

4. Fachgespräch

Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen



IMPRESSUM

Herausgegeben von:

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

Förderung:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Geschäftsführung:

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

DBFZ Tagungsreader, Nr. 29

4. Fachgespräch Staubmessverfahren in
Kleinfeuerungsanlagen
7. Februar 2024, Leipzig
ISSN: 2199-9856 (online)
ISBN: 978-3-949807-08-4
DOI: 10.48480/10kf-kz81

Datum der Veröffentlichung: 8. März 2024

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

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

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

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

4. Fachgespräch

Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen

7. Februar 2024, Leipzig

Inhaltsverzeichnis

Grußwort.....	6
Impressionen.....	7
SESSION: NICHT-GRAVIMETRISCHE VERFAHREN	
<i>Bernd Weishaar / Per Holm Hansen, Clean Exhaust Association e.V.</i>	
Erfahrungen aus der Entwicklungsperspektive von Staubabscheidern und Folgen für die Praxis.....	10
<i>Thomas Birnbaum, Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH</i>	
Messungen des Partikelgrößenspektrums mittels EEPS an Kaminöfen und Vergleich mit anderen Messverfahren.....	18
<i>Dr. Axel Friedrich, freier Berater</i>	
Entwicklung eines kostengünstigen Rußemissionsmessgerätes.....	28
<i>Dr. Josef Wüest, Fachhochschule Nordwestschweiz</i>	
Aktuelles und Neues vom DiSC-Messverfahren und von Verdünnern und Thermodenuder	40
SESSION: KURZVORSTELLUNG DER AUSSTELLER	
<i>Frank Tettich, Grimm Aerosol Technik GmbH</i>	
Ausstellerpräsentation Firma GRIMM Aerosol Technik GmbH.....	52
<i>Klaus Beckert, ENVILYSE GmbH</i>	
Ausstellerpräsentation Firma ENVILYSE GmbH	60
<i>Dr. Lars Hillemann, Topas GmbH</i>	
Ausstellerpräsentation Firma Topas GmbH.....	64
SESSION: RINGVERSUCHE / KALIBRIERUNG	
<i>Kay Weinhold, Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V.</i>	
Traceability of the Calibration of Condensation Particel Counters (CPC).....	72
<i>Dr. Dominik Wildanger, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie</i>	
Partikelanzahlmessungen im Abgas von Kaminöfen – Validierung des Messverfahrens für das Umweltzeichen Blauer Engel durch Ringversuche	80
SESSION: GRAVIMETRISCHE VERFAHREN	
<i>Claudia Schön, Technologie- und Förderzentrum</i>	
Bestimmung der Staubemissionen mittels ENPME und einer möglichen ENPME-Erweiterung.....	94
<i>Michael Sattler, Ökozentrum</i>	
Messkonzepte der nächsten Generation	104
ANHANG	
Veranstaltende	114



SAVE THE DATE!

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

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!

Weitere Informationen unter: www.tfz.bayern.de

Grußwort

Sehr geehrte Vortragende und Teilnehmende des 4. Fachgesprächs „Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen“,

unser letztes Fachgespräch zu diesem Thema liegt nun schon vier Jahre zurück. In diesem Zeitraum haben sich die Erfahrungen mit den Messverfahren, sowie die Messverfahren selber weiterentwickelt. Grund genug, sich in Theorie und Praxis erneut mit diesem Thema zu beschäftigen.

Mit dem 2019 eingeführten Umweltzeichen „Blauer Engel“ für Kaminöfen wurden erstmals Anforderungen an die Emission aus Kleinfeuerungsanlagen bezüglich der Partikelanzahl gestellt. Die Anwendung dieser nichtgravimetrischen Messverfahren ist auf diesem Gebiet neu.

Im Rahmen des diesjährigen Fachgesprächs konnten wir intensiv über die Eignung verschiedener am Markt verfügbarer Messverfahren zur Bewertung von Partikelemissionen aus Kleinfeuerungsanlagen und ihre Aussagekraft bezüglich des Zustandes der Feuerung diskutieren.

Es kam auch die Übertragbarkeit der normativen Randbedingungen für die aus dem Automobilbereich stammenden Messverfahren für den Einsatz an Kleinfeuerungsanlagen zur Sprache. Die Parameter, wie beispielsweise die Zähleffizienz für verschiedene Partikelgrößen, haben einen relevanten Einfluss auf das Endergebnis.

Die Erörterung von Themen der Kalibrierung von Partikelzählern sowie der Ergebnisse und Erfahrungen aus dem ersten Ringversuch an einem Kaminofen mit Staubabscheider konnte sowohl Fragen klären und hat auch neue Diskussionspunkte aufgeworfen. Hier werden auf dem Weg zu zuverlässigen und „richtigen“ Messwerten noch weitere Schritte notwendig sein.

Erfahrungen mit dem Staubmessverfahren nach DIN EN 16510 an Kleinfeuerungsanlagen wurden ebenso diskutiert, wie deren Vergleichbarkeit mit



Dr. Volker Lenz und Dr. Hans Hartmann

der VDI 2066, sowie die Ergebnisse eines europäischen Workshops zu Weiterentwicklungsoptionen.

Im Rahmen eines Praxisteils konnten die Teilnehmenden die Messgeräte mehrerer Firmen im Verbrennungstechnikum des DBFZ an unterschiedlichen Feuerungsanlagen im Betrieb sehen und sich mit den Herstellenden und anderen Teilnehmenden über den praktischen Betrieb austauschen.

Im vorliegenden Tagungsreader finden Sie die präsentierten Abstracts und Folien zum Nachlesen. Eine Fortführung der Gesprächsreihe ist geplant (und nicht erst in vier Jahren).

V. Lenz *H. Hartmann*

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

Impressionen



Session: Nicht-Gravimetrische Verfahren

Bernd Weishaar / Per Holm Hansen, Clean Exhaust Association e.V.

Erfahrungen aus der Entwicklungsperspektive von Staubabscheidern und Folgen für die Praxis

Bernd Weishaar
OekoSolve AG
Schmelzweg 2
CH - 8889 Plons-Mels SG
Tel.: +41 (0)81 511-6300
E-Mail: bernd.weishaar@oekosolve.ch

Per Holm Hansen
PHX Innovation Aps
Industrivej 13
DK - 5550 Langeskov
Tel.: +45 (0)2598-0610
E-Mail: phh@phx-innovation.dk

OekoSolve:

OekoSolve entwickelt und verkauft seit 2007 Lösungen zur Reduktion Feinstaubpartikeln bei Holzfeuerungen. Es werden Produkte im Bereich der Einzelraumfeuerungen bis hin zu Industriefeuerungen angeboten. Aktuell werden Entwicklungen im Bereich der Integration Partikelabscheidern in Holzfeuerungen und Einzelraumfeuerungen vorangetrieben.

Die elektrostatischen Abscheider bieten den Vorteil einer hohen Staubabscheidung, insbesondere bei Feinstäuben und ultrafeinen Partikeln im nm-Bereich. Die ESP zeichnen sich zusätzlich dadurch aus, dass sie sehr geringen Einfluss auf die Zugverhältnisse bzw. Druckverlust haben. Ebenfalls sind die Betriebs- und Unterhaltskosten niedrig. OekoSolve hat sich mit dem Wiedereintrag von agglomerierten russhaltigen Stäuben beschäftigt, da diese zu Flockenauswurf führen können. Untersuchungen zeigen, dass Salze optimale Bedingungen für Elektroabscheider aufweisen, Russ jedoch einen sehr geringen Staubwiderstand und somit eine geringe Haftkraft besitzt. Dies führt zu Wiedereintrag (Reintrainment) und somit Grobstaub, welcher bei gravimetrischen Messungen zu hohen Reingaswerten führt. Bei der Partikelanzahlmessung werden hingegen Grobstäube gleich bewertet wie Feinstaub, sodass das Messresultat nicht durch Grobstäube verfälscht werden kann.

PHX Innovation:

Das an der PHX innovation durchgeführte Projekt befasst sich mit der Partikelkonzentration und -größenverteilung in Holzofenrauch, der in einem Verdünnungskanal gemessen wird (NS3058/3059). Diese Methode wurde u.a. deshalb gewählt, weil Messungen im Labor möglich sind und weil sie ein klares Bild davon vermittelt, was nach dem Schornstein in die Atmosphäre abgegeben wird. Bei diesem Projekt wurden ein automatisch gesteuerter Ofen und konditioniertes Holz verwendet, um die Wiederholbarkeit zu maximieren.

Die Projekttests zeigen, dass die größte Konzentration bei 140 nm während der Wiederbefeuerung und 120 nm während einer vollen 70-minütigen Ladung liegt. Anschließend wurde untersucht, bei welcher Partikelgröße ein ESP-Filter den geringsten/größten Wirkungsgrad hat. Aus den Kurven ist ersichtlich, dass die geringste Effizienz bei Partikeln unter 10 nm in den ersten zehn Minuten nach der Wiederbefeuerung und unter 65 nm bei einer vollen 70-minütigen Ladung vorliegt. Es wurde auch festgestellt, dass es im Allgemeinen eine etwas größere Streuung der Gesamtpartikelanzahlmission gibt, wenn mit ESP-Filter im Kamin gemessen wird. Die größte Streuung liegt bei etwa 40 Minuten, also in der Zeit, in der die Flammen im Ofen erlöschen und die Verbrennung in eine glühende Schicht übergeht.



Elektrostatischer Abscheider

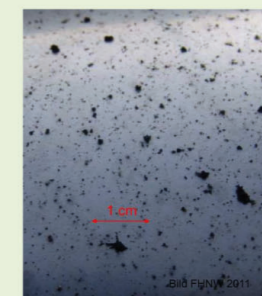
• Vorteile

- Hohe Abscheidung von Feinstäuben und ultrafeinen Partikeln auch im nm-Bereich
- Sehr geringen Effekt auf Zugverhältnisse und Druckverlust
- Niedrige Betriebs- und Unterhaltskosten



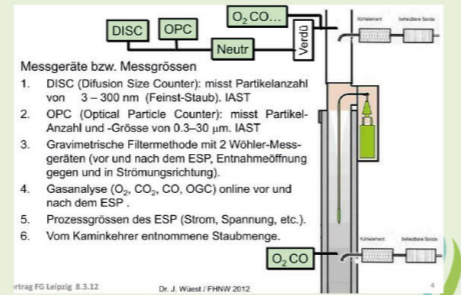
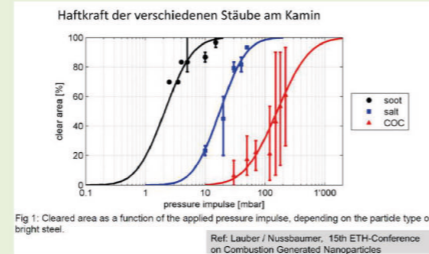
• Nachteile

- Wiedereintrag von agglomerierten russhaltigen Stäuben führt zu Flockenauswurf
- Betriebsunterbruch bei Kurzschlüssen



Wiedereintrag von Russflocken

- Salze weisen optimale Bedingungen für Elektroabscheider auf
- Teer (COC) hat sehr hohe klebrige Haftkraft
- Russ weist geringen Staubwiderstand und somit geringe Haftkraft auf => Wiedereintrag (Reentrainment)
- Umfangreiche Untersuchung verschiedener Messverfahren, Josef Wüst FHNW schon 2012



3

Messungen nach Vorgaben Blauer Engel für Staubabscheider DE-UZ22

Gravimetrische Messung:

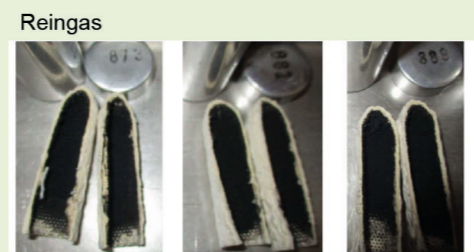
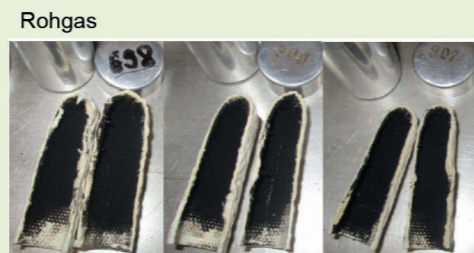
- Rohgas 161 - 252 mg/m³
- Reingas 78 - 236 mg/m³
- Reingas -26 - 32 mg/m³
- CO 2225 - 3125 mg/m³

• Mittlere Abscheideleistung – 2%

• **3 von 5 Messungen mit negativer Abscheidewirkung**

Mindestanforderungen:

- 65% Abscheidewirkung bei min. 100 – 200 mg/m³

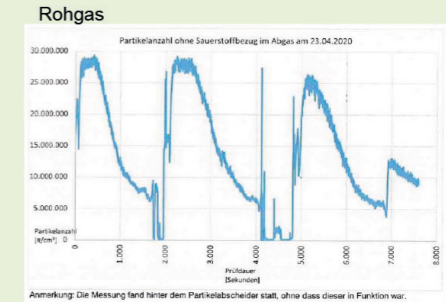


4

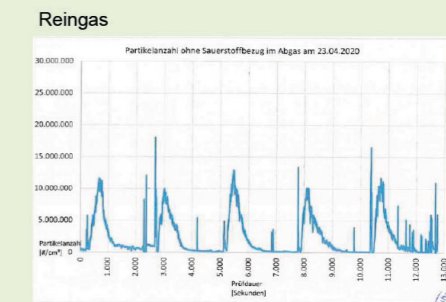
Messungen nach Vorgaben Blauer Engel für Staubabscheider DE-UZ22

Partikelanzahlmessung:

- Rohgas:
Mittlere Partikelanzahl 12.58 Mio/cm³
- Messung nach dem Abscheider bei ausgeschaltetem Abscheider



- Reingas:
Mittlere Partikelanzahl 2.04 Mio/cm³



Mindestanforderungen:

- 90% Minderung der Partikelanzahl oder
- Partikelanzahl kleiner 3 Mio/cm³

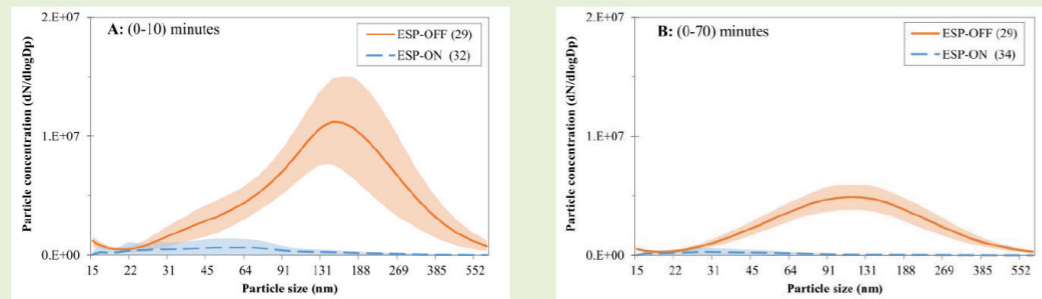
5

Auswirkung für die Entwicklung

- Hoher Russanteil im Abgas von Kaminöfen führt zu Wiedereintrag von grossen Staubflocken
- Wiedereintrag beeinflusst gravimetrische Messungen sehr stark
- Einsatz von Messgeräten, die Einfluss Flockenauswurf minimieren
- Partikelzählung zeigt geringste Abhängigkeit gegenüber Staubflocken
- Partikelzählung schafft beste Vergleichbarkeit von Elektroabscheider

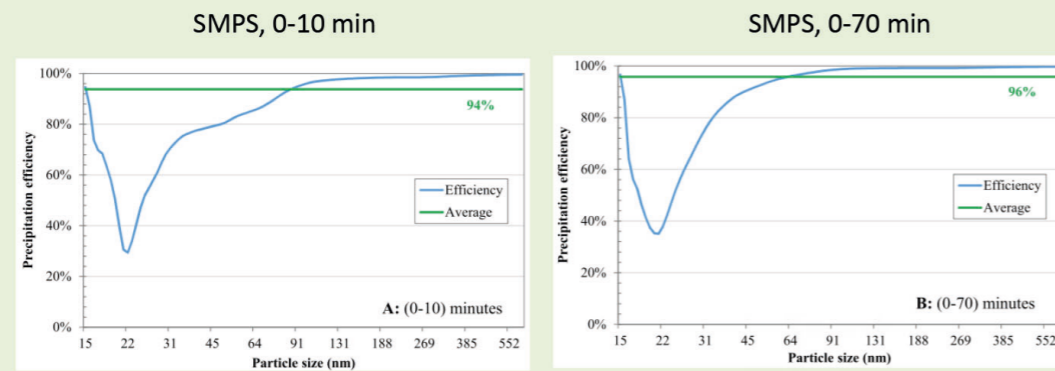
6

Normalized particle # concentration in dilution tunnel



7

Normalized particle concentration in dilution tunnel Capture effectivitet im gröessebereich



8

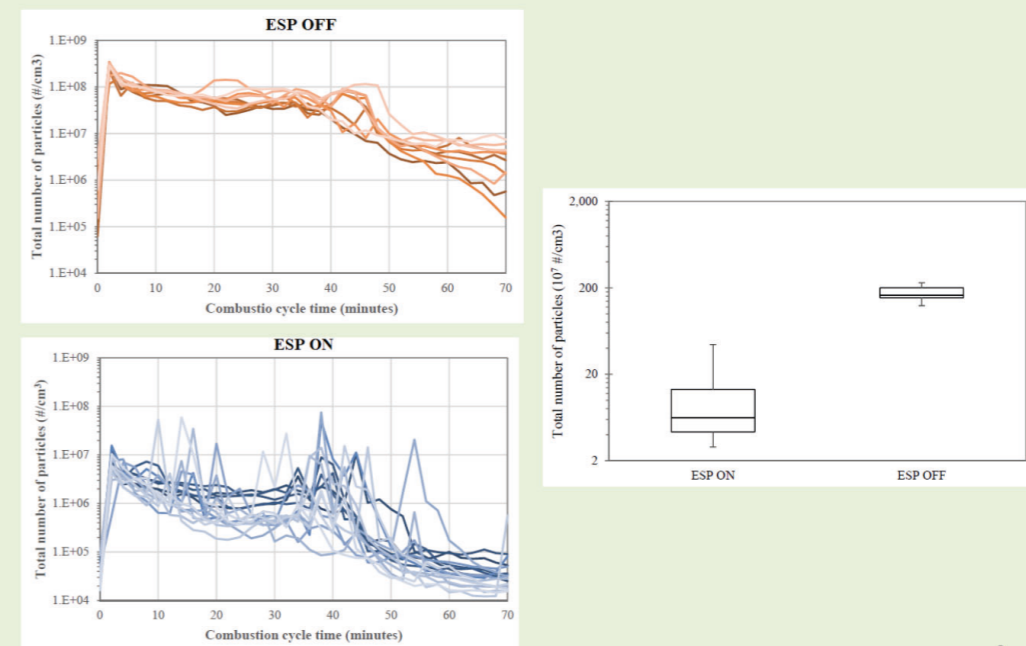
Kurzpräsentation des CAT Projektes – Clean Air Testzone Projektleiter: Technologisches Institut Dänemark

1. ausgewähltes Wohngebiet: Aarhus Universitet, SKORSTENSFEJERMESTER, DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
2. Benutzereingabe: DAPO, KATZEN MARK, SKORSTENSFEJERMESTER, DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
3. Installation neuer Öfen und Rauchgasreinigungen: DAPO, SCHIEDEL, BlueChimney, exodraft, HETA, Aduro, hWam, morsø
4. Überwachung & Datenanalyse: Aarhus Universitet, SKORSTENSFEJERMESTER, leapcraft™, DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
5. Unterstützung: Miljøministeriet, Ecoinnovation - MUDP



10

Emitted particle size distribution & capturing efficiency



9

Kurzpräsentation des CAT Projektes – Clean Air Testzone


Projektleiter: Technologisches Institut Dänemark

Winter 2020/2021	Winter 2021/2022	Winter 2022/2023
<ul style="list-style-type: none"> • Sensor installationen • Grundmessungen <ul style="list-style-type: none"> • Luftqualität in der Umgebung • Innenraumklima • Emissionen (ausgewählte Öfen) • Ressourcen: <ul style="list-style-type: none"> • Registrierte Haushalte • Ausrüstung (Öfen, Filter, Schornsteine, Lüfter...) • Luftqualitätssensoren 	<ul style="list-style-type: none"> • Erstes Jahr mit Massnahmen • Benutzerschulung • Neuer Ofen • Filtermontage • Registrierung des Brennholzverbrauchs • Aufzeichnungen über die Anzahl der Feuerungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Zweites Jahre für neue/weitere Massnahmen • Schornstein • Rauchsauger • Benutzerschulung • (Möglichkeit Holzofen zu tauschen)


11 

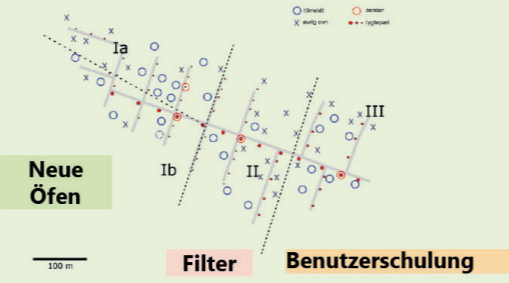
Kurzpräsentation des CAT Projektes – Clean Air Testzone

Projektleiter: Technologisches Institut Dänemark





Außensensor






Innensensor





Schornsteinmessung

12 

Kurzpräsentation des CAT Projektes – Clean Air Testzone

Projektleiter: Technologisches Institut Dänemark

Andere Maßnahmen

Nationales Modell

- Basierend auf Berichten
- Anzahl der Holzöfen
- Grenzwerte für Kaminöfen

Testzonenmodell

- Basierend auf Fakten
- Reale Messungen

Vergleich der 2 Modelle



Modulation der Partikelemissionen: Simulationsmodell zur Berechnung der Emissionen basierend auf Installation, Wetter etc

Zusammensetzung des Basismodells

Aufbau des grundlegenden Simulationsmodells

Testen die Simulation gegen die Realität

Fügen der Simulation verschiedene Modelle hinzu

Gesamtsimulation testen, Wird für zukünftige Wohngebiete zur Simulation von Partikeln verwendet.



Messung von PM2,5 und PM1 in der Außenumgebung. Beitrag zu Messungen. Sortierdaten: Primär, Sekundär, Hintergrund Messung von CO, Temp., RH, PM10, PM2,5 in Innenräumen.

Was zu den Messungen beiträgt: Emissionen, Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Hintergrund usw.

Meteorologische Normalisierung: Die Meteorologische Normalisierung ermöglicht es, lokale von Hintergrundemissionen zu trennen, indem meteorologische Effekte wie z. Wind Referenzmessungen.



13 



Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

14 

Thomas Birnbaum, Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH

Messungen des Partikelgrößenspektrums mittels EEPS an Kaminöfen und Vergleich mit anderen Messverfahren

Thomas Birnbaum
 Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH
 Bertolt-Brecht-Allee 20
 01309 Dresden
 Tel.: +49 (0)351 4081-5370
 E-Mail: thomas.birnbaum@ilkdresden.de

Neben der Partikelanzahlkonzentration und der Gesamtstaubmasse ist bei Abgasmessungen an Kaminöfen auch die Bestimmung der Partikelgrößenverteilung möglich. Diese kann durch Anwendung des Messverfahrens mit einem EEPS (Engine Exhaust Partikel Sizer) online durchgeführt werden.

Die Messung und Darstellung sind in Echtzeit ausführbar, womit Rückschlüsse auf den Zustand der Feuerung gezogen werden können. Beim Standard-Verfahren für die Prüfung nach „Blauer Engel“ mittels CPC (Condensation Partikel Counter) ist dies nicht realisierbar. Nur durch Vorschalten eines SMPS-Systems (Scanning Mobility Partikel Sizer) wäre diese Möglichkeit gegeben. Allerdings entsteht dadurch ein zeitlicher Verzug auf Grund der Spannungsvariation im DMA (Differential Mobility Analyser).

Gerade für Kaminöfen mit einem instationären Abbrand und daher dynamischen Verhaltens der Partikelemissionen eignet sich das Messverfahren mittels EEPS besonders. In jedem Fall ist für die Applikation an Kaminöfen eine Verdünnung des Probenluftvolumenstroms notwendig. Diese ist verfahrenstechnisch aufwendig und zeigt Schwächen in Standzeit und bezüglich der Kondensationserscheinungen.

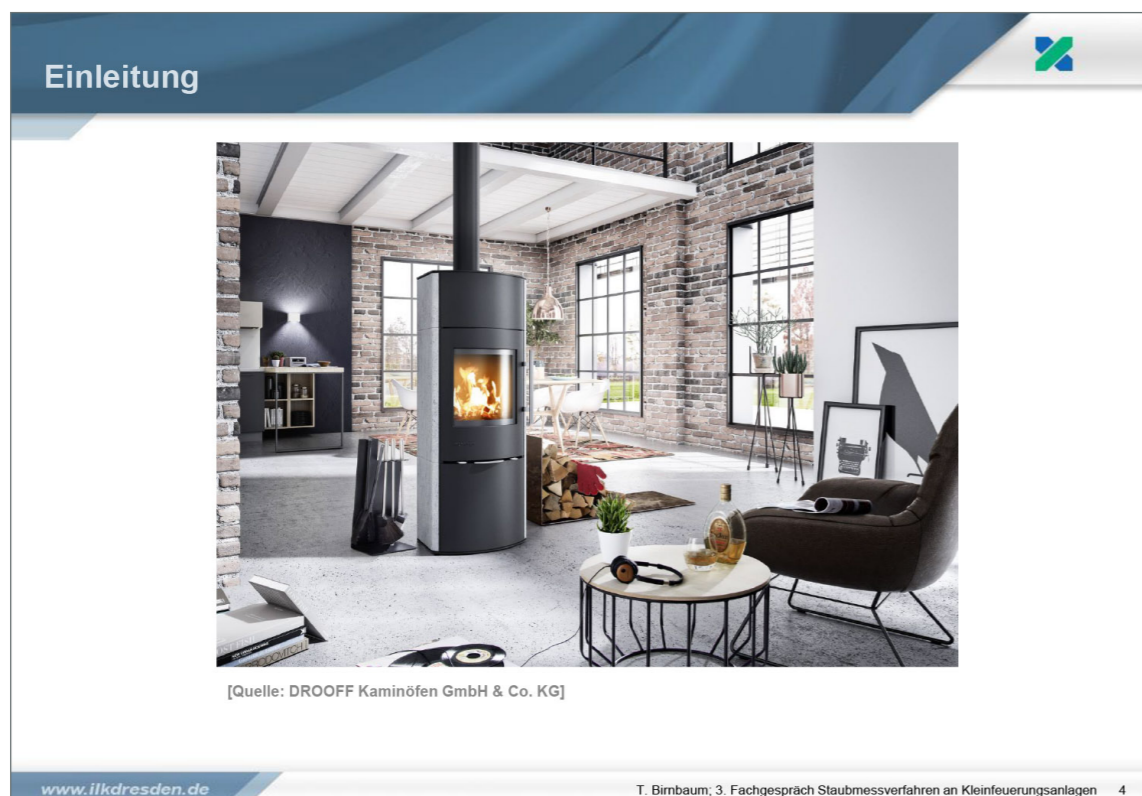
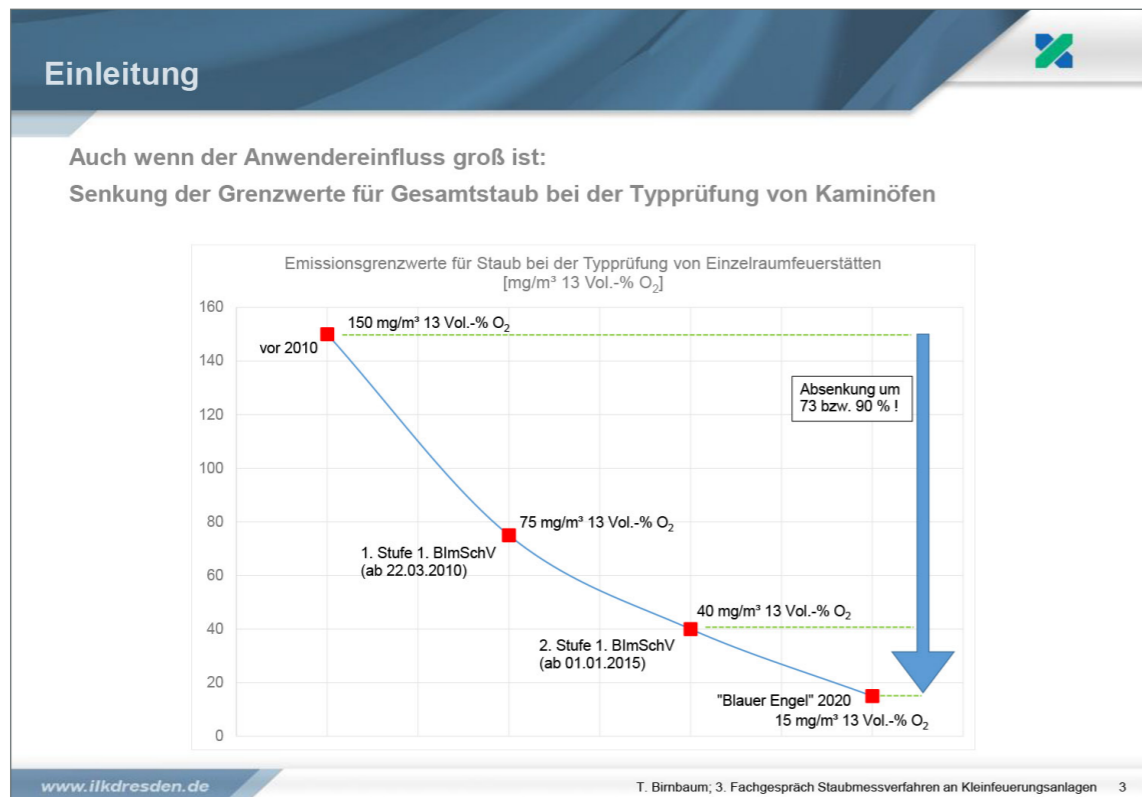
Im Beitrag werden die Messsysteme vorgestellt. In einem zweiten Abschnitt wird auf Messergebnisse der in diesem Zusammenhang durchgeführten Untersuchungen und die dabei gewonnenen Erfahrungen eingegangen. Diese werden mit gravimetrischen Messverfahren zum Gesamtstaub sowie der Ermittlung der Partikelgrößenverteilung mittels Kaskaden-Niederdruck-Impaktor verglichen.



Inhalte des Vortrags

- ▶ Einleitung
- ▶ 1. Vorstellung EEPS - Messverfahren
- ▶ 2. CPC - Messverfahren
- ▶ 3. Vergleich - Vorteile / Nachteile beider Verfahren
- ▶ 4. Ergebnisse zu Messungen
- ▶ 5. Anforderungen „Blauer Engel“
- ▶ 6. Bestehende Probleme

www.ilkdresden.de T. Birnbaum, 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 2



- ## 1. Vorstellung EEPS - Messverfahren
- ▶ Engine Exhaust Particle Sizer
 - ▶ Messverfahren: Elektrische Ladung von Partikeln (je größer Partikel, umso mehr Ladungen kann es tragen)
 - ▶ je nach Größe des Partikels Anzahl an Ladungen auf Oberfläche
 - ▶ elektrische Mobilität in einem elektrischen Feld wird genutzt
 - ▶ Ablenkung in einem elektrischen Feld und Detektion mit Elektrometern
 - ▶ Ladungen der Partikel werden abgegeben -> Stromfluss
- www.ilkdresden.de T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 5

- ## 1. Vorstellung EEPS - Messverfahren
- Erklärung am Beispiel des TSI 3090:
- ▶ Impaktor -> Trenngrenze 1 µm
 - ▶ Partikel werden zunächst mit einem Diffusions-Lader negativ aufgeladen bzw. entladen (wenn stark positiv)
 - ▶ 2. Lader: definierte positive Ladung; Partikel tragen Ladungen entspr. ihrer Größe
 - ▶ anschließend werden diese mit einer Hüllluft in die Messsektion geleitet:
 - ▶ 2 konzentrische Röhren ineinander, innere mit HV, äußere aus Elektrodenringen übereinander = Elektrometeranordnung
 - ▶ positiv geladene Partikel werden von der mittleren HV – Elektrode abgestoßen -> Beschleunigung in Richtung Elektrometer
 - ▶ 22 Elektroden – Partikelgrößenverteilung
- www.ilkdresden.de T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 6

1. Vorstellung EEPS - Messverfahren

Beispiel: TSI 3090

www.ilkdresden.de

T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 7

1. Vorstellung EEPS-System

[Quelle: U.S. Environmental Protection Agency]

www.ilkdresden.de

T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 9

1. Vorstellung EEPS-System

- ▶ EEPS am Kamin wie CPC nur mit Verdünnung nutzbar !
- ▶ Hier: Rotationsscheibenverdünner TSI 379020A + Thermokonditionierer 379030 (Kombi) zur Entfernung volatiler Kohlenwasserstoffe

www.ilkdresden.de

T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 8

2. CPC - Messverfahren

- ▶ **CPC (Condensation Partikel Counter)**
- ▶ nur durch Vorschalten eines SMPS (Scanning Mobility Partikel Sizer) – Systems Möglichkeit der Aufnahme eines Spektrums; allerdings entsteht zeitlicher Verzug auf Grund der Spannungsvariation im DMA (Differential Mobility Analyser).
- ▶ vorhandene Partikel werden als Kondensationskeime genutzt
- ▶ partikelbeladenes Gas wird mit einem Kohlenwasserstoff gesättigt (z.B. n-Butanol)
- ▶ anschließend Abkühlung Aerosol im Kondensator -> Aufkondensation von n-Butanol auf dem Partikel -> Anwachsen
- ▶ Partikel mit einer Laseroptik detektierbar
- ▶ typisch: TSI Nanopartikel-Emissionstester für hohe Konzentrationen 3795-HC

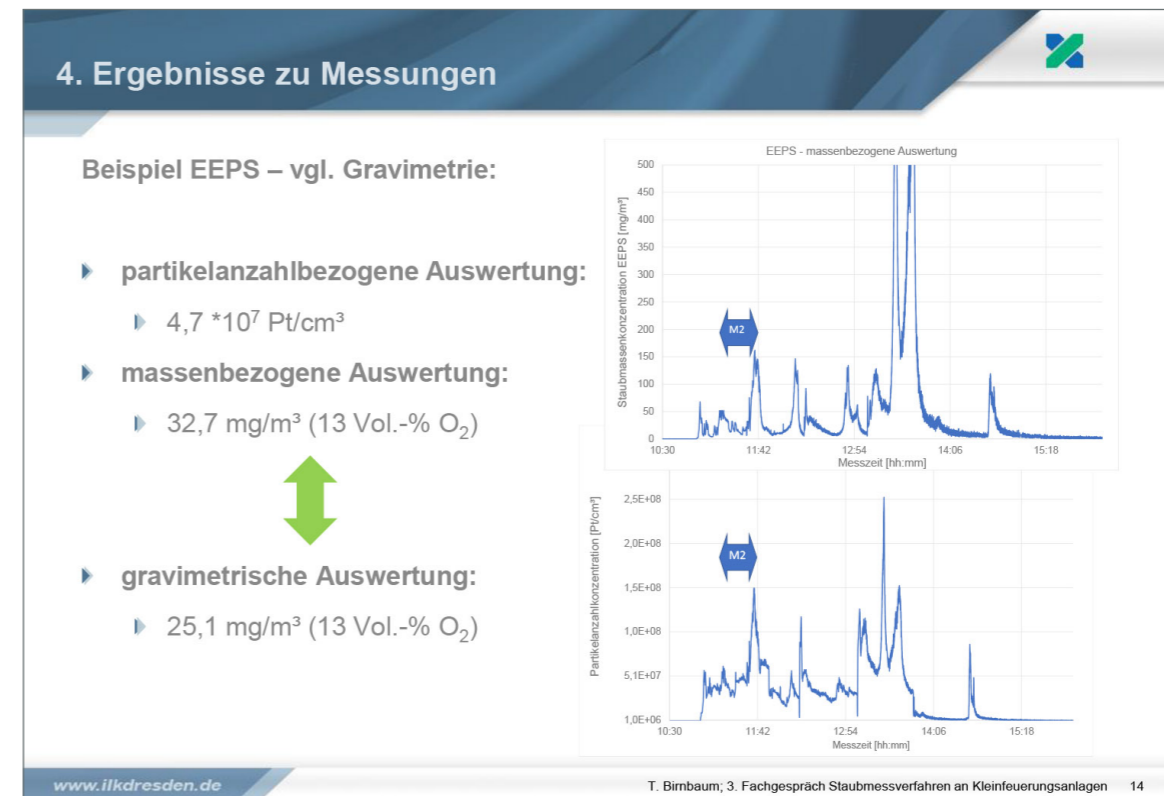
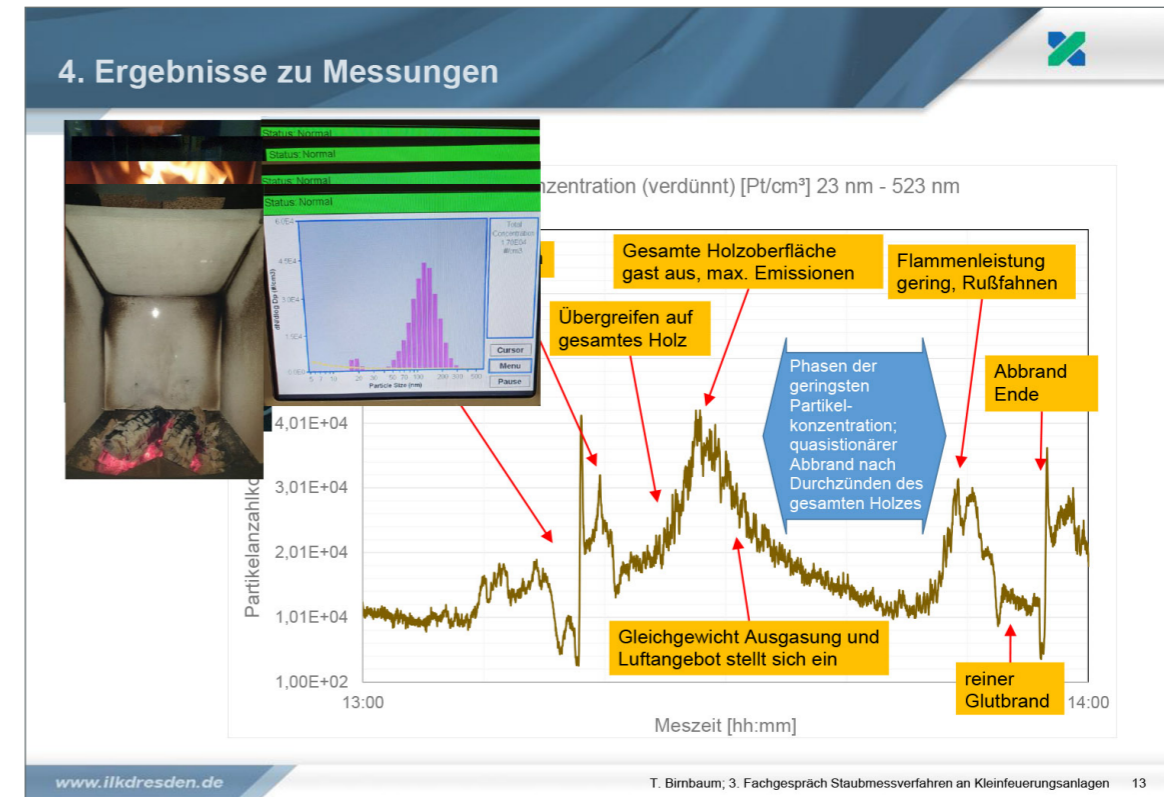
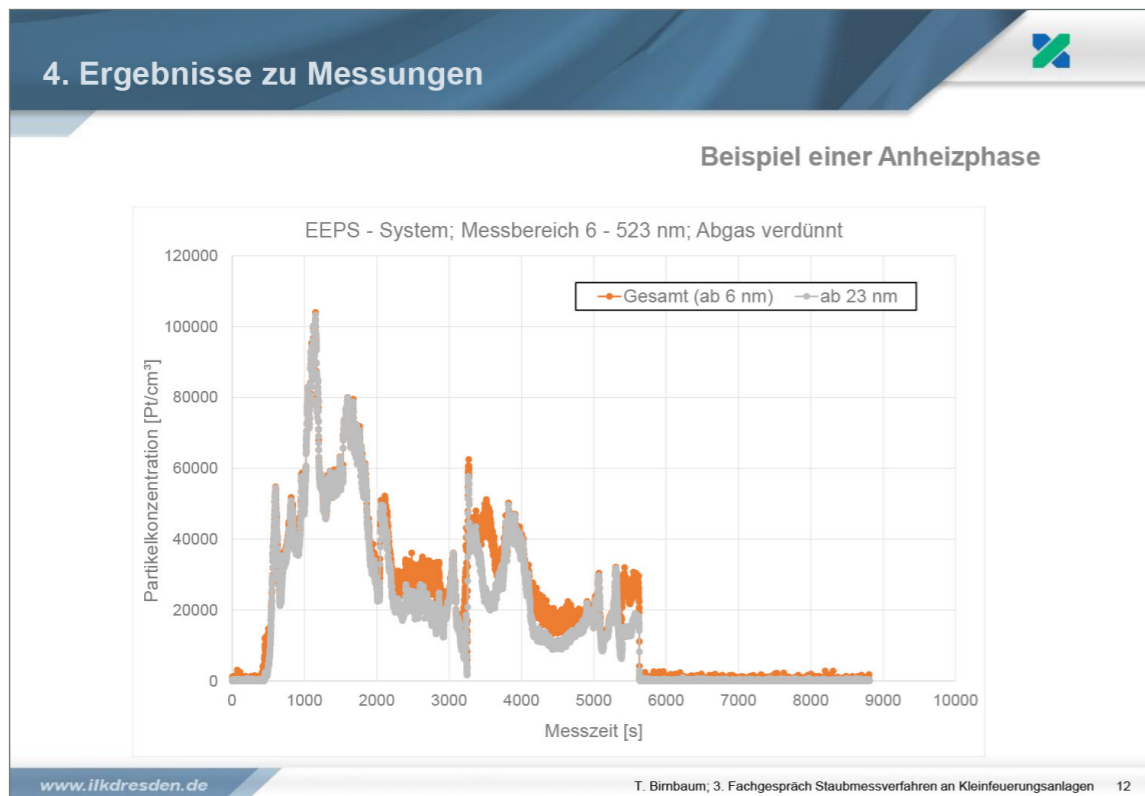
www.ilkdresden.de

T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 10

3. Vergleich - Vorteile / Nachteile beider Verfahren

It. Herstellerang.	CPC (Bsp.: TSI 3795-HC)	EEPS (Bsp.: TSI 3090)
Messung		
typ. Messbereich Partikelgröße	2	1
typ. Messbereich Partikelanzahl	2	1
ursprüngliches Anwendungsgebiet	Industrie, Biologie, Verfahrenstechnik	Industrie, Biologie, Verfahrenstechnik
Messung an Kaminen	kein Rauschen	kein Rauschen
Abdeckung durch blauen Engel	ja	zunächst nicht, Gleichwertigkeit prüfen


www.ilkdresden.de T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 11



5. Anforderungen Messverfahren „Blauer Engel“

- ▶ Konvention: CPC – Messverfahren (bzw. Gleichwertigkeit nachweisen, max. 20 % Abweichung zum Referenzsystem zul.)
- ▶ Messbereich: 23 nm bis 1 µm (Impaktorzyklon mit Trenngrenze zwischen 0,7 bis 1,5 µm)
- ▶ zul. relativer Fehler (CPC): 20 %
- ▶ Abtastrate: 0,5 Hz = alle 2 s ein Messwert
- ▶ Bestimmungseffizienz:
 - mind. 20 % bei 23 nm,
 - mind. 60 % bei 50 nm,
 - mind. 70 % ab 80 nm
 ↔ EEPS besitzt 100 %
- ▶ Probenahme: Verdünnung, Thermodenuder oder Catalytic Stripper
- ▶ Staub – Partikelanzahl: ab 1.1.2024: 3×10^6 Pt/cm³

BLAUER ENGEL
Das Umweltzeichen



Kaminöfen für Holz

DE-UZ 212

www.ilkdresden.de T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 15

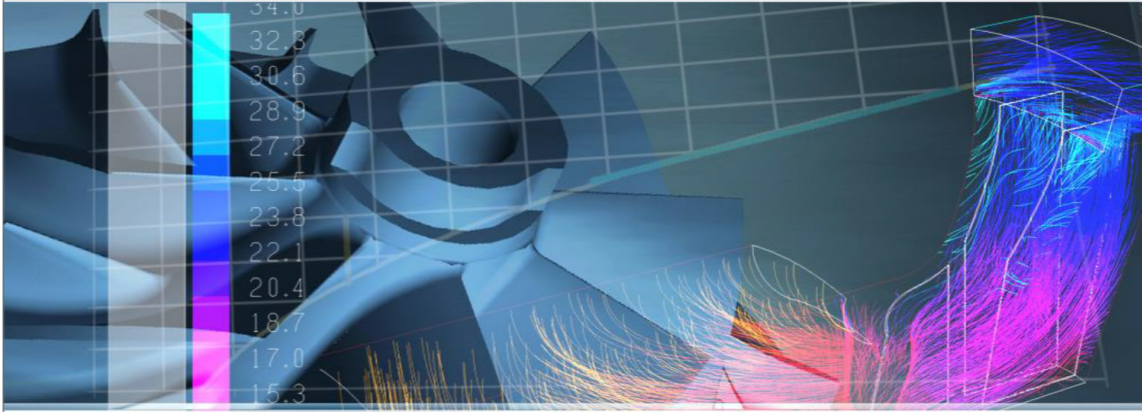
6. Bestehende Probleme

- ▶ Grenzwertbezug: gravimetrisch
- ▶ dennoch aus lufthygienischer Sicht: Partikeloberfläche von Bedeutung
- ▶ Partikelmessungen: Rückführbarkeit ?
 - ▶ METAS: „Als weltweit erstes Metrologieinstitut bietet METAS auf SI-Einheiten rückführbare Kalibrierungen von optischen Partikelzählern im Bereich zwischen 0,1 µm und 10,0 µm an.“
- ▶ Heißgasverdünnung (für Holzfeuerstätten) - verfahrenstechnisch aufwendig und zeigt Schwächen in Standzeit und bezüglich Kondensationserscheinungen vor allem bei Dauerbetrieb (Blauer Engel: Messzeit ca. 4,5 h) – hoher Wartungsaufwand
- ▶ Blauer Engel: Grenzwert 0,015 g/m³ 13 Vol.-% O₂ trotz Partikelmessung nachzuweisen – Gravimetrie wichtig!

www.ilkdresden.de T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 16

Messungen des Partikelgrößenspektrums mittels EEPS an Kaminöfen und Vergleich mit anderen Messverfahren

ILK Dresden



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit !

Institut für Luft- und Kältetechnik
gemeinnützige Gesellschaft mbH
Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Birnbaum
Tel.: +49 351 / 4081-5370
E-Mail: klima@ilkdresden.de

www.ilkdresden.de T. Birnbaum; 3. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen 17

Dr. Axel Friedrich, freier Berater

Entwicklung eines kostengünstigen Rußemissionsmessgerätes

Dr. Axel Friedrich, Jonas Dahl

Hertastrasse 2

14169 Berlin

Tel.: +49 (0)157-71592163

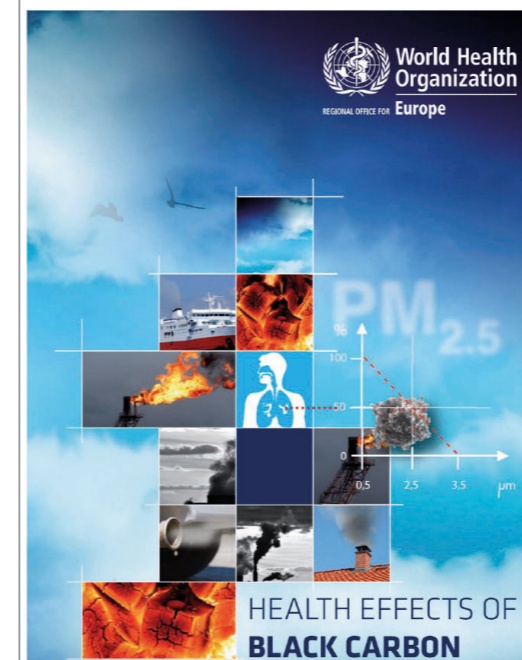
E-Mail: axel.friedrich.berlin@gmail.com

Bisher gibt es kein Ruß-Emissionsgerät zum Messen der Black Carbon Emissionen von Einzelfeuerstätten. Im Vortrag wird ein kostengünstiges Gerät vorgestellt, mit dem diese Emissionen beim Abbrand gemessen werden können. Das Gerät kann bei der Entwicklung einer Emissionsminderungseinrichtung verwendet werden. Durch die kompakte und kostengünstige Ausführung könnte das Gerät auch zur Überwachung von Einzelfeuerstätten eingesetzt werden.

Entwicklung eines kostengünstigen Rußemissionsmessgerätes

Axel Friedrich und Jonas Dahl
Berlin

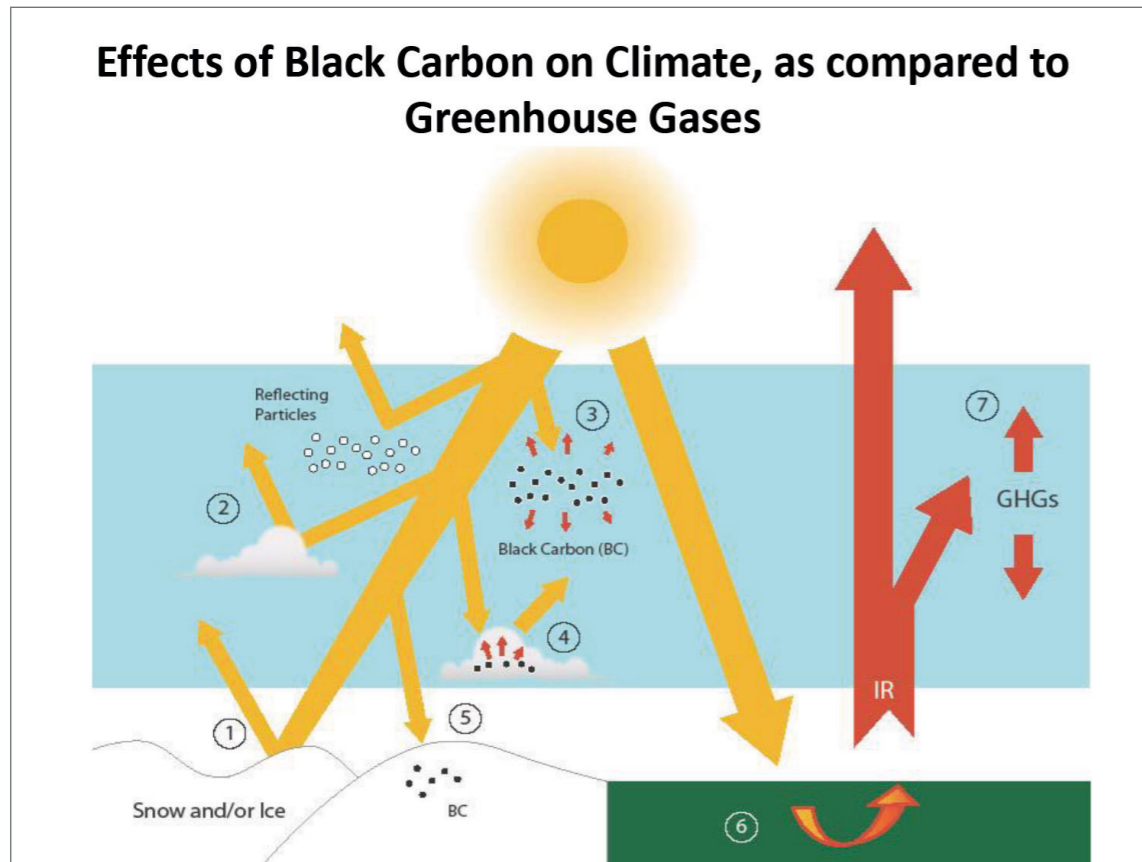
3. Fachgespräch „Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen“
06.02.2024 DBFZ Leipzig



This report presents the results of a systematic review of evidence of the health effects of black carbon (BC). Short-term epidemiological studies provide sufficient evidence of an association of daily variations in BC concentrations with short-term changes in health (all-cause and cardiovascular mortality, and cardiopulmonary hospital admissions). Cohort studies provide sufficient evidence of associations of all cause and cardiopulmonary mortality with long-term average BC exposure. Studies of short-term health effects suggest that BC is a better indicator of harmful particulate substances from combustion sources (especially traffic) than undifferentiated particulate matter (PM) mass, but the evidence for the relative strength of association from long-term studies is inconclusive.

The main sources of BC are combustion engines (especially diesel), residential burning of wood and coal, power stations using heavy oil or coal, field burning of agricultural wastes, as well as forest and vegetation fires.

© World Health Organization 2012



Global Warming Potentials (GWP)		
Pollutants	GWP 20 years	GWP 100 years
Carbon dioxide	1	1
Carbon monoxide	18.6	5
Sulphur dioxide	-268	-71
Oxide of Nitrogen	-560	-149
Fossil methane	85	30
Nitrous oxide	264	265
Black carbon	3200	900
Organic carbon	-160	-46
Sources: AR5 WGI		

Stronger Regional Warming in Arctic and Over Ice and Snow

- Black carbon has an even more powerful effect in some regions, including the Arctic, where deposition on snow and ice causes positive climate forcing. This is true even for aerosol sources that have high co-emitted cooling aerosols; even these “can produce positive climate forcing in the Arctic because of their effects on snow and ice.” (Section 0.2.6.1)
- “The best estimate of climate forcing from black carbon deposition on snow and sea ice in the industrial era is $+0.13 \text{ W m}^{-2}$ ”, although at the high end, it could be as much as $+0.33 \text{ W m}^{-2}$. (Section 0.2.6.2)
- “Black carbon forcing concentrates climate warming in the mid-high latitude Northern Hemisphere.” [This includes the northern US, Canada, Northern Europe, and Asia.] “It is also likely to be one of the causes of Arctic warming in the early 20th century.” (Section 0.2.12.2) In particularly vulnerable regions, direct radiative forcing from BC can be more than ten times greater than the global average, “on the order of $+10 \text{ W m}^{-2}$, for example, over regions of East and South Asia.” (Section 5.1.2)

BC May Shift Monsoons

- Regional circulation and precipitation changes may occur in response to black-carbon climate forcings. These changes include a northward shift in the Inter-Tropical Convergence Zone and changes in Asian monsoon systems where concentrations of absorbing aerosols are large.” (Section 0.2.7.2)

Diesel and Residential Solid Fuel Best Mitigation Targets

Some black carbon sources co-emit cooling aerosol pollutants, and the best climate mitigation opportunities are generally those with the highest black carbon ratio.

“Mitigation of diesel-engine sources appears to offer the most confidence in reducing near-term climate forcing.

Mitigating emissions from residential solid fuels also may yield a reduction in net positive forcing

www.bcmeter.org



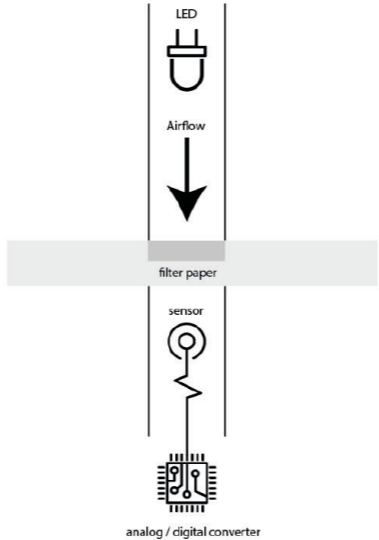
ebcMeter

Technische Übersicht

www.bcmeter.org

Arbeitsweise

- Ofenabgas passiert Filterpapier
- BC (Ruß) lagert sich auf/im Papier an
- Photometer misst Schwärzung bei 880nm
- Schwärzung wird per Script ausgewertet
- Daten per Interface abrufbar



www.bcmeter.org

Komponenten

- Raspberry Pi Zero W
- Aufsteckplatine für RasPi Zero W („Pi Hat“)
- MCP3426 Digital/Analog Converter
- IRL81A + LPT80A LED/Sensor
- Stabilisierte Pumpe
- microSD-Card
- M3 Schrauben + Gewinde
- Widerstände/Kondensatoren
- Temperatursensor / Luftflusssensor (Honeywell)

www.bcmeter.org

Anforderungen ans ebcMeter

- Erstellung eines Aufsatzes für RasPi Zero W („Pi Hat“),
- Verwendung von weltweit überall günstig lieferbaren Komponenten
- Gehäuse gleichermaßen per handelsüblichen FDM oder SLA / Resin druckbar
- Zugriff aufs Interface per WiFi durch Einbindung ins WLAN oder Erstellung eines Hotspots auf dem Gerät

www.bcmeter.org

Datenauswertung

- Photometer liefert analoge Werte, die über einen ADC per i2c über einen Analog-/Digitalkonverter an ein Script übergeben werden
- Definierte Parameter (Luftvolumen pro Zeit, Dämpfungseigenschaften des Filterpapiers, Durchmesser des Messpunktes, Temperatur) erlauben die Berechnung der BC- Konzentration
- Rohdaten sowie Auswertung gespeichert als .csv

www.bcmeter.org

Konfiguration des Raspberry Pi als eBCMeter

- Karten-Image ist auf microSD-Karte gespeichert und kann dadurch einfach aktualisiert werden

Inhalt des ebcMeter Images:

- Raspberry OS Lite
- python3 + libraries
- Aktivierter i2c Datenbus
- Vorkonfigurierter Webserver + Interface

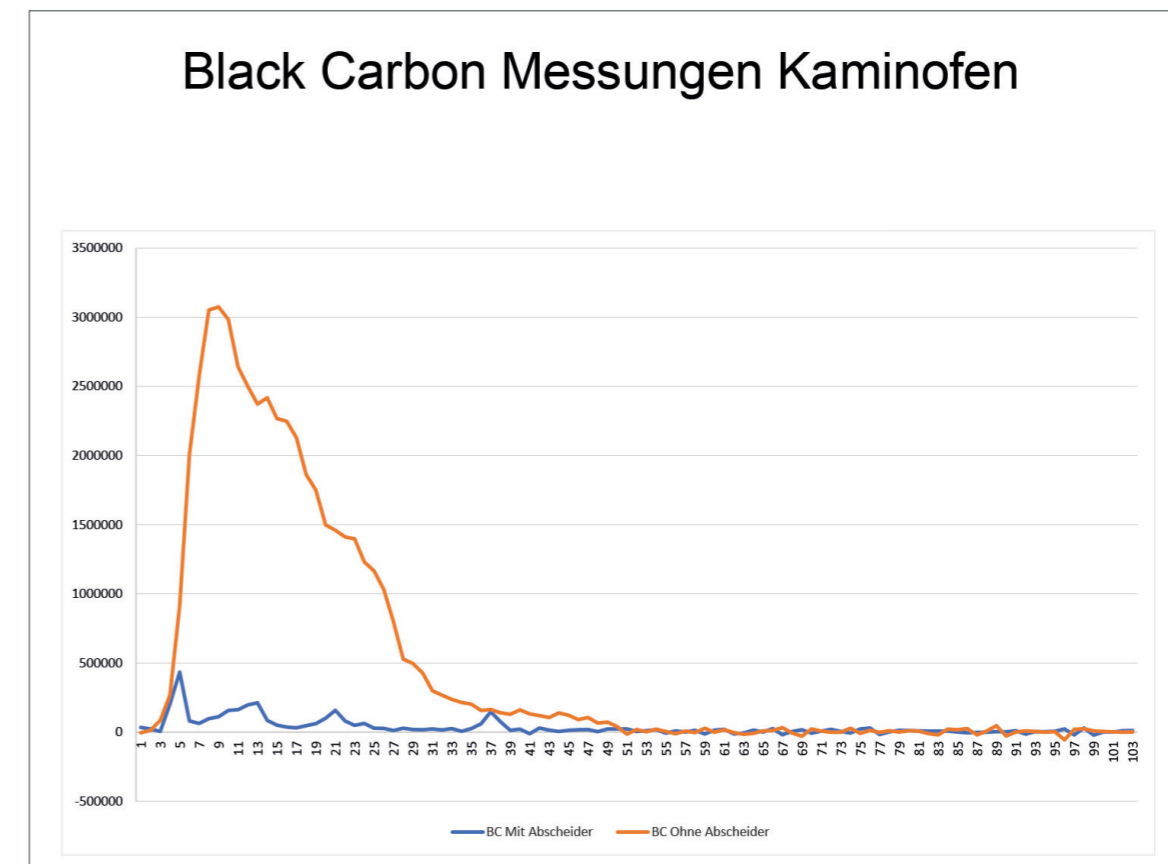
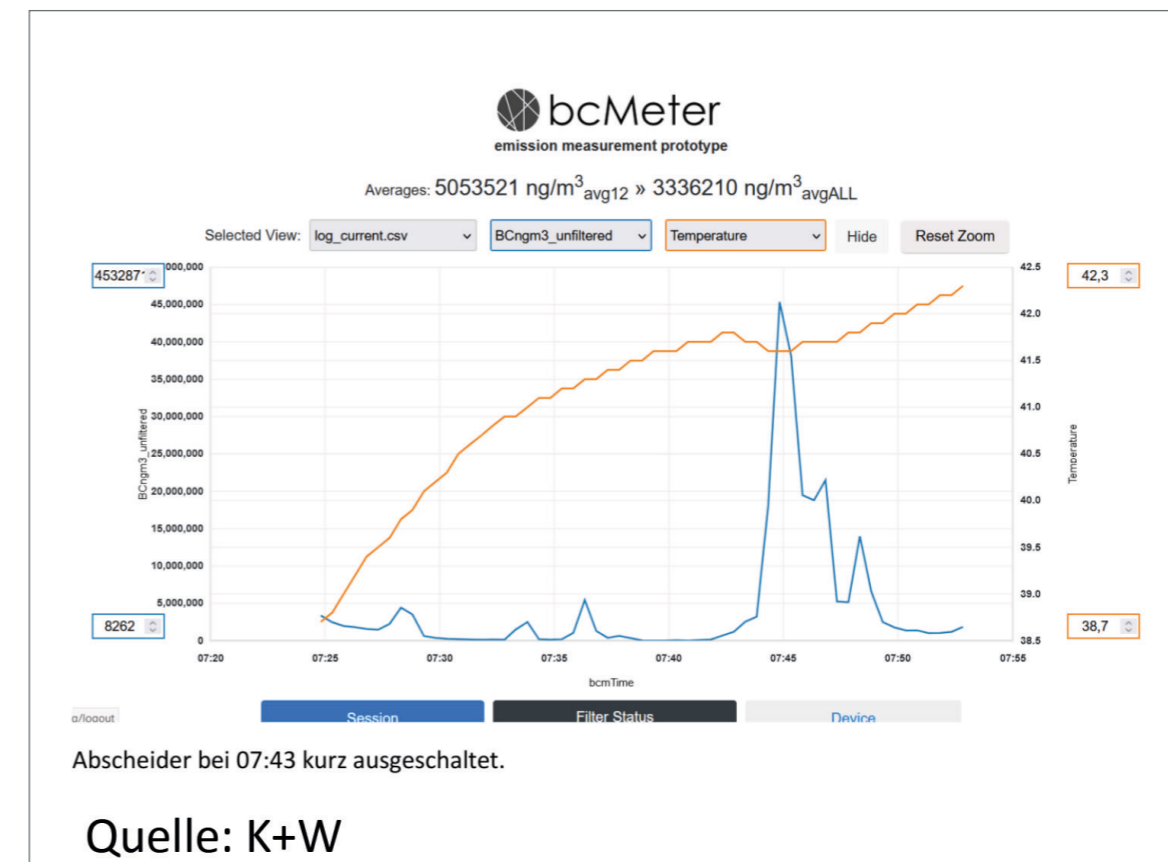
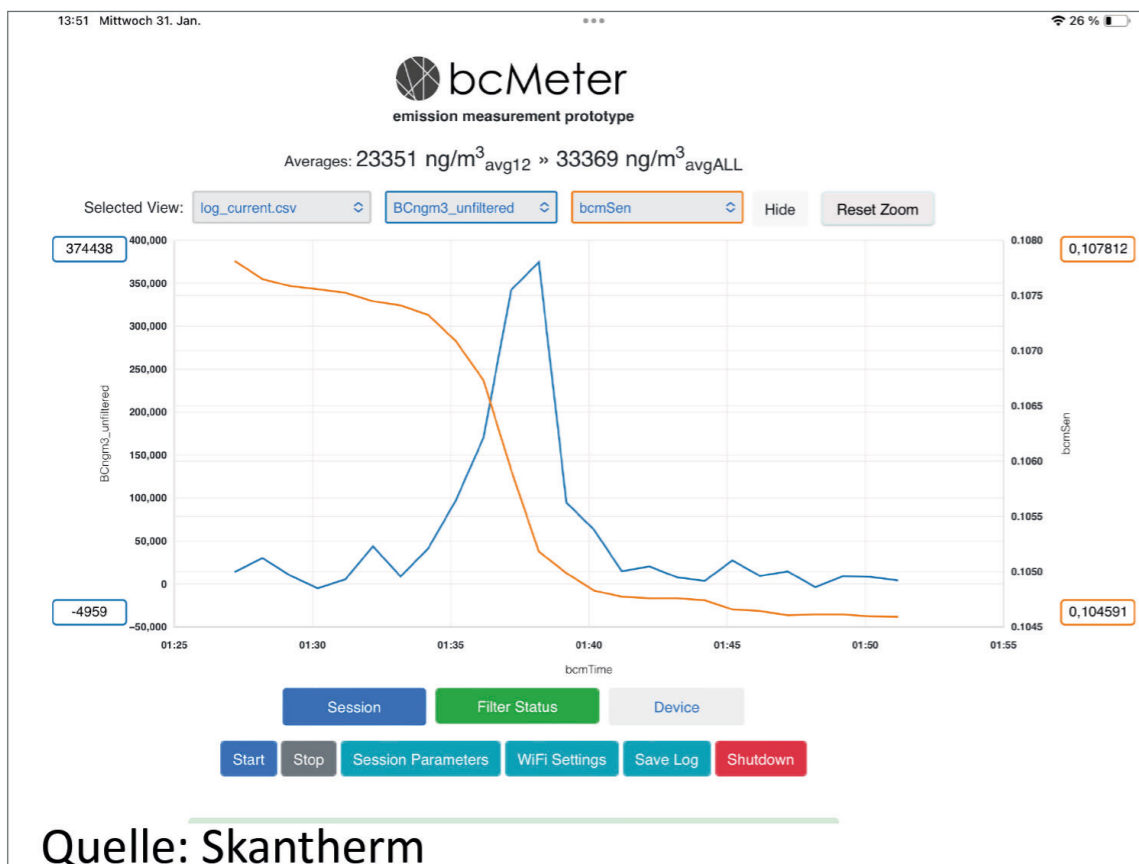
www.bcmeter.org

Voraussetzungen

- Zur idealen Datenerfassung sollte das Gerät keinen sehr kurzfristigen größeren Temperatur- Helligkeits- oder Luftfeuchtigkeitsunterschieden ausgesetzt sein

EBCMeter Innenansicht





Das EBCMeter eignet sich für die Überprüfung der Partikelemissionen von Kaminöfen und kann in der Entwicklung und Qualitätskontrolle eingesetzt werden.

axel.friedrich.berlin@gmail.com
sdahl@gmx.de



Hungarian Village polluted by Wood Stove Emissions

Dr. Josef Wüest, Fachhochschule Nordwestschweiz

Aktuelles und Neues vom DiSC-Messverfahren und von Verdünnern und Thermodenuder

Dr. Josef Wüest
 Fachhochschule Nordwestschweiz
 Klosterzelgstr. 2
 CH - 5210 Windisch
 Tel.: +41 (0)56 202-7431
 E-Mail: josef.wueest@fhnw.ch

Als Protagonisten des DiSC-Verfahrens zeigen wir das Messprinzip, die Stärken und Schwächen, neueste Entwicklungen und hauptsächlich unsere Erfahrung mit drei Geräten, bei den Vergleichsmessungen in Kassel im Zusammenhang mit den vorgeschalteten Gasaufbereitungen (Verdüner und Thermodenuder). Das Signal dieser Geräte ist proportional zur lungengängigen Oberfläche LDSA der gemessenen Partikel. Dank der Diffusions-Stufe kann der Diffusion Size Classifier den mittleren Mobilitäts-Durchmesser der Partikel bestimmen und damit kann die Anzahl Partikel berechnet werden. Die Firma Naneos bietet mit dem neuen Partector P2 Pro ein einfaches Gerät für eine grobe Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in acht Klassen (von 10 bis 300 nm) an. Das ist weniger genau, als ein richtiges SMPS, aber das einfache, sehr kleine und günstige Gerät ermöglicht es, bei vielen Messungen relevante Informationen zur Größenverteilung zu erhalten.

Wir haben bei den Vergleichsmessungen in Kassel neben einem SMPS drei DiSC-Geräte eingesetzt. 1.) ein Partector P2 von Naneos hinter einem «kalten Verdünner», 2.) ein miniDiSC von Testo hinter einem «heissen Verdünner» und 3.) ein Sureal23 mit einem Thermodenuder und heißer Messzelle. Sureal23 ist ein mobiles Referenzgerät, das für METAS zur Partikelmessung von Diesel-Motoren in realer Fahrt entwickelt wurde.

Bei der Analyse der Abbrände ist uns der Zusammenhang zwischen dem Einbruch der Abschei-

derspannung (weil der Abscheider an seine Leistungsbegrenzung kommt) und dem Verlöschen der Flamme, welches sich im CO₂-Wert zeigt, aufgefallen. Die drei Messgeräte zeigten in diesen Phasen des Abbrandes sehr unterschiedliche Partikelanzahlen, was auf die unterschiedlichen Temperaturen der Verdüner und der Messzellen zurückzuführen ist.

Anhand der Dampfdruckkurven bzw. Partialdruckkurven kann man zeigen, was passiert, wenn man einen Stoff mit einer bestimmten Konzentration (Partialdruck) abkühlt. Beim Erreichen der Dampfdruckkurve beginnt ein Teil zu kondensieren oder zu sublimieren. Wird durch Verdünnung die Konzentration vor der Kurve gesenkt, führt das dazu, dass es gar nicht zum Kondensieren, bzw. zum weiteren Kondensieren kommt. Damit ist erklärbar, welche der drei Konfigurationen am meisten Partikel sieht und welche am wenigsten.

DiSC bzw. Partector messen alle vorhandenen Partikel, auch ggf. kondensierte OGC, wenn diese nicht durch entsprechende Verdünnung oder Betriebstemperatur in Gasphase bleiben oder durch katalytische Stripper oder Thermodenuder aus dem Messgas entfernt werden. Die Gasaufbereitung mit Verdünnern, Thermodenuder und katalytischen Strippern hat in diesem Fall einen viel grösseren Einfluss auf die Partikelanzahl, als die Messgenauigkeit der Zähler oder ein allfälliger 10 oder 23-nm Cutoff.

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

3. FACHGESPRÄCH STAUBMESSVERFAHREN AN KLEINFEUERUNGSANLAGEN

Aktuelles und Neues vom DiSC-Messverfahren und von Verdünnern und Thermodenuder

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

Fachhochschule Nordwestschweiz
Klosterzelgstr. 2
CH-5210 Windisch

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 1

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Technik

Inhalt

1. DiSC-Messprinzip: die Stärken und Schwächen, Einschränkungen und Vergleiche
2. neuste Entwicklungen: Vorstellung Partector P2 Pro
3. Konfigurationen und Vergleiche : Erfahrung mit 3 Geräten bei den Vergleichsmessungen in Kassel im Zusammenhang mit den vorgeschalteten Gasaufbereitungen (Verdüner und Thermodenuder).
4. Effekte bei Verdünnung und Thermodenuder

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 2

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Das Wichtigste

- Das Signal des DiSCs ist die gemessene Ladung, bzw. der Strom.
- Es ist proportional zur LDSA (lungengängigen Oberfläche) der gemessenen Partikel.
- Dank der Diffusions-Stufe (Diffusions- und Filterstrom-Signal), kann der mittlere Mobilitäts-Durchmesser d der Partikel bestimmt werden (unter Annahme einer bestimmten Lognorm-Grössenverteilung σ).
- Damit kann die Anzahl Partikel berechnet (abgeschätzt) werden.
- Siehe auch https://sites.uef.fi/real-life-emissions/wp-content/uploads/sites/321/2022/11/Wuest_J_2022_WS_1.pdf

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 3

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Vergleich CPC - DiSC

Geräte an der gleichen Sonde und Verdünnung.

Der online Vergleich der Partikel-Anzahl-Konzentration zwischen CPC (TSI, Fi) und DiSCmin (Testo, FHNW) bei der Messkampagne EN-PME 2014 in Ostrava war besser als erwartet.
Korrelation = 0.99 ± 0.07

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 5

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Einschränkungen

- Das Problem dabei ist, dass die Morphologie der Partikel aus Wohnraum-Feuerungen über den gesamten Abbrand nicht einheitlich und selten kