

IEA Bioenergy Task32 „Biomass combustion and Cofiring“ Studie zum Stand der Technik von Partikelabscheidern für häusliche Biomassefeuerungen

Dipl.-Ing. Dr. Christoph Mandl, Prof. Dipl.-Ing. Dr. Ingwald Obernberger



BIOENERGIESYSTEME
GmbH

Innfeldgasse 21b, A-8010 Graz, Austria

TEL.: +43 (316) 481300; FAX: +43 (316) 4813004

E-MAIL: office@bios-bioenergy.at

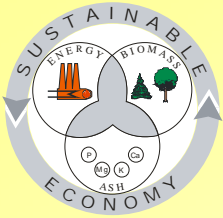
HOME PAGE: <http://www.bios-bioenergy.at>



process
& particle
engineering

Technische

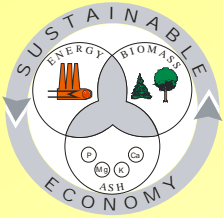
Universität Graz



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Inhalt

- **Einleitung**
- **Feinstaubthematik und Messtechnik**
- **Zusammenfassende Ergebnisse für die untersuchten Technologien**
 - **Elektrofilter**
 - **Katalytische und keramische Filter**
 - **Systeme zur Rauchgaskondensation**
- **Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

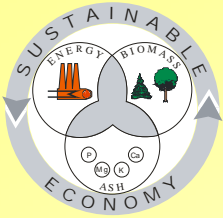


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Einleitung (1) –

Überblick Studie Partikelabscheider

- Im Rahmen des IEA Bioenergy agreement, Task32 wurde eine Studie zum Stand der Technik von Partikelabscheidern für häusliche Biomassefeuerungen im kleinen Leistungsbereich ($< 50 \text{ kW}_{\text{th}}$) durchgeführt und im Dezember 2011 fertig gestellt. BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH hat in Kooperation mit der Technischen Universität Graz die Erstellung der Studie geleitet.
- Im Rahmen der Studie sollten am Markt vorhandene und in Entwicklung befindliche Partikelabscheider in den IEA Bioenergy Task32 Mitgliedsländern nach technologischen und ökonomischen Gesichtspunkten evaluiert und bewertet werden.
- Ziel der Studie ist es, einen Überblick über verfügbare Partikelabscheider zur Reduktion der Feinstaubemissionen aus Kleinf Feuerungen durch Sekundärmaßnahmen zu geben und diese bezüglich deren Anwendbarkeit zu bewerten.

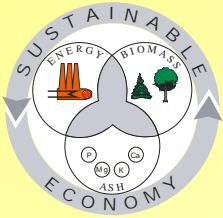


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Einleitung (2) –

Überblick Studie Partikelabscheider

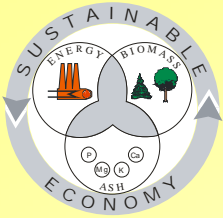
- Die Studie beinhaltet weiters einen Überblick über die Feinstaubthematik in den IEA Bioenergy Task32 Mitgliedsländern im allgemeinen sowie eine Zusammenfassung der gültigen Grenzwerte und relevanten Richtlinien bezüglich Gesamtstaub. Ebenso wird auch auf die Problematik der Partikelmesstechnik in Hinblick auf vorhandene Richtlinien zur Bestimmung der Abscheideeffizienz eingegangen.
- Weiters wird ein Überblick über laufende und abgeschlossene Forschungs- sowie Entwicklungsprojekte für Partikelabscheider kleiner Leistung gegeben.
- Die Ergebnisse der Studie wurden in einem Bericht zusammengefasst und auf der IEA Bioenergy Task32 Homepage (<http://www.ieabcc.nl/>) veröffentlicht.



