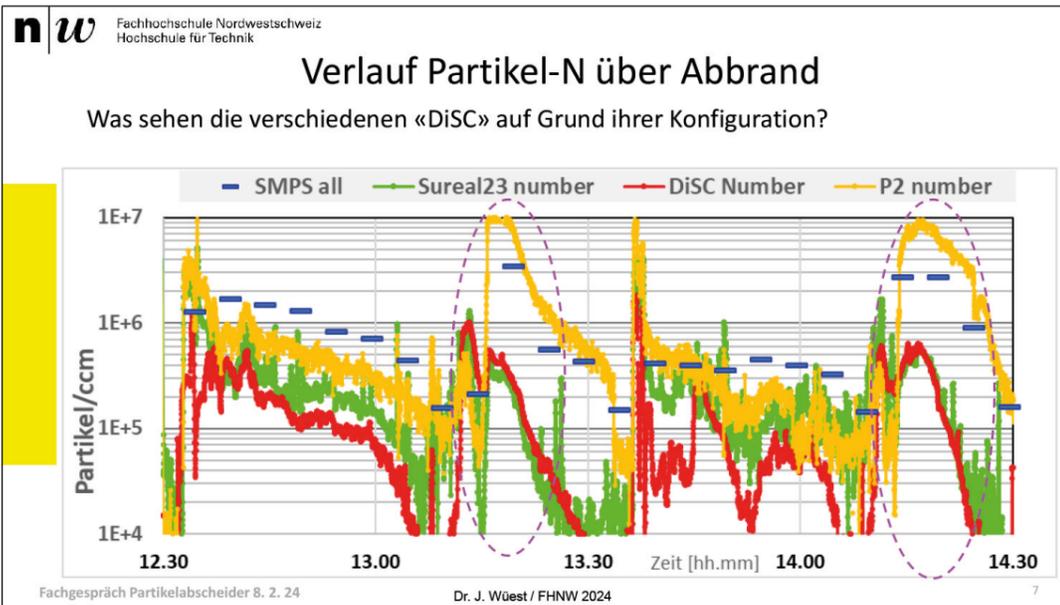
Mess-Kombinationen

Aus den verschiedenen Betriebstemperaturen (Rot hinterlegte Messgeräte arbeitet bei hohen Temperaturen, blau hinterlegt bei niedrigen Temperaturen) ergeben sich die folgenden Kombinationen:

1. Heiss (300°C) verdünnt – online kalt gemessen (DiSC)
2. Bei 150°C verdünnt – online bei 200°C gemessen (Surreal23)
3. Bei 150°C verdünnt – online kalt gemessen (Partektor2)
4. Bei 150°C verdünnt – Partikelgrößenverteilung (gesamtes Spektrum) kalt gemessen
5. Bei 150°C verdünnt – Partikelgrößenverteilung (> 23nm Spektrum) kalt gemessen

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 | Dr. J. Wüest / FHNW 2024 | 4



