# Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH



# 6. Abscheider-Fachgespräch

Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen



Impressum



# *Impressum*

6. Abscheider-Fachgespräch "Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen" am 25. Februar 2015

# Herausgeber:

Prof. Dr. mont. Michael Nelles, Dr. Hans Hartmann (TFZ), Dr. Volker Lenz

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig, mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

# Kontakt:

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH Torgauer Straße 116 04347 Leipzig Tel.: +49 (0)341 2434-112 Fax: +49 (0)341 2434-133

info@dbfz.de www.dbfz.de

# Geschäftsführung:

Prof. Dr. mont. Michael Nelles (wissenschaftlicher Geschäftsführer) Daniel Mayer (administrativer Geschäftsführer)

**ISSN:** 2199-9856 (online)

Die Verantwortung für den Inhalt der Beiträge und die Abbildungen liegt bei den jeweiligen Autoren.

Bilder: DBFZ, TFZ, Herbert Stolz, opolja - Fotolia.com

Redaktion & DTP: Paul Trainer

**Deckblatt:** Stefanie Bader/Steffen Kronberg

**Redaktionsschluss:** 06. März 2015 **Veröffentlichungsdatum:** 24. April 2015

# *Inhaltsverzeichnis*

Dr. Volker Lenz, DBFZ, Leipzig  Rahmenbedingungen für Staubabscheider an Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland –  Neue Normen, DIN Spec 33999, VDI 3670 und VDI 4207	7
Dr. Hans Hartmann, TFZ, Straubing  Abscheider und Abgaskondensation bei Kleinfeuerungen: Kosten und  Wirtschaftlichkeitsaspekte	1
Dr. Josef Wüest, FH Nordwestschweiz, Windisch/Schweiz Übertragbarkeit ausgewiesener Abscheidegrade auf andere Anwendungen (Leistungen) Was kann die Deutsch-Anderson-Formel dazu beitragen	2
KONZEPTE VERSCHIEDENER HERSTELLER UND ENTWICKLER – TEIL I	
Daniel Jud, OekoSolve AG, Plons/Schweiz Elektroabscheider für Holzfeuerungen	3
Matthias Hanschke, Schräder Abgastechnologie, Kamen Staubabscheidesysteme von Schräder	4
Prof. DrIng. Matthias Gaderer, Advanced Particle Filters GmbH (APF), Salzburg/Österreich Feinstaubabscheidung mit Elektrofiltern im kleinen und mittleren Leistungsbereich	
	6
CAROLA® - Abscheider zur flexiblen Adaption an Biomassekessel	6
Dr. Hanns-R. Paur, CCA-Carola Clean Air GmbH, Eggenstein-Leopoldshafen  CAROLA® - Abscheider zur flexiblen Adaption an Biomassekessel  KONZEPTE VERSCHIEDENER HERSTELLER UND ENTWICKLER – TEIL II  Prof. DrIng. Stefan Beer, Institut für Energieverfahrenstechnik und Fluidmechanik GmbH, Weide Neue Ansätze zur Optimierung und Verbesserung der Betriebssicherheit von Kleinelektrofiltern	en
CAROLA® - Abscheider zur flexiblen Adaption an Biomassekessel	en <b>7</b>
CAROLA® - Abscheider zur flexiblen Adaption an Biomassekessel	en 7
CAROLA® - Abscheider zur flexiblen Adaption an Biomassekessel	en 7 8
CAROLA® - Abscheider zur flexiblen Adaption an Biomassekessel	en 7 8
CAROLA® - Abscheider zur flexiblen Adaption an Biomassekessel	en 

Grußwort der Veranstalter.....

Inhaltsverzeichnis Grußwort der Veranstalter

### ERFAHRUNGEN AUS AKTUELLEN FORSCHUNGSPROJEKTEN - TEIL II

Dr. Ingo Hartmann, DBFZ/ETE EmTechEngineering GmbH, Leipzig  Emissionsminderung und Effizienzsteigerung an Kaminöfen mittels eines Nachrüstmoduls	. 138
Saad Butt, DBFZ, Leipzig Minderung der Schadstoffemissionen durch katalytisch wirksame Baugruppen in einem neuartigen Kaminofen	. 150
Seppo Paavilainen, Tassu ESP Oy, Mikkeli/Finland "CLEAN AIR – FOR EVERYBODY"	. 160
FIRMENSCHAU	
ETE EmTechEngineering GmbH	165
Institut für Energieverfahrenstechnik und Fluidmechanik GmbH	166
Izes gemeinnützige GmbH - Forschungsgruppe Technische Innovationen	. 167
ANHANG	
Veranstalter	.169

### Veranstalter:

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ



# Grußwort der Veranstalter

# Sehr geehrte Damen und Herren,

mit der 2.Stufe der 1.BImSchV sinkt zum 1. Januar 2015 für neue Pellet- und Holzhackschnitzelkessel der Staubgrenzwert auf 0,02 g/m³. Dies wird gerade bei Holzhackschnitzelkesseln nicht mehr jede Anlage ohne eine sekundäre Staubminderungsmaßnahme schaffen. zudem stehen die ersten Einzelraumfeuerungen an entweder mit einem Abscheider nach dem Stand der Technik nachgerüstet oder ausgetauscht zu werden. Es ist also zu erwarten, dass sich zumindest allmählich auch in Deutschland ein Markt für Abscheider für Anlagen im kleineren Leistungsbereich unter 1 MW Feuerungswärmeleistung entwickelt. Dies wird durch verschiedene Normentwürfe unterstützt.



Dr. Hans Hartmann und Dr. Volker Lenz

In diesem Sinne bietet auch das diesjährige Abscheiderfachgespräch in der engen und vertrauensvollen Kooperati-

on von TFZ, Straubing und DBFZ, Leipzig wieder viele spannende Anregungen, die im vorliegenden Tagungsreader nachvollzogen werden können.

Wir möchten Sie schon jetzt auf die kommende Veranstaltung, das 7. Fachgespräch "Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen" hinweisen, welches am 9. März 2016 in Leipzig stattfinden wird und zu dem wir Sie gerne persönlich begrüßen würden.

Viel Spaß beim Lesen dieses Tagungsreaders und vielleicht bis zu einem persönlichen Treffen bei einem der nächsten Abscheiderfachgespräche in Leipzig oder in Straubing

Dr. Hans Hartmann, TFZ

Dr. Volker Lenz, DBFZ

RAHMENBEI	DINGUNGEN I	UND THEOR	ETISCHE GR	UNDLAGEN	l

Rahmenbedingungen und theoretische Grundlagen

Rahmenbedingungen für Staubabscheider an Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland

Dr. Volker Lenz, DBFZ, Leipzig

# Rahmenbedingungen für Staubabscheider an Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland – Neue Normen, DIN Spec 33999, VDI 3670 und VDI 4207

Dr.-Ing. Volker Lenz

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-450 Fax: +49 (0)341 2434-133 E-Mail: volker.lenz@dbfz.de

Web: www.dbfz.de

**Schlagwörter:** Wirksamkeit von Abscheidern; Prüfung von Abscheidern; Stand der Technik von Abscheidern; Empfehlungen zum Messen an Schornsteinfeger

Zum 1. Januar 2015 ist die zweite Stufe der 1.BImSchV bis auf wenige Ausnahmen in Kraft getreten. Die Verschärfung vor allem des Staubgrenzwertes wird zumindest in einer nennenswerten Anzahl von Fällen den Einsatz einer nachgeschalteten Staubminderungsanlage notwendig machen. Um hierfür die notwendigen Grundlagen zu schaffen, wurden einige Normen neu erstellt, bzw. sind in der finalen Erstellung.

Zunächst wurde es notwendig einheitlich zu definieren, wie die Wirksamkeit von Abscheidern für Kleinfeuerungsanlagen ermittelt werden soll. Im Unterschied zu großtechnischen Anlagen variieren bei Kleinfeuerungsanlagen für Biomasse die Staubfrachten, deren Eigenschaften und die Strömungsgeschwindigkeiten zum Teil erheblich, so dass eine ausreichende und zugleich ökonomisch vertretbare Auslegung oft schwierig ist. In diesem Sinne musste eine Norm geschaffen werden, die diese Situation berücksichtigt, reproduzierbare Ergebnisse liefert und gleichzeitig die Bezahlbarkeit der Prüfung im Auge behält. Die DIN Spec 33999 "Emissionsminderung – Kleine und mittlere Feuerungsanlagen (gemäß 1.BImSchV) – Prüfverfahren zur Ermittlung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen" wurde im Dezember 2014 veröffentlicht und ist in den nächsten drei Jahren im Hinblick auf ihre praktische Anwendbarkeit zu überprüfen und zu verbessern. Grundsätzlich wird bei der Prüfung zwischen Abscheidern für Chargen-Abbrand in Einzelraumfeuerungen und Feuerungen mit einem automatischen Verbrennungsprozess unterschieden.

Daneben wurde mit dem Gründruck der VDI 3670 " Abgasreinigung – Nachgeschaltete Staubminderungseinrichtungen für kleine und mittlere Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe" versucht einen Stand der Technik so abzubilden und zu beschreiben, dass für die Schornsteinfeger eine Basis zur Überprüfung der Einhaltung der Nachrüstpflichten nach dem Stand der Technik möglich sein sollte. Auch hier erfolgt eine Unterscheidung in Einzelraumfeuerungen, für die der Begriff "Stand der Technik" explizit in der 1.BImSchV genannt ist und die automatischen Feuerungen, für die lediglich dem Kunden ein Anhalt bezüglich üblicher Techniken und Wirksamkeiten an die Hand gegeben werden soll.

Noch in der Verabschiedung zum "Weißdruck" befindet sich die VDI 4207 Blatt 2 "Messen von Emissionen an Kleinfeuerungsanlagen – Messen an Anlagen für feste Brennstoffe". Diese Norm gibt Hinweise für Schornsteinfeger, wie bei den wiederkehrenden Messungen vorgegangen werden soll. Neben Vorgaben zur Brennstoffeinschätzung gibt es auch einen Vorschlag zur Behandlung der Unsicherheiten von Brennstoffen im Hinblick auf ihr Staubbildungsvermögen.

Insbesondere bei den ersten beiden Normen besteht noch die Möglichkeit über den VDI Einsprüche, Kommentare und Anregungen einzubringen, was sehr begrüßt würde!

# **Deutsches Biomasseforschungszentrum** gemeinnützige GmbH



Rahmenbedingungen für Staubabscheider an Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland – Neue Normen, DIN Spec 33999, VDI 3670 und VDI 4207 Volker Lenz



6.Fachgespräch "Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen", Straubing, 25. Februar 2015

# **Stand der Nutzung in Deutschland**



- In Deutschland sind von 2008 bis Juli 2014 nur 37 sekundäre Emissionsminderungsanlagen im MAP gefördert worden (durchschnittlich knapp 6 pro Jahr bei durchschnittlich allein rund 37.000 neuen Pelletfeuerungen im gleichen Zeitraum).
- Weitere Absatzzahlen in Deutschland neben einigen Forschungsanlagen liegen nur den Herstellern vor.
- Im europäischen Kontext gibt es auch für Abscheider im Kleinfeuerungsanlagenbereich einige zuverlässige Geräte mit nennenswerten Stückzahlen.
- Seit 1.1.2015 gilt die 2.Stufe der 1.BImSchV für neu installierte Pellet-, HHS- und Agrarbrennstoffkessel (0,02 g/m³ i.N. bei 13% 0₂), müssen neue Grundöfen i.A. einen Abscheider nach dem Stand der Technik aufweisen, müssen Kessel älter als 1.1.1995 0,10 g/m³ Staub einhalten und sind ERF älter als 1.1.1975 ohne Emissionsnachweis auszutauschen oder mit Abscheider nachzurüsten.

Fragen zur Nutzung von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen an Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland



 Wie wird die Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen bestimmt? DIN SPEC 33999

 Was bedeutet für Abscheider "Stand der Technik"? VDI 3670

· Wie soll der Schornsteinfeger messen?

VDI 4207 Blatt 2

3/23

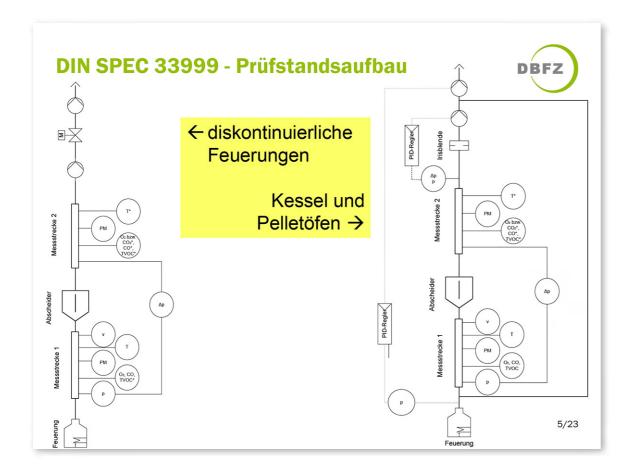
# **DIN SPEC 33999**



Emissionsminderung – Kleine und mittlere Feuerungsanlagen (gemäß 1. BlmSchV) – Prüfverfahren zur Ermittlung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen

- Vornorm veröffentlicht Dezember 2014 muss innerhalb von drei Jahren überarbeitet werden -> Bitte Hinweise und Kommentare einreichen an krdl@vdi.de möglichst mittels Korrekturtabelle!
- Inhalt: u.a. Beschreibung Prüfaufbau, Messgrößen, Messprozess, Auswertung und Darstellung der Ergebnisse getrennt nach Einzelraumfeuerungen und Kesseln.

4/23



### DIN SPEC 33999 - Abgaszustände diskontinuierlich (Auszug) Abgasstaub-Variante Staubkonzentra- CO zu prüfende zustand tion im Rohgas Feuerungsart Nr. mg/m<sup>3</sup> mg/m<sup>3</sup> 40 bis 100 A1, A2, A3 "gut" 300 bis 4000 150 bis 300 3000 bis A1, A2, A3 ..schlecht" 8000 Naturzugfeuerungen diskontinuierlich beschickt gemäß Anlage 4 der 1. BImSchV A1 (außer Pelletöfen) A2 Durchbrandkessel, diskontinuierlich beschickt mit Naturzug **A3** Unterbrandkessel, diskontinuierlich beschickt mit Naturzug 6/23

# **DIN SPEC 33999**



Emissionsminderung – Kleine und mittlere Feuerungsanlagen (gemäß 1. BlmSchV) – Prüfverfahren zur Ermittlung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen

- Vornorm veröffentlicht Dezember 2014 muss innerhalb von drei Jahren überarbeitet werden -> Bitte Hinweise und Kommentare einreichen an krdl@vdi.de möglichst mittels Korrekturtabelle!
- Inhalt: u.a. Beschreibung Prüfaufbau, Messgrößen, Messprozess, Auswertung und Darstellung der Ergebnisse getrennt nach Einzelraumfeuerungen und Kesseln.
- Grundgedanke: Anhand unterschiedlicher Abgasstaubzustände wird versucht die Wirksamkeit der Staubminderungseinrichtungen entsprechend der unterschiedlichen möglichen Betriebsbedingungen (ERF 2; Kessel je nach Brennstoff 1 bis 4) zu beurteilen und zu dokumentieren.
- Zweck: Vereinheitlichung der im Umlauf befindlichen Wirksamkeitsaussagen für Kunden, Fördergeber und zum Stand der Technik

# **VDI 3670**



Abgasreinigung – Nachgeschaltete Staubminderungseinrichtungen für kleine und mittlere Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe

- Gründruck veröffentlicht Januar 2015 wird in 2015 überarbeitet -> Bitte Hinweise und Kommentare bis 30.04.2015 einreichen unter http://www.vdi.de/einspruchsportal oder an krdl@vdi.de!
- Inhalt: u.a. Anwendungsbereich, Rahmenbedingungen, Beschreibung von Abscheiderprinzipien und Übersichten zur Wirksamkeit von Staubabscheidern für unterschiedliche Anwendungsfälle
- Bezug: Wirksamkeitsbestimmung nach DIN Spec 33999 bzw. vergleichbar für Übergangszeit von 3 Jahren
- Grundgedanke: Hilfestellung für die Marktakteure (Biomassenutzer, Schornsteinfeger usw.)
- Zweck: Basis für die Beschreibung des "Standes der Technik" im Sinne von Mindestanforderungen bei Einzelraumfeuerungen nach 1.BImSchV und im Sinne einer Beschreibung marktüblicher Abscheidegrade für 8/23 Kunden zur Einschätzung eines angebotenen Produktes

# **VDI 4207 Blatt 2**



Messen von Emissionen an Kleinfeuerungsanlagen – Messen an Anlagen für feste Brennstoffe

- Weißdruck kommt in 2015
- Inhalt: u.a. Festlegung des Messortes für Feuerungen mit und ohne nachgeschaltete Staubminderungseinrichtung; Abzug der Messgeräteunsicherheit; Abzug für Brennstoffschwankungen für IBN zwischen 1.1.2015 und 31.12.2018 von 0,007g/m³ (zulässiger Anzeigewert: 53 mg/m³); Feststellung der eingesetzten Brennstoffe
- Zweck: Klärung von Unklarheiten der 1.BlmSchV in Bezug auf die Durchführung der wiederkehrenden Messung bei Kesseln (für die Messenden)
- Offen: u.a. Messung auf Dach z.B. von Schornsteinaufsatzabscheidern (Aufwand mit Messstrecke und fehlende Messgeräte)

9/23

# **Fazit**



- Wie wird die Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen bestimmt?
- Die DIN Spec 33999 bietet eine Vorgabe zur realitätsnahen und reproduzierbaren vereinheitlichten Bestimmung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen.
- Was bedeutet für Abscheider "Stand der Technik"?
- Die VDI 3670 gibt Anhalt für den Stand der Technik und wird regelmäßig an den sich rasch entwickelnden Markt angepasst.
- Wie soll der Schornsteinfeger messen?
- Die VDI 4207 Blatt 2 hat viele wichtige Fragen zur Bestimmung der Emissionen an Biomassefeuerungen auch mit nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen gelöst
   es bleiben jedoch noch zentrale Fragen offen.

Arbeiten Sie mit!

# **Deutsches Biomasseforschungszentrum** gemeinnützige GmbH



# Wohin geht die Reise bei den nachgeschalteten Emissionsminderungseinrichtungen bei Kleinfeuerungsanlagen?

### **Ansprechpartner**

Prof. Dr. mont. Michael Nelle

Daniel Maye

Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän

Dr.-Ing. Volker Ler

Dr.-Ing. Jan Liebetra

Dr -Ing Franziska Müller-Lange

### Anschrift

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum

gemeinnützige Gml

Torgauer Straße 1

D-04347 Leipzig

Tel. +49 (0)341 2434 - 11

E-Mail: info@dbfz.d

www.dbfz.c

Dr. Hans Hartmann, TFZ, Straubing

# Abscheider und Abgaskondensation bei Kleinfeuerungen: Kosten und Wirtschaftlichkeitsaspekte

Dr. Hans Hartmann

Technologie- und Förderzentrum (TFZ)

im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

Schulgasse 18, 94315 Straubing Tel.: (+49) 9421-300-112 oder -110

Fax: (+49) 9421-300-111

E-Mail: hans.hartmann@tfz.bayern.de

Web: www.tfz.bayern.de

Die effiziente Abscheidung von Partikeln bei Kleinfeuerungen für Biomassebrennstoffe stellt nicht nur eine technologische sondern auch eine wirtschaftliche Herausforderung dar. Im Beitrag wird daher versucht, diesen Aspekt im Rahmen von Modellrechnungen für verschiedene Anwendungsfälle darzustellen. Für Abscheider werden die folgenden Berechnungsgrunddaten angesetzt: 15 Jahre Abschreibung, 3,5 % Zinsfuß, 4 %/a Wartung und Instandhaltung, 35 €/h Handwerkerlohn, 4 €/m³ für Trinkwasser, 29,2 ct/kWh Strompreis. Die Berechnungen erfolgten auf Basis der VDI Richtlinie 2067 Blatt 1 (2012).

Sie ergeben für einen 35 kW Scheitholzkessel (bei 5000 € Investitionssumme) jährliche Mehrkosten von 670 € (1,66 ct/kWh). Bei einem 15 kW Pelletkessel mit 4000 € Investitionssumme und einem 75 kW Hackschnitzelkessel mit 10 000 € Investitionssumme ergeben sich jährliche Mehrkosten von 543 bzw. 1483 € (3,14 bzw. 1,71 ct/kWh). Die betriebsgebundenen Kosten machen wegen des hohen pauschalen Wartungs- und Instandsetzungsfaktors (4 %/a) zwischen 33 und 40 % der jährlichen gesamten Mehrkosten aus.

Die Kostenberechnungen für Abgaskondensation (Brennwerttechnik) fußt auf nahezu den gleichen Annahmen, jedoch liegt hier der Pauschalansatz für Wartung und Instandhaltung mit 2,5 % pro Jahr niedriger. Zur Berücksichtigung der mit der Brennwertnutzung ein¬hergehenden Brennstoffkosteneinsparung wird von einer Leistungssteigerung in Höhe von 12 % und von Pelletkosten von 245 €/t ausgegangen (bei 1500 Vollbenutzungsstunden). Im Ergebnis zeigt sich für einen universell nachrüstbaren Zusatzwärmetauscher an einer 35 kW Feuerung, dass die Mehrinvestition (3200 €) durch die Effizienzsteigerung über die Betriebsjahre bei nur ca. 70 €/a liegen. Mit Berücksichtigung der bis April 2015 geltenden Förderung über das Bundesmarktanreizprogramm (MAP) (750 € im Altbau) werden diese Mehrkosten sogar fast vollständig kompensiert. Das gilt allerdings nur wenn keine zusätzlichen Investitionen für einen feuchteunempfindlichen Schornstein oder für eine Heizungssanierung (Fußbodenheizung) anfallen. Die gleiche Aussage gilt auch für den zweiten Modellfall, einen vollintegrierten Brennwertkessel mit 15 kW Leistung (Mehrkosten 1700 €).

Allerdings scheinen die technischen Voraussetzungen für Brennwertfeuerungen in Altbauten nur selten vorzuliegen. Das zeigt die nur geringe Anzahl Förderfälle im Marktanreizprogramm. In 2013 wurden nur 75 solcher Anlagen gefördert. Wegen der mit der Abgaskondensation einhergehenden Staubabscheidung von ca. 30 % wäre es aber wünschenswert, dass diese Technologie im Anlagenbestand stärker zunimmt.

6. Fachgespräch: "Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen" Straubing, 25. Febr. 2015

# Kosten und Wirtschaftlichkeitsaspekte

Dr. Hans Hartmann, TFZ



Hartmann

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



# Gliederung

- Kostenberechnung für Staubabscheider
- Kostenberechnung für Abgaskondensation (Brennwerttechnik)
- > Fazit

lartmann

Folie 2

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



# Innovationsförderung über Marktanreizprogramm für EE

- Gefördert werden:
  - Anlagenteile zur Emissionsminderung (Abscheider) und
  - zur Effizienzsteigerung (Brennwertfeuerungen)
- > Ausstattung von neu errichteten automatisch beschickten Biomassekesseln
- ➤ Zuätzlicher Förderbetrag: 750 € (in bestehenden Gebäuden, zzgl. Kesselförderung)
- ➤ Förderung im Neubau: 850 € aber: Die Kesselanlage ist hier nicht förderbar!