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Feinstaubthematik – Allgemeines

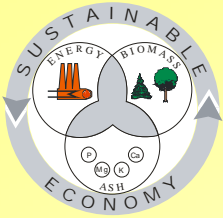
- In manchen europäischen Ländern stammen bis zu 80% der Feinstaubemissionen durch Hausbrand aus häuslichen Biomassefeuerungen.
- In Deutschland, Österreich und der Schweiz laufen intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Feinstaubreduktion aus Biomassekleinfeuerungen.
- Es existieren große Unterschiede bezüglich Gesamtstaubgrenzwerten für Biomassekleinfeuerungen in den IEA Bioenergy Task32 Mitgliedsländern (relativ strenge Grenzwerte in Deutschland, Österreich und der Schweiz - keine gesetzlichen Grenzwerte in Finnland, Schweden und den Niederlanden)
- Explizite Grenzwerte für Feinstaub (PM_{10} bzw. PM_1) gibt es in den IEA Bioenergy Task32 Mitgliedsländern nicht.
- **Strenge Emissionsgrenzwerte beschleunigen die technologische Entwicklung und Markteinführung von Partikelabscheidern.**



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Feinstaubthematik – Partikelmesstechnik und Bestimmung der Abscheideeffizienz von Abscheidern (1)

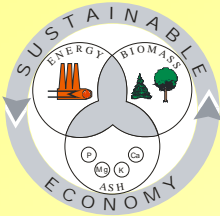
- **Keine international einheitliche Methode zur Bestimmung der Gesamt- und Feinstaubemissionen von Biomassefeuerungen vorhanden (üblicherweise gravimetrische Methoden wie z.B. nach VDI 2066)**
- **Nicht alle nationalen gesetzlichen Regelungen, die Grenzwerte bezüglich Gesamtstaub beinhalten, geben die Messmethode strikt vor.**
- **Bemühungen zur Erarbeitung einer einheitlichen europäischen Methode sind derzeit im Laufen (z.B. Normierungsausschüsse CEN/TC 57, CEN/TC 295).**
- **Weiters ist derzeit keine standardisierte und konsistente Typenprüfung sowie Messmethodik für die Bestimmung der Abscheideeffizienz von Partikelabscheidern für Biomassekleinfeuerungen vorhanden.**



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Feinstaubthematik – Partikelmesstechnik und Bestimmung der Abscheideeffizienz von Abscheidern (2)

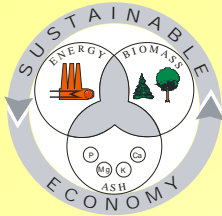
- **Wichtige Aspekte bei der Vermessung von Partikelabscheidern**
 - **Partikelverluste durch elektrostatische Aufladung der Messvorrichtungen bei E-Filtern teilweise ungeklärt**
→ **weitere Untersuchungen notwendig**
 - **Bestimmung der Abscheideeffizienz von Abscheidern, die im bzw. auf dem Kamin installiert werden, nur am Prüfstand möglich**
→ **geeignete Teststandeinrichtungen notwendig**
 - **Bei Prüfstandsmessungen müssen die Betriebsbedingungen jedes einzelnen Abscheiders berücksichtigt werden:**
 - **Position des Abscheiders (direkt nach Feuerung oder auf dem Kamin)**
→ **Position hat signifikanten Einfluss auf die Rauchgastemperatur und Bildung von organischen Aerosolen**
 - **Verlauf der Rauchgastemperatur über den Abscheider (Kondensation von organischen Rauchgasspezies durch z.B. Spülluft)**
 - **Parallele Messungen vor und nach Filter (Einfluss schwankender Betriebsbedingungen der Feuerung)**



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Feinstaubthematik – Partikelmesstechnik und Bestimmung der Abscheideeffizienz von Abscheidern (3)

- **Wichtige Aspekte bei der Vermessung von Partikelabscheidern (Fs.)**
 - **Zwei mögliche Bewertungskriterien für Partikelabscheider:**
 - a) **Bestimmung der Abscheideeffizienz durch Messung der Partikelemissionen im Rauchgas am Ein- und Austritt des Abscheiders bei annähernd konstanter Rauchgastemperatur vor und nach Abscheider**
 - b) **Bestimmung der Emissionen des Gesamtsystems unter Berücksichtigung des gesamten Potentials der Partikelemissionen durch Messung der Partikelemissionen im verdünnten Rauchgas (Verdünnung $<50\text{ °C}$) nach dem Abscheider**
Auf diese Weise werden kondensierbare organische Bestandteile, die ansonsten nach dem Filter im Rauchgas verbleiben, berücksichtigt.
→ wichtig, da organische Aerosole von gesundheitlicher Relevanz
 - ➔ **Bei modernen Feuerungen mit hoher Effizienz (niedrige Rauchgastemperatur) und gutem Gasphasenausbrand sind kaum Unterschiede bei der Bewertung nach (a) und (b) zu erwarten. Bei alten Systemen sind signifikante Unterschiede möglich.**



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Untersuchte Technologien – Überblick (1)

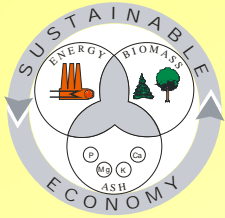
- Die Studie umfasste die Evaluierung von 12 Elektrofiltern, 2 Katalysatoren, 2 keramischen Filtern, 3 Systemen basierend auf Rauchgaskondensation sowie eines weiteren Systems (Flue gas well, Schweden).