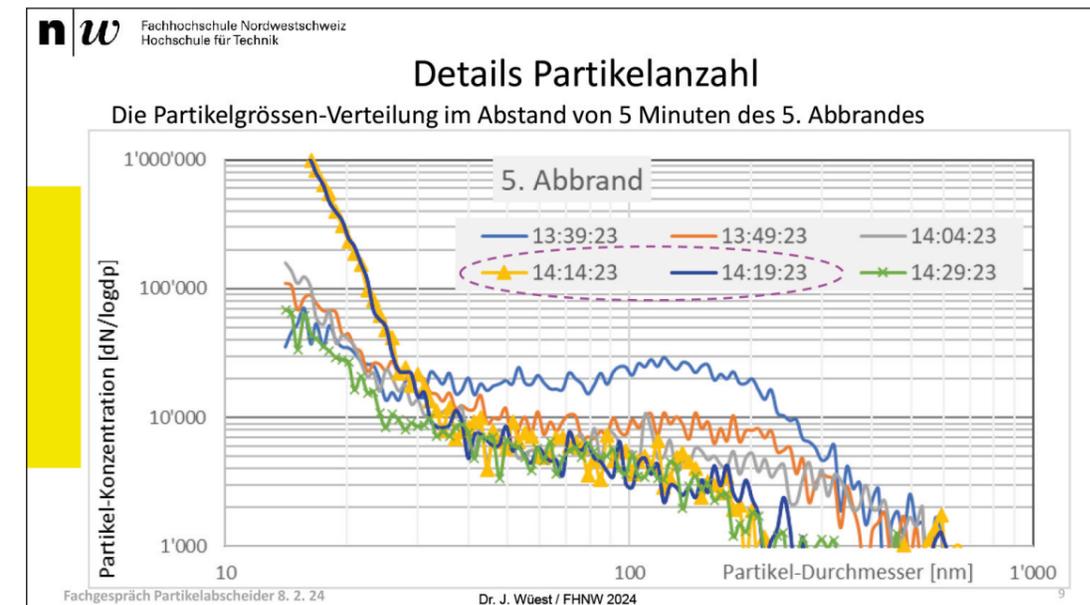
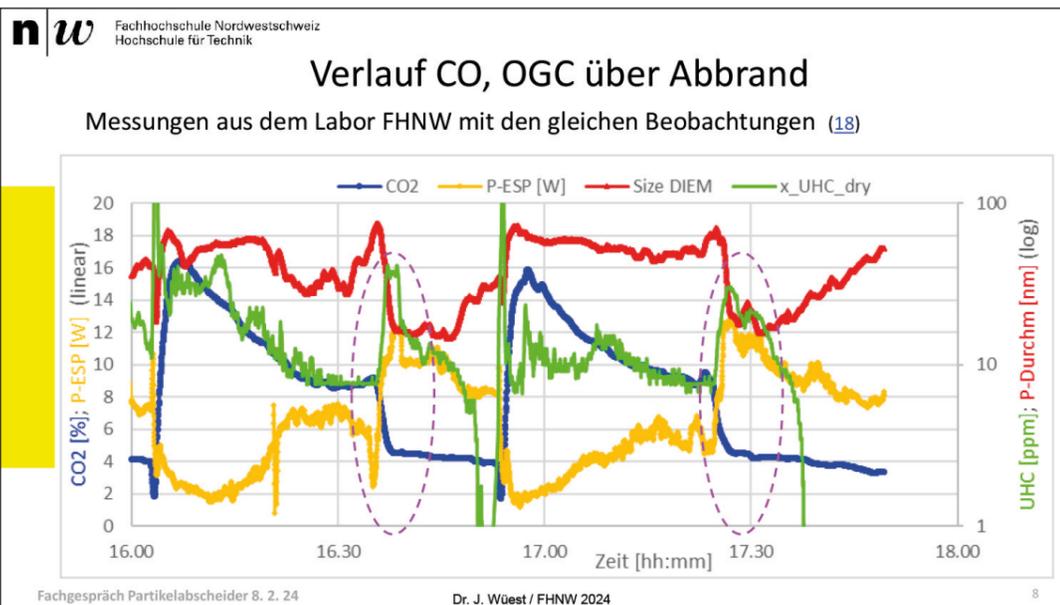


nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Zwischenbilanz

- Es gibt Phasen, bei denen die OGC auf vorhandene Partikel kondensieren und Phasen in denen sie zu Nanopartikel nukleieren.
- Die kleinen Nano-Partikel (bei 10 nm) beim Verlöschen der Flamme sind real und kein Artefakt der Verdünnung / Messung.
- Sie führen zum beobachteten Einbruch der Hochspannung des ESP, bzw. zum Erreichen der Leistungsgrenze des ESP.
- Wie kann man das erklären, dass der Abscheider-Strom ansteigt, wenn ich viele Nanopartikel habe?
- Wieso ist die Partikelverteilung zu Beginn des Abbrandes nicht von diesen kleinen Partikeln bestimmt, obwohl es zu Beginn des Abbrandes auch viele OGC gibt?

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 10

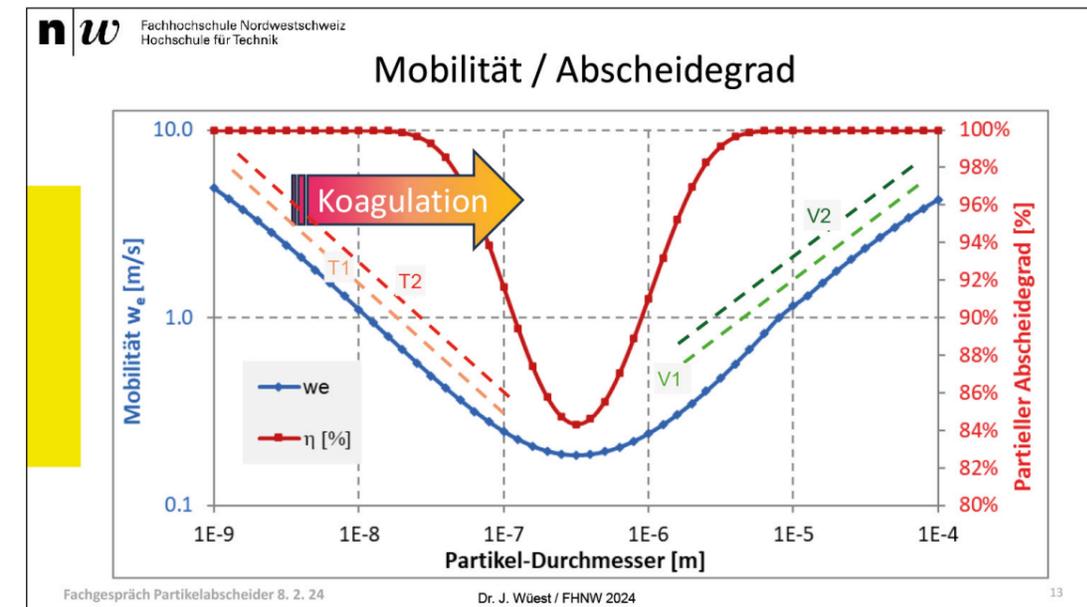


nw Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Einflussgrößen ESP

1. Abgas-Temperatur
2. Koagulation
3. Beladung
4. Raumladung
5. Corona-V-I-Kennlinie
6. Mobilität der Partikel
7. Partikel-Größen-Verteilung
8. Feldstärke (Hochspannung)
9. Abgas-Volumen-Strom
10. Position des Abscheiders
11. Position der Messung
12. Leitfähigkeit der Partikel
13. Etc.

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 11



nw Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Deutsch-Anderson-Formel

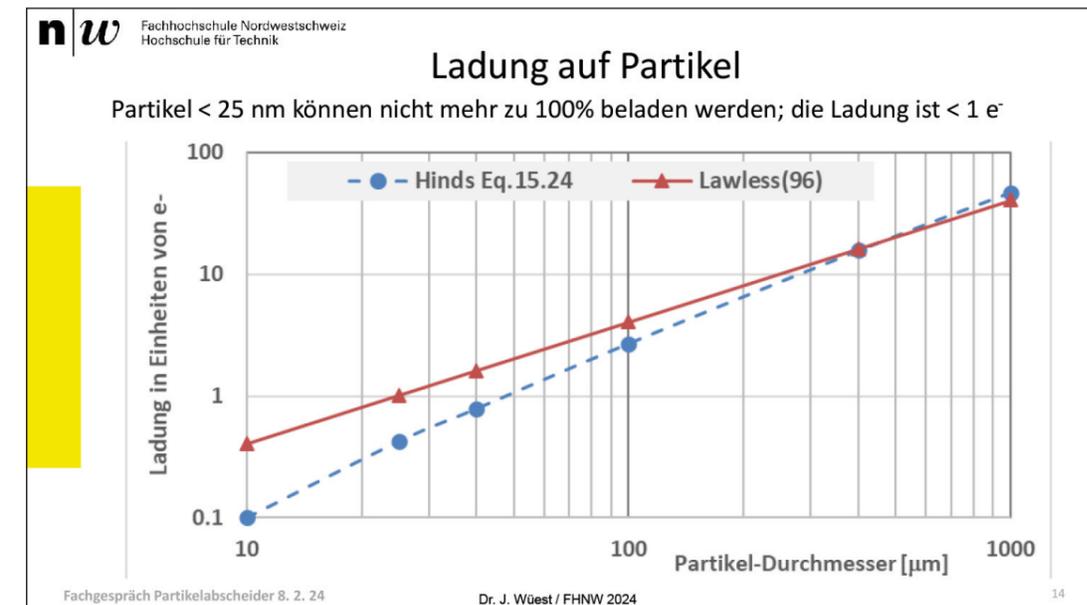
$$\eta = (1 - p) = \left(1 - e^{-w_e \frac{A}{Q}}\right)$$

Definition von Wirkungsgrad und Penetration:
 η = Wirkungsgrad oder Abscheidegrad des ESP
 p = Penetration (relativer Anteil Teilchen, die den ESP verlassen)
 w_e = effektive Migrationsgeschwindigkeit der Partikel-zusammensetzung [m/s]

$$w_e = \frac{q_p \times E \times C_c}{3\pi\mu \times d_p}$$

Die Migrationsgeschwindigkeit w_e ist von der Beladung der Partikel und der Feldstärke abhängig:
 $q_p = q_d + q_f$ = Diffusion+Feld-Ladung des Partikels [C]
 Die Diffusionsbeladung $q_d = q(T) = \frac{r k T}{e} \ln(1+r)$ ist abhängig von der Temperatur und dem Partikelradius r .

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 12



n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Raumladung ohne Partikel

Aus Vorlesung
High Voltage Engineering
von A. Nasciuti, J. Smajic

Negative tip
The first electrons has to be formed in a closely adjacent area to the tip. This means that there is a strong statistical dispersion of the ignition delay.

There primary avalanche advances towards the decreasing field in region. Formation of pulsed Corona.

The electrons move towards the anode and the positive ions form a cloud of positive space charge

Attachment of electrons in the low electric field region: formation of negative space charges of negative ions.

→ Growth of the electric field at the tip, reduction of the el. field in the remaining area, which results in a shift to wards left of the $\alpha_{crit} > 0$ limit

Trichel pulses, repetitive re-ignition every time the space charge cloud moves away from the tip

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 15

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Raumladung mit Partikel

Electrostatic Precipitator (ESP) Training Manual
Kenneth Parker and Norman Plaks , Bericht EPA-600/R-04-072

Kap 6.1 Space Charge
Die Raumladung führt zu einer Verringerung des elektrischen Feldes in der Nähe der ersten Coronaentladungselektrode. Dies führt ... zu **Corona-Quenching**.