Hartmann P 158 ha 002

Folie 3

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



# Kostenrechnung für nachgerüstete Staubabscheider (1)

# Grunddaten der Berechnung:

Abschreibungsdauer Technik/Installation15 JahreZinsfuß3,5 %Wartung und Instandsetzung4 %/JahrArbeitsstunde Handwerker35 €/hPreis für Trinkwasser (Spülung)4 €/m³Preis für elektrischen Strom29,2 ct/kWh

# Nicht berücksichtigt:

- Mehrkosten für Aufstellraum

Hartman

16

Folie 4

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



# Kostenrechnung für nachgerüstete Staubabscheider (2)

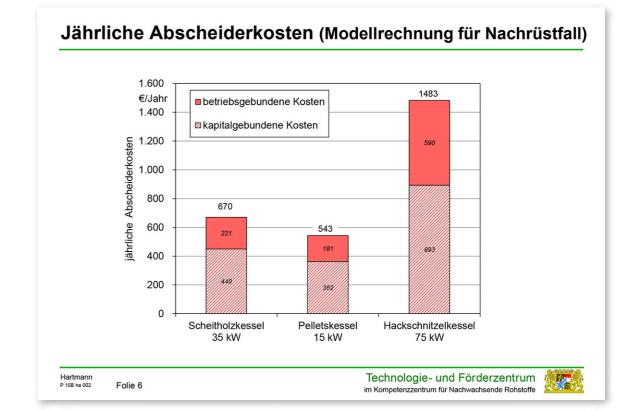
	[	Anwendungsbeispiel		
				Hackschnitzel-
		kessel		kessel
Kesselleist	ung (kW):	35	15	75
Anlagen- und Betriebsdaten:				
elekt. Leistungsaufnahme, Hochspannung an	kW	0,020	0,020	0,035
elekt. Leistungsaufnahme, Standby	kW	0,005	0,005	0,005
Jahresbetriebsstunden, Hochspannung an	h/a	1.500	1.500	2.500
Jahresbetriebsstunden, Standby-Betrieb	h/a	3.500	3.500	2.500
Montage, inkl Elektrik/Wasser/Abwasser	h	5	5	8
Wasserverbrauch	I/h	0	0	15
Kostenzusammenstellung:				
a) Investitionen:				
Investition für Abscheider (inkl. MwSt)	€	5.000	4.000	10.000
Montage und Inbetriebnahme (Fachbetrieb)	€	175	175	280
b) kapitalgebundene Kosten:				
Annuität Anschaffung & Installation	€/a	449,32	362,49	892,56
c) betriebsgebundene Kosten:	50.50	53 943.056 53.06	1000000000 0000	
Strom für Abscheiderbetrieb	€/a	13,87	13,87	29,20
Wasser für Abscheiderbetrieb	€/a	0,00	0,00	150,00
jährliche Instandsetzung und Wartung	€/a	207,00	167,00	411,20
Summe jährl. Gesamtkosten für Abscheider	€/a	670,19	543,36	1.482,96
Mehrkosten der Nettowärmeerzeugung	ct/kWh	1,66	3,14	1,71

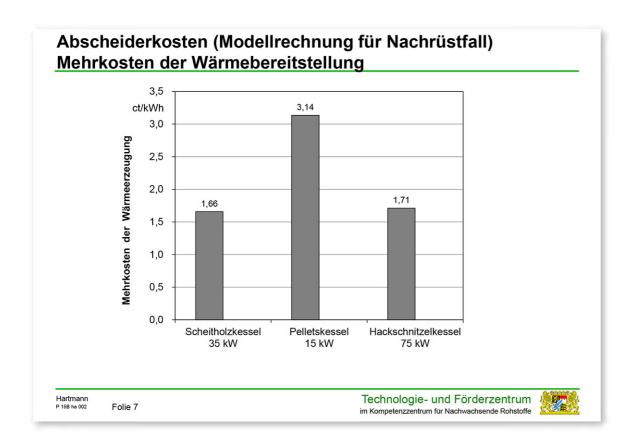
Hartmann P 15B ha 002

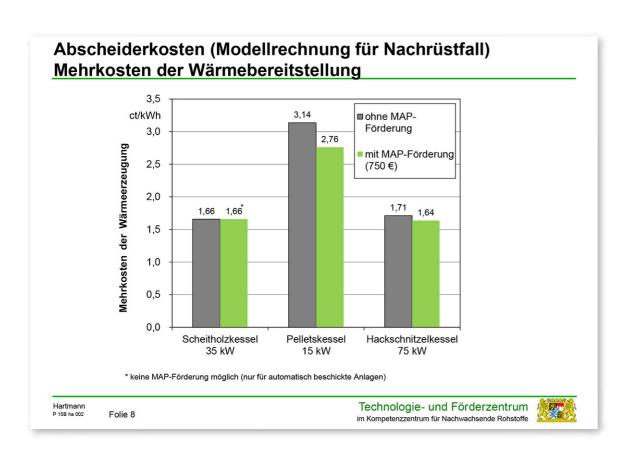
Folie 5

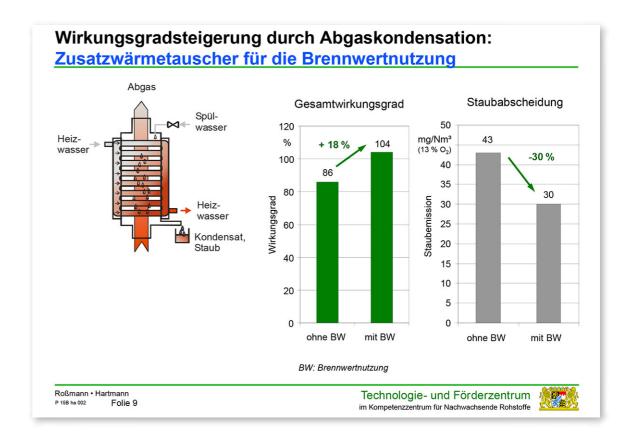
Technologie- und Förderzentrum

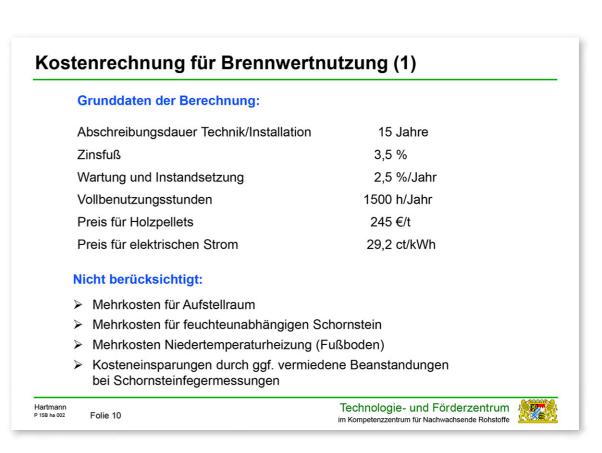




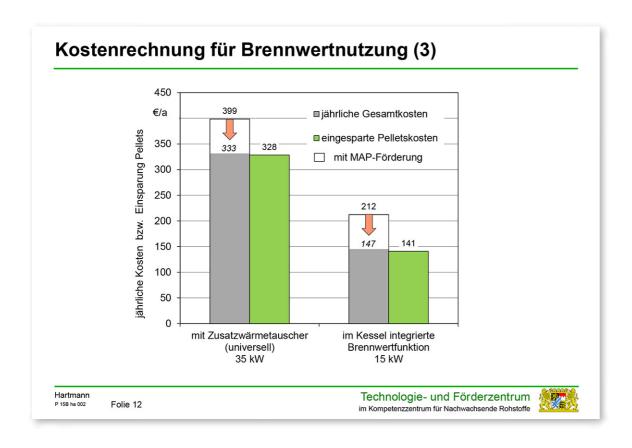


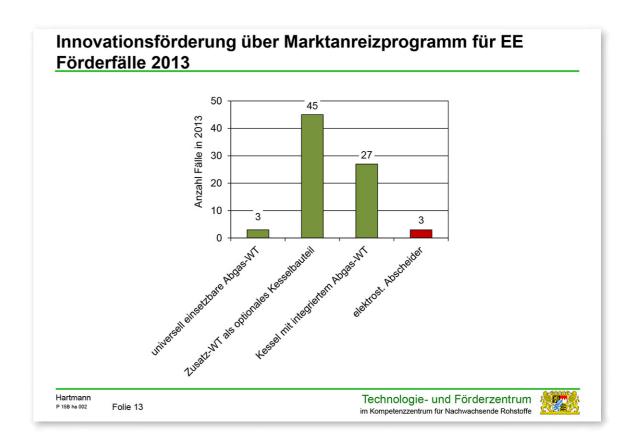






	T	Zusatzwärmetauscher	im Kessel integrierte	
		(universell)	Brennwertfunktion	
	Leistung (kW):	35	15	
Anlagen- und Betriebsdaten:	• 1			
Leistungssteigerung durch Brennwerttechnik*		12%	12%	
Leistung Brennwerttechnik	kW	4,2	1,8	
zusätzlicher Druckverlust durch Brennwerttechnik	Pa	80	80	
Rauchgasvolumenstrom Kessel	m³/h	131	56	
Wirkungsgrad Rauchgasgebläse		10%	10%	
berechn. zusätzl. Leistungsaufnahme für Brennwertted	chnik kW	0,029	0,013	
jährlicher zusätzlicher Stromverbrauch:	kWh/a	43,8	18,8	
Kostenzusammenstellung:				
a) Investitionen:				
Investition (Mehrkosten) (inkl. MwSt)	€	3200	1700	
zusätzliche Montagekosten	€	250	150	
Abzug für Förderung	€	-750	-750	
b) kapitalgebundene Kosten:				
Annuität Technik/Installation (ohne Förderung)	€/a	299,55	160,63	
Annuität Förderung	€/a	-65,12	-65,12	
c) betriebsgebundene Kosten:		I		
Mehrkosten Strom	€/a	12,78	5,48	
Wartung und Instandhaltung	€/a	86,25	46,25	
Summe jährliche Gesamtkosten (ohne Förderung		398,57	212,35	
Summe jährliche Gesamtkosten (mit Förderung)	€/a	333,45	147,23	
Ertrag durch Zusatzwärmetauscher:	1000000000			
Eingesparter Brennstoff in kWh	kWh/a	6.300	2.700	
Eingesparter Brennstoff in t	t/a	1,34	0,57	
Wert der Brennstoffeinsparung	€/a	328,47	140,77	
jährliche Mehrkosten (ohne Förderung)	€/a	70,10	71,58	
jährliche Mehrkosten (mit Förderung)	€/a	4.98	6,46	





# **Fazit**

- Betriebsgebundene Kosten machen bei Staubabscheidern zwischen 33 und 40 % der jährlichen Mehrkosten aus.
- ➤ Nachrüstung von Staubabscheidern erhöht die Wärmegestehungskosten bei Kleinanlagen um ca. 1,5 bis 3,0 ct/kWh.
- ➤ Das entspricht ca. 10 % Mehrkosten für Wärme bei Hackschnitzeln und ca. 25 % Mehrkosten bei Pellets.
- ➤ Brennwerttechnik mit MAP-Förderung ist nahe an der Wirtschaftlichkeit, aber:
- ➤ Hemmnise: nicht geeignete Schornsteine und fehlende Fußbodenheizungen in Altgebäuden

Hartmann P 15B ha 002

Folie 14

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



# Vielen Dank für's Zuhören



www.tfz.bayern.de

Hartmann





Dr. Josef Wüest, FH Nordwestschweiz, Windisch/Schweiz

# Übertragbarkeit ausgewiesener Abscheidegrade auf andere Anwendungen (Leistungen) Was kann die Deutsch-Anderson-Formel dazu beitragen

Dr. Josef Wüest Hochschule für Technik Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz Klosterzelgstrasse 2, 5210 Windisch/Schweiz Tel.: +41 56 202 74 31 (Direkt)

Tel.: +41 56 202 77 33 (Zentrale) E-Mail: josef.wueest@fhnw.ch

Web: http://www.fhnw.ch/technik/ibre

Der Abscheidegrad von Elektrostatischen Partikelabscheider kann sehr gut durch die Deutsch-Anderson-Formel berechnet werden. Dies kann sowohl theoretisch wie auch praktisch immer wieder belegt werden. Darüber hinaus zeigt sich auch, dass diese Formel für die Auslegung von grossen Abscheidern herangezogen wird. Damit diese Formel einfach für die Interpolation von ESP zwischen gemessenen Punkten verwendet werden kann, wird die Penetration logarithmiert.

In diesem In(p)-Raum lassen sich viele Abhängigkeiten durch gerade Linien inter- und extrapolieren. Als wichtige Anwendungs- und System-Grösse entpuppt sich dabei die mittlere Migrationsgeschwindigkeit we, welche aus Messungen bestimmt werden kann. Die Berechnung dieser Grösse ist möglich aber auch mit grossen Unsicherheiten verbunden. In diesem Vortrag wird die Anwendung und die Herleitung der Deutsch-Anderson-Formel beschrieben.



# Übertragbarkeit ausgewiesener Abscheidegrade auf andere Anwendungen (Leistungen) Was kann die Deutsch-Anderson-Formel dazu beitragen

### Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE)

Gruppe für Verbrennungstechnik und Prüfstelle für Holzfeuerungen T. Griffin, J. Wüest, D. Winkler, E. Wildhaber, M. Keusch, M. Bertschi

Institut für Thermo- und Fluid- Engineering (ITFE)

B. Ribi, D. Weiss, D. Rubinetti

Institut für Aerosol- und Sensor-Technik (IAST)

H. Burtscher, M. Fierz, A. Keller

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE



# Inhalt

- 1. Einleitung / Motivation
- 2. Deutsch Anderson Formel.
  - Definition der Formel
  - 2. Einflussfaktoren
  - 3. Linearisierung der Abscheidewirkung
  - 4. Interpolation und Extrapolation
  - 5. Einfluss von Volumenstrom, Kamindurchmesser, Geschwindigkeit
  - 6. Vergleich zu DIN 33999
- 3. Ergänzungen zur Herleitung
  - 1. Exponentielles Verhalten
  - 2. Grössen Verteilung der Partikel
  - 3. Auswirkung auf das Abscheideverhalten
- 4. Fragen / Diskussion

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE

**n** w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

# Einleitung

Ich habe 2012 in Leipzig von unseren Feldmessungen berichtet und dabei den gemessenen mit den nach der Deutsch-Anderson-Formel berechneten Abscheidegrad verglichen und «gute» Übereinstimmung gefunden.

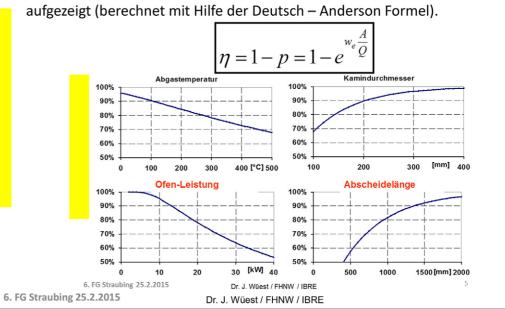
Abscheidegrade (ohne Ausflocken)	Start	Ende
Kaminkehrer-Staubmenge bezogen auf Typenprüfung	96 %	
Kaminkehrer-Staubmenge bezogen auf Feldmessung (ohne Ausflockung)	79 %	81%
Kaminkehrer-Staubmenge bezogen auf Feldmessung (mit Ausflockung)	56 %	
Gravimetrische Messung Wöhler (p <sub>0</sub> – p <sub>1</sub> )	77 %	76%
DISC-Messung (ein/aus)	72 %	84%
OPC (teilweise nicht messbar)	(0 %)	55% / 62%
Erwartet nach Deutsch-Anderson Formel	73 %	76 %

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE

Fachhochschule für Technik
Einleitung

In einer der ersten Sitzungen des Normenausschusses DIN 33999 habe ich 2012 in München die Abhängigkeiten des Abscheidegrades in Funktion der Kaminlänge, Feuerungsleistung, Kamindurchmesser und Abgastemperatur aufgezeigt (berechnet mit Hilfe der Deutsch – Anderson Formel)

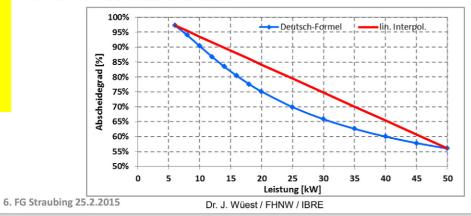


# **n** w Fachhochschule Nordwestschwei Hochschule für Technik

# Einleitung

Im selben Normenausschuss DIN 33999 habe ich mich dagegen gewehrt, dass Abscheider für Zwischengrössen mit einem Leistungsverhältnis > 2 wieder gemessen werden müssen, da man dies auch berechnen, bzw. interpolieren könne. Dazu habe ich einen Vorschlag ausgearbeitet und eingereicht.

Die aktuelle DIN SPEC 33999 interpoliert Zwischengrössen linear, was aber dem richtigen Verhalten und meinem Vorschlag nicht ganz entspricht. Aus diesem Grund habe ich mich dazu entschlossen, die Anwendung der Deutsch-Anderson-Formel hier nochmals zu erläutern.



# **n** w Fachhochschule Nordwe 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)

$$p = \frac{N(r)}{N_0(r)} = e^{(-w_e \times SCA)}$$

w<sub>e</sub> = effektive Migrationsgeschwindigkeit der Partikelzusammensetzung [m/s]

SCA = spezifische Verweilzeit in der Kollektor Fläche (A/Q) [s/m]

Bestimmung der effektiven Migrationsgeschwindigkeit:

$$w_e = \frac{-\ln(p)}{SCA} = \frac{-\ln(p) \times \dot{Q}}{A}$$

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE

**n** w Fachhochschule Nordwinder Hochschule für Technik

# Migrationsgeschwindigkeit

Berechnung der effektiven Migrationsgeschwindigkeit w<sub>a</sub>:

$$w_e = \frac{q_P \times \mathbf{E} \times C_C}{3\pi\mu \times d_P}$$

C<sub>C</sub> = Cunningham Korrektur-Faktor

E = Elektrische Feldstärke [V/m]

q<sub>P</sub> = Ladung des Partikels [C]

d<sub>p</sub> = Durchmesser des Partikels

 $\mu$  = dyn. Viskosität der Luft 1.81\*10<sup>-5</sup> [Pa\*s]

 $\dot{Q}$  = Volumen-Durchflussrate [m<sup>3</sup>/s]

A = Kollektor-Fläche des ESP [m<sup>2</sup>]

Die Migrationsgeschwindigkeit wa ist die Gleichgewichts-Geschwindigkeit die aus der Feldkraft und der Strömungs-Widerstands-Kraft (Drag-Force) resultiert.

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE

# Wesentliche Faktoren

Was beeinflusst den Abscheidegrad nach der Deutsch-Anderson-Formel:

- 1. Abgas-Volumen (oder Strömungsgeschwindigkeit) und dies ist abhängig von der Leistung, dem Luftüberschuss sowie der Abgastemperatur.
- 2. Der Kollektorfläche und daher die Abscheider Länge und der Kamin-Durchmesser.
- 3. Die Migrationsgeschwindigkeit und damit die angelegte Spannung, die Partikelgrösse und Beladung, die Abgastemperatur

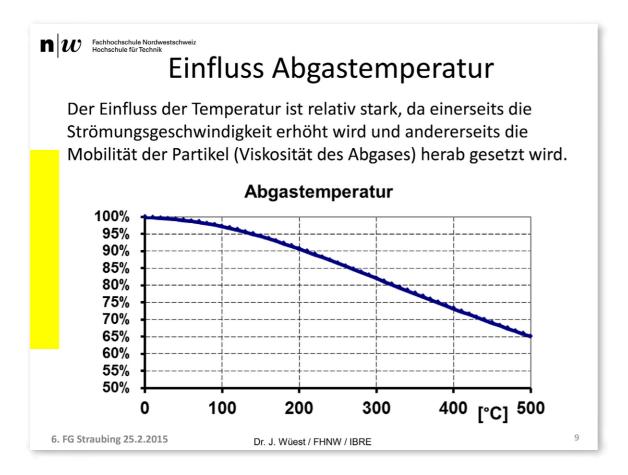
Zur besseren Veranschaulichung wird die e-Funktion linearisiert

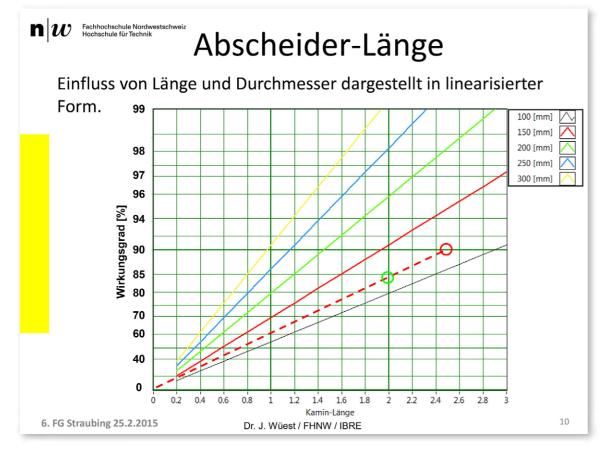
$$\ln(1 - \eta) = \ln(p) = -w_e \times \frac{A}{\dot{Q}}$$

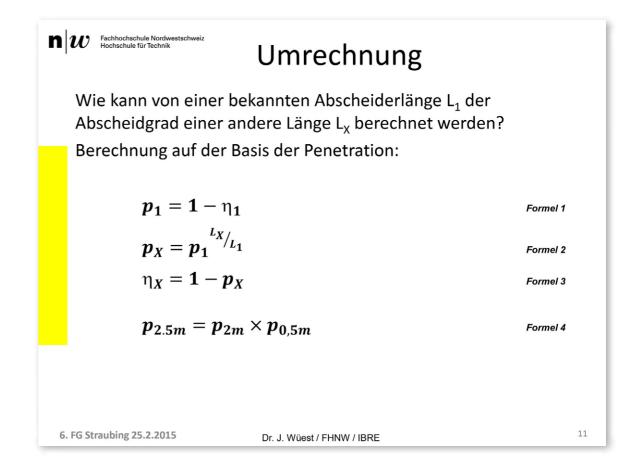
$$\ln(p) = -w_e \times \frac{A}{\dot{Q}} \sim D; L; U; \frac{1}{P}; \frac{1}{\lambda}; \frac{1}{\mu(T)}; \frac{273}{(273 + T)}$$

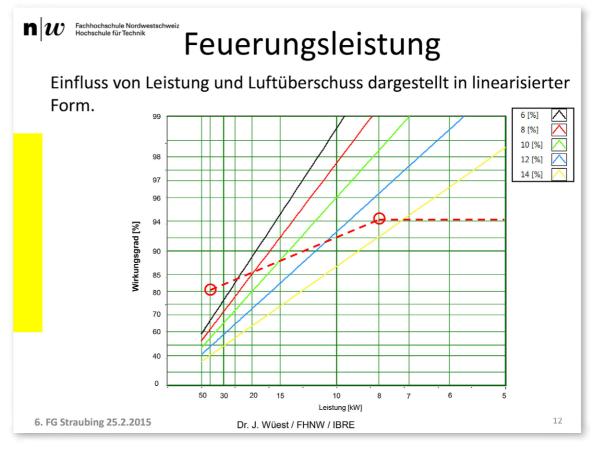
6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE









**n** w Fachhochschule Nordwestschwei Hochschule für Technik

# Umrechnung

Wie kann aus den 2 Leistungs-Punkten mit  $\eta_1$  und  $\eta_2$  eine Zwischengrösse  $\eta_x$  interpoliert werden?

Berechnungsformeln:

(lineare Interpolation im logarithmischen P-Raum)

$$r_{1,2} = ln(1 - \eta_{1,2})$$
 Formel 1

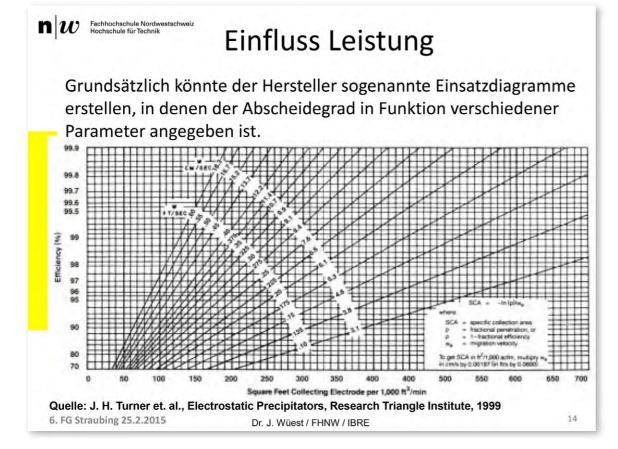
$$r_X = (r_1 - r_2) * rac{\binom{1}{{P_X}^{-1}/{P_1}}}{\binom{1}{{P_1}^{-1}/{P_2}}} + r_1$$
 Formel

$$\eta_X = 1 - e^{r_X}$$
 Formel

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE

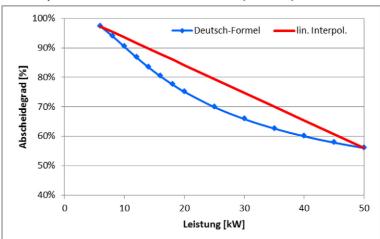
13





# Interpolation

- Interpolation nach Deutsch Formel (richtig)
- lineare Interpolation nach DIN 33999 (falsch)



• Die lineare Interpolation muss im ln(p)-Raum erfolgen.

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE

15

# Penetration

Die Penetration ist eine sehr wichtige Grösse, welche zur Berechnung verschiedener Grössen hilfreich ist.

Beispiel Berücksichtigung des Blindabscheidegrades.

$$\eta_1 = (p_0 - p_1)$$

Die Penetration kann direkt verwendet werden, um die Reingas-Konzentration zu berechnen.

$$c_{rein} = p \times c_{roh}$$

Siehe DIN SPEC 33999! Fehler in der Formel (8)

Auch die Betrachtung zum Einfluss der Mess-Strecke kann mit Hilfe der Grösse p besser dargestellt werden.

$$p_{gesamt} = p_{MS1} \times p_{Absch} \times p_{MS2}$$

einfache Messtrecke

$$p_{ges2} = p_{MS1} \times p_{Absch} \times p_{MS2} \times p_{MS2}$$
 doppelte Messstrecke 2

$$p_{MS2} = p_{ges2} \div p_{gesamt}$$

Penetration der Messstrecke 2

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE

31

# $\mathbf{n}|w$ Fachhochschule Nordwestschweiz Exponentielles Verhalten

Wie kommt es zu diesem exponentiellen Verhalten? Denn wenn man die Flugbahn der Partikel betrachtet, so wären bei laminarer Strömung nach einer bestimmten Zeit alle Partikel abgeschieden. Dies ist aber bei turbulenter Strömung nicht der Fall.

Der Anteil der abgeschiedenen Partikel kann als Flächenverhältnis zwischen dem Kreisring und dem Rohrquerschnitt aufgefasst werden:

$$\frac{dN}{N} = -\frac{2\pi r_k w_p dt}{\pi r_k^2} = -\frac{2w_p dt}{r_k}$$

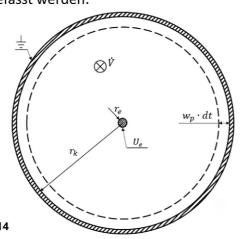
Dies führt beim Integrieren auf die bekannte Exponential-Funktion.

$$\begin{split} \int_{N_0}^{N(t)} \frac{dN}{N} &= \int_0^t \frac{-2w_p dt}{r_k} \\ \frac{N(t)}{N_0} &= exp\Big(\frac{-4w_p t}{d_k}\Big) \end{split}$$

Quelle: D. Rubinettl , Bachelor Thesis FHNW, 2014

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE



# **n** w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

# Herleitung

Die Integrationszeit kann als Aufenthaltszeit im ESP interpretiert werden.

$$t = \frac{\pi r_K^2 \times l_K}{\dot{o}} \quad [s]$$

t eingesetzt in die vorangehende Formel ergibt:

$$p = \frac{N(r)}{N_0(r)} = e^{\left(\frac{-w_e \times 2\pi r_K \times l_K}{\dot{Q}}\right)} = e^{\left(\frac{-w_e \times A_K}{\dot{Q}}\right)}$$

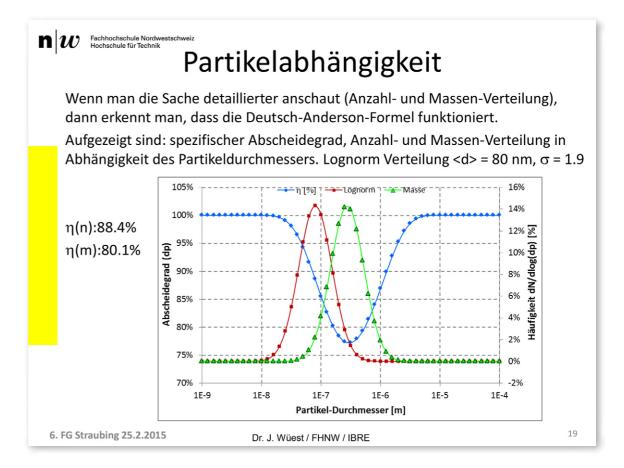
!! Die Annahme auf der vorigen Folie für das dN/N – Verhalten ist nur gültig, wenn die Partikel gleichmässig (homogen) über die Fläche verteilt sind!! Das gilt nur bei turbulenter Strömung. In unseren Kaminen trifft dies zu.

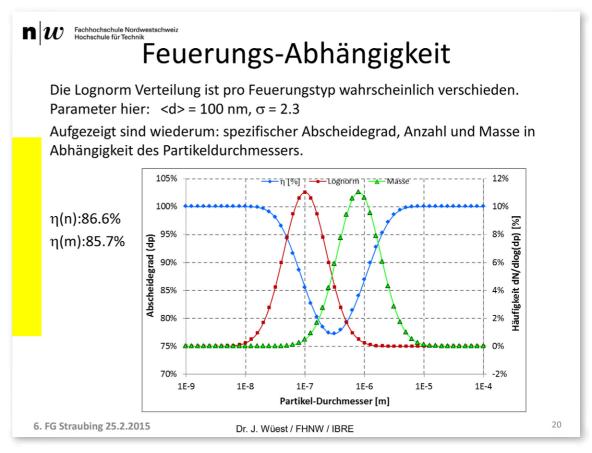
Es gibt modifizierte Deutsch-Formeln, welche diese Inhomogenität berücksichtigen.

6. FG Straubing 25.2.2015

Dr. J. Wüest / FHNW / IBRE

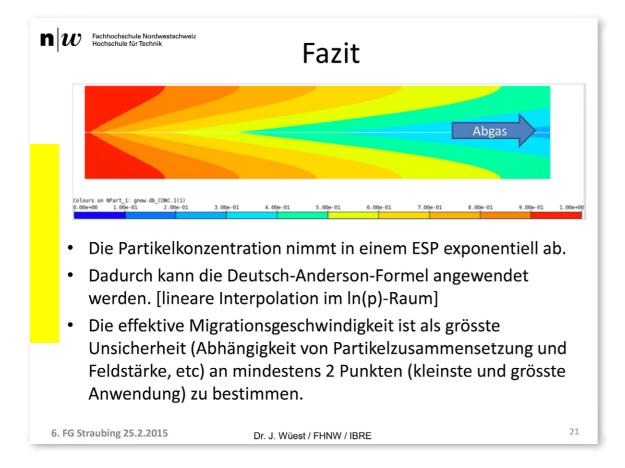
18





Joseph Wüest

Konzepte verschiedener Hersteller und Entwickler - Teil I





# KONZEPTE VERSCHIEDENER HERSTELLER UND ENTWICKLER - TEIL I

Daniel Jud, Bernd Weishaar

Elektroabscheider für Holzfeuerungen

# Daniel Jud, OekoSolve AG, Plons/Schweiz

# Elektroabscheider für Holzfeuerungen

Daniel Jud / Bernd Weishaar OekoSolve AG Schmelziweg 2, 8889 Plons/Schweiz

E-Mail: daniel.jud@oekosolve.ch

Web: www.oekosolve.ch

Elektrotechnik ist die Kernkompetenz der Firma OekoSolve. Die Steuerung, die Software und das Hochspannungsmodul, sowie der Isolator und die Elektroden sind vollständige Eigenentwicklungen von OekoSolve und sind auf die Bedürfnisse von Elektroabscheidern optimiert. Diese Kernkomponenten werden bei OekoSolve produziert.

2008 hat OekoSolve den OekoTube, einen Elektrofilter ohne automatische Reinigung für kleine Leistungsbereiche bis 40 kW, auf den Markt gebracht. Der Feinstaubabscheider für Kleinholzfeuerungen wird auf der Kaminmündung montiert und ist daher auch für handbeschickte Feuerungen im Wohnzimmerbereich bestens geeignet. Ebenfalls erlaubt die Montage auf der Kaminmündung eine einfache Nachrüstung bestehender Anlagen. Aus der Erfahrung mit dem OekoTube wurden Elektrofilter mit automatischer Reinigung für einen grösseren Leistungsbereich entwickelt und vermarktet. Der OekoRona, ein Rohrelektrofilter mit mechanischer Reinigung, wurde vollständig von OekoSolve entwickelt und Ende 2013 auf den Markt gebracht. Diese Abscheider werden standardmäßig bis zu einer Leistung von 300kW vor allen bei Hackschnitzelfeuerungen eingesetzt. Bereits sind einige Anlagen mit einem Wassergehalt von bis zu 60% im Betrieb. Anlagen über 300 kW werden zurzeit auf Anfrage gefertigt und sollen im nächsten Jahr standardisiert werden.

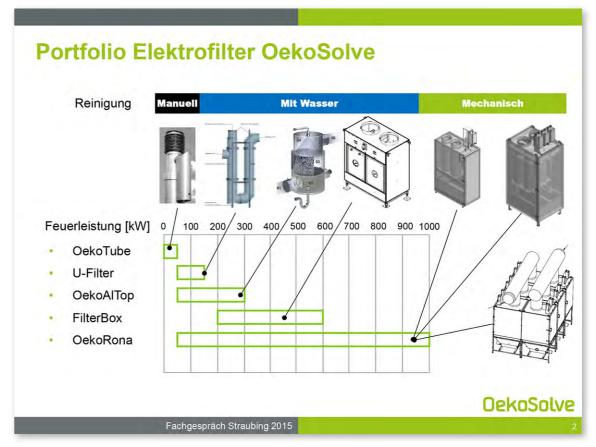
Die Systeme mit Nassreinigung wurden mit Partnern entwickelt. Der OekoAlTop und die FilterBox wurden in Zusammenarbeit mit Schräder Abgastechnologie in Deutschland, der U-Filter mit TH-Alternativ Energie in Deutschland, entwickelt.

Das Unternehmen OekoSolve aus der Ostschweiz beschäftigt heute 13 Personen, davon 2 Lernende.



Abbildung 1: Übersicht Modelle Feinstaubabscheider





Daniel Jud, Bernd Weishaar

Elektroabscheider für Holzfeuerungen

# Kernkomponenten Elektroabscheider

# Komplette Eigenentwicklung von OekoSolve

- HV-Netzteil 30 kV
- Steuerungselektronik
- Software
- Kundenspezifische Anpassungen möglich
- · Einfach auszutauschen auf der Baustelle
- Isolator
  - Statisch sehr resistent
  - Nicht empfindlich gegenüber Schmutz
  - Temperaturresistent bis 250 °C





**OekoSolve** 

Fachgespräch Straubing 2015

# OekoRona: Elektrofilter mit mechanischer Abreinigung

- Röhrenelektrofilter
- Mechanische Reinigung
- Standard-Baugrössen bis 300kW
- Einbringung durch Normtür
- Optional mit Bypass
- Automatische Aschenaustragung möglich
- Material: 1.4301/ 1.4404



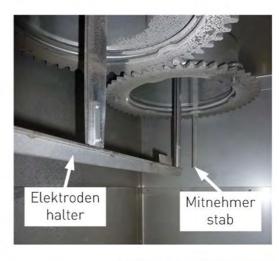


**OekoSolve** 

Fachgespräch Straubing 2015

# OekoRona: Gesamtansicht innen

- Manuelle Ascheaustragung
- Nennleistung: 65 kW
- Brennstoff: Holzschnitzel





OekoSolve

Fachgespräch Straubing 2015

# **Unterhalt & Wartung**

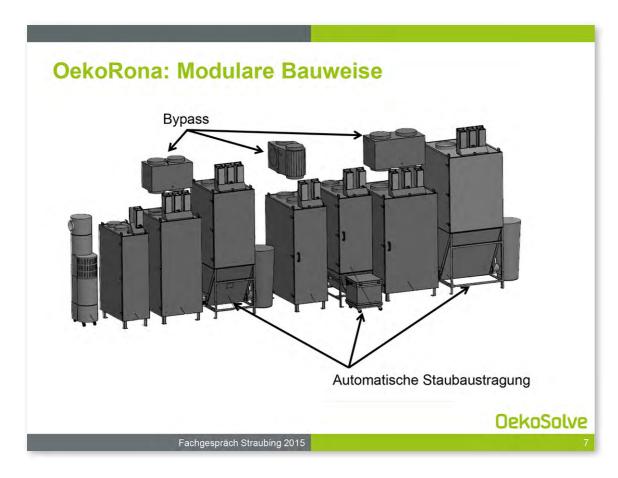
- Sicherheitshinweise beachten!!!
- Isolator reinigen
- Staubschubladen leeren
- Kontrolle der mechanischen Reinigung
- Zahnräder und Innenwände reinigen
- Parameter überprüfen und protokollieren
- → Wartungsarbeiten sollten grösstenteils vom Betreiber oder Kaminkehrer übernommen werden.



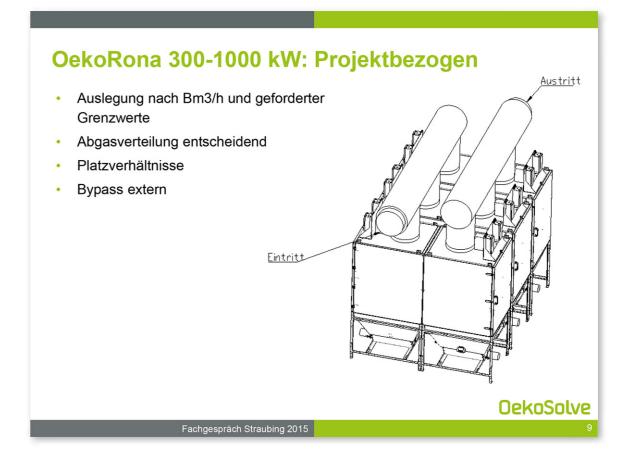
**OekoSolve** 

Fachgespräch Straubing 2015

Daniel Jud, Bernd Weishaar







# Weiterentwicklungen

- Standardisierung von Leistungen über 300kW
- Brennstofffeuchte grösser W35
- Abscheider kleiner 50kW
- Alternative Austragungssysteme
- Externes Display



KWB, Schnitzel 300kW

OekoSolve

Fachgespräch Straubing 2015

Daniel Jud, Bernd Weishaar

Staubabscheidesysteme von Schräder



# Matthias Hanschke, Schräder Abgastechnologie, Kamen

# Staubabscheidesysteme von Schräder

Matthias Hanschke SCHRÄDER Abgastechnologie, Hemsack 11 – 13, 59174 Kamen Tel. +49-(0)2307-973 000

E-Mail: m.hanschke@schraeder.com

Web: www.schraeder.com



Bezeichnung	Oekotube	U-Filter	AL-Top	Filterbox
Feuerungswärme leistung	Bis 50 kW (DIBt-Zulas- sung)	Bis 150 kW	Bis 300 kW	Bis ca. 800 kW (in Sonderfällen auch mehr)
Brennstoff	Stückholz Pellets Hackschnitzel	Stückholz Pellets Hackschnitzel	Stückholz Pellets Hackschnitzel	Stückholz Pellets Hackschnitzel
Reinigung	Manuell	Automatische Abreinigung mit Wasser	Automatische Abreinigung mit Wasser	Automatische Abreinigung mit Wasser
Abscheidegrad	75 - 95 %	Bis 70 %	65 - 85 %	Bis 90 %

# Weiterentwicklung der Technologie von Spanner Re<sup>2</sup> SFF 100

Diese Technologie mit trockener, mechanischer Abreinigung der Abscheideflächen und der Elektroden ist voraussichtlich ab der 2. Jahreshälfte 2015 marktverfügbar.



- » Optimierung der Anströmung
- » Reduzierung der Abmessungen
- Anpassung der Steuerung
- » Reduzierung Stromverbrauch
- Focus auf Montage- u.Wartungsfreundlichkeit
- Integrierter Bypass



# Erste Eindrücke nach Einführung der 2. Stufe 1. BlmSchV

- Steigendes Interesse an Abscheidern durch konkrete Anfragen.
- Rahmenbedingungen im Bereich der techn. Richtlinien und Normen noch nicht fertig.
- Förderprogramme für innovative Techniken nicht ausreichend.

Matthias Hanschke
Staubabscheidesysteme von Schräder

# Staubabscheidesysteme von Schräder



Straubing, 25.02.2015

Matthias Hanschke

Schräder Abgastechnologie



# Inhalt



- Übersicht über die Systeme von Schräder
  - Entwicklungen
- 2.Stufe der 1. BlmSchV
  - o Erste Eindrücke vom Markt bezogen auf Abscheider
  - Rahmenbedingungen
  - Fördersituation



# Elektrostatische Abscheidesysteme – Entwicklungen 2015



# Weiterentwicklung der Technologie von Spanner Re² SFF 100



- Optimierung der Anströmung
- Reduzierung der Abmessungen
- Anpassung der Steuerung
- Reduzierung Stromverbrauch
- Focus auf Montageu. Wartungsfreundlichkeit
- Integrierter Bypass



Matthias Hanschke Staubabscheidesysteme von Schräder

# 2.Stufe der 1. BlmSchV



- → Eindrücke vom Markt bezogen auf Abscheider
  - Viele Anfragen, speziell vom Betreiber
  - · Großes Informationsdefizit
  - · Nachrüstsituation ist noch unklar
  - Konfliktpotential durch Rauch- und/oder Geruchsbelästigung
  - · Viele Fragen beschäftigen sich mit "Problembrennstoffen"
- Rahmenbedingungen
  - VDI-Richtlinien 3670 zur Festlegung zum Stand der Technik
  - DIN Spec. 33999 zur Prüfung der Wirksamkeit von Abscheidern

# 2.Stufe der 1. BlmSchV



### Fördersituation

- Verordnungsgetriebene Technologie zur Zeit noch kostenintensiv
- Bisher nur automatisch beschickte Anlagen in der Förderung mit € 750 bzw. € 850
- · Förderung auf handbeschickte Scheitholzkessel ausweiten
- Fördersummen deutlich erhöhen (siehe auch Vorschlag des BBE zur Verbesserung der MAP-Förderrichtlinien)
- Förderung auch für Sekundärmaßnahmen an Einzelraumfeuerungsanlagen, um auch hier den Anreiz zur Nachrüstung zu geben
- · Gezielt Marktanreize für die Nachrüstung setzen
- Kombination mit anderen Fördermöglichkeiten zulassen



Matthias Garderer, Herbert Steindl

Prof. Dr.-Ing. Matthias Gaderer, Advanced Particle Filters GmbH (APF), Salzburg/Österreich

# Feinstaubabscheidung mit Elektrofiltern im kleinen und mittleren Leistungsbereich

*Prof. Dr.-Ing. Matthias Gaderer* <sup>1,2</sup> , *Herbert Steindl*<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> APF Advanced Particle Filters GmbH, Hannakstraße 3A, 5023 Salzburg/Österreich E-Mail: office@apf.ag
- <sup>2</sup> Technische Universität München, Regenerative Energiesysteme, Schulgasse 16, 94315 Straubing E-Mail: gaderer@tum.de
- <sup>3</sup> Geschäftsführer der APF Advanced Particle Filters GmbH, www.apf.ag, E-Mail: steindl@apf.ag

Elektrostatische Filter werden für größere Biomassefeuerungen in Form von Platten- und Röhrenelektrofilter als Sekundärmaßnahme zur Staubabscheidung aus dem Abgas eingesetzt. Da diese relativ unempfindlich gegen Glutpartikel sind, keine Gefahr der Verblockung besteht und der Druckverlust (< 50 Pascal) sehr gering ist, haben sich diese als Technik zur Feinstaubabscheidung in Kombination mit Biomassefeuerungen durchgesetzt. Alternativen wie der Gewebefilter (Metallgewebe oder Glasfasergewebe zeigen hohe Druckverluste von 1.000-2.000 Pascal) oder die Feinstaubabscheidung im Rahmen einer Abgaskondensation (Abscheidegrad < 50 %) zeigen diverse Nachteile oder Limitierungen, so dass sich diese Technik bisher als alleinige Filteranlage nicht durchsetzen konnte. Je nach Anlagenkonzept werden auch Multi- oder Einzelzyklone dem Elektrofilter als Grobstaubabscheider vorgeschaltet. Bei Feuerungen < 300 kW Kesselleistung wird darauf jedoch, u.a. aus Kostengründen und da die Staubemission mit sinkender Kesselleistung aufgrund niedrigerer Abgas-Strömungsgeschwindigkeiten und einem gleichmäßigeren Brennstoffbett geringer werden, verzichtet.

Bei kleineren Elektrofiltern werden überwiegend Röhrenelektrofilter eingesetzt, bei denen in einem Rohr eine Sprühelektrode (Stab, Draht) integriert wird. Die Innenwand des Rohres wird als Abscheidefläche (Niederschlagselektrode) für den Staub verwendet. Mehrere Produktentwicklungen zu Röhrenelektrofiltern wurden seit etwa 2005 von Unternehmen zu Filtersystemen für kleiner Biomassefeuerungen durchgeführt. Der Markt wird im Wesentlichen durch die gesetzlichen Bestimmungen für Staubemissionsgrenzwerte bestimmt. Die gesetzlichen Vorschriften in der Schweiz (LRV) und in Deutschland (1. BImSchV) fordern zukünftig bei Kleinfeuerungen Partikelemissionen im Abgas im Bereich von 20–50 mg/Nm³. In Österreich werden die Grenzwerte mit 150 mg/Nm³ im Vergleich zu anderen Ländern derzeit noch sehr großzügig gehandhabt. Aber auch in Österreich sowie in anderen Ländern der EU ist in naher Zukunft mit einer Verschärfung der Grenzwerte zu rechnen. Die gesetzliche Situation bezüglich der Staubgrenzwerte in DACH-Raum ist nachfolgend zusammengefasst.

Tabelle 1: Gesetzliche Emissionsgrenzwerte [01], [02], [03]

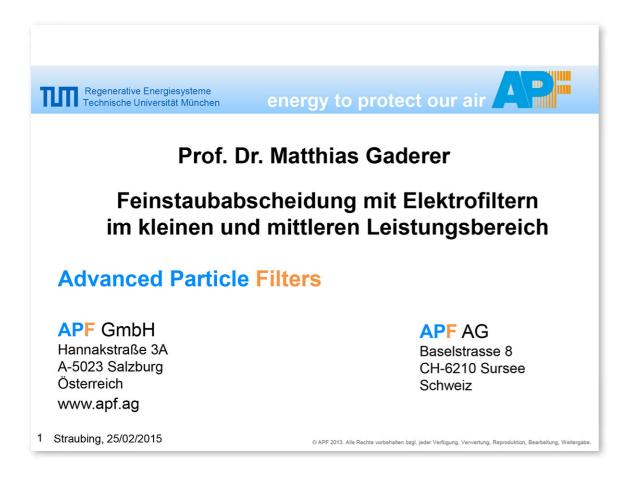
	Kesselleistung	4-500 kW	>500 k	w
Deutschland	Stufe 1 seit 22.03.2010 für Scheit- holz, Hackschnitzel, Sägemehl, Späne, Stroh, sonstige nachwachsende Rohstoffe	100 mg/Nm³	100 mg/Nm <sup>3</sup>	
	Stufe 1 seit 22.03.2010 für Holzbriketts und Holzpellets		60 mg/Nm <sup>3</sup>	
	Stufe 2 ab 01.01.2015 für sämtliche Biobrennstoffe	20 mg/Nm <sup>3</sup>	20 mg/Nm <sup>3</sup>	
	Kesselleistung	50- <400 kW	400-1.00	0 kW
Österreich	seit 19.09.2011	150 mg/Nm³	150 mg/Nm <sup>3</sup>	
Bestand ab 2020 150 mg		O mg/Nm <sup>3</sup>		
Schweiz	Kesselleistung	70-500 kW	0,5-10 MW	> 10 MW
Scriwerz	seit 01.01.2008	50 mg/Nm³	20 mg/Nm <sup>3</sup>	10 mg/Nm <sup>3</sup>

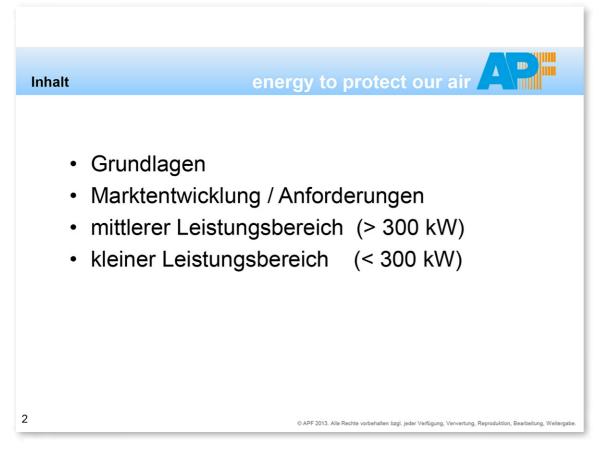
Grenzwerte bezogen auf mg/Nm³ und Restsauerstoffgehalt je nach gesetzlicher Vorschrift.

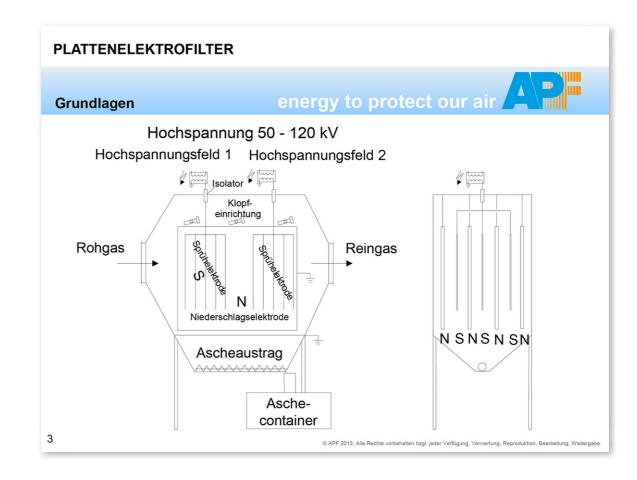
Limitiert wird der Einsatz von Elektrofiltern derzeit vor allem durch ein geringes Marktangebot von voll funktionsfähigen und kostengünstigen Elektrofiltern und der dazugehörigen Staubmesstechnik. Die Advanced Particle Filters GmbH (APF) aus Salzburg entwickelt und bietet seit dem Jahr 2008 innovative Röhrenelektrofilter von 50 bis 4.500 kW Kesselleistung an. Ein Elektrofilter für Anlagen von 4 bis 50 kW wird demnächst angeboten.

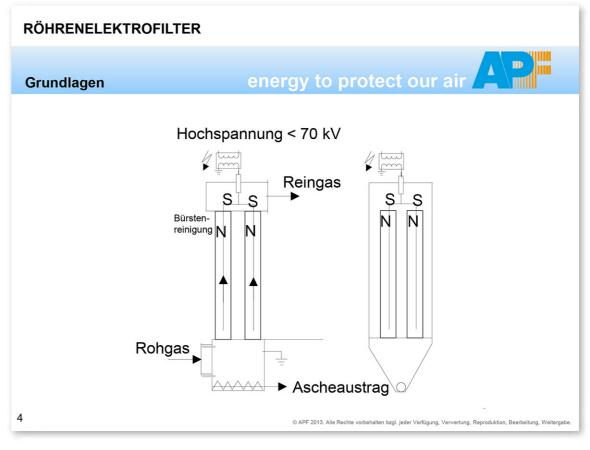
### Literatur

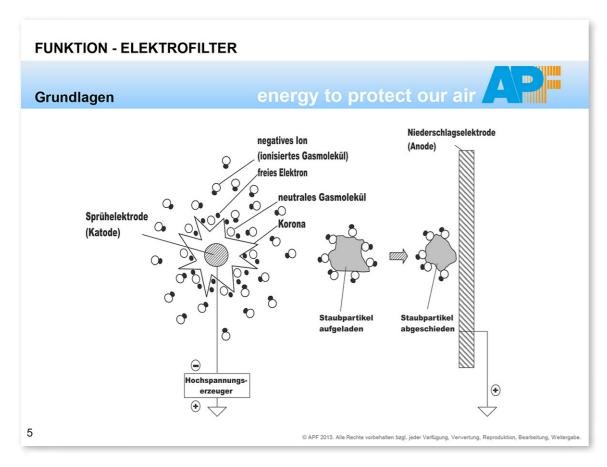
- [01] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BlmSchV), Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, 2010
- [02] Feuerungsanlagenverordnung in Österreich (FAV), je nach Landesverordnung
- [03] Luftreinhalteverordnung in der Schweiz (LRV), http://www.gesetze.ch, 2010





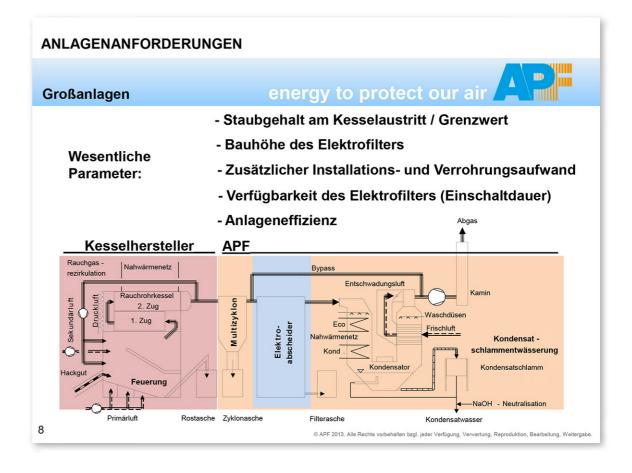


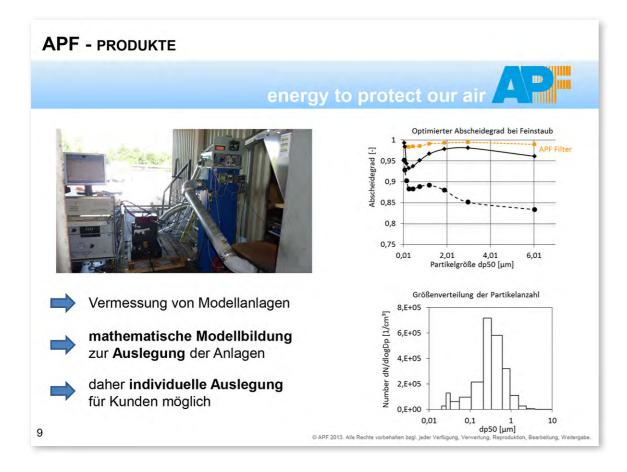


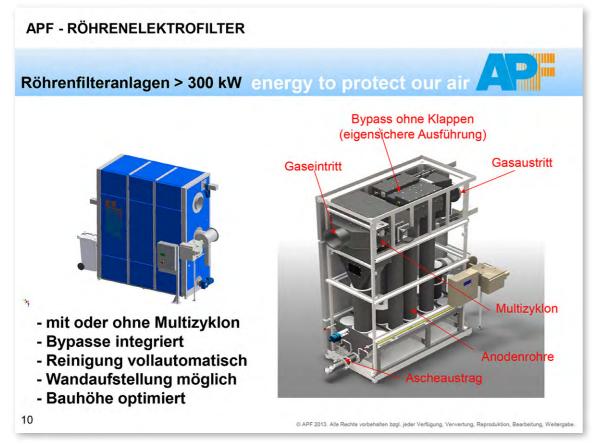


			to protect our	
	dnung) in Deutschlan	itaub nach der 1. BImScl d, der Feuerungsanlage Inung in der Schweiz (LF	n-Verordnung in Österr	
	Kesselleistung	4 kW – 0,5 MW	> 0,5 MW	
D	ab 01.01.2015ª	01.01.2015 <sup>a</sup> <b>20 mg/m³</b> <sub>n</sub> <b>20 mg/m³</b> <sub>n</sub> (100 mg/m³ <sub>n 4.B</sub>		ng/m³ <sub>n 4. BlmschV</sub> )
	Kesselleistung	< 50 kW	50 kW- < 50 MW	
AT	ab 01.01.2015	≥ 20 mg/m³ <sub>n</sub> b	35 – 150 mg/m³ <sub>n</sub>	
011	Kesselleistung	70 kW <sup>c</sup> – 0,5 MW	0,5 – 10 MW	> 10 MW
CH	seit 01.01.2008	50 mg/m³ <sub>n</sub>	20 mg/m³ <sub>n</sub>	10 mg/m³ <sub>n</sub>
Daten	hilfsweise das Jahr der Aufs	egelfall das Datum der Typenprü stellung oder das Baujahr des Ge n; ° Schweiz: < 70 kW kein Gren	ebäudes herangezogen werden	