Untersuchte Elektrofilter:

Produkt	Hersteller	Land
SF20	Spanner Re ² GmbH	Deutschland
Zumikron	Kutzner+Weber	Schweiz
RuFF-KAT	RuFF - KAT GmbH	Deutschland
Trockenelektrofilter	Robert Bosch GmbH	Deutschland
R_ESP	Applied Plasma Physics ASA	Norwegen
Carola	Karlsruher Institut für Technologie	Deutschland
AirBox	Spartherm	Schweiz
OekoTube	OekoSolve	Liechtenstein
Feinstaubkiller	TH-Alternativ-Energie	Deutschland
AL-Top	Schräder Abgastechnologie	Deutschland
Trockenelektrofilter	Windhager	Österreich
Nasu@ESP	Tassu ESP	Finnland

Untersuchte Systeme mit Rauchgaskondensation:

Produkt	Hersteller	Land
UEF	University of Eastern Finland	Finnland
Pellematic Plus	ÖkoFen	Österreich
Öko-Carbonizer	Bschor GmbH	Deutschland



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Untersuchte Technologien – Überblick (2)

Untersuchte keramische Filter:

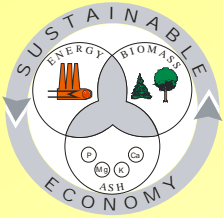
Produkt	Hersteller	Land
ECO plus (log wood stove)	Hark	Deutschland
Keramischer Filter	Interfocos BV	Niederlande

Untersuchte Katalysatoren:

Produkt	Hersteller	Land
MEKAT	IUTA/moreCAT GmbH	Deutschland
KlimaKat	Camino	Deutschland

➤ Die Evaluierung erfolgte auf Basis von:

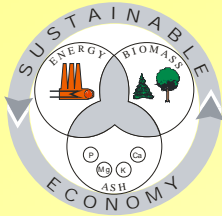
- Literaturdaten
- Durchgeführten Messungen der Hersteller von Partikelabscheidern
- Daten von nationalen Projekten der Task32 Projektpartner
- Ergebnissen von erfolgten Feldtests (insb. im Rahmen des laufenden ERANET Projektes „FutureBioTec“)



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

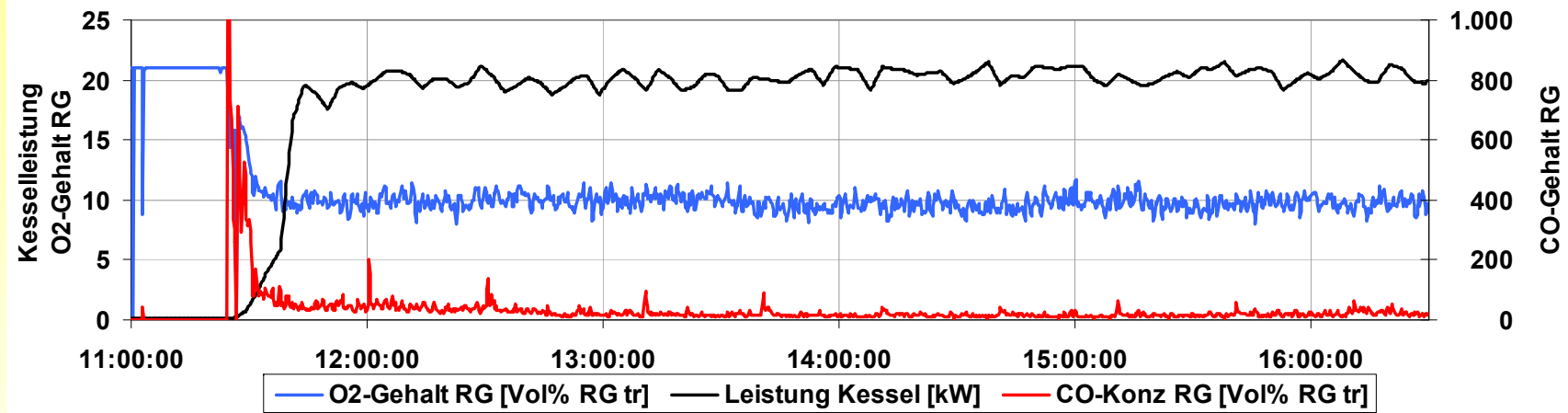
Untersuchte Technologien – Zusammenfassung (1)