Kap 2.3 Effect of the Charged Particles on the Electric Field
Die Elektronenkomponente trägt nur in sehr geringem Maße zur Raumladung bei,

Die geringere Mobilität der geladenen Staubpartikel führt dazu, dass sie den größten Beitrag zur Raumladung in einem Elektrofilter leisten.

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 16

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Corona

ESP mit negativer Hochspannung

Positive Raumladung reduziert Spannung ⇒ Corona Quenching

Negative Raumladung erhöht die Feldstärke (wirksame Spannung) ⇒ höherer Strom

Höhere Temperatur hat tiefere Onset Voltage ⇒ höherer Strom

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 17

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

2. Frage

Wieso ist die Partikelverteilung zu Beginn des Abbrandes nicht von diesen kleinen Partikeln bestimmt, obwohl es zu Beginn des Abbrandes auch viele OGC gibt? Wieso bricht die Spannung nicht ein?

- Feuerraum und Abgastemperatur sind zu Beginn kurz niedriger. Der ESP kommt nicht an seine Leistungsgrenze. Siehe **Folie 8**, aber OGC-Peak und Leistungs-Peak sind vorhanden.
- OGC kondensieren an den zahlreich vorhandenen Partikeln. Partikel sind daher grösser, aber enthalten einen Anteil OGC.
- Fehlen diese «Keime», dann nukleieren die OGC zu kleinen Primärpartikel mit einem Durchmesser von ca. 10 nm.

Weitere komische Effekte wie Back Corona werden hier nicht betrachtet.

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 18

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Fazit

- OGC in Form von VOC oder COC sind bei Wohnraumfeuerungen im Abgas vorhanden, auch als zahlreiche Nanopartikel. Stichwort Organik
- Letztere beeinflussen das Abscheideverhalten des ESP (wegen Beladung, Raumladung, Leitfähigkeit, etc) ebenso oder sogar stärker wie hohe Staubbelastung.
- Sie werden nur erfasst, wenn die Abgase abgekühlt werden und wenn diese Partikel nicht durch Thermodenuder «entfernt» werden.
- Der gemessene Abscheidegrad ist eine Momentaufnahme und ein Mittelwert für die aktuelle Partikelzusammensetzung, Temperatur und Anlagenkonfiguration.
- Um die Umweltbelastung bzw. die Minderungseinrichtung zu bewerten, sollte die Messstelle am Kaminausgang in der kalten Umgebung sein (Dilution Tunnel).
- Eine Begründung, wieso man OGC-Partikel, die laut Nussbaumer 100-mal toxischer als mineralische Partikel und für die Bildung von SOA verantwortlich sind, nicht messen sollte, habe ich im Moment nicht.
- Effekte von allfälligen Katalysatoren sind hier nicht betrachtet.

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 19

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Fragen?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Dr. Josef Wüest josef.wueest@fhnw.ch
Nemo Lohberger nemo.lohberger@fhnw.ch
FHNW / IBRE
Klosterzelgstr. 2
CH-5210 Windisch

Fachgespräch Partikelabscheider 8. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 20

Nemo Lohberger, Fachhochschule Nordwestschweiz

Integrierte ESP – Partikelabscheidung bei hohen Temperaturen

Nemo Lohberger
 Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut für Biomasse- und Ressourceneffizienz
 Klosterzelgstrasse 2
 CH - 5210 Windisch
 Tel.: +41 (0)56 202-7036
 E-Mail: nemo.lohberger@fhnw.ch

Die Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) arbeitet mit der OekoSolve AG seit einigen Jahren an der Integration von ESPs in Heizkessel und Wohnraumfeuerungen und hat dazu kürzlich zwei Projekte erfolgreich abgeschlossen. Bei der Integration in Heizkessel vor dem Wärmetauscher können die bestehenden Abreinigungsverfahren der Wärmetauscherflächen genutzt werden. Für die Wohnraumfeuerungen wurde ein ESP mit einem Katalysator kombiniert, um die Anforderungen des Blauen Engels zu erfüllen. Für die Entwicklung der Lösungen haben wir eine computerbasierte Simulation mit Grundlagenversuchen und Messungen an verschiedenen Prüfständen kombiniert.

Bei Pellet-Kesseln mit zwei Wärmetauscherzügen konnte in einem früheren Projekt gezeigt werden, dass bis 400 °C gute Abscheidegrade über 80 % erreicht werden, indem die Partikel zwischen den Zügen aufgeladen und im folgenden Wärmetauscher abgeschieden werden. Bei Stückholzkesseln mit nur einem Wärmetauscherzug sinkt die Durchschlagsspannung und damit die Abscheideleistung aufgrund der engen Platzverhältnisse und der höheren Temperaturen des Abgases (500-700 °C). Ausserdem führt die höhere Partikellast und deren C-Gehalt dazu, dass der Isolator verschmutzt und leitend wird, was sich mit zunehmender Temperatur verschärft.