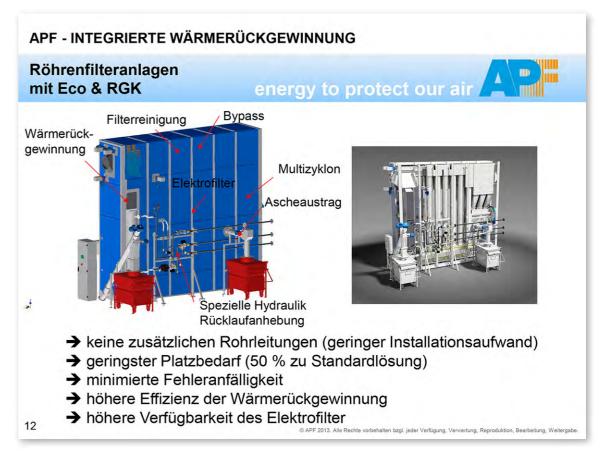
rktentwick	klung	e	energy t	o protect o	ur air 🗘 🎹
Staubgeh	alt am Filter	eintritt un	d erforderl	ich Abscheide	grade.
Brennstoff	Größe	Eintritt	Austritt	Abscheidegrad	Anmerkung
		mg/m³ <sub>n</sub>	mg/m³ <sub>n</sub>	[-]	
Hackgut	Großanlage	600	20	0,97	Inkl. Multizyklon
Hackgut	Großanlage	300	20	0,93	
Hackgut	Kleinanlage	150	20	0,87	< 300 kW
Scheitholz	Kleinanlage	120	20	0,83	z. B.: < 100 kW
Pellets	Kleinanlage	100	20	0,80	z. B.: < 100 kW
Pellets	Kleinanlage	60	20	0,67	z. B.: < 50 kW











Abscheider-Fachgespräch 2015 Abscheider-Fachgespräch 2015 Steider-Fachgespräch 2015

### **ELEKTROFILTER KLEINANLAGEN**

# **Anforderungen Technik**

energy to protect our air



- hohe Verfügbarkeit des Elektrofilters im Vergleich zum Betrieb der Feuerung,
   Zielwert ca. 90-95 %, bei mittleren und größeren Anlagen ca. 95-97 %
- Erfüllung der Anforderungen nach DIBT und VKF (insbesondere Gasdichtheit, Temperatur- und Rußbrandbeständigkeit).
- Eigensicherer Betrieb (insbesondere abgesicherter Zugang Elektrostatik und Hochspannung und Dichtheit des Abgasweges)
- keine signifikanter Austritt von Abgas aus dem Elektrofilter bei Entleerung der Aschenbehälter
- geringe Feinstaubfreisetzung beim Entleeren der Aschenbehälter (d.h. geeignetes Staub-Handlingsystem)
- Abscheidegrad Kleinanlagen Bedarf im Bereich von 67-87 % (Großanalgen bis 97 %)

VKF ... Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen

DIBT ... Deutsches Institut für Bautechnik

© APF 2013. Alle Rechte vorbehalten bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergab

# **ELEKTROFILTER KLEINANLAGEN**

Anforderungen Kosten

energy to protect our air



Kessel-leistung	Kessel Endkunden- preis (ohne Filter)	E-Filter Endkunden-preis Zielwert	E-Filter Endkunden- preis <b>aktuell</b>	Differenz bzw. Zielwerte für Förderbedarf ableitbar
15 kW	15.000 €	1.000 €	2.000 €	1.000 €
100 kW	35.000 €	7.000 €	10.000€	3.000 €
300 kW	60.000€	15.000 €	20.000€	5.000 €



14

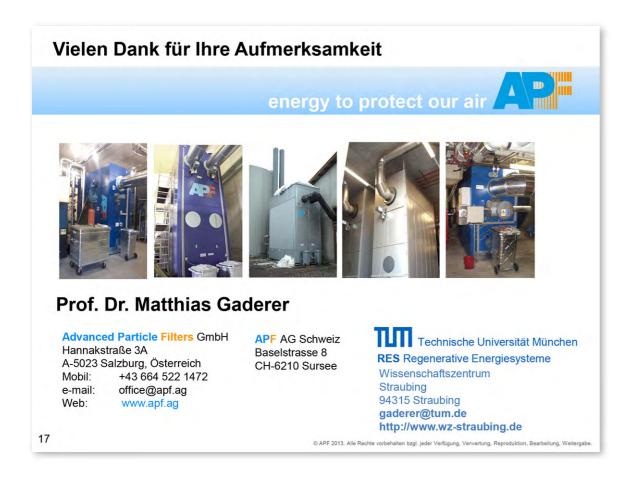
© APF 2013. Alle Rechte vorbehalten bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe

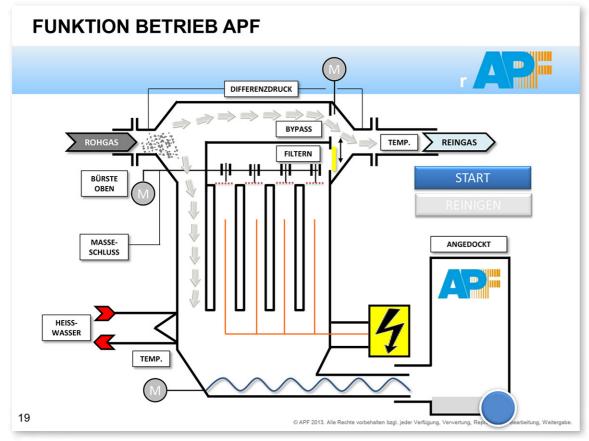
# APFenergy MicroFilter<sup>TM</sup> Filteranlage für Feuerungen mit 50-300 kW Wärmeleistung energy to protect our air

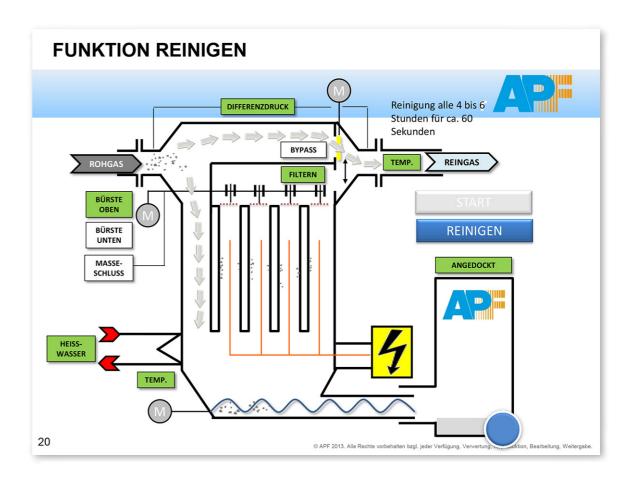


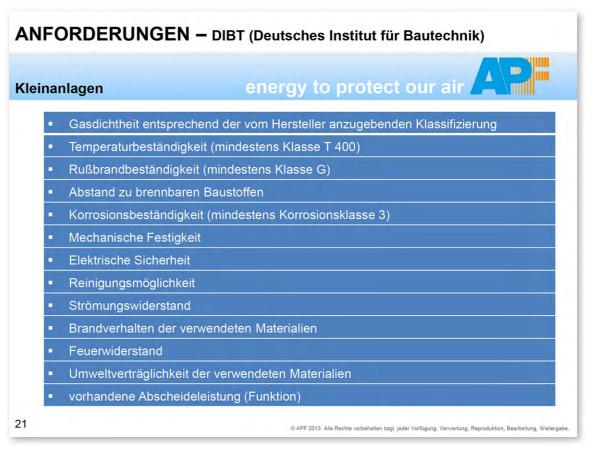
Abscheider-Fachgespräch 2015 Abscheider-Fachgespräch 2015 57

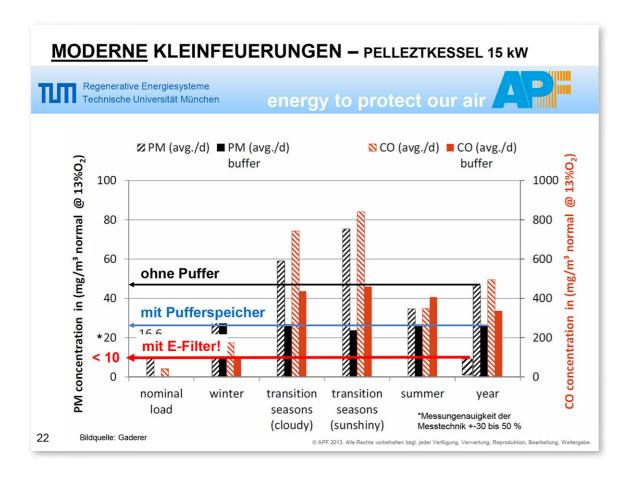
15



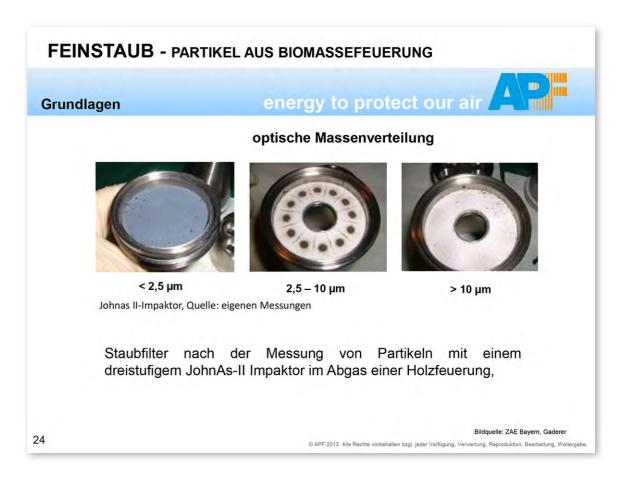


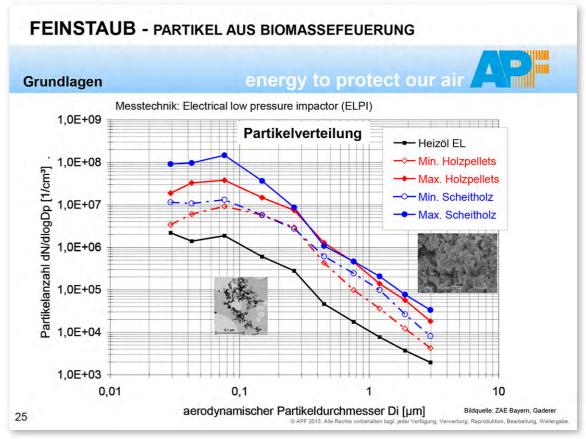


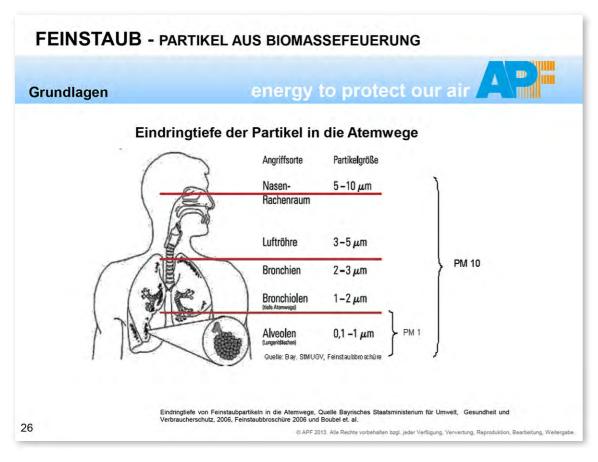


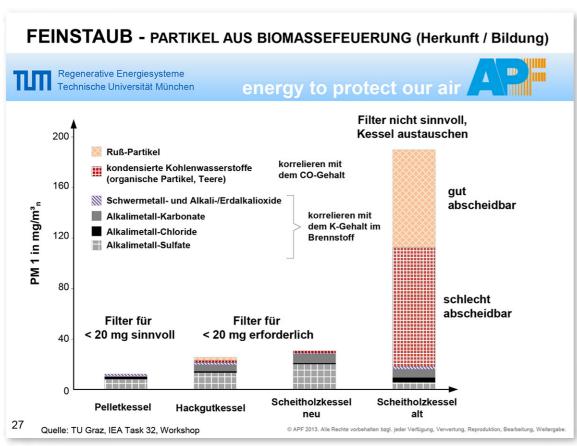


# Zusammenfassung energy to protect our air APF-Ziel bei "Großanlagen" ist die Optimierung hinsichtlich Funktion, Verfügbarkeit und Kompaktheit. Dazu steht bei APF die Betriebserfahrung von > 200 Anlagen zur Verfügung. Biomassefeuerungen mit < 20 mg Staub sind auch im kleinen Leistungsbereich und Haushaltsbereich realisierbar.</li> Bei Kleinanlagen (10-300 kW) sind vergleichbare Qualitätsstandards erforderlich, wie bei Großanlagen. Der Kostendruck ist daher bei Kleinanlagen sehr hoch.

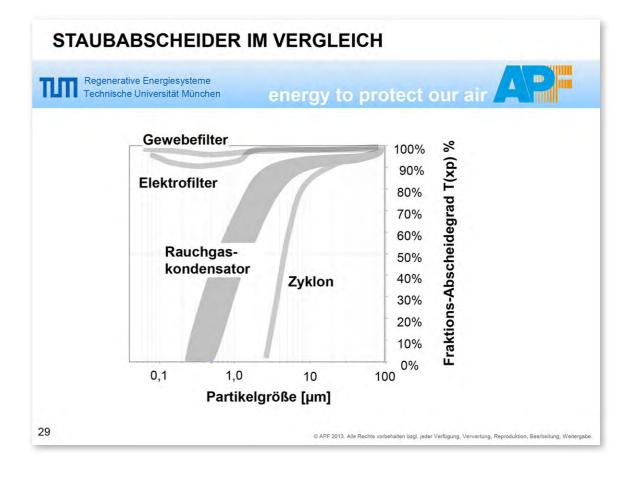








### **MARKTENTWICKLUNG** - TECHNIKVERGLEICH energy to protect our air Trockenelektrofilter haben sich als Standardtechnologie für die Feinstaubabscheidung bei Biomasse vor anderen Technologien etabliert. Abscheide-Druck-Energie-Abscheide-verfahren verlust bedarf grad Argument in % in kWh/1.000 m<sup>3</sup><sub>n</sub> in mbar Trocken-Elektrofilter 95 - 991.5 - 30,26 - 1,96Abwasser, Nass-Elektrofilter 95 - 981.5 - 30.17 - 2.30Korrosion Druckverlust, Gewebefilter 99 - 99,95 - 200,70 - 1,90Glutbeständigkeit Abscheidegrad, Zyklon 0,30 - 0,6530 - 656 - 15**Druckverlust Abscheidegrad** Abgaskondensator 30 - 501,5 - 30,17 - 2,30Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H.: Energie aus Biomasse, 2. Auflage, Springer 28 © APF 2013. Alle Rechte vorbehalten bzal, jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, We



Dr. Hanns-R. Paur, CCA-Carola Clean Air GmbH, Eggenstein-Leopoldshafen

# **CAROLA®** - Abscheider zur flexiblen Adaption an Biomassekessel

Hanns R. Paur<sup>1,3</sup>, Andrei Bologa<sup>1,3</sup>, Wolfgang Aich<sup>2</sup>, Martin Ecker<sup>2</sup>, Hans P. Rheinheimer<sup>1</sup>

- <sup>1</sup> CCA-Carola Clean Air GmbH; Herrmann-von-Helmholtz-Platz 1; 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: carola@carola-clean-air.com Web: www.carola-clean-air.com
- <sup>2</sup> HDG-Bavaria GmbH; Siemensstraße 22; 84323 Massing im Rottal; E-Mail: info@hdg-bavaria.com

Web: www. hdg-bavaria.com

<sup>3</sup> Karlsruher Institut für Technologie; Institut für Technische Chemie; Herrmann-von-Helmholtz-Platz 1; 76344 Eggenstein-Leopoldshafen; E-Mail: paur@kit.edu Web: https://www.itc.kit.edu/

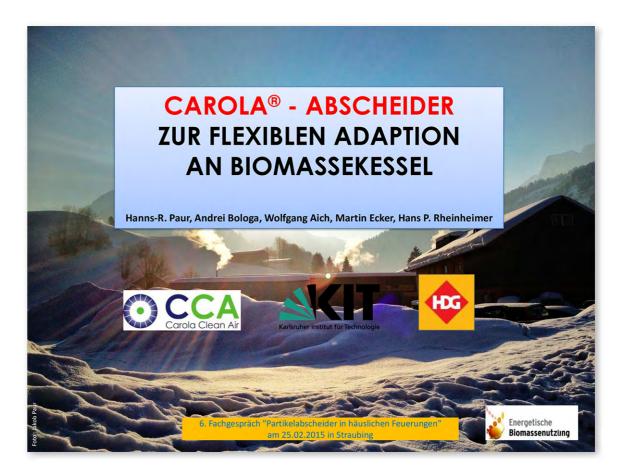
Moderne holzgefeuerte Heizkessel erreichen bei optimalen Verbrennungsbedingungen an Prüfständen hohe Wirkungsgrade und vergleichsweise niedrige Emissionen. Aktuelle Erhebungen zeigen jedoch, dass zahlreiche Biomassekessel bei Vorort-Messungen den nach 1.BImSchV Stufe 2 geforderten Staubgrenzwert überschreiten. Da bei modernen Kesselanlagen die feuerungstechnischen Maßnahmen weitgehend ausgeschöpft sind, besteht ein dringender Bedarf an kosteneffizienten, sekundären Minderungstechnologien für Bestandsanlagen und Neuanlagen, die unter Feldbedingungen die Einhaltung der geforderten Grenzwerte gewährleisten.

Im Carola®-Abscheider werden die Feinstpartikel im Abgas des Kessels mittels Corona-Entladung aufgeladen und auf Edelstahlbürsten abgeschieden. Die Edelstahlbürsten werden periodisch durch Drehen über eine Abstreifkante trocken gereinigt und die agglomerierten Partikel werden im Aschekasten gesammelt. Der Abscheider zeichnet sich durch hohe Abscheidegrade, geringe elektrische Leistungsaufnahme, niedrigen Druckverlust und hohe Betriebssicherheit aus. Kleinserien der kompakten Carola®-Abscheider wurden für Kesselanlagen im Leistungsbereich 25 – 200 kW konstruiert, gebaut und an Prüfständen mit realistischen Lastprofilen im Dauerbetrieb über 2500 h getestet. Die Betriebserfahrungen an Hackgutkesseln bei wechselnden Kessellasten und unterschiedlichen Brennstoffqualitäten werden diskutiert.

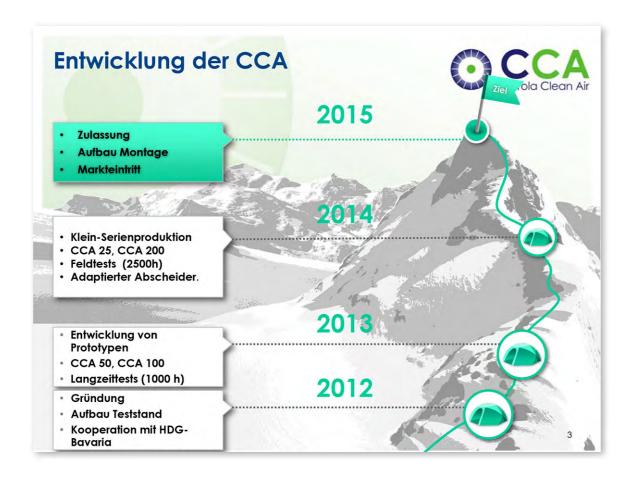
Neben Abscheidern, die dem Kessel nachgeschaltet sind, wurde ein adaptierter Abscheider entwickelt, der im Gehäuse eines 200 kW-Kessels eingebaut wird. Die Adaption beinhaltet neben der mechanischen Verbindung von Kessel und Abscheider, die Verbindung der Ascheaustragsysteme sowie die Steuerung der Abscheiderfunktionen durch die Kessel-SPS. Die Adaption des Abscheiders am neu entwickelten HDGHackgutkessel wird erstmals vorgestellt.

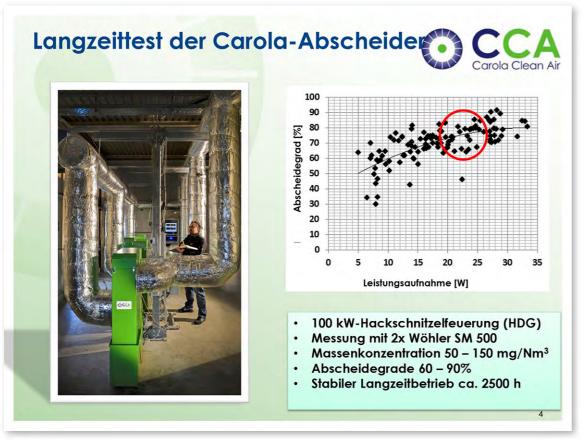


Abbildung 1: Adaptierter Abscheider im Gehäuse eines 200 kW-Hackgutkessel







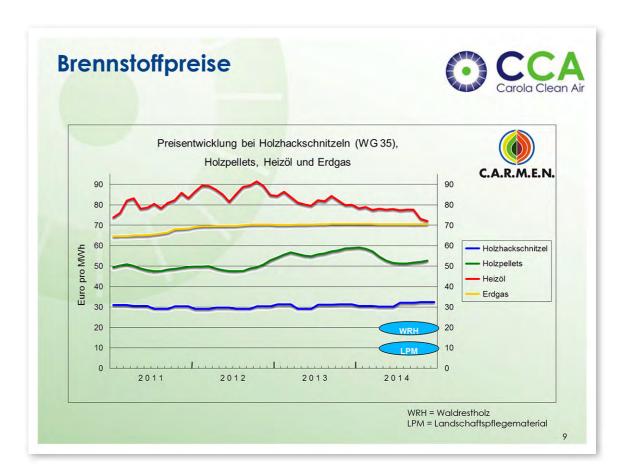


















# KONZEPTE VERSCHIEDENER HERSTELLER UND ENTWICKLER – TEIL II

Prof. Dr.-Ing. Stefan Beer, Institut für Energieverfahrenstechnik und Fluidmechanik GmbH, Weiden

## Neue Ansätze zur Optimierung und Verbesserung der Betriebssicherheit von Kleinelektrofiltern

Prof. Dr.- Ing. Stefan Beer

Institut für Energieverfahrenstechnik und Fluidmechanik GmbH An-Institut an der Technischen Hochschule Amberg-Weiden

Schönseer Str. 35, 92539 Schönsee/Opf.

Tel.: 09674-8692 Fax: 09674-924544

E-Mail: s.beer@oth-aw.de Web: www.oth-aw.de/beer

Die Entwicklung von Kleinelektrofiltern für Biomasseheizkessel erfährt seit der Novellierung der 1. BlmSchV eine starke Dynamik. Eine hohe Anzahl von Heizkesseln nach dem Stand der Technik wird in der Praxis erhebliche Probleme mit der Einhaltung des Emissionsgrenzwerts für Staub (20 mg/m3 bei 13 % 02) bekommen. Die Entwicklung von Kleinelektrofilteranlagen ist derzeit soweit fort geschritten, dass bei entsprechender Beachtung der physikalischen Grundlagen der elektrostatischen Staubabscheidung eine sichere verfahrenstechnische Auslegung hinsichtlich der Einhaltung des Staubgrenzwertes für eine definierte Anwendung möglich ist. Zahlreiche unabhängige Untersuchungen haben gezeigt, dass das Elektrofilterprinzip für typische Stäube aus modernen, geregelten Biomassekesseln (hoher Anteil anorganischer Stäube) sehr gut geeignet ist.

Allerdings treten im Praxisbetrieb häufig Probleme beim An- und Abfahren von Biomassekesseln (Rußbeläge auf Isolatoren, Betauung von Isolatoren) sowie im Dauerbetrieb mit starken Staublagerungen auf. Viele Kleinelektrofilter verfügen über keinerlei automatisierte Abreinigungsvorrichtungen für Niederschlags- und Sprühelektroden. Im vorliegenden Übersichtsbeitrag werden ausgehend von der Betrachtung von technischen Lösungen für Industriefilteranlagen Lösungsansätze zur Verbesserung der Betriebssicherheit speziell für sehr kleine Elektrofilteranlagen aufgezeigt und durch Messergebnisse belegt.



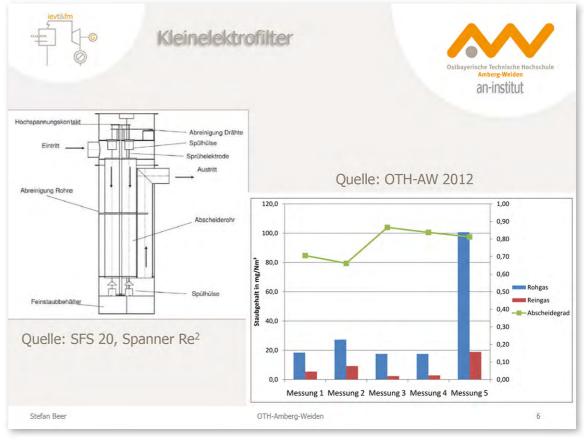


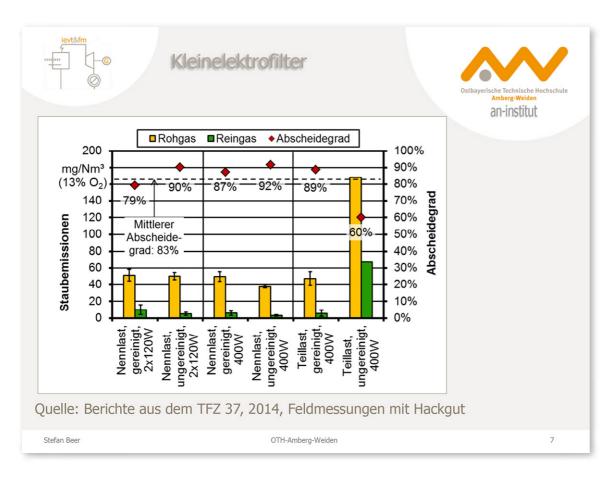
Abscheider-Fachgespräch 2015 Abscheider-Fachgespräch 2015 2015 Abscheider-Fachgespräch 2015 73

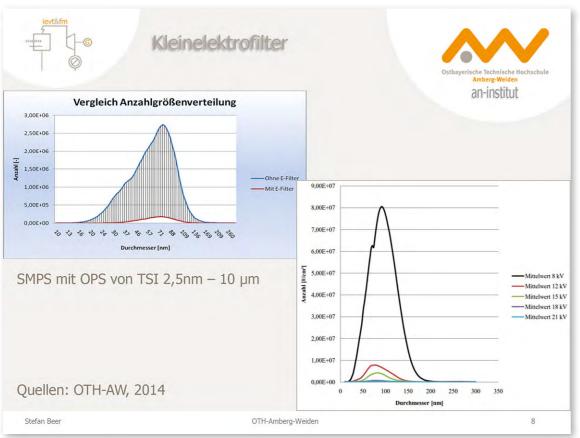










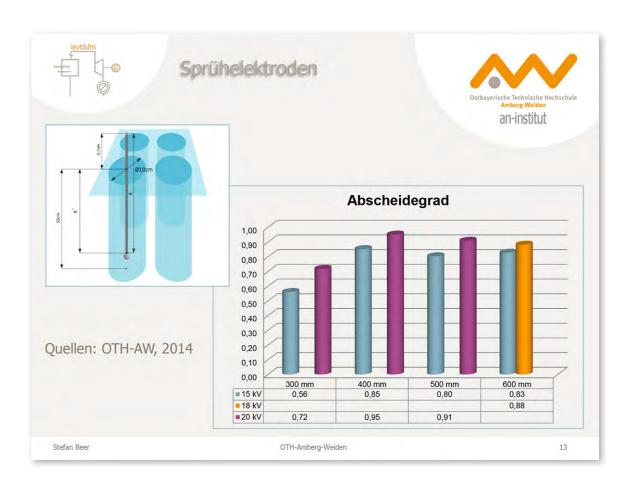




















Alexander Berhardt, IZES gGmbH, Saarbrücken

# Entwicklung des elektrostatischen Staubabscheidesystems für Biomassefeuerungen der IZES gGmbH: Start der Kleinserie

Alexander Berhardt, Dr. Bodo Groß Institut für ZukunftsEnergieSysteme - IZES gGmbH Altenkesselerstraße 17 Geb. A1, 66117 Saarbrücken Tel.: +49 (0) 681 9762 861

E-Mail: berhardt@izes.de Web: http://www.izes.de/

Die IZES gGmbH befasst sich, aufgrund der Neufassung der 1. BlmSchV vom 22. März 2011, seit einigen Jahren mit dem Thema der Emissionsminderung bei kleinen Biomasseheizkesseln durch den Einsatz geeigneter elektrostatischer Staubabscheidesysteme. Anknüpfend an das im August 2014 erfolgreich abgeschlossene OPTIDUST Projekt, indem ein elektrisches Staubabscheidesystem für zwei Test-Biomassekessel entwickelt und erforscht wurde, wird dieses System derzeit in Zusammenarbeit mit der HOVAL AG in einen Kleinserientest überführt. Der Kleinserientest soll vor allem die Systemeigenschaften "Langzeittauglichkeit, Massentauglichkeit und Breiten- bzw. Nutzertauglichkeit" nachweisen bzw. herstellen, sodass Mitte 2017 ein marktreifes Produkt verfügbar ist. Das Herzstück des Filtersystems bildet auf der Hochspannungsseite der Elektrostatischer Filter Controller (kurz: EFC). Dieser realisiert einerseits die Bereitstellung der benötigten Hochspannung und andererseits die mit einem intelligenten Algorithmus arbeitende Regelung des Elektrofilters.

Unter Einbeziehung eigener, sowie ausgewählter Messwerte des Kessels wird der aktuelle Betriebszustand ausgewertet und die Betriebsführung des Elektrofilters darauf optimal angepasst. Als weitere Besonderheit kann die Regelungseinheit über multiple Netzwerke aus der Ferne online ausgelesen und gewartet werden, sodass zu jederzeit eine zentralisierte Erfassung und Überwachung aller im Feldtest befindlichen Elektrofilter durchgeführt wird. Die zweite Kernkomponente wird durch die Filterstrecke dargestellt. Diese kann entweder bei entsprechender Platzverfügbarkeit im Kessel direkt integriert werden oder als adaptive Lösung ausgeführt werden. Als adaptive Lösung wird die eigens entwickelte und in mehreren Größen ausgeführte Filterbox entweder als dann Kesselbestandteil direkt in den Abgasweg des Kessels (zwischen letztem Kesselzug und Saugzuggebläse) integriert oder nachgeschaltet in den Abgasweg installiert. Mit bereits ersten Ergebnissen der Heizperiode 2014/2015, werden innerhalb der Kleinserie bis Ende 2015 insgesamt 16 Kesselanlagen mit einer prototypischen Vorserie des IZES Elektrofilters ausgerüstet. Das Spektrum der Kesselsysteme erstreckt sich dabei über die verschiedenen Kesseltypen "Holhackschnitzel-, Pellet- und Stückholzkessel" mit einer Nennwärmeleistung von derzeit bis zu 160 kW.



### **OPTIDUST**



Vorgängerprojekt "OPTIDUST"

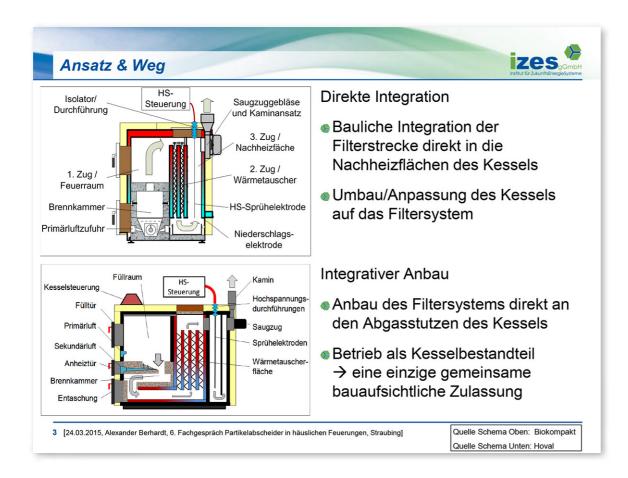
"Entwicklung eines kompakten, universell einsetzbaren Staubfiltersystems, bestehend aus Kontroll- und Abscheideeinheit, und dessen Integration in Biomassezentralheizkessel"

FKZ: 11NR007; gefördert durch das BMEL, betreut durch die FNR Erfolgreich abgeschlossen in 08/2014

### Wichtigste Erfolge:

- Entwicklung des EFC 200 als prototypisches Laborgerät
- Entwicklung und Auslegung der Hoval Filterbox 50 als integrativer Anbau
- Entwicklung der notwendigen Peripherie (Isolatoren Version 1 & 2 für die HS-Durchführung, HS-Verbindungssystem, Daten Logger Software...)
- Durchführung von Labor- und Techinkumsversuchen

2 [24.03.2015, Alexander Berhardt, 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen, Straubing]





# IntEleKt: Ziele Ziele für IntEleKt "Integrierter Elektrofilter im Kleinserientest" Einhaltung der 2. Stufe der 1. BlmSchV (22. März 2010) für Staubemissionen Langzeittauglichkeit → Betrieb muss "24/365" ohne Probleme möglich sein Massentauglichkeit → System muss für verschiedenste Anwendungsfälle (Kessel) geeignet sein Praxistauglichkeit → Einsatzfähigkeit als Produkt (kombiniert mit Kessel, durch Dritte anwendbar/einbaubar etc.)



Abscheider-Fachgespräch 2015 Abscheider-Fachgespräch 2015 Scheider-Fachgespräch 2015

### IntEleKt: Entwicklungsarbeiten 2014/2015



### Weiterentwicklung EFC 201, 201+ und 201<sup>2</sup>

- Fernauslesbare und fernwartbare Hochspannungskontroll- und Versorgungseinheit
- Online Darstellung der aktuellen Werte des Systems
- Möglichkeit zur Aufnahme weiterer Messwerte (bspw. Kesselparameter etc.)
- Entwicklung eines Hochspannungsstecksystems
- Eingelötete HS-Kabel, vollständig Zug- und verdrillentlastet
- Anschluss an Isolatoren und EFC über gleiches Prinzip
- Realisierung der Kesselanbindung
- Intelligenter und eigenständiger Algorithmus zur Steuerung des Filterbetriebs in Abhängigkeit des aktuellen Betriebszustandes (auch des Kessels)

7 [24.03.2015, Alexander Berhardt, 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen, Straubing]

# IntEleKt: Entwicklungsarbeiten 2014/2015 Neu- und Weiterentwicklung Filterbox



- Entwicklung Filterbox 25 mit flexiblem Kaminanschluss
- 8 Kamin- bzw. Elektrodenanschlüsse verfügbar
- Ascheklappe am unteren Ende

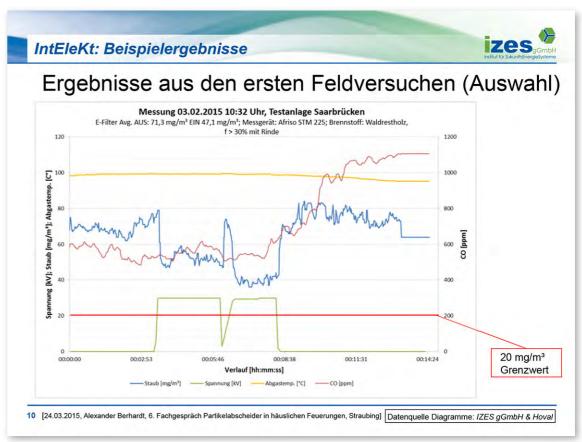


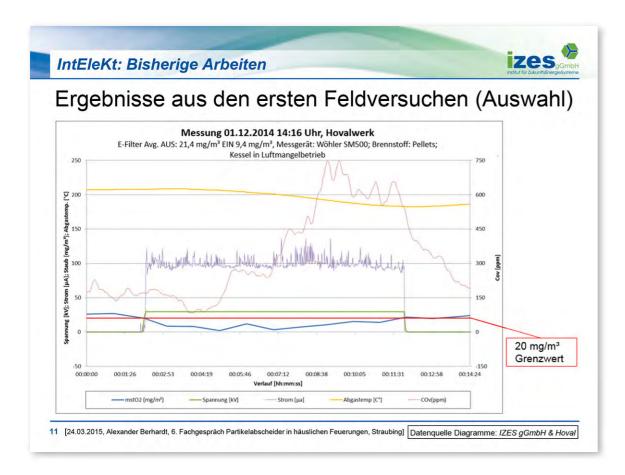
- Entwicklung Filterbox 50
- Elektroden- & Kaminanschluss oben
- Saugzug rückseitig montierbar
- Entwicklung Filterbox 160
- Elektrodenanschluss an der Oberseite
- Kaminanschluss an der Rückseite

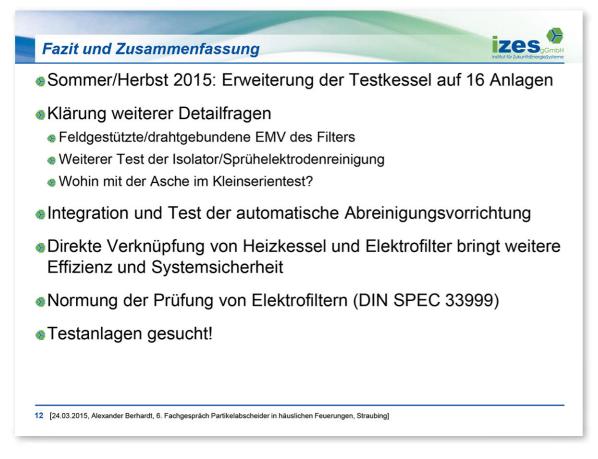
8 [24.03.2015, Alexander Berhardt, 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen, Straubing]

Urheber Foto: Hoval
Quelle Grafik: Hoval

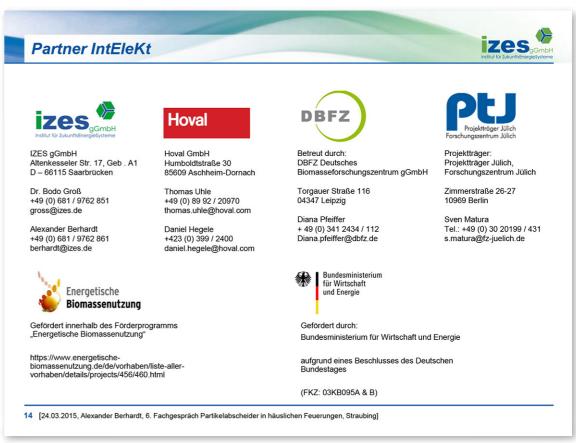












Abscheider-Fachgespräch 2015 Abscheider-Fachgespräch 2015 Scheider-Fachgespräch 2015

Partikelabscheider Airjekt 25 - Airjekt 25, 50, 100 ...

Florian Volz, Kutzner + Weber GmbH, Maisach

### Partikelabscheider Airjekt 25 - Airjekt 25, 50, 100 ...

Florian Volz

Kutzner + Weber GmbH

Frauenstraße 32, 82216 Maisach

Tel.: +49 (0) 8141 - 957 - 0

Fax: +49 (0) 8141 - 957 - 500

E-Mail: info@kutzner-weber.de

Web: www.kutzner-weber.de

Abstract lag bei Redaktionsschluss nicht vor.





Florian Volz
Partikelabscheider Airjekt 25 - Airjekt 25 - Airjekt 25, 50, 100 ...

### Produkte Partikelabscheider





- Bisher bekannt als Zumikron ®
- · Zugelassen für Scheitholz bis 25 KW
- Neu: Zulassung f
  ür automatisch beschickte Anlagen bis 50 kW
- Abscheidegrad > 50%

92







Airjekt 25

- Für Automatisch beschickte Anlagen bis bis 25 kW AJ 25
- Automatische Abreinigung
- Abscheidegrad > 70%
- Weitere Größen geplant
- Leistung bis 50/100kW-AJ 50/100
- Beliebig kaskadierbar

Innovation—Umwelt—Mensch



## Partikelabscheider Airjekt 25

für Pellets- und Hackgutkessel, Stückholz





Innovation—Umwelt—Mensch



### Anforderungen Airjekt 25, 50,100

- Gesamtanlage muss den Grenzwertes von 20 mg/m³ i.N. einhalten
- Preiswert da Biomassefeuerung bereits sehr hohe Investitionskosten
- Bei Rohgaskonzentration von 50-70 mg/m³ i.N. (Hackschnitzelkessel)
   Abscheidegrad > 60% ausreichend
- Wartungsintervall maximal 1 x jährlich
  - → automatische Abreinigung der Abscheideflächen erforderlich
  - → auffangen des gesammelten Staubes in einem Behälter
- Keine Entsorgung über Abwasser (Umwelt, Kosten)
- Leistungsbereich 25, 50, 100, bei größeren Anlagen Parallelschaltung möglich
- Niedriger Druckverlust, ca. 5 Pa





### Entwicklungskern

### Knackpunkte:

Steuerung und Hochspannungsquelle bisheriger Elektrostatioscher Partikelabscheicer sehr teuer

→ Neuentwicklung einer preiswerten Steuerung mit integrierter HV-Quelle auf die Anforderungen zugeschnitten

Reinigung ohne Austrag von groben Partikeln wg. Verschmutzung der näheren Umgebung des Schornsteins

Reinigung mit Wasser vorteilhaft, aber bei konventionelle Systemen Abwasseranschluss erforderlich und teuer / Umwelt

→ Entwicklung mit Projektpartner, innovative und patentierte Lösung durch Eintrocknen der Rückstände durch das heiße Abgas.

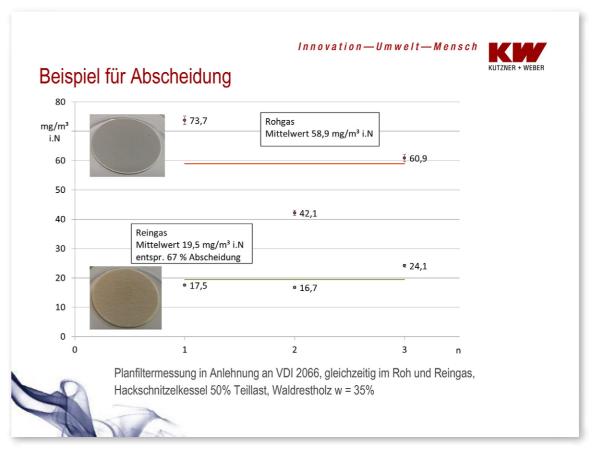


Partikelabscheider Airjekt 25 - Airjekt 25, 50, 100 ...









Florian Volz
Partikelabscheider Airjekt 25 - Airjekt 25, 50, 100 ...

### Innovation—Umwelt—Mensch



### **Technische Daten**

Werkstoff abgasberührte Teile Edelstahl V4A

Leistungsaufnahme 20W – 50W, (0,5 W Standby)

Hochspannung 15-20 KV modulierend

Versorgungsspannung 230 VAC

Wasseranschluss Trinkwasser, min. 2,5 bar, 500 - 3500 l/Jahr

Abscheidegrad > 70 %

Max. Abgastemperatur bis 200 °C

Leistung Feuerstätte bis 25, 50, 100kW

Durchmesser Abgassystem 130, 150,180 mm

Maße mm (L, B, H) 500, 250, 1100-1130

Druckverlust bei max. Leistung ca. 5 Pa
Reinigungsintervall Anlage 1 x Jährlich
Rußbox 1 – 4 x Jährlich





### **Fazit**

Vorteile des Airjekt 25, 50, 100

- •Ausreichend hoher Abscheidegrad von 70 %
- •Geringer Wartungsaufwand dank automatischer Abreinigung
- •Bei allen Kesselanlagen nachrüstbar
- Förderfähig mit 750 € bei Nachrüstung
- Förderfähig mit 850 € bei Neubau
- Zulassung DIBT angestrebt
- •System verfügbar ab Mitte 2015



Innovation—Umwelt—Mensch

### Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Florian Volz

Kutzner + Weber GmbH Frauenstraße 32 D-82216 Maisach

Telefon: +49 (0) 8141 - 957 - 0 Telefax: +49 (0) 8141 - 957 - 500

E-Mail: info@kutzner-weber.de Internet: www.kutzner-weber.de

Dr. Uwe Petasch, Fraunhofer IKTS, Dresden

### Katalysierte Filter für Einzelraumfeuerstätten

Dr. Uwe Petasch<sup>1</sup>, Dipl.-Krist. Jörg Adler<sup>1</sup>, Dipl.-Ing. Uwe Striegler<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme - IKTS

Tel.: +49 (0)351 2553-7616 Fax: +49 (0)351 2554-196

*E-Mail: uwe.petasch@ikts.fraunhofer.de* 

Web: www.ikts.fraunhofer.de

<sup>2</sup> HARK GmbH & Co. KG

Kamin- und Kachelofenbau

Hochstraße 197-213, 47228 Duisburg Rheinhausen (Hochemmerich)

Tel.: (02065) 997 - 0 Fax: (02065) 997 - 199

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt des Fraunhofer IKTS, Dresden und der Hark Kamin- und Kachelofenbau GmbH & Co. KG, Duisburg wurden Potenziale beim Einsatz katalysierter Filter in Einzelraumfeuerstätten untersucht. Diese stellen eine Weiterentwicklung der bereits im Jahr 2008 in "ECOplus" Feuerstätten der Fa. Hark eingeführten keramischen Feinstaubfilter dar.

Katalysatoren können einen zusätzlichen Beitrag zur Emissionsminderung von Einzelraumfeuerstätten leisten. Für die Erreichung optimaler Ergebnisse ist aber immer eine Abstimmung des Katalysators auf die Betriebsbedingungen der jeweiligen Feuerstätte notwendig. Unter Beachtung dieser Voraussetzungen erreichten die katalysierten Filter eine hohe Wirksamkeit zur Verringerung von CO- und HC-Emissionen. Neben Laboruntersuchungen wurde die katalytische Wirksamkeit mit Unterstützung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart im realen Feuerstättenbetrieb getestet. Die hohe katalytische Aktivität bleibt auch in Auslagerungsversuchen unter Nennlast-, Wechsellastbedingungen und bei Verwendung unzulässiger Brennstoffe nahezu unverändert. Darüber hinaus wurde auch in bisherigen Anwendungsuntersuchungen keine nachlassende Wirkung oder Verschleiß der katalysierten Filter festgestellt.

Die derzeit laufen Feldtestuntersuchungen bilden die Grundlage für eine späteren Einsatz der katalysierten Filter. Verfahren für die industrielle Herstellung bei der Fa. Hark wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens bereits ausgearbeitet und erfolgreich eingeführt.

### KATALYSIERTE FILTER FÜR EINZELRAUMFEUERSTÄTTEN

Dr. Uwe Petasch, Dipl.-Krist. Jörg Adler – Fraunhofer IKTS

Dipl.-Ing. Uwe Striegler – HARK Kamin- & Kachelofenbau GmbH & Co. KG











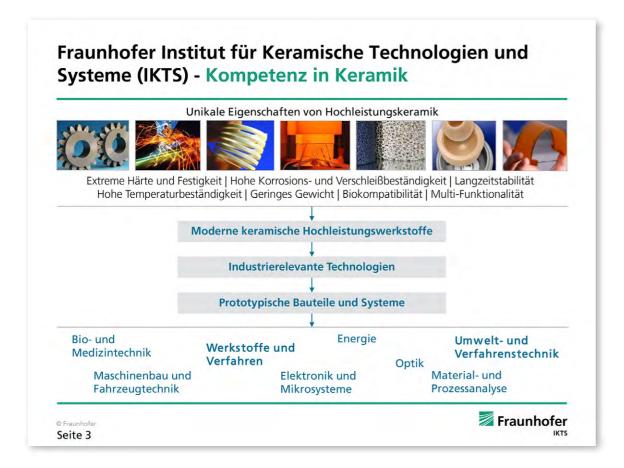


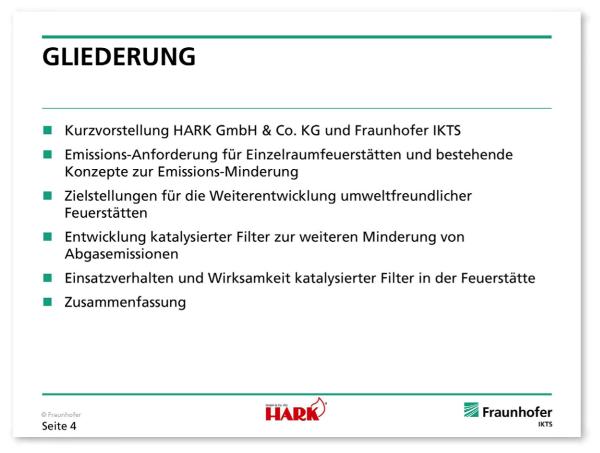




© Fraunhofer

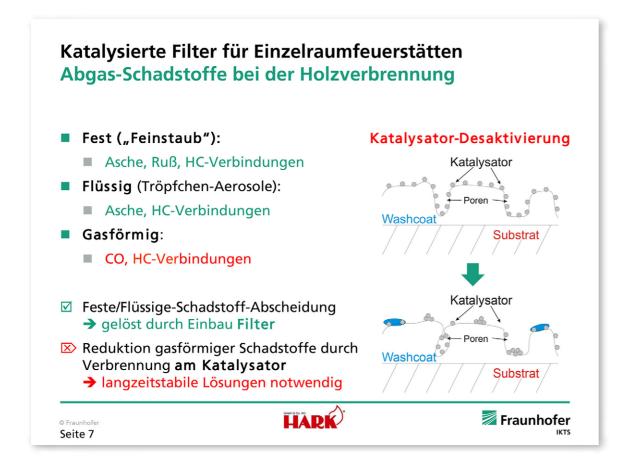






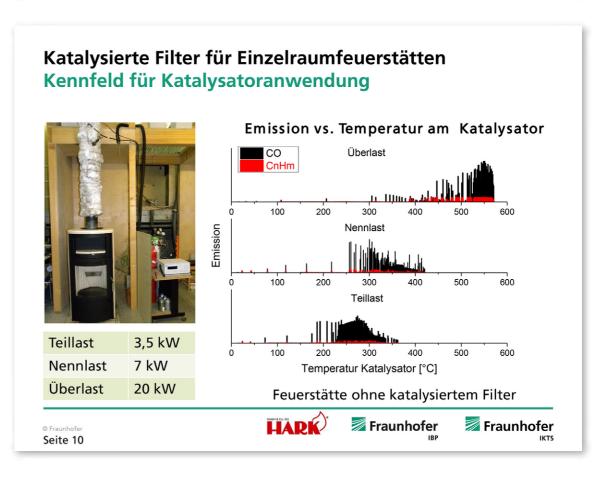
# Katalysierte Filter für Einzelraumfeuerstätten Abgas-Schadstoffe bei der Holzverbrennung Fest ("Feinstaub"): Asche, Ruß, HC-Verbindungen Flüssig (Tröpfchen-Aerosole): Asche, HC-Verbindungen Gasförmig: CO, HC-Verbindungen Gesetzliche Anforderungen Einzelraumfeuerstätten (BImSchV) Stufe I-2010: Staub 0,075 g/m³, CO 2,0 g/m³ Stufe II-2015: Staub 0,04 g/m³, CO 1,25 g/m³ Fraunhofer Seite 5