- **Zusammenfassung der Evaluierung der Elektrofilter:**
 - **E-Filter weisen das größte technologische Potential zur Reduktion von Partikelemissionen auf.**
 - **Derzeit sind nur wenige E-Filter am Markt verfügbar. Es wird erwartet, dass in nächster Zeit weitere E-Filter in den Markt eingeführt werden.**
 - **Die Abscheideeffizienz der untersuchten E-Filter bezüglich Gesamtstaub liegt im Mittel im Bereich von 50% bis 85% (einzelne Messungen im Bereich von 11% bis 93%). Die Abscheideeffizienz wird in erste Linie vom eingesetzten Brennstoff und der angeschlossenen Feuerungen (alt/neu) beeinflusst (siehe ausgewählte Beispiele auf Folien 13 bis 15).**
 - **Die Abreinigung der untersuchten E-Filter erfolgt automatisch (Vibration, Bürste, Wasserstrahl, ..) oder manuell. Die Wartung erfolgt durch den Benützer oder den Rauchfangkehrer. Die Filterasche muss zumeist manuell entfernt werden.**

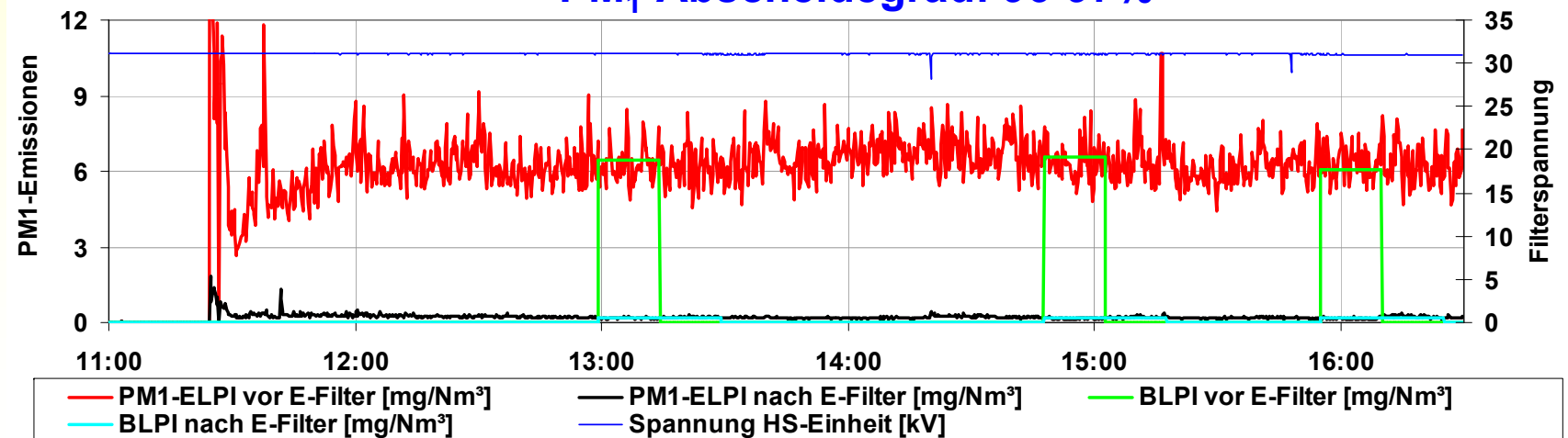


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

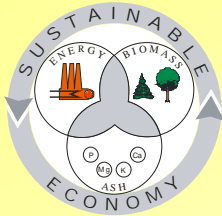
Untersuchte Technologien – Betrieb eines E-Filters mit einem modernen Pelletkessel