Letzteres gilt in erhöhtem Maße für die Integration in Wohnraumfeuerungen, bei welchen im Katalysator eine möglichst hohe Temperatur erwünscht ist, die im ESP aus den genannten Gründen Schwierigkeiten verursacht. Außerdem musste eine Lösung für das Design eines Bypasses gefunden werden, um bei allfälligem Verstopfen des Katalysators den minimalen Strömungsquerschnitt zu gewährleisten.

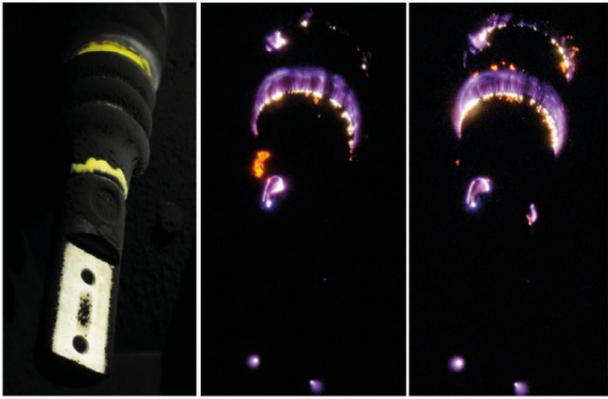
Die Projektziele für Heizkessel mit nur einem Wärmetauscherzug (Sturzbrandkessel bei Temperaturen über 500 °C an Einbauposition) waren ein Abscheidegrad > 60 % und Staub < 15 mg/m³ (Staubmessung nach DIN EN-303-5) und wurden deutlich übertroffen. Für die Wohnraumfeuerungen wurden die Anforderungen des Blauen Engels erfüllt mit sehr niedrigen CO-Emissionen und erfüllten Anforderungen bzgl. Staubanzahl und -masse sowie einem Bypass.

Der Vortrag soll die Schwierigkeiten und die Resultate der Projekte aufzeigen. Zum Schutz unseres Projektpartners OekoSolve können nur beschränkt Details zu den Lösungen bekannt gegeben werden.

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Integrierte ESP Partikelabscheidung bei hohen Temperaturen

Methoden und Resultate zur Integration von ESP in Stückholzkessel und Einzelraumheizer



Projektbeteiligte: Nemo Lohberger, Daniel Lustenberger, Josef Wüest, Dieter Winkler, Tim Griffin, Alex Urfer, Tom Strebel, Jana Hoffmann, Daniel Weiss, Patrick Lüscher, Beat Müller, Trpimir Brzovic, Daniel Jud

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

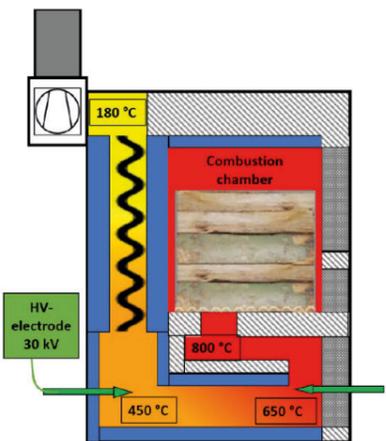
Integration eines ESPs in einen Holzheizkessel

Ziele

- Integration einer Hochspannungselektrode in einen Kessel vor dem Wärmetauscher
- < 20 mg/m³ PM
- gravimetrischer Abscheidegrad > 60 %
- kesselspezifische Design-Regeln

Vorteile

- Platzbedarfs- und Kostenreduktion und gegen über nachgeschaltetem ESP
- Nutzung der Wärmetauscher-Abreinigung als ESP-Abreinigung



Standard wood log boiler with possible placements of HV-electrode

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) nemo.lohberger@fhnw.ch 09.02.2024 2

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Integration eines ESPs vor WT, erschwerend:

$$\ln(p) = -w_e \times \frac{A}{Q} \sim D; L; U; \frac{1}{P}; \frac{1}{\lambda}; \frac{1}{\mu(T)}; \frac{273}{(273 + T)}$$

p Penetration ~ Abscheidegrad⁻¹
 w_e effektive Migrationsgeschwindigkeit der Partikelzusammensetzung [m/s]
 A Abscheiderfläche des ESP [m²]
 Q Volumen-Durchflussrate [m³/s]
 D Durchmesser eines zylindrischen Abscheiders, bzw. hydraulischen Durchmesser
 L Länge des Abscheiders bzw. der Abscheiderfläche
 U Hochspannung [V]
 P Leistung der Feuerung [kW]
 λ Luftüberschuss als Lambda
 μ dynamische Viskosität der Luft, 1,81*10⁻⁵ [Pa*s]
 T Temperatur in °C

Und nicht zuletzt: Leitfähigkeit von Gas und Isolator nimmt zu mit T → U_{max} nimmt ab

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) nemo.lohberger@fhnw.ch 09.02.2024 3

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Integration eines ESP kombiniert mit Katalysator in eine Einzelraumfeuerung