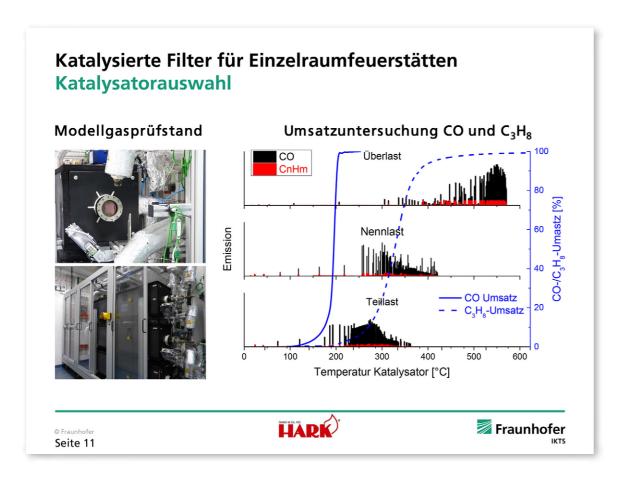


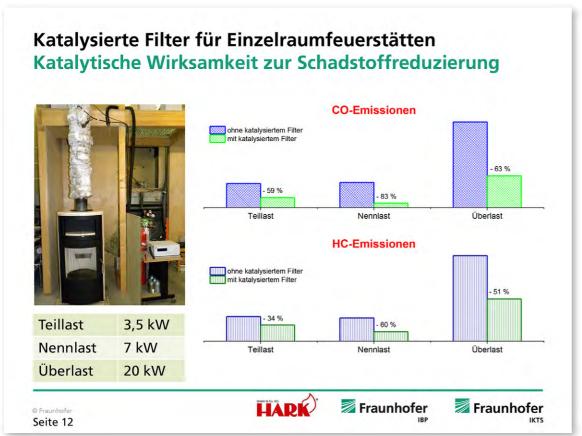


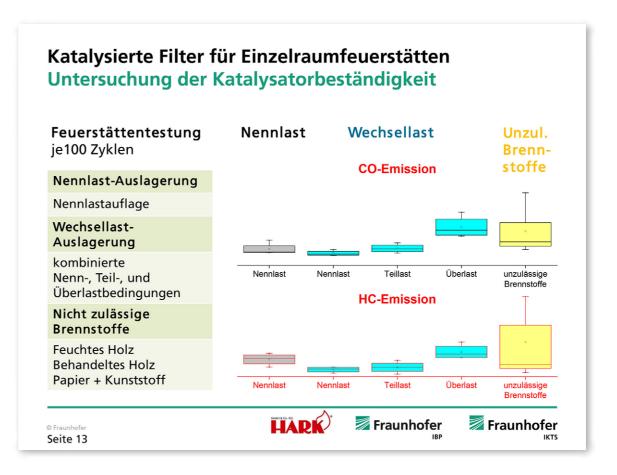


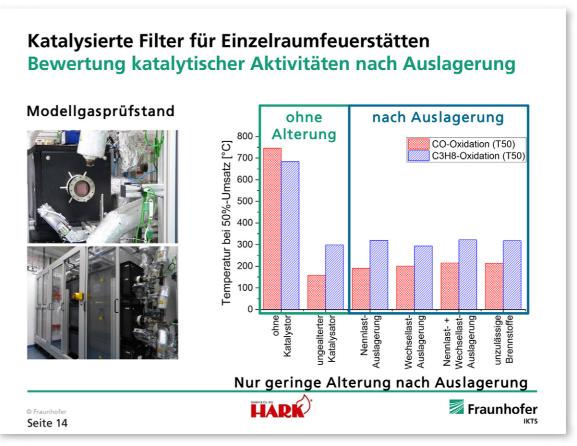
### Katalysierte Filter für Einzelraumfeuerstätten **Nutzertypische Anwendungsbedingungen** Nennlastbetrieb 350 250 Teillast 3,5 kW 7 kW Nennlast Zeit [min] Überlast 20 kW Feuerstätte ohne katalysiertem Filter HARK Fraunhofer Fraunhofer Seite 9











Uwe Petasch, Jörg Adler, Uwe Striegler
Erfahrungen aus aktuellen Forschungsprojekten - Teil I

### Katalysierte Filter für Einzelraumfeuerstätten Zusammenfassung

- Katalysatoren können zusätzlichen Beitrag zur Emissionsminderung von Einzelraumfeuerstätten leisten
  - → für optimale Ergebnisse ist Abstimmung auf Betriebsbedingungen der jeweiligen Feuerstätte notwendig
- Katalysierte Filter zeigen im Feuerstättenbetrieb eine hohe Wirksamkeit zur Verringerung von CO- und HC-Emissionen
- Hohe katalytische Aktivität bleibt in Auslagerungsversuchen unter Nennlast-, Wechsellastbedingungen und unzulässigen Brennstoffen erhalten
- Keine nachlassende Wirkung oder Verschleiß des katalysierten Filters in Anwendungsuntersuchungen festgestellt
- Verfahren für die industrielle Herstellung bei der Fa. Hark wurde ausgearbeitet und eingeführt

© Fraunhofer Seite 15





ERFAHRUNGEN AUS AKTUELLEN FORSCHUNGSPROJEKTEN – TEIL I

Dr. Manuel Schwabl, bioenergy2020+, Graz/Österreich

# Zusammenspiel von Partikelabscheider und Feuerungsanlage – 3 Systemkombinationen und deren Herausforderungen

 ${\it Dr.\ Manuel\ Schwabl,\ Gabriel\ Reichert,\ Harald\ Stressler,\ Rita\ Sturmlechner,\ Christoph\ Schmidl}$ 

BIOENERGY 2020+ GmbH

Gewerbepark Haag 3, A 3250 Wieselburg

Tel.: +43 (0) 7416 52238-10, Fax: +43 (0) 7416 52238-99 E-Mail: office@bioenergy2020.eu Web: www.bioenergy2020.eu

Firmensitz Graz | Inffeldgasse 21b, A 8010 Graz

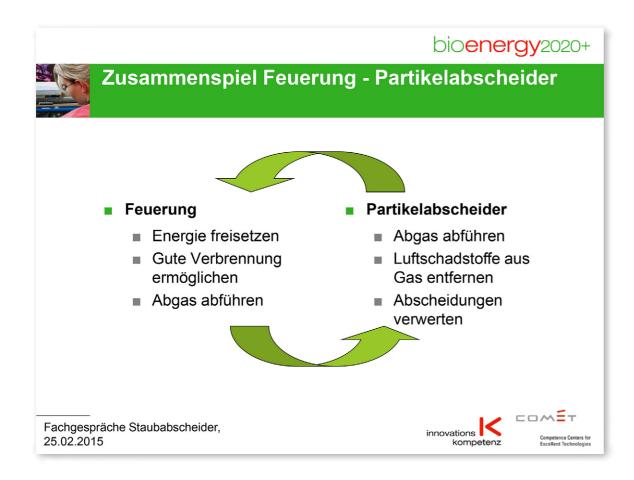
Biomassefeuerungen sind nachweislich insbesondere in den Wintermonaten für einen deutlichen Anteil der Partikelemissionen verantwortlich. Sekundäre Partikelabscheider können einen Beitrag liefern, diese Emissionen zu reduzieren – allerdings ist deren Effizienz auch von der Feuerungsanlage abhängig. Die Systemkombination von Partikelabscheider mit einer Feuerungsanlage kann dabei eine Herausforderung darstellen, welche im Zusammenspiel dieser bedingt ist. Diese Arbeit präsentiert das Zusammenspiel von 3 unterschiedliche Systemkombinationen: Scheitholzfeuerung mit Oxidations-Katalysator, Scheitholzfeuerung mit Elektroabscheider und Automatische Feuerung mit Gewebefilter.

Durch eine Reihe von Versuchsanordnungen und Literaturdaten werden kurz- und langzeitige Einflüsse auf den Abscheiderrad und die Verfügbarkeit der Abscheidertechnologie, sowie den Betrieb und Verfügbarkeit der Feuerung erörtert. Dabei wurden insbesondere Einflüsse der Druckdifferenz des Partikelabscheiders auf die Betriebsfähigkeit der Feuerungen, sowie deren Rückkopplung auf den Abscheider durch veränderte Abgaszusammensetzung untersucht. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Kombination von Scheitholzfeuerung mit Oxidations-Katalysator gelegt. Über einen gesamten Abbrand erfasste Abscheidegrade, zeigen die variable Effizienz der Katalysatorreaktion.

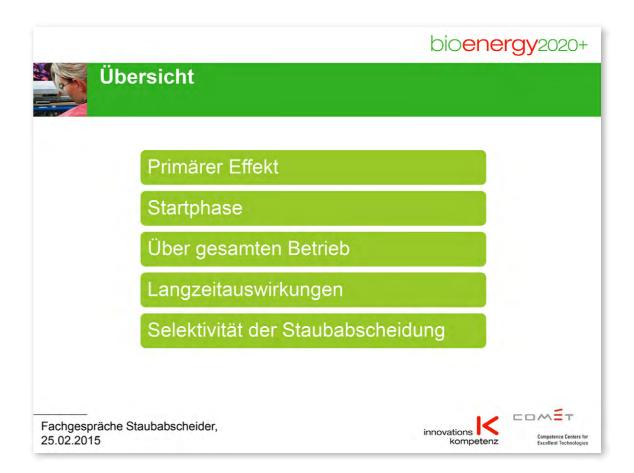
Langzeitversuche zeigen zusätzlich die Veränderung der Abscheideleistung über 100 Abbrände hinweg. Dadurch kann abgeschätzt werden, ob die Systemkombination auch unter Praxisbedingungen bzw. unter welchen Voraussetzungen einen effizienten Beitrag zur Reduktion der Staubemissionen leisten kann. Solche Untersuchungen legen den Grundstein für eine Nachhaltigkeitsbewertung von Emissionsreduktionsmaßnahmen. Nur wenn Reduktionseffizienz und Verfügbarkeit des Gesamtsystems gegeben sind, können Partikelemissionen auch nachhaltig im Feld reduziert werden und somit ein Beitrag zu einer verbesserten Luftqualität liefern.



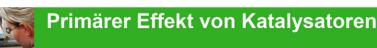












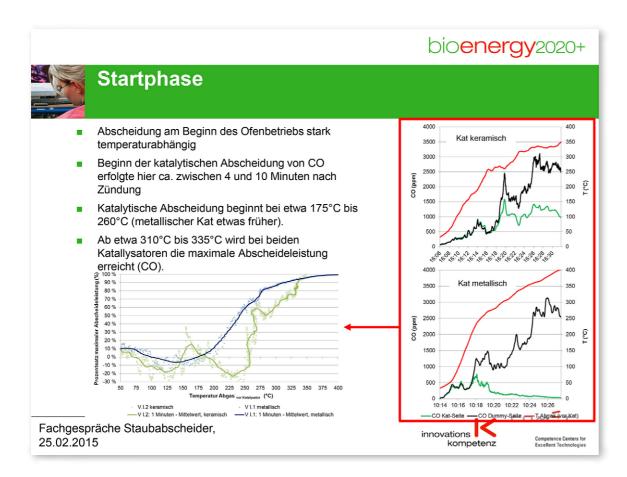
 Veränderungen durch Einbau von Katalysator ohne katalytischer Wirkung (Dummy)

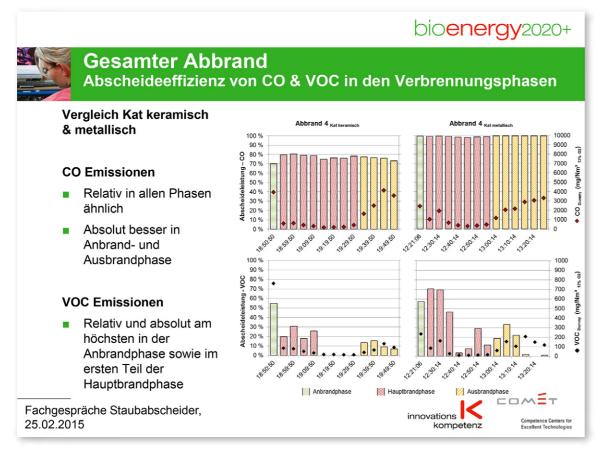
Scheitholzofen										
	Α	В	С	D	Mittelwert					
CO	10%	15%	33%	1%	15%					
VOC	11%	13%	24%		16%					
O2	-12%	-4%	-7%	-9%	-8%					
PM	38%	-42%	3%		0%					
Effizienz	-1%	0%	4%	0%	1%					

Fachgespräche Staubabscheider, 25.02.2015

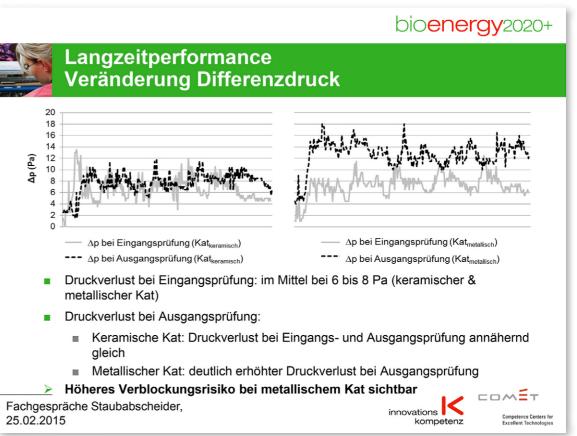


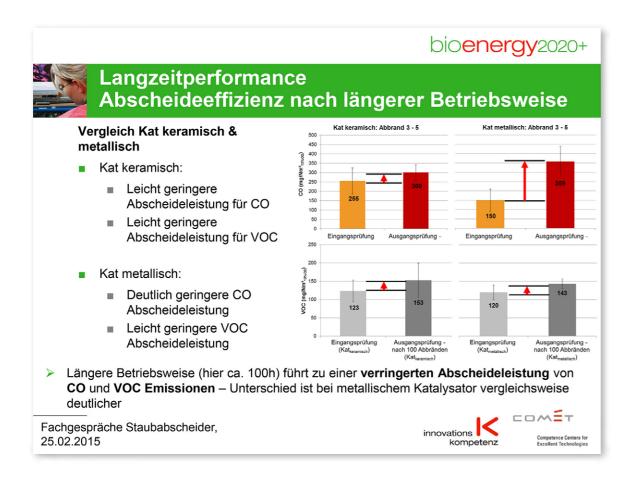


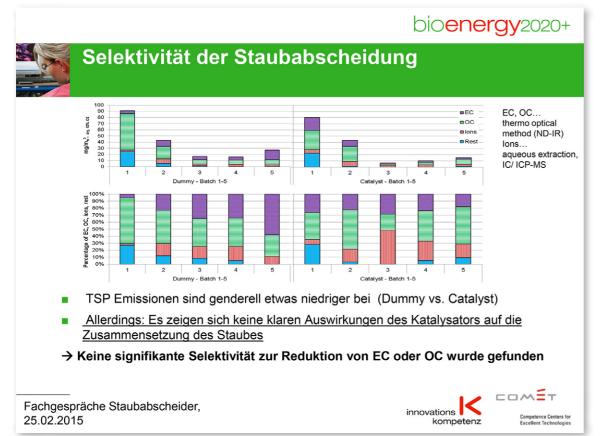




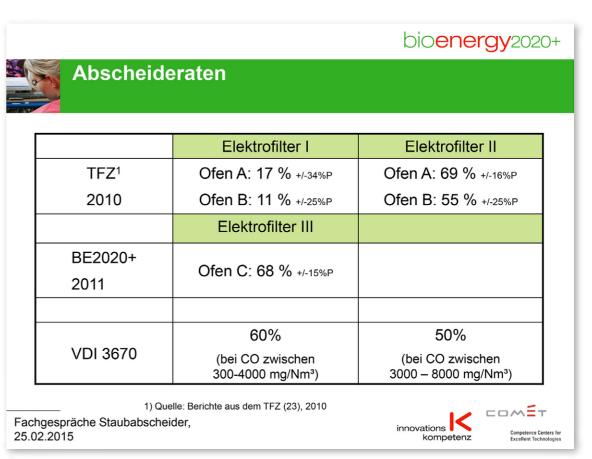












### bioenergy2020+



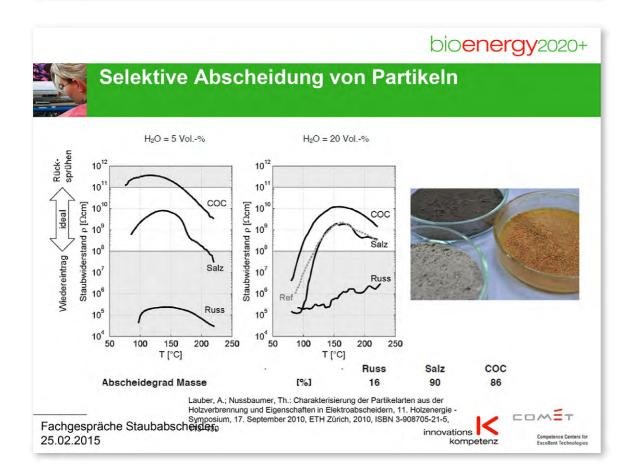
### **Abscheideraten**

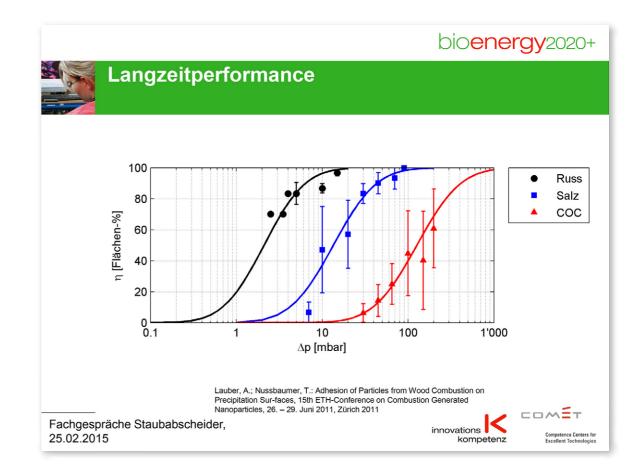
- Untersuchungsergebnisse vom TFZ Straubing und Bioenergy2020+ zeigen eine hohe Streuung der Abscheideraten für Staub von 10 – 70 % bei Öfen bis 35 kW (insgesamt 3 untersuchte Elektrofilter)
  - unterschiedliche Bauarten, Einbausituationen
  - Beeinflussung der gravimetrischen Staubmessung durch die elektrostatisch geladenen Partikel
  - Veränderliche Abgaszusammensetzung
- Der Praxiseinsatz von Elektrofiltern erfordert:
  - regelmäßige Staubabreinigung und Wartung
  - Schallisolierung bei E-Filter im Wohnraum
  - Anzeige von Betriebsausfällen

Fachgespräche Staubabscheider, 25.02.2015









### bioenergy2020+

### Rückwirkung auf Feuerungsanlage

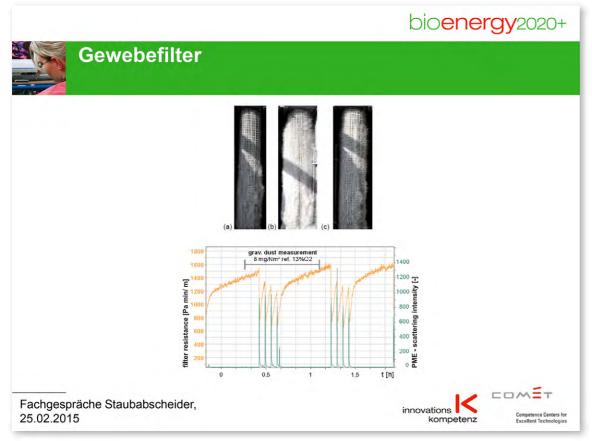
- Praktisch keine,
- Bei Systemen mit Spülluft wäre eine Beeinflussung des Kaminzuges möglich.

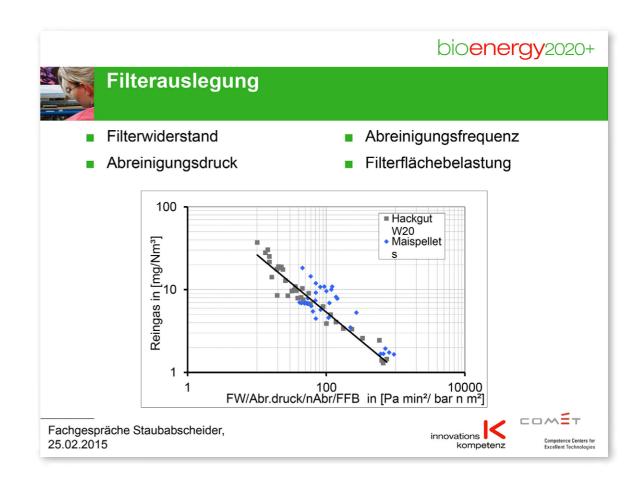
Fachgespräche Staubabscheider, 25.02.2015













### bioenergy2020+



### Herausforderungen

- ... an Partikelabscheider
  - Art des Staubes / gasförmige Bestandteile
  - Langzeitperformance Regenerationsfähigkeit
  - Variabler Volumenstrom
- ... für Feuerungsanlage
  - Veränderung der Zugbedingungen
  - Kurzfristige Druckschwankungen

Fachgespräche Staubabscheider, 25.02.2015





### bioenergy2020+



### Herausforderungen

	KAT	E-Abscheider	Gewebefilter					
Abscheidegrad TSP	~	+	++					
Wirksamkeit beeinflusst durch								
Veränderung Staubbedingungen	~ (?)	+	~ / ++					
Langzeitbetrieb	++	+	~					
Variabler Volumenstrom	+	+	+					
Einfluss auf Feuerung:								
Veränderung Druckbedingungen	++	~	++					
Kurzzeitige Druckveränderung	~	~/+	++					

Fachgespräche Staubabscheider, 25.02.2015







## bioenergy2020+

### Emissionen nachhaltig reduzieren

Fachgespräche Staubabscheider, 25.02.2015





### bioenergy2020+



### Nachhaltige Emissionsreduktion könnte bedeuten...

- Emissionsproduktion vermeiden
- Möglichst hohe Marktdurchdringung mit Staubabscheidern
- Aufwand Nutzenabschätzung: Aufwiegen der Lebenszykluskosten mit Emissionsreduktion über den Lebenszyklus und dem resultierenden gesellschaftlichen Nutzen

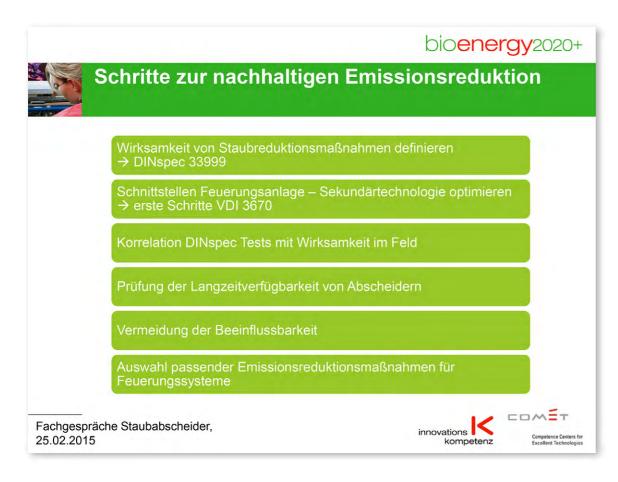
### Nachhaltiges reduzieren von Staubemissionen ermöglichen mit Staubabscheidern durch ...

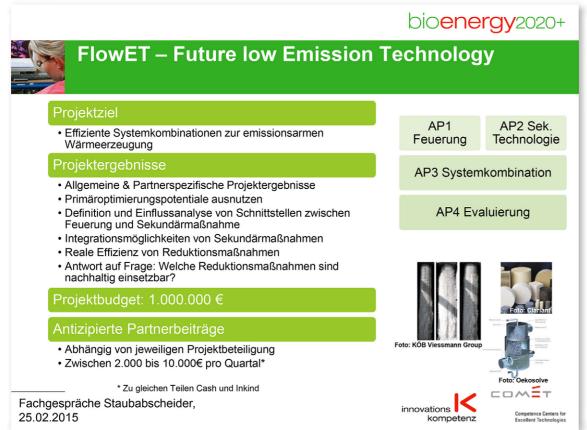
- Einsatz von Staubreduktionsmaßnahmen
- Abscheiderate/Wirksamkeit
- Verfügbarkeit
- Beeinflussbarkeit

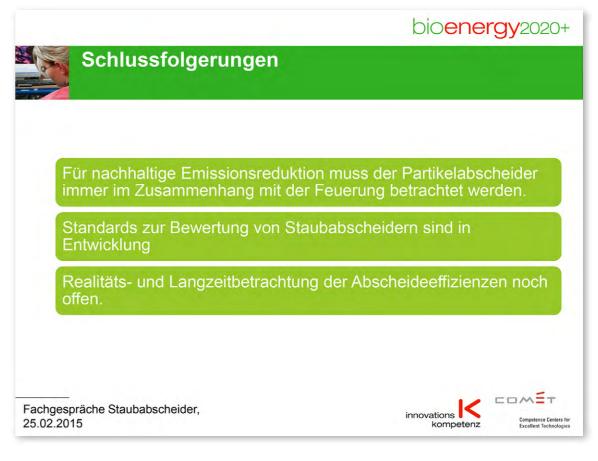
Fachgespräche Staubabscheider, 25.02.2015













Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker, Abteilung Technologie der Energierohstoffe, RWTH, Aachen

### Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen

Prof. Dr.-Ing. Peter Georg Quicker RWTH Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe Wüllnerstr. 2, 52062 Aachen Tel.: +49 (0)241 80 95705

E-Mail: quicker@teer.rwth-aachen.de

Durch die Vorgaben der 1. BImSchV und die vermehrt in der Öffentlichkeit diskutierte Feinstaubproblematik ist die Notwendigkeit marktreifer und zuverlässiger Technologien für die Feinstaubabscheidung aus Biomassekleinfeuerungsanlagen in den letzten Jahren weiter gewachsen. Das Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe (kurz TEER) der RWTH Aachen hat in Zusammenarbeit mit der dezentec Ingenieurgesellschaft mbH im Rahmen eines durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) und das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Projekts einen Feinstaubfilter entwickelt, mit dem die neuen Grenzwerte sicher eingehalten und sogar weit unterschritten werden können.

### **Funktionsweise des Filters**

Der Filter basiert auf dem Mechanismus der Tiefenfiltration und grenzt sich so zu den auf elektrostatischer Basis arbeitenden, bereits auf dem Markt erhältlichen Systemen ab. Die Partikel des Rauchgases werden im Inneren des Filtermediums sequestriert und so der Umwelt endgültig entzogen. Durch umfangreiche Grundlagenuntersuchungen ist Glaswolle als ein geeignetes Filtermedium für die bei Holzfeuerungen relevanten Partikelklassen (PM 10, PM 2,5 und kleiner) identifiziert worden. Die Einzelfasereigenschaften (Durchmesser und Material) und besonders die Eigenschaften der Glaswollstruktur (Packungsdichte und Faserorientierung) ergeben zusammen eine sehr gute Abscheideeffizienz und erwiesen sich gegenüber Kondensation und aggressiven Abgasbestandteilen als unproblematisch.

Auf Grundlage von Labor- und Technikumsuntersuchungen wurde ein konstruktiv und strömungstechnisch optimierter Filter entwickelt und bereits in mehreren Prototypen umgesetzt. Der Staubabscheider ist als Kaminaufsatz konzipiert und ist damit am Ende des Rauchgasweges positioniert. Im Betrieb wird das Rauchgas mittels eines Ventilators durch mehrere Filtertaschen gesaugt und dabei gereinigt. Nach vollständiger Beladung muss der Filter gewechselt werden. Es ist geplant den Filter so zu dimensionieren, dass maximal ein Filterwechsel pro Heizperiode für den sicheren Betrieb ausreicht.