PM₁-Abscheidegrad: 96-97%

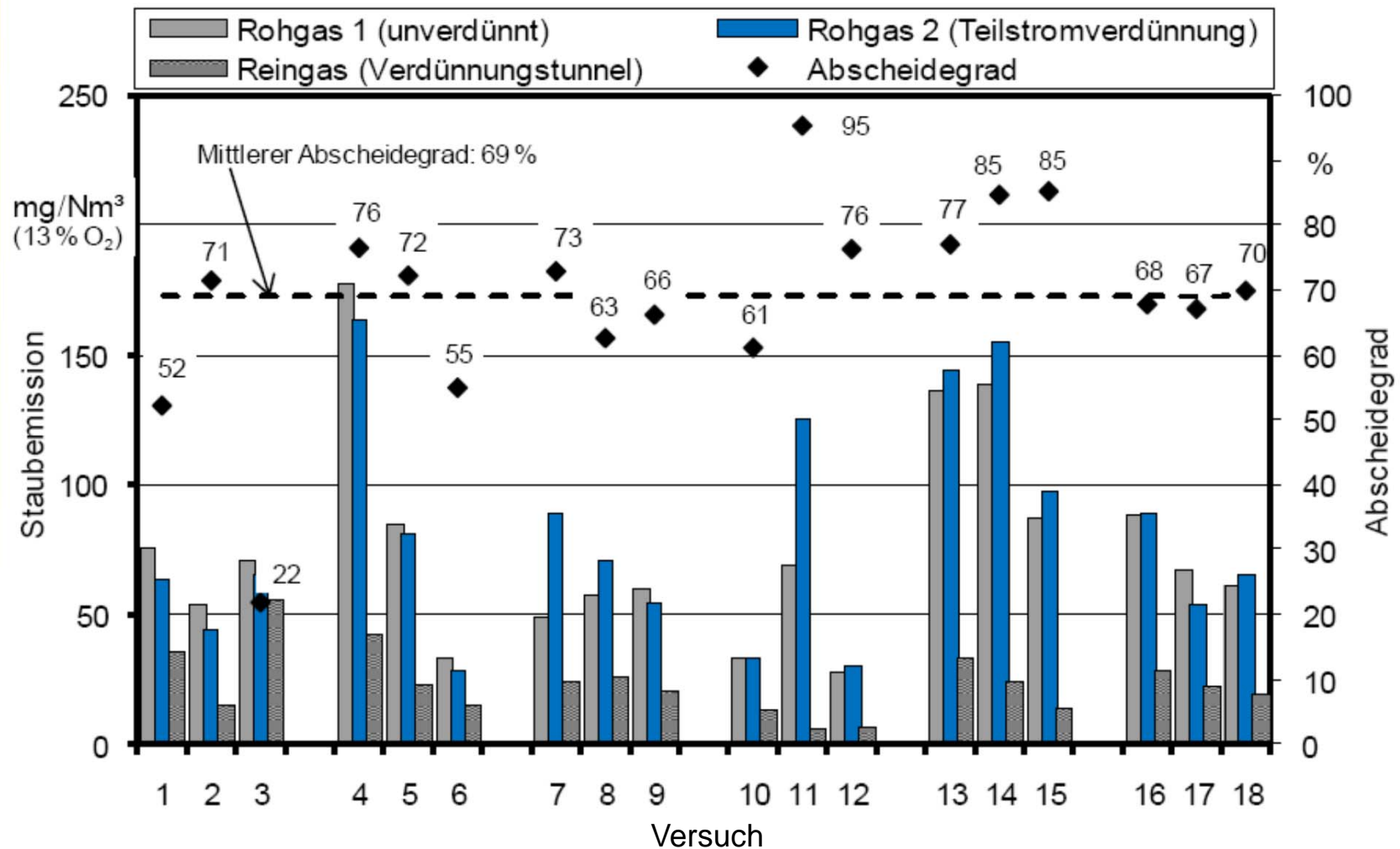


Erläuterungen: Brennstoff: Weichholzpellets; ELPI ... elektrischer Niederdruck-Kaskadenimpaktor; BLPI ... Berner-Niederdruck-Kaskadenimpaktor; O₂ bezogen auf trockenes Abgas; Emissionen bezogen auf trockenes Abgas und 13 Vol% O₂; Messungen durchgeführt durch die Technische Universität Graz

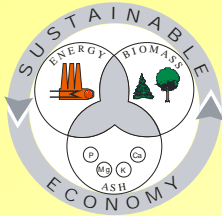


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Untersuchte Technologien – Betrieb eines E-Filters mit einem modernen Scheitholz-Kaminofen

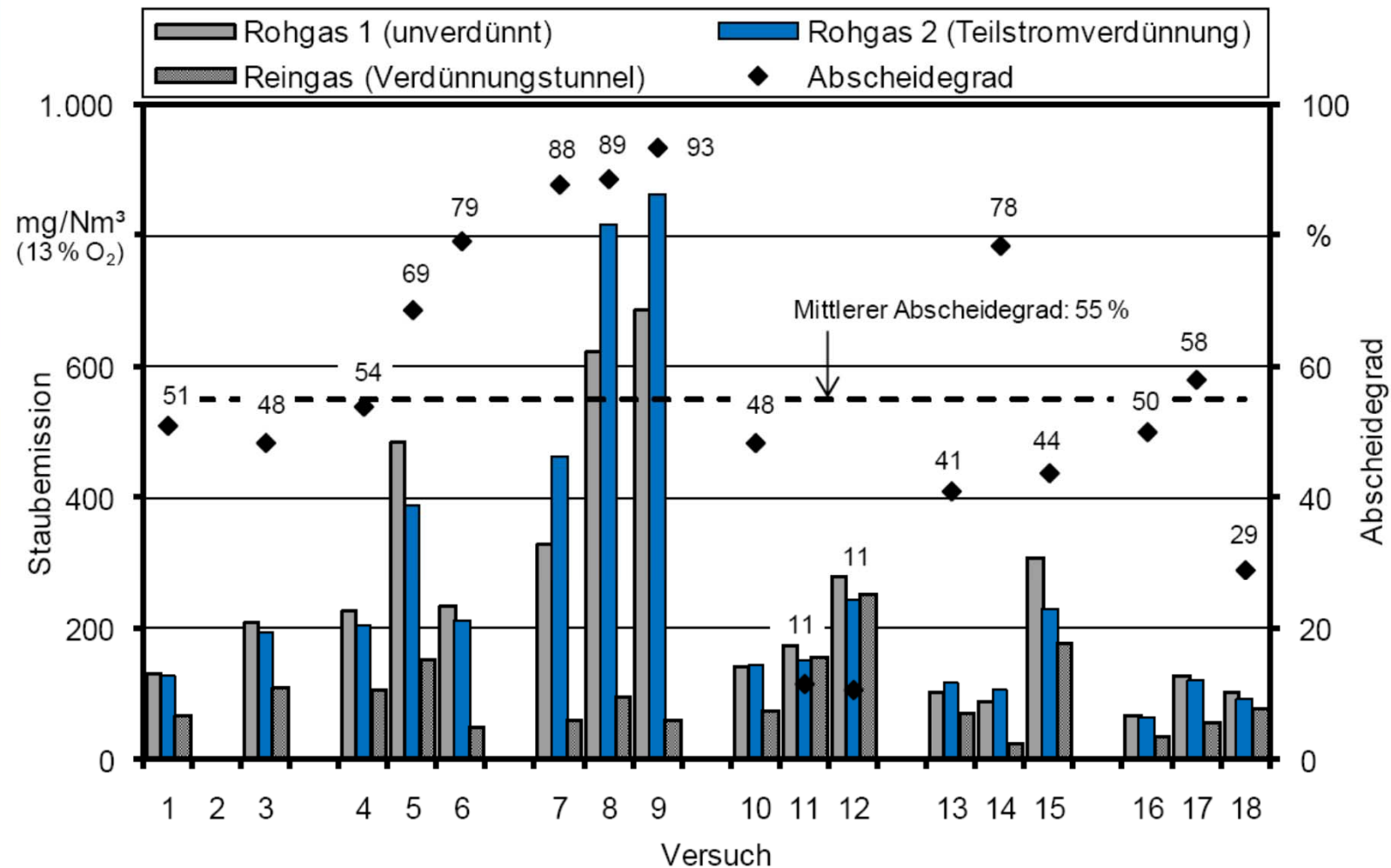


Erläuterungen: Brennstoff: Buchenscheitholz; mittlere Leistungsaufnahme des E-Filters: 180 W; Gesamtstaubemissionen gemessen mit gravimetrischer Methode nach VDI 2066 ; Messungen durchgeführt durch TFZ Straubing

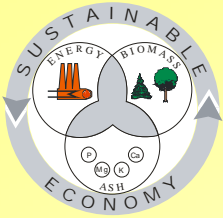


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Untersuchte Technologien – Betrieb eines E-Filters mit einem billigen Scheitholz-Kaminofen



Erläuterungen: Brennstoff: Buchenscheitholz; mittlere Leistungsaufnahme des E-Filters: 180 W; Gesamtstaubemissionen gemessen mit gravimetrischer Methode nach VDI 2066; Messungen durchgeführt durch TFZ Straubing

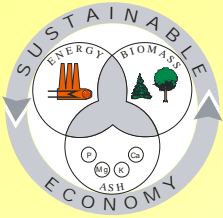


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Untersuchte Technologien – Zusammenfassung (2)

➤ Zusammenfassung der Evaluierung der Elektrofilter (Fs.):

- Die Installation des E-Filters erfolgt im Rauchrohr nach der Feuerung oder im beziehungsweise auf dem Kamin.
- Stromverbrauch der E-Filter: 10 bis 100 W (meist 10-30 W)
- Investitionskosten: 1.000 to 3.000 € (meist 1.200-1.500 €), exkl. MwSt
- Die Elektrofilter wurden zumeist unter guten oder akzeptablen Verbrennungsbedingungen am Prüfstand entwickelt und getestet. Weiters liegen nur wenige Ergebnisse von Langzeitfeldmessungen vor und es gibt kaum Langzeiterfahrungen mit Elektrofiltern.
- **Aus diesem Grund sind keine ausreichende Daten bezüglich der Anwendbarkeit und der Verfügbarkeit der untersuchten Systeme, insbesondere in Hinblick auf den Betrieb mit alten Biomassekleinfeuerungen, verfügbar.**
- **Der Einfluss von kondensierbaren und klebrigen Partikeln, die aus schlechten Verbrennungsbedingungen resultieren (typisch für alte Feuerungen und beim Anfahren), auf die Verfügbarkeit des Elektrofilters ist nach wie vor nicht ausreichend geklärt.**



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

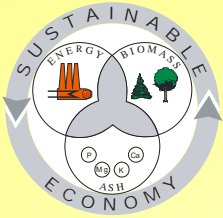
Untersuchte Technologien – Zusammenfassung (3)

➤ Zusammenfassung der Evaluierung der Elektrofilter (Fs.):

- **Laufende und zukünftige Projekte, die auf eine Lösung dieser Problemstellungen abzielen, sind für eine breite Markteinführung von Elektrofiltern entscheidend und notwendig.**

➤ Zusammenfassung der Evaluierung der Katalysatoren:

- **Mit Katalysatoren, die im Rauchrohr nach der Feuerung installiert werden, konnten keine befriedigende Ergebnisse erreicht werden. Diese Systeme sind während des Anfahrens sowie zum Teil auch während Phasen unvollständigen Ausbrands aufgrund der für eine katalytische Oxidation zu niedrigen Rauchgastemperaturen nicht verfügbar.**
- **Nur mit Katalysatoren, die direkt in der Brennkammer installiert sind, können Teere und Rußpartikel verbrannt werden. Eine Reduktion der anorganischen Aerosole ist nicht möglich(es kann zum Teil ein gewisser Filtereffekt durch den Katalysator erreicht werden).**
- **Über Deaktivierung und Reinigung der Katalysatoren gibt es keine Angaben.**

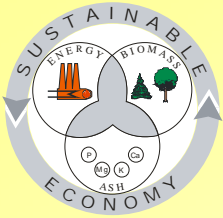


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Untersuchte Technologien – Zusammenfassung (4)

➤ Zusammenfassung der Evaluierung von keramischen Filtern

- Die untersuchten Filter sind in Kaminöfen integriert, wodurch eine Evaluierung der Filter alleine nicht möglich ist. Verglichen mit modernen Kaminöfen liegen die Gesamtstaubemissionen dieser Systeme auf ähnlichem Niveau, womit die Abscheideeffizienz moderat sein dürfte. Eine weitere Evaluierung der Filter wäre aber notwendig.

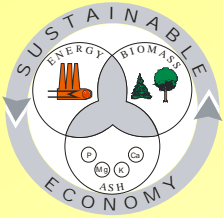


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Untersuchte Technologien – Zusammenfassung (5)

➤ Zusammenfassung der Evaluierung von Systemen mit Rauchgaskondensation

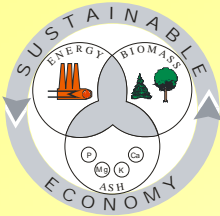
- Die Feinstaubabscheideeffizienz von Systemen mit Rauchgaskondensation ist gering (typischerweise im Bereich von 10 bis 20%). Grobe Flugaschepartikel können meist abgeschieden werden.
- Diese Systeme sind in erster Linie für die Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades (Wärmerückgewinnung) vorgesehen.
- Eine Ausnahme bildet ein speziell entwickelter Hochtemperaturwärmetauscher mit Rauchgaskondensation, der eine ausreichend hohe Abscheideeffizienz aufweist (laut theoretischen Berechnungen). Dieses System befindet sich aber noch in der Entwicklungsphase.



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Schlussfolgerungen und Empfehlungen (1)

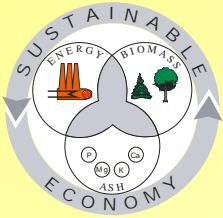
- **Generell werden Partikelabscheider als Sekundärmaßnahme zur Emissionsreduktion bei Biomassefeuerungen eingesetzt und sind daher vor allem für alte Systeme, die die höchsten Partikelemissionen aufweisen, interessant.**
- **Aber gerade bei diesen Systemen sind die Rahmenbedingungen hinsichtlich Partikelbeladung, Ausbrandqualität und Klebrigkeit der Partikel als problematisch anzusehen beziehungsweise stellen eine technologische Herausforderung da.**
- **Aus diesen Gründen sollten zukünftige Arbeiten schwerpunktmäßig auf die Anwendbarkeit von Partikelabscheidern für alte Systeme, bei denen das größte Abscheidepotential bezüglich Partikel gegeben ist, abzielen.**
- **Ein zweites mögliches Einsatzgebiet für Partikelabscheider sind Öfen, bei denen die Ausbrandqualität der Rauchgase aufgrund des Batchbetriebes bei Naturzug schlechter ist als bei kontinuierlich betriebenen Systemen. Für Öfen sind in erster Linie Partikelabscheider, die direkt im bzw. auf dem Kamin installiert werden können, interessant.**



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Schlussfolgerungen und Empfehlungen (2)

- Bei modernen Biomassekesseln erscheint es sinnvoll, dass weitere Emissionsreduktionen durch den Einsatz von Primärmaßnahmen erreicht werden.
- Derzeit gibt es keine international einheitliche Methode zur Bestimmung der Partikelemissionen. Die Einführung einer gemeinsamen europäischen Methode zur Bestimmung der Partikelemissionen ist dringend notwendig.
- Weiters existiert keine standardisierte und konsistente Typenprüfung sowie Messmethodik für die Bestimmung der Abscheideeffizienz von Partikelabscheidern für Biomassekleinfeuerungsanlagen.
- Für zukünftige standardisierte Verfahren müssen relevante Punkte wie der Einfluss von Kondensation von flüchtigen organischen Rauchgasspezies im und nach dem Partikelabscheider sowie die Position des Partikelabscheiders (direkt nach der Feuerung oder im bzw. auf dem Kamin) und die für den Filterbetrieb relevanten Betriebsdaten berücksichtigt werden.



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Schlussfolgerungen und Empfehlungen (3)

- **Jedenfalls ist für eine breite Markteinführung von Partikelabscheidern unablässig, dass diese umfassend getestet werden und zuverlässig sind. Weiters muss ein automatischer Betrieb des Partikelabscheiders über eine gesamte Heizperiode bei gleichbleibend hoher Abscheideeffizienz gewährleistet sein.**
- **Neben der technologischen Entwicklung sind gesetzliche (Grenzwerte) und finanzielle (Förderungen) Anreize für eine breite Markteinführung von Partikelabscheidern für häusliche Feuerungen notwendig.**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



**BIOENERGIESYSTEME
GmbH**

Innfeldgasse 21b, A-8010 Graz, Austria

TEL.: +43 (316) 481300; FAX: +43 (316) 4813004

E-MAIL: office@bios-bioenergy.at

HOME PAGE: <http://www.bios-bioenergy.at>



**process
& particle
engineering**

Technische

Universität Graz