Ziel: Einhaltung der Anforderungen für das Umweltzeichen Blauer Engel

Katalysator
Aufgabe: Reduktion der CO und OGC-Emissionen
 Bypass muss freien Querschnittsfläche von 20 cm² gewährleisten

Elektrostatistischer Partikelabscheider
Aufgabe: Reduktion Feinstaubemissionen

- Luftzuführung
- Ascherost
- Fensterglasspülung / Primärluft
- Sekundärluft
- Brennraum
- Katalysator
- Elektrostatistischer Partikelabscheider
- Kamin

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) 09.02.2024 5

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Hochtemperatur-Prüfstand (mHP) mit Pelletkessel (LPK)

Test der Isolatoren und der Elektroden im Prüfstand

- Realistische aber regelbare Parameter
- Einfluss von Installationsposition, Geometrie, Temperatur, Strömungsbedingungen
- Datenerhebung für computerbasierte Simulationen (CFX, Comsol)

Parameter in Prüfbox: bis 900 °C, Verweilzeit 0.2s-1s, Einbauhöhe 80-200 mm
 Messung: I und U Elektrode, Verlustströme Isolator, Fotos Corona-Ströme

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) nemo.lohberger@fhnw.ch 09.02.2024 4

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Problematik durch Verschmutzung des Isolators

- Kondensat beim Kaltstart → Spannungseinbrüche
- leitende Schicht auf Oberfläche, schwierig zu reinigen
- Silikonisolator nur bis 300°C einsetzbar

→ Hydrophobe Beschichtungen für Keramikisolatoren

Keramikisolator Silikonisolator

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) 09.02.2024 6

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Analyse mit Mikroskopie und 3-D-Scans von verschmutzten Isolatoren

3D-Scan der Isolatoren zur Ermittlung der Verschmutzung

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) 09.02.2024 7

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Analyse mittels 3-D-Scans: Staubhöhen und Verteilung auf Isolator

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) 09.02.2024 8

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Verbrennungs-Versuche mit verschiedenen Isolator-Geometrien /-Materialien und Nano-Beschichtungen

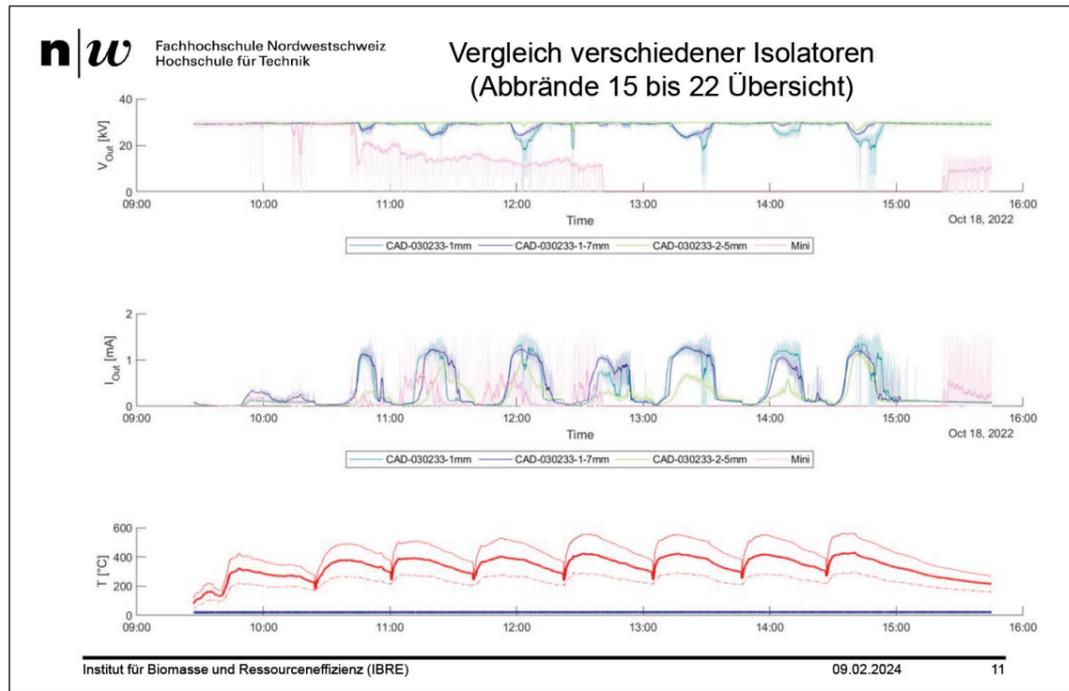
- Reales Rauchgas aus EWRF
- 4 Isolatoren gleichzeitig
- Visuelle Beobachtung der Effekte

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) 09.02.2024 9

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Kaltstart mit unterschiedlich beschichteten Keramik-Isolatoren → Verbesserung durch Beschichtung

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) 09.02.2024 10



n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Versuchsergebnisse im Vergleich zu den Projektzielen für die Integration in Einzelraumheizer

Parameter	Grenzwerte Blauer Engel	Projektziele	Aktuelle Messung
Staub-Massegehalt @13% O2	15 mg/m3	10 mg/m3	9.2 mg/m3
Staub-Partikelanzahl @13% O2	5x10 ⁶ #/cm3	2x10 ⁶ #/cm3	3.9x10 ⁶ #/cm3
CO-Massegehalt @13% O2	500 mg/m3	400 mg/m3	358 mg/m3
NOx-Massegehalt @13%O2	180 mg/m3	170 mg/m3	120 mg/m3

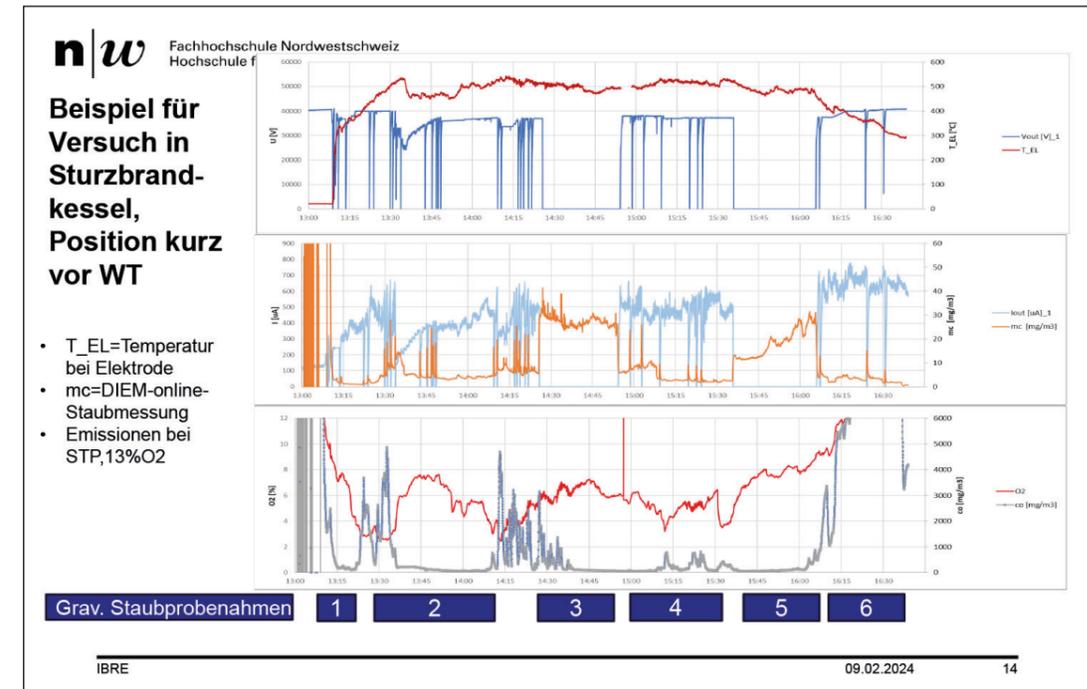
Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz 09.02.2024 12

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Positionierung und Auslegung des Abscheiders

- zu nah an Brennkammer problematisch → **Abscheide-Raum vor WT (450- 550° bei Volllast) ist optimal**
- Abstand zu Gegenelektrode min. 100 mm
- Mehr Raum → kleinere Strömungsgeschwindigkeit und höhere Spannung → bessere Performance (allenfalls Strömungsführungen verwenden)
- Abstand zu Boden grösser wählen, weil Festkörper aus Verbrennung am Boden zu Feldüberhöhungen und Durchschlägen führen
- Auslegung der Elektrode gemäss Geometrie des Abscheide-Raums

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz 09.02.2024 13



n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Integration in Kessel

Ziele erreicht

	Gravimetrisch		DIEM mc	
	alle Messungen	Messung 2,3,4,5	alle Messungen	Messung 2,3,4,5
ESP AUS	17.0	22.5	17.2	22.1 mg/m ³ bei 13%O ₂
ESP EIN	4.4	5.1	4.5	5.1 mg/m ³ bei 13%O ₂
n	74%	77%	74%	77%
	DIEM LDSA		DIEM Anzahl	
	um ² /cm ³			
ESP AUS	9.0E+04	1.1E+05	4.9E+07	5.7E+07 #/cm ³
ESP EIN	3.8E+04	4.1E+04	2.6E+07	2.8E+07 #/cm ³
n	58%	63%	47%	51%

ESP	Start	Ende	U	I	P	T_EL	O ₂	DIEM						
								Staub grav.	Size	Staub DIEM	co@13% O ₂	LDSA	Number	
								mg/Nm ³	nm	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[um ² /cm ³]	[#/cm ³]	
1	EIN	13:10	13:21	36624	302	11	362	8.0	6.1	24	7.4	966	4.4E+04	3.2E+07
2	EIN	13:27	14:11	34028	359	12	488	5.4	4.5	32	5.7	480	4.6E+04	3.0E+07
3	AUS	14:24	14:52	2356	31	0	495	6.3	16.1	44	26.3	347	1.3E+05	6.3E+07
4	EIN	14:59	15:32	36519	470	17	513	5.2	5.7	31	4.6	204	3.7E+04	2.5E+07
5	AUS	15:37	16:04	0	0	0	485	7.5	28.9	41	17.9	96	9.7E+04	5.1E+07
6	EIN	16:10	16:35	39229	631	25	366	13.3	7.5	30	3.3	6282	3.0E+04	2.2E+07

DIEM= Dilution Independent Emission Measurement: Messgerät (FHNW) mit integriertem Diffusion Size Classifier, CO₂ und CO-Messung
Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) 09.02.2024 15

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Take Home Messages

- Entwicklung von Prüfständen in Kombination mit CFD- und Comsol-Simulationen und visuelle Analyse, zwecks besseren Verständnisses der Vorgänge der Abscheidung bei hohen Temperaturen
- Neue Isolatoren entwickelt, die bei hohen Temperaturen und Verschmutzung langfristig funktionieren.
- Abscheidegrade für Kessel über 74% bei Messungen nach EN 303-5 bei Integration vor WT auch bei hohen Leistungen → weitere Verbesserungen möglich
- Designregeln für die spezifische Integration in Kessel ermittelt
- Lösung für WRF mit Kat und ESP für Blauen Engel entwickelt inkl. Bypass → Ausflockungsproblem noch ungelöst

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) nemo.lohberger@fhnw.ch 09.02.2024 16

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit und an die Projektunterstützer

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Swiss Confederation
Innosuisse – Swiss Innovation Agency

- Institut für Thermo- und Fluid-Engineering, FHNW
- Institut für Sensorik und Elektronik (ehem. Aerosol und Sensortechnik), FHNW
- Institut für Produkt- und Produktionsengineering, FHNW

Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) nemo.lohberger@fhnw.ch 09.02.2024 17

Anhang

Veranstaltende

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Unser Auftrag

Das DBFZ wurde 2008 durch das ehemalige Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) mit dem Ziel gegründet, eine zentrale Forschungseinrichtung für alle relevanten Forschungsfelder der Bioenergie einzurichten und die Ergebnisse der sehr vielschichtigen deutschen Forschungslandschaft in diesem Sektor zu vernetzen. Der wissenschaftliche Auftrag des DBFZ ist es, die effiziente Integration von Biomasse als eine wertvolle Ressource für eine nachhaltige Energiebereitstellung wissenschaftlich im Rahmen angewandter Forschung umfassend zu unterstützen. Dieser Auftrag umfasst technische, ökologische, ökonomische, soziale sowie energiewirtschaftliche Aspekte entlang der gesamten Prozesskette (von der Produktion, über die Bereitstellung, bis zur Nutzung). Die Entwicklung neuer Prozesse, Verfahren und Konzepte wird durch das DBFZ in enger Zusammenarbeit mit industriellen Partnern begleitet und unterstützt. Gleichzeitig erfolgt eine enge Vernetzung mit der öffentlichen deutschen Forschung im Agrar-, Forst- und Umweltbereich, wie auch mit den europäischen und internationalen Institutionen. Gestützt auf diesen breiten Forschungshintergrund erarbeitet das DBFZ darüber hinaus wissenschaftlich fundierte Entscheidungshilfen für die Politik erarbeiten.



15. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

Unser Auftrag

Das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) ist eine Einrichtung des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Unsere Aufgabe ist es, vor allem für den ländlichen Raum, die Bereitstellung und Nutzung von Energieträgern und Rohstoffen aus Erntegütern und Reststoffen aus der Land- und Forstwirtschaft voran zu bringen. Angewandte wissenschaftliche Forschung, ethische Bewertung, staatliche Förderung, sowie Technologie- und Wissenstransfer bilden dabei die Basis unserer Arbeit. Wir forschen für Länder- und Bundesministerien, für die EU sowie für verschiedenste Organisationen, Verbände und Unternehmen. Dabei kooperieren wir mit zahlreichen Hochschulinstitutionen, Forschungsanstalten und Unternehmen im In- und Ausland. Unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind in Gremien auf nationaler und internationaler Ebene an Entscheidungsprozessen beteiligt. Durch einen zielgerichteten Wissenstransfer mit Beratungsunterlagen, Internetinformationen, Seminaren, Ausstellungen und Messeauftritten profitieren land- und forstwirtschaftliche Praxis, ländlicher Raum, Handwerk, Industrie und Politik gleichermaßen von unserer Forschungsarbeit. In Straubing, der Region der Nachwachsenden Rohstoffe, arbeiten wir mit zahlreichen Partnern zusammen.



15. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen

herausgegeben von:

**DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Telefon: +49 (0)341 2434-112

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

In Kooperation mit:



Umweltschutz geht uns alle an - nicht jedes
Dokument muss ausgedruckt werden!