### Leistungsfähigkeit des Filters

Die Abscheideeffizienz des Tiefenfilters ist dem Funktionsprinzip entsprechend besonders hoch. In Technikumsversuchen und Praxistests wurden Reingaskonzentrationen von unter 1 mg/m³i.N. sicher erreicht. Diese Ergebnisse konnten unabhängig vom verwendeten Feuerungstyp (Kaminofen, Pelletofen und Hackgutheizung) bestätigt werden. Auch bei hohen Rohgaskonzentrationen von bis zu 130 mg/m³i.N. wurden sehr hohe Abscheideleistungen gemessen, sodass im Normalbetrieb ein relativer Abscheidegrad von deutlich über 90 % erwartet werden kann.

### **Weiteres Vorgehen**

Seit November 2014 wird die Entwicklung in einem ebenfalls von FNR und BMEL geförderten Folgeprojekt weiter vorangetrieben. Mit der Implementierung der Steuerungseinheit ist aktuell ein weiterer wesentlicher Entwicklungsschritt in Bearbeitung. Es folgen eine strömungsoptimierte Konstruktion und Untersuchungen zur Erhöhung der Filterstandzeit. Ziel ist ein marktreifes und kostengünstiges System, welches auch in Zukunft einen wirtschaftlich tragbaren und dennoch umweltverträglichen Betrieb von Kleinfeuerungsanlagen im häuslichen Umfeld ermöglicht.



# Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen

Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker, Dipl.-Ing. Daniel Wohter, Dipl.-Ing. Florian Neuerburg Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe RWTH Aachen University

Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen
 Februar 2015 in Straubing





### Inhalt

- Projektüberblick
- II. Phase 1
  - i. Grundlagenuntersuchungen
  - ii. Prototypenentwicklung
- III. Phase 2
  - Langzeittests
  - ii. Überführung in die Serienreife



2 von 2

Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubin





### Projektüberblick



### **Entwicklungshistorie Feinstaubfilter**

### **Phase 1** 06/2011 – 05/2013

- Ansatz
  - Feinstaubabscheidung durch Tiefenfiltration
  - Entwicklung Prototyp
- Ergebnis
- Installation und Erprobung erster Prototypen in der Praxis
- Sicheres Einhalten der Grenzwerte der 2. Stufe 1.BimSchV

Team

7 von 29



Technologie der Energierohstoffe

Ziel



· Erweiterung Projektkonsortium

Phase 2 11/2014 - 10/2016

- Markfähigkeit

Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubing



### **Entwicklungshistorie Feinstaubfilter**

### Projektziele bei Entwicklungsbeginn

• Entwicklung eines Staubabscheiders auf Basis der Tiefenfiltration

8 von 29

Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubing

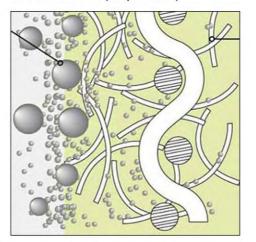




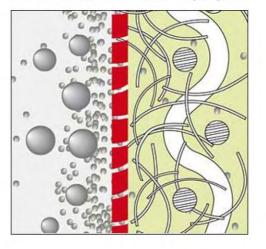
### **Entwicklungshistorie Feinstaubfilter**

### Filterprinzipien

### Tiefenfiltration (Deposition)



### Oberflächenfiltration (Abreinigung)



Quelle: https://www.groz-beckert.com

Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubing

TER



### **Entwicklungshistorie Feinstaubfilter**

### Projektziele bei Entwicklungsbeginn

- Entwicklung eines Staubabscheiders auf Basis der Tiefenfiltration
- Sehr niedriger Reingaskonzentration
- Sichere Deposition
- Angestrebte Eigenschaften
- Hohe Staubabscheideleistung
- Kostengünstig in
  - Anschaffung und Montage
  - Betrieb und Wartung
- Betriebssicher auch bei Störungen (z.B. Schwarzfall) → keine Blockade Rauchgasweg
- Leicht integrierbar in vorhandene Feuerungen und Bausubstanz
- Maximal ein Filterwechsel pro Heizperiode
- Untersuchung anorganischer Fasern und Naturfasern

Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubing





### 1. Projekthase

### Grundlagenuntersuchung und **Prototypenentwicklung**



### Grundlagenuntersuchungen

### Filtermaterialien

- Glaswolle
- Temperaturbeständig
- Chemisch inert
- Feuchteunempfindlich
- Faserdurchmesser 3 bis 6 μm
- Preisgünstig
- Naturfasern
  - Temperaturbeständigkeit ungenügend
- Ausreichende Stabilität gegenüber saurem Rauchgaskondensat (Baumwolle und Flachs)
- Deutlich gröbere Fasern im Vergleich zu Glaswolle







Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubing



Alpaka

Merino



### Grundlagenuntersuchungen

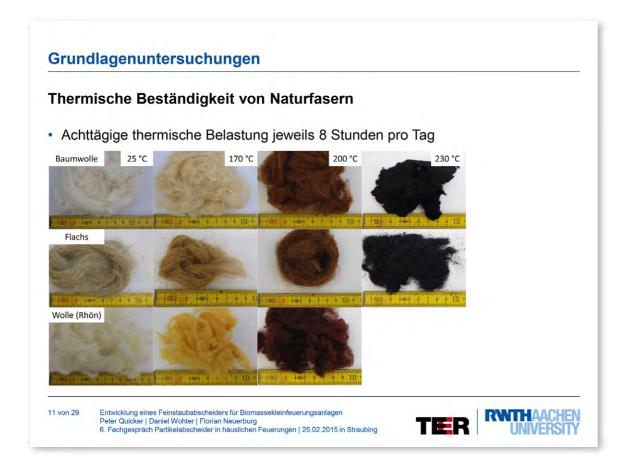
### Naturfasern

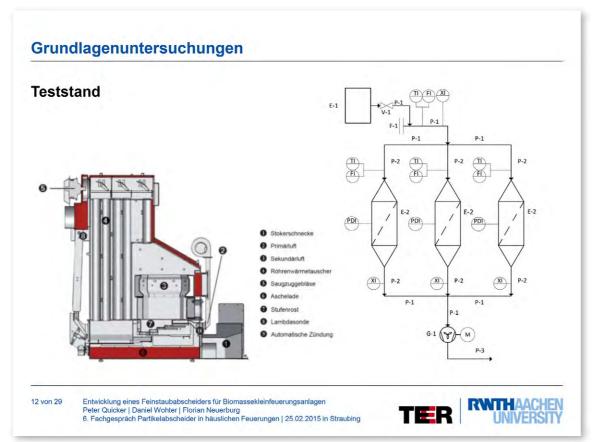


RWTHAACHEN

50 10 Faserdurchmesser (Mittelwert)

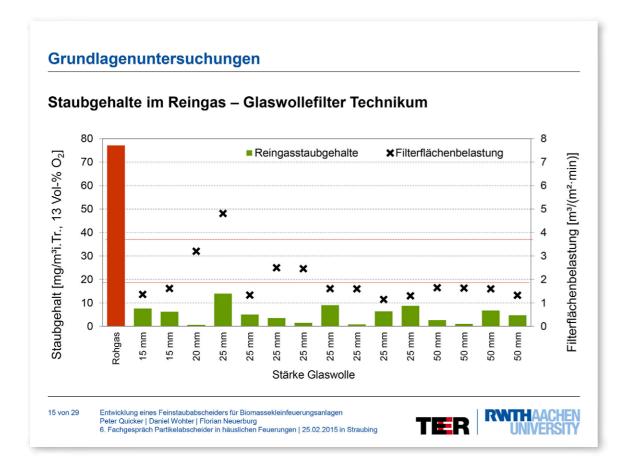
Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlager Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg
6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubing







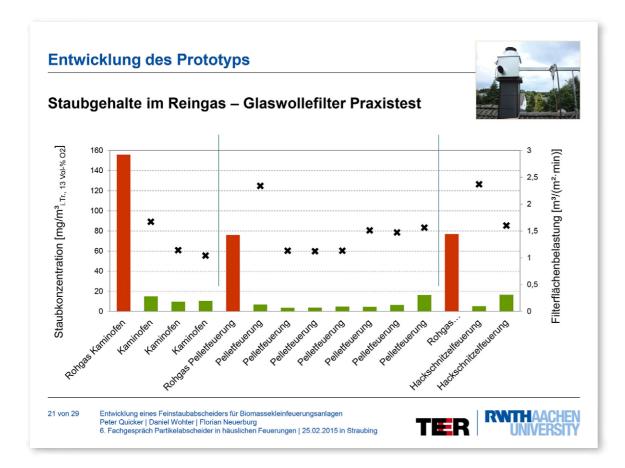






# Entwicklung des Prototypen Strömungsführung Blau: Rauchgasweg im Regelbetrieb Rot: Rauchgasweg bei einer Störung Abmessung ca. 0,5 x 0,5 x 0,5 m





### Zwischenfazit

### Fazit Projektphase 1

- Filtermaterial
- Naturfasern im angestrebten Temperaturbereich ungeeignet
- Glaswolle geeignetes Filtermedium
- Erfolgreiche Praxistests
- Hoher relativer Abscheidungsgrad, > 95 %
- Staubkonzentrationen unter 1 mg/m³ im Reingas möglich
- Patentanmeldung







22 von 29 Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubing



### Projekthase 2

### Überführung in die Serienreife



### Phase 2

### Projektziele

- · Bau und Weiterentwicklung Steuerung
- Konstruktive Optimierung
- Vereinfachter Medienwechsel
- Kostenreduktion
- Optik
- · Erhöhung Standzeit
- Optimaler Reglungsalgorithmus
- Erhöhung der Filteroberfläche
- Erhöhung des Staubaufnahmevermögens
- Praxistests
- Identifizierung der Filterwechsel- und Wartungsintervalle
- Nachweis Langzeitstabilität über vollständige Heizperiode

25 von 29

Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubing





Peter Quicker

Erfahrungen aus aktuellen Forschungsprojekten - Teil II

### Phase 2

### **Aktueller Stand**

- Implementierung Filter mit Steuerung an mehreren Praxisstandorten
- · Langzeitversuche in der Praxis
- Untersuchung weiterer Filtermedien (Material und Bauform)
  - Abscheidung = f (Anströmung, Partikelgröße, Porosität Filter, Faserstärke, ...)
- Prüfung Konstruktion
- Neue und alternative Konstruktionsmaterialien
- Wirtschaftliche Fertigung



26 von 2

Entwicklung eines Feinstaubabscheiders für Biomassekleinfeuerungsanlagen Peter Quicker | Daniel Wohter | Florian Neuerburg 6. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen | 25.02.2015 in Straubing





### Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker

RWTH Aachen University 52056 Aachen

www.teer.rwth-aachen.de



### **ERFAHRUNGEN AUS AKTUELLEN FORSCHUNGSPROJEKTEN – TEIL II**

Dr. Ingo Hartmann, DBFZ/ETE EmTechEngineering GmbH, Leipzig

### Emissionsminderung und Effizienzsteigerung an Kaminöfen mittels eines Nachrüstmoduls

Dr. Ingo Hartmann, Miriam Matthes

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

E-Mail: ingo.hartmann@dbfz.de

Im Jahr 2013 waren nach Sanner et al.¹ 55 Millionen Einzelraumfeuerungen in Europa im Einsatz. 1,85 Millionen Anlagen wurden pro Jahr verkauft. Aufgrund des Chargenabbrandes treten insbesondere direkt beim Nachlegen und in der Ausbrandphase nicht optimale Bedingungen und dadurch bedingt Schadstoffemissionen auf. Weiterhin ist die Brennkammerauslegung und Verbrennungsführung bei preisgünstigen Kaminofenmodellen oftmals unzureichend, was ebenso Ursache für eine hohe Schadstoffbildung ist. Neben der Emission von Ruß- und Feinstaubpartikeln werden bei unvollständiger Verbrennung von Holz auch CO, VOC und PAK emittiert. Zusätzlich findet oftmals keine optimale Wärmeausnutzung statt.

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes wird eine Nachrüstlösung auf Basis der katalytischen Nachverbrennung entwickelt und untersucht, welche nicht anlagenspezifisch sondern universell an verschiedenen Kaminöfen einsetzbar ist. Die Wirksamkeit der Nachrüstlösung wird mit Hilfe von drei handelsüblichen Baumarktkaminöfen im niedrigen Preissegment (400-500 €) geprüft. Zwei der Kaminöfen haben nach Herstellerangabe eine Nennleistung von 5 kW und einer von 7 kW. Neben der katalytischen Minderung von Schadstoffemissionen, im Besonderen von Kohlenstoffmonoxid und Kohlenwasserstoffen, sind auch eine bessere Wärmeausnutzung und die Gewährleistung eines sicheren Anlagenbetriebs Bestandteil der Entwicklung. Der Katalysator befindet sich im Abgasrohr in einer Temperaturbereich von 300-500 °C und ist mit einem Bypass versehen, so dass bei potentieller Verblockung ein sicherer Anlagenbetrieb gewährleistet ist. Im Anschluss an den Katalysator befindet sich eine Wärmeübertragungszone. Es wurden sowohl die Wirkung eines durchströmten Wärmeübertragers als auch eines Lamellenwärmeübertragers untersucht. Mit Hilfe der beiden eingesetzten Wärmeübertrager kann jeweils eine um 10-15 % höhere Wärmeausnutzung erfolgen. Während bei dem Lamellenwärmeübertrager die zusätzliche Wärmemenge im Aufstellungsraum genutzt werden kann, ist bei dem durchströmten Wärmeübertrager auch eine Weiterleitung in angrenzende Räume denkbar. Die katalytische Nachverbrennung wird sowohl mit kommerziell verfügbaren Produkten als auch einer eigenen Katalysatorentwicklung basierend auf einem Metallschaumträgermaterial untersucht. Schwerpunkte dabei sind der Druckverlust über dem Katalysator und die Verblockungsneigung während eines längeren Betriebes als auch die Aktivität für die Oxidation von Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffen (Org.-C). Bei günstigen Bedingungen kann eine CO-Minderung über 90 % bis zu einer Konzentration von etwa 300 mg/m<sup>3</sup> (i.N., bezogen auf 13 Vol.-% 02) erreicht werden. Mit allen Öfen konnten Minderungsraten von mind. 50 % für CO beobachtet werden. Die Reduzierung von Org.-C wurde ebenfalls beobachtet, ist jedoch wesentlich geringer. Durch eine Katalysatorbeheizung in der Anfahr- bzw. Nachlegephase kann jedoch eine zusätzliche Org.-C-Minderung erreicht werden. Potentiell kann auch eine Staubminderung durch den Abbrand von Rußpartikeln bei entsprechenden Temperaturen am Katalysator erfolgen. Bei den Untersuchungen mit der entwickelten Nachrüstlösung konnte eine Staubreduzierung durch den Katalysator jedoch bisher nur im geringen Maße beobachtet werden.

Die bisherigen Untersuchungen im Rahmen des Projektes zeigen anhand der drei untersuchten Kaminöfen sowohl die hohen Schadstoffemissionen bei deren Betrieb als auch das Minderungspotential durch einen Katalysator sowie die Steigerung der Wärmeausnutzung durch einen nachgeschalteten Wärmeübertrager. Mit Hilfe von Nachrüstlösungen kann eine wesentliche Reduzierung der Umweltbelastung erfolgen und auch eine wesentlich effizientere Nutzung der bei der Verbrennung erzeugten Wärme. Letzteres resultiert auch in eine Kosteneinsparung für den Betreiber, da weniger Brennstoff erforderlich ist.

# Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH Emissionsminderung und Effizienzsteigerung an Kaminöfen mittels eines Nachrüstmoduls Ingo Hartmann, Mirjam Matthes gefürdert durch DBU CD

### **Biomasseverbrennung in Kaminöfen**



- Steigende Biomassenutzung in Kleinfeuerungsanlagen in den letzten Jahren
- Anlagenbestand und Vertrieb von Holzöfen, Herden und Kaminen<sup>1</sup>
  - 55 Millionen Bestandsanlagen in Europa
  - Verkauf von 1,85 Millionen Anlagen pro Jahr
- Große Bandbreite an Anlagentechnik bei Kaminöfen
  - Ab 500 € bis zu etwa 4000-5000 €
  - 61 Hersteller von Kaminöfen für Scheitholz in Übersicht des HKI<sup>2</sup>
  - Weitere dort nicht geführte nationale und internationale Hersteller



<sup>1</sup>B. Sanner et al., "Strategic research and innovation agenda for renewable heating & cooling", European technology Platform o Renewable Heating and Cooling, Luxembourg, March 2013, p. 19

<sup>2</sup>http://hki-online.de/de/service/infomaterial : Hersteller und Produkte Matrix

2

<sup>1</sup> B. Sanner et al., "Strategic research and innovation agenda for renewable heating & cooling", European technology Platform on Renewable Heating and Cooling, Luxembourg, March 2013, p. 19

# Betrieb von Baumarktkaminöfen - Referenzzustand

- Große Anzahl an vergleichsweise preiswerten Kaminöfen im Baumarkt erhältlich
- Auswahlkriterien für Projekt
  - Preis (ca. 500 €); im Baumarkt erhältlich
  - Abgastemperatur (> 250 °C)
  - Holzscheitlänge (30-33 cm)
  - Kamin Pluto, Fa. Globefire 5 kW
  - Kamin Justus, Fa. Falun 5 kW
  - Kamin Ystad, Fa. Haas+Sohn 7 kW

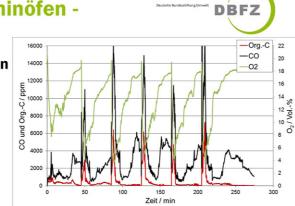




# Betrieb von Baumarktkaminöfen - Referenzzustand

### Prüfstandsversuche mit 6 Abbränden

- 1. Abbrand Erwärmung der Anlage
- 2.-6. Abbrand stabiles Temperatur- und Emissionsniveau
- Hoher Einfluss des Nutzers durch Brennstoffauflage und Einstellung der Luftöffnungen



DBU 🗘

Mittelwerte der Abgaszusammensetzung - Referenzbetrieb (Angaben in mg/m³ i.N. und bezogen auf 13 Vol.-% Oa)

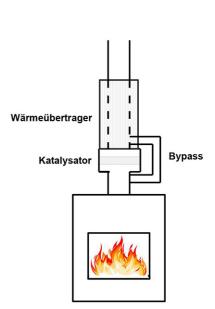
Kamin	Staub	02	CO	OrgC (FID)	CH <sub>4</sub>	NO <sub>X</sub>
	mg/m³	Vol%	mg/m³			
Pluto	236	13.0	4779	748	258	186
Justus	124	12.3	3984	201	85	85
Ystad	134	12.9	2731	185	68	177

### **Konzept Nachrüstmodul**

# DBFZ

### **Funktionen:**

- Wärmeübertrager
- Möglichst Reduzierung von CO, Org.-C und Staub
- Katalysator (+Beheizung)
- Sicherer Betrieb durch Bypasslösung
- Universell einsetzbar für viele am Markt erhältliche Kaminofentypen





5

# Effizienzsteigerung mit einem Wärmeübertrager

### Untersuchung von 2 Varianten:

- Rippenrohr-WÜ
  - Erhöhter Wärmeübergang durch Oberflächenerhöhung
  - Erhöhte Wärmeabgabe ca. 0,5 kW bei 5 kW Nennleistung
- Durchströmter-WÜ
  - Erhöhter Wärmeübergang durch Anströmung der äußeren Oberfläche
- Wärmetransport in andere Räume möglich
- 1,2 kW Wärmeabnahme über durchströmten WÜ (bei ca. 7,4 kW Leistung durch Brennstoffauflage)





→ 10-15 % bessere Wärmeausnutzung



6



### **Einsatz von Katalysatoren zur Emissionsminderung**



### Kommerzielle Katalysatoren

- Drahtgestrick
  - Träger: Edelstahl
  - mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Washcoat
  - Katalytisch aktives Material: Platin
- Wabenkatalysator
  - Träger: Cordierit-Wabenkörper; Zelldichte 100 cpsi
  - mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Washcoat
  - Katalytisch aktives Material: Platin und Palladium





### **Einsatz von Katalysatoren zur Emissionsminderung**

### Katalysatorentwicklung

- Einsatz von Schäumen als Trägermaterial
  - Turbulenz gute Durchmischung von Luft und Brenngasen
  - Keramische und metallische Materialien möglich
- **Untersuchung von Metalloxidkatalysatoren** als Alternative zu kommerziell verfügbaren Edelmetallkatalysatoren
  - Anpassung auf Bedingungen und Anforderungen bei Biomassekleinfeuerungen
    - Geringere Kosten
    - Höhere Stabilität bei hohen Temperaturen (bei Einsatz im Brennraum und Nachbrennkammer)





### **Einsatz von Katalysatoren zur Emissionsminderung**

### Katalysatorerwärmung

- Einbau vor Katalysator
- Durch nachgeschalteten Wärmeübertrager teilweise Rückgewinnung der zusätzl. **Energie möglich**
- Heizwendel
  - 2 kW Leistung
  - Edelstahl 1.4541 mit 6,5 mm Rohrdicke
- Glühkerze

DBU 🗘

- 300 W Leistung
- 11 mm Durchmesser mit Keramikhülse





**DBFZ** 

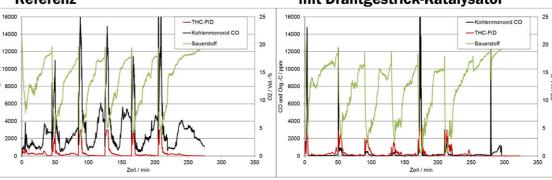
### **Katalytische Emissionsminderung**

Ergebnisse - Kaminofen 1 (Justus 5 kW)

Verlauf Abgaszusammensetzung

### Referenz

### mit Drahtgestrick-Katalysator



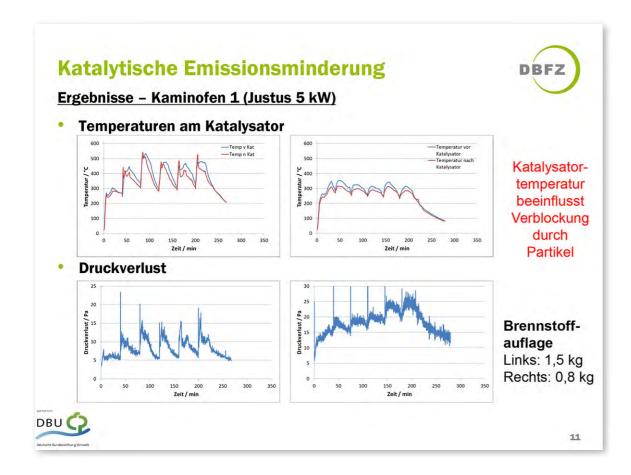
**Deutliche Reduzierung von CO** 

Staub und Org.-C ebenfalls reduziert



10





# **Katalytische Emissionsminderung**



#### Ergebnisse - Kaminofen 1 (Justus 5 kW)

Effekt Beheizung

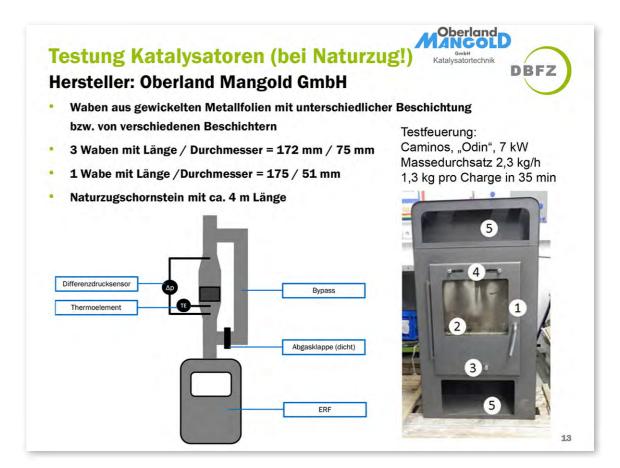
Versuch	Staub	02	СО	OrgC (FTIR)	OrgC (FID)	NO <sub>X</sub>
Referenz (1,5 kg)	155	12.8	3983	357	274	91
Mit DR* (1,5 kg)	160	10.2	293	302	193	127
DR + Heizwendel	124	10.3	315	251	160	130
DR + Glühkerze	90	11.2	307	176	122	130

- Beheizung in Nachlegephase wirkungsvoll
- Zusätzliche Org.-C Minderung beobachtet



\*DR - Drahtgestrick

12



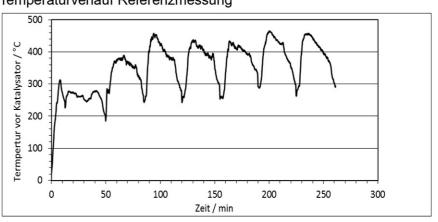
# **Testung Katalysatoren (bei Naturzug!)**

DBFZ

Abgaswerte: FTIR / Paramagnetisch 0<sub>2</sub> / FID

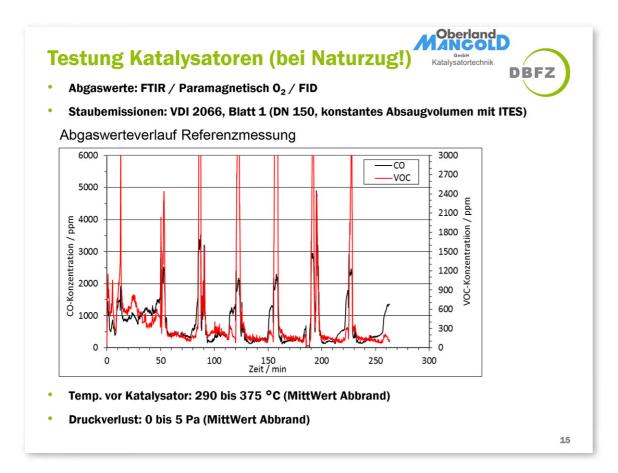
Staubemissionen: VDI 2066, Blatt 1 (DN 150, konstantes Absaugvolumen mit ITES)

Temperaturverlauf Referenzmessung

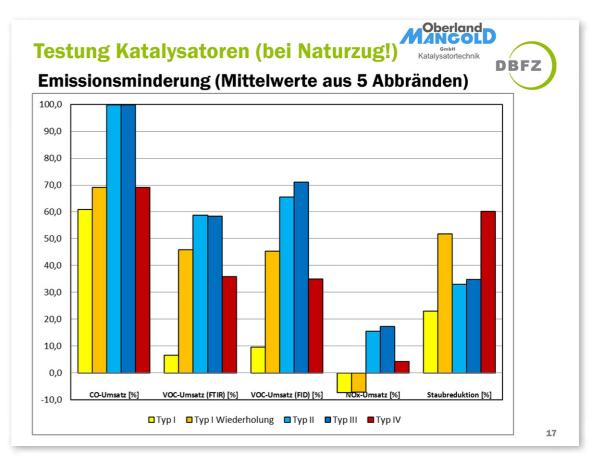


- Temp. vor Katalysator: 290 bis 375 °C (MittWert Abbrand)
- Druckverlust: 0 bis 5 Pa (MittWert Abbrand)

14









## **Fazit**



- Deutliche Reduzierung von CO durch Katalysatoren möglich
- Reduzierung von Org.-C und Staub ebenfalls möglich, ggf. Steigerung der Wirkung durch Katalysatorbeheizung
- Strömungsmechanische Staubabscheidung vor Katalysator
- Bessere Wärmeausnutzung und Nutzung der Wärme in anderen Räumen durch einfache Wärmeübertrager
- Nachrüstmodule an Kaminöfen können
  - Schadstoffemissionen vermindern
  - Effizienz (Wärmenutzung) erhöhen



19











# **Deutsches Biomasseforschungszentrum** gemeinnützige GmbH

#### **Ansprechpartner**

Dr. rer. nat. Ingo Hartmann Tel.: +49 (0)341 2434 – 541 E-Mail: Ingo.Hartmann@dbfz.de

Dipl.-Ing. (FH) Mirjam Matthes Tel. +49 (0)341 2434 – 473 E-Mail: Mirjam.Matthes@dbfz.de DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

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

Saad Butt, DBFZ, Leipzig

# Minderung der Schadstoffemissionen durch katalytisch wirksame Baugruppen in einem neuartigen Kaminofen

Saad Butt

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-425 Fax: +49 (0)341 2434-133 E-Mail: saad.butt@dbfz.de

Web: www.dbfz.de

Im Rahmen des von der DBU geförderten Projektes wurde eine Optimierung eines neuartigen Kaminofens zur Emissionsreduzierung angestrebt. Dazu wurde die Geometrie des Kaminofens modifiziert. Außerdem wurde der Einsatz eines Festkörperkatalysators bei höherer Temperatur direkt in der Brennkammer vorgesehen.

Der Wandkatalysator (MnOX/Al2O3) wurde nach einer Reihe von Versuchen bei den Prüf- und Feldmessungen bezüglich der Langzeitstabilität untersucht und dabei zeigte dieses System eine hohe Stabilität und ausreichende Aktivität.

Zunächst wurde zur Modifizierung der Kaminofengeometrie der untere Brennraum verlängert, um die Verweilzeit der Schadstoffe in der Flamme erhöhen zu können. Anschließend wurde ein Brennring zur Sekundärluftzufuhr unter dem Rost eingebaut. Dadurch konnte ein erhöhter Sekundärluftmassenstrom zur Sekundärverbrennung genutzt werden. Die Emissionswerte von CO und Org.-C wurden nach dem Einsatz des Brennrings um 68 % bzw. 82 % reduziert. Darüber hinaus wurde der Standard NEKO-Kat MnOx/Al2O3 mit Platin (Pt) versetzt und abschließend zusammen mit dem Brennring im Prototyp eingesetzt.

Zur Optimierung des NEKO-Prototyps wurde ebenfalls ein Regelungssystem konzipiert. Das Luftregelungssystem stabilisierte eine optimale Rost-Temperatur, sodass geringe Emissionswerte erreicht werden konnten. Diesbezüglich wurde der Einlass von Primär - und Sekundärluft im NEKO-Prototyp getrennt geführt. Die Nachlegemethode ermöglichte ein rechtzeitiges Nachlegen des Brennstoffs, um die Emissionswerte in der Ausbrandphase so niedrig wie möglich halten zu können.

# Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

DBFZ

Minderung der Schadstoffemissionen durch katalytisch wirksame Baugruppen in einem neuartigen Kaminofen

M.Sc. Saad Butt Bereich TK, DBFZ



6. Fachgespräch "Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen (Straubing)

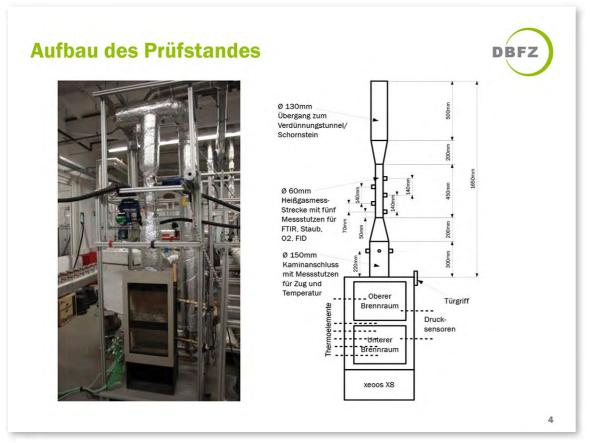
## **Gliederung**

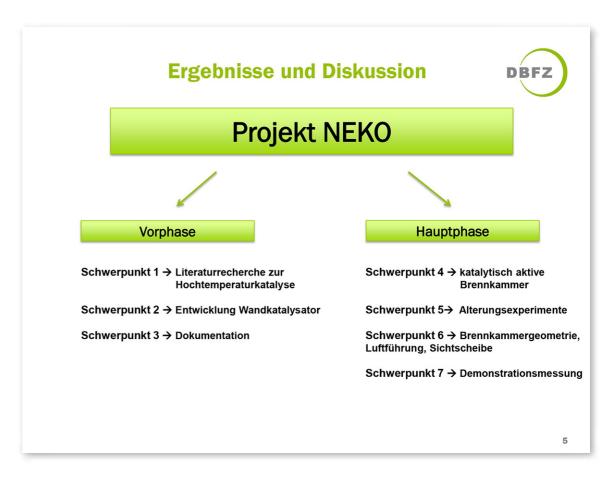


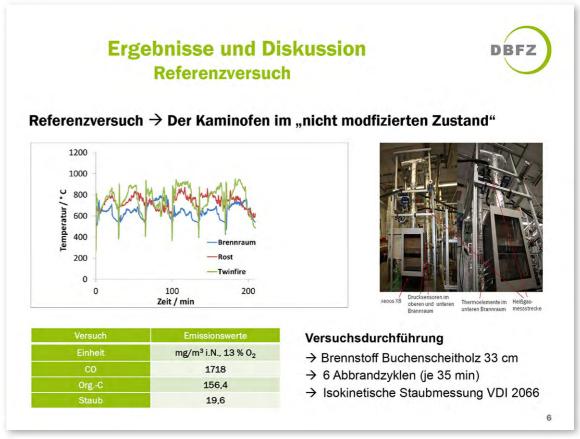
- Einleitung
- · Aufbau des Prüfstandes
- · Ergebnisse/Diskussion
- Zusammenfassung

2



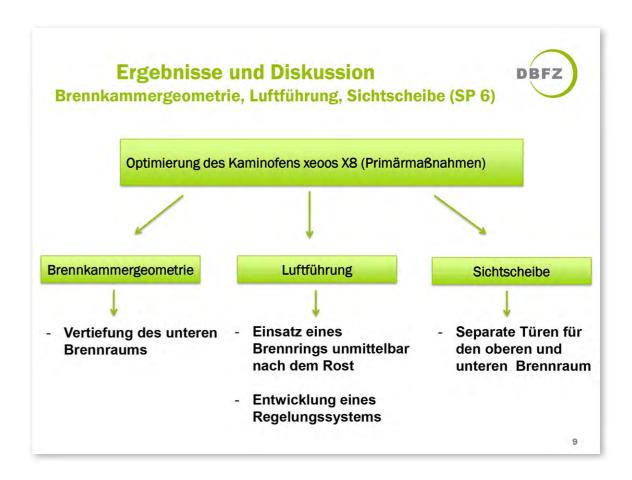








# Ergebnisse und Diskussion Alterungsexperimente (SP 5) Langzeitstabilität des Wandkatalysators (MeOx/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Fazit: Die Praxisalterung zeigte, dass die Wandkatalysatoren thermisch und mechanisch stabil sind.





# Ergebnisse und Diskussion



Brennkammergeometrie, Luftführung, Sichtscheibe (SP 6)

- mit vertieftem unteren Brennraum

Versuch	Kaminofen mit ursprünglicher Geometrie	Nach der Optimierung	Reduzierung	
Parameter	mg/m³ i.N., 13 % 0 <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> i.N., 13 % 0 <sub>2</sub>	%	
CO	1718,4	1336,3	22	
VOC (OrgC, FID)	156,4	70,1	55	
VOC (OrgC, FTIR)	202,4	93,2	54	
Staub mit Spülung	19,6	15,2	23	
Staub ohne Spülung	17,7	13,5	24	

- mit vertieftem unteren Brennraum +Brennring

Versuch	Referenz (mit der Standard Doppelplatte)	mit dem Brennring	Reduzierung
Einheit	mg/m³ i.N., 13 % 0 <sub>2</sub>	mg/m³ i.N., 13 % 0 <sub>2</sub>	%
СО	1336,3	420,2	68,5
VOC (OrgC, FID)	70,1	12,6	82
VOC (OrgC, FTIR)	93,2	33,6	63,9

11

# **Ergebnisse und Diskussion**



Brennkammergeometrie, Luftführung, Sichtsscheibe (SP 6)

# **Entwicklung eines Luftregelungssystems**

#### Funktion:

- Rosttemperatur Sollwert  $\rightarrow$  800  $^{\circ}$  C
- Rosttemperatur < 800  $^{\circ}$  C  $\rightarrow$  Primärluft und Sekundärluft
- Rosttemperatur > 800  $^{\circ}$  C  $\rightarrow$  nur Sekundärluft
- Rosttemperatur < 600  $^{\circ}$  C  $\rightarrow$  Brennstoff sollte nachgelegt werden

12

# Ergebnisse und Diskussion Brennkammergeometrie, Luftführung, Sichtsscheibe (SP 6)

DBFZ

Emissionswerte beim Einsatz eines <u>Regelungssystems</u> und eines <u>Wandkatalysators</u> (MeOx/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) <u>mit - und ohne Nachlegemethode</u> mit Naturzugschornstein

Versuch	Regelungssystem + Wandkatalysator	Regelungssystem + Wandkatalysator+ Nachlegemethode	
Einheit	mg/m³ i.N., 13 % O <sub>2</sub>	mg/m³ i.N., 13 % 0 <sub>2</sub>	
со	777	585	
VOC (OrgC, FTIR)	92	92	
Staub	20	32	

13

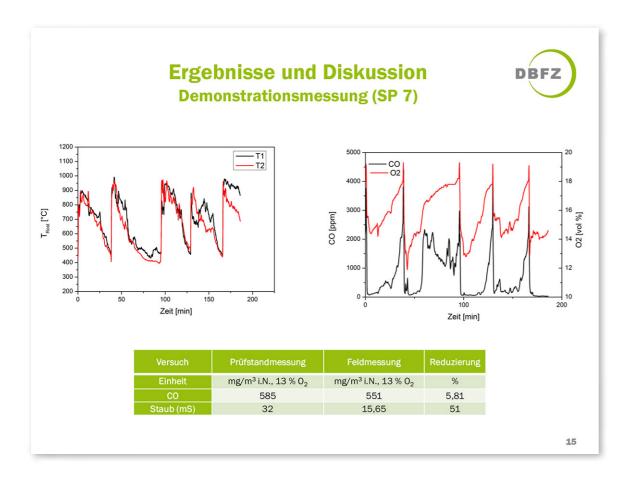
# **Ergebnisse und Diskussion Demonstrationsmessung (SP 7)**



- Die Feldmessung wurde bei einem privaten Betreiber durchgeführt.
- Um vergleichbare und auch definiert variierbare Zugbedingungen gewährleisten zu können, wurde am Feldmessstandort ein Rauchsauger integriert.
- Brennstoff : Birkenholz



14



# Zusammenfassung



- Im Rahmen des von der DBU geförderten Projektes wurde die Optimierung eines neuartigen Kaminofens zur Emissionsreduzierung angestrebt.
- Entwicklung eines stabilen Wandkatalysators auf der Basis MeOx/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zur Minderung der Emissionen
- Optimierung des NEKO Prototyps durch neu konzipiertes Regelungssystem
- Entwicklung einer Nachlegemethode, um die Emissionswerte in der Ausbrandphase abzusenken
- Vergleichbarkeit zwischen der Prüfstandmessung und der Demonstrationsmessung

16

# Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH



# Forschung für die Energie der Zukunft – Wir laden Sie ein!

#### Ansprechpartner

M.Sc. Saad Butt

Tel.: +49 (0) 341 2434 - 429 E-Mail: Saad.Butt@dbfz.de DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

D-04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434 - 112
E-Mail: info@dbfz.de

"CLEAN AIR - FOR EVERYBODY"

Seppo Paavilainen, Tassu ESP Oy, Mikkeli/Finland

#### "CLEAN AIR - FOR EVERYBODY"

Seppo Paavilainen Tassu ESP Oy Sammonkatu 12 50130 Mikkeli, Finland Tel.: +358 400 254 267

E-Mail: seppo.paavilainen@tassuesp.com

Web: www.tassuesp.com

Dust, i.e. particulate matter – PM, in the air that we are breathing is an increasingly hot topic in the debate of public health. The latest studies show that there are hundreds of thousands of premature deaths in Europe annually, caused by fine particulate matter. Small and fine particles are dangerous for human beings, because these are the particles that pass through the pulmonary alveolus in the lungs and end up in your blood circulation.

Tassu ESP Oy is a technology supplier which commercializes the electrostatic precipitator innovation from the Tampere University of Technology to eliminate these small and dangerous particles from their primary sources. Tassu ESP Oy was established in 2008 by four aerosol experts from Tampere, and after intensive R&D and a pilot stage, the technology is now available for various industries including glass and glass wool manufacturing, large diesel engines, the metal industry and domestic wood combustion (e.g. fireplaces and other furnaces).

Tassu ESP has some major improvements and innovations compared to conventional ESPs. The diffusion charging technology uses super sonic air flow ionization, where the plus + or minus – ions are injected into the bypassing process gas flow. These unipolar ions repel each other thus filling the gas space immediately. They round on the particles in the gas flow and give them charge. Particles are then removed from the gas stream by particulate matter collector (PMC) units. PMCs are specially designed to take full advantage of the applied charging mechanism. PMCs unique construction ensures that particle re-entrainment is kept to the minimum.

NASU ESP consists of SIC units and PMC modules. The dimensioning and design is based on the amount of process gas, particulate matter density and desired cleaning efficiency. The PMC modules can be used either in low temperature, high humidity applications (NASU W-ESP) or in high temperatures and dry environments (NASU HD-ESP). A typical application for W-ESP is in applications where exhaust gas is cleaned in a wet scrubber before the particulate matter is removed. HD-ESP is used in glass processing, metal foundries, etc., where the process creates hot exhaust gases.

Wood combustion in fireplaces, stoves and other furnaces is a major source of fine dust that is particularly small in size; typically  $< 1 \, \mu m$ . In Finland, for instance, more than 40% of the total fine particulate matter emission comes from domestic wood combustion. The second biggest polluters are the power and centralized heating plants with 23% of fine particulate matter, after which comes road traffic accounting for roughly 15% of the total pollution.

Tassu is in the R&D phase with domestic wood combustion ESP and our goal is to have a low-cost and low-maintenance ESP solution for households within a few years – definitely before the regulations for wood compustion enter into force.

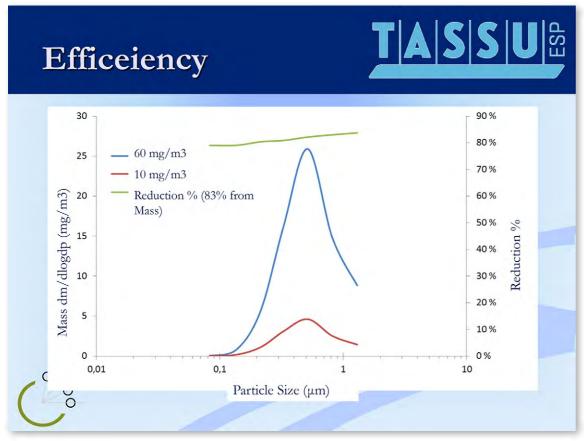
(Source: www.tassuesp.com)





"CLEAN AIR – FOR EVERYBODY"









Firmenschau ETE EmTechEngineering GmbH

# ETE EmTechEngineering GmbH



## **FIRMENSCHAU**

Institut für Energieverfahrenstechnik und Fluidmechanik GmbH Izes gemeinnützige GmbH - Forschungsgruppe Technische Innovationen

## Institut für Energieverfahrenstechnik und Fluidmechanik GmbH



ievt&fm Schönseer Str. 35 92539 Schönsee

#### Arbeitsfelder

#### 1. F&E im Bereich der Energieverfahrenstechnik:

- Entwicklung und Vermessung von Anlagen zur Verbrennung und Vergasung von fester Biomasse (z.B. Heizkessel und Vergasungsanlagen)
- Entwicklung und Vermessung von Anlagen zur Reinigung von Rauchgas und Abluft (z.B. Kleinelektrofilter)
- Entwicklung von Prozessen zur Mikro-KWK mit Biomasse
- Berechnung und Optimierung von Kraftwerksprozessen

#### 2. F&E im Bereich der Fluidmechanik:

- Strömungsmechanische Berechnung, Auslegung und Vermessung von Apparaten und Anlagen
- Numerische Strömungssimulation (CFD mit starccm+) mit den Schwerpunkten Verbrennung, Wärmeübertragung und Mehrphasenströmung (z.B. Verbrennung und Strömung in Heizkesseln, Sprayverbrennung, Einspritzverdampfer)
- · Entwicklung und Vermessung von Kleinstwindkraftanlagen

# 3. Beratung, Begutachtung, Studien, Vorträge und Schadensanalysen zu den genannten Arbeitsfeldern

#### 4. Laborausstattung an der OTH-Amberg-Weiden (vgl. website):

- Prüfstände für Heizkessel, für Vergasungsanlagen, für Filteranlagen, Windkanal, Prüfstand für Kleinstwindkraftanlagen
- Messgeräte für gasförmige Emissionen, Staub, Teer, Partikelgrößenverteilung

#### 5. Referenzen (Auswahl):

Fraunhofer UMSICHT (Sulzbach-Rosenberg), Herding Filtertechnik (Amberg), Spanner Re<sup>2</sup> (Neufahrn), Krapf & Lex (Weiden), Biotech (Salzburg), A.P. Bioenergie (Hirschau); ZMS (Schwandorf), Suntec (Schwarzenfeld), KRONES (Neutraubling), Gammel-Engineering (Abensberg), Stadtwerke (Amberg), KSW (Mitterteich), SCHOTT (Mitterteich), ete.a (Lich); IfE (Amberg), URBAS (Völkermarkt), Irlbacher (Schönsee), Klubert & Schmidt (Pottenstein), ROHR Nutzfahrzeuge (Straubing)

Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Stefan Beer

e-mail: s.beer@oth-aw.de

Tel. (09674) 8692 Fax (09674) 924544

Mobil: 0151-58518318 Amtsgericht Amberg HRB 4298

Fax (09674) 924544

Steuer-Nummer: 211/129/30598 USt-IdNr.: DE262914467

Raiffeisenbank im Naabtal eG IBAN: DE44 7506 9171 0008 9039 72 BIC: GENODEF1SWD

## Izes gemeinnützige GmbH - Forschungsgruppe Technische Innovationen

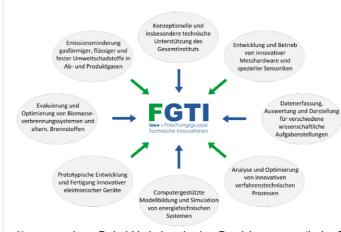




#### Kurzporträt der IZES gGmbH und der Forschungsgruppe "Technische Innovationen"

Zu den zentralen Aufgaben der IZES gGmbH, als An-Institut der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (HTW), zählt die Entwicklung und Analyse zukunftsfähiger Energieversorgungslösungen. Im Zentrum der Forschung der IZES gGmbH steht die Erarbeitung wissenschaftlicher Konzeptionen und Expertisen für die Entwicklung von Zukunftsenergiesystemen sowie ganzheitlichen Ressourcennutzungsstrategien. Die wissenschaftliche Bearbeitung der Aufgabenstellungen umfasst neben den nationalen Teilsystemen des Energiesektors auch kommunale Systemkonzepte sowie technisch/wirtschaftliche Ansätze im Industrie- und im Gebäudebereich. Die Forschungsarbeiten sind dabei stets umsetzungsorientiert, vorausschauend und innovativ. Dabei hat die IZES gGmbH den Anspruch interdisziplinär zu arbeiten und je nach Bedarf neben ökonomischer, technischer und rechtlicher Expertise auch gesellschaftstheoretische und psychologische Methoden und Erkenntnisse in der konkreten Projektbearbeitung zusammenzuführen.

Die Forschungsgruppe "Technische Innovationen" (FG TI), unter Leitung von Dr. Bodo Groß, bietet auf Grund des breiten technischen Know-Hows der Mitarbeiter vielfältige, kreative und praktische Lösungsmöglichkeiten für unterschiedliche Aufgabenstellungen aus den Bereichen Messtechnik, messtechnische Begleitung, Entwicklung von problemspezifischer Hard- und Software, Modellbildung und Simulation sowie Analytik. Dabei kann die FG TI bei Bedarf die stärker konzeptionell orientierte Arbeit der weiteren Arbeitsfelder und Forschungsgruppen unterstützen oder kann durch diese unterstützt werden.



Die Forschungsgruppe Technische Innovationen bietet auf Grund eines breiten technischen Know-hows vielfältige. kreative und praktische Lösungsmöglichkeiten für unterschiedliche Aufgabenstellungen aus den Bereichen Messtechnik, messtechnische Begleitung, Entwicklung von problemspezifischer Hard- und Software, Modellbildung und Analytik, wodurch die stärker konzeptionell orientierte Arbeit der weiteren Arbeitsfelder und Forschungsgruppen unterstützt werden kann. Ein Schwerpunkt der Tätigkeiten liegt in der Projektierung und Umsetzung von messtechnischen Aufgabenstellungen sowie dem dazugehörigen Monitoring der betrachteten innovativen Verfahren und Versorgungs-

lösungen wie z. B. bei Vorhaben in den Bereichen energetische Betriebsoptimierung öffentlicher Gebäude, Emissionsminderung bei Biomassefeuerungen und Elektromobilität. Ein weiterer Schwerpunkt der Tätigkeiten ist die Entwicklung, prototypische Fertigung und Feldtesterprobung innovativer elektronischer Geräte und Verfahren, insbesondere in den Bereichen der Emissionsminderung bei Biomasseverbrennung sowie der individuellen Entwicklung, Evaluierung und Optimierung von prozess- und verfahrenstechnischen Fragestellungen. Beispiele sind u. a. eine mobile "Messbox" zur Erfassung, Archivierung und Auswertung der Betriebsdaten von Elektrofahrzeugen sowie ein netzwerkbasiertes, stationäres Monitoringsystem geeignet zur Überwachung von einzelnen elektrischen und physikalischen Größen, sowie zur Verarbeitung und Weiterleitung busbasierter Informationen. Beispiel hierfür ist die Kombination des Monitoringsystems mit dem durch die FGTI entwickelten Elektrofilter, wodurch jederzeit alle im Feld befindlichen Anlagen zentral beobachtet, überwacht und ferngewartet werden können. Über die der FGTI zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der Datenbankarchivierung, Verarbeitung und Auswertung der Daten mittels rechnergestützten Modellen und Simulationsumgebungen, kann die Aufgabe einer messtechnischen Begleitung von Entwicklungs- und Forschungsfragen vollumfänglich erfüllt werden.

Abgerundet wird die Arbeit der FG TI durch den Bereich der physikalisch chemischen Analytik. Dort stehen der FG TI mehrere dedizierte Messmöglichkeiten, wie bspw. Mikrogaschromatographen, verschiedene Mess- und Analysegeräte für Abgas und Feinstaub, Thermographiekameras sowie geeignete Labor-/Technikumsumgebungen zur Verfügung.

Forschungsgruppe Technische Innovationen

Seite 1

Anhang

### **ANHANG**

## Veranstalter

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



Das 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.

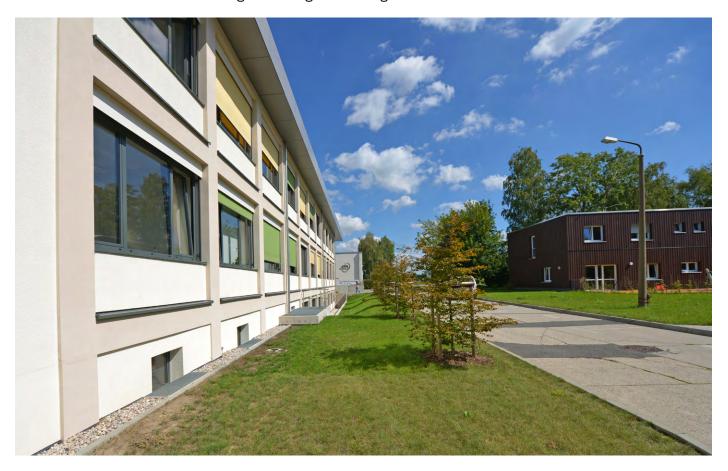
Dabei kooperieren wir mit zahlreichen Hochschulinstitutionen, Forschungsanstalten und Unternehmen im In- und Ausland. Unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind in Gremien auf nationaler und internationaler Ebene an Entscheidungsprozessen beteiligt. Durch einen zielgerichteten Wissenstransfer 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.

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

Schulgasse 18
93415 Straubing
Telefon:+49 (0)9421 300-210
Fax: +49 (0)9421 300-211
poststelle@tfz.bayern.de
www.tfz.bayern.de

#### Veranstalter

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 soll das DBFZ darüber hinaus wissenschaftlich fundierte Entscheidungshilfen für die Politik erarbeiten.

#### DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116 04347 Leipzig Tel. +49 (0)341 2434-112

Fax: +49 (0)341 2434-133

info@dbfz.de

#### Veranstalter:

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Telefon: +49 (0)341 2434-112 Telefax: +49 (0)341 2434-133

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de

**Technologie- und Förderzentrum (TFZ)** 

Dr. Hans Hartmann,

Sachgebietsleiter Biogene Festbrennstoffe

Schulgasse 18

D-94315 Straubing Tel. 09421-300-110

E-Mail: hans.hartmann@tfz.bayern.de

www.tfz.bavern.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages In Kooperation mit:

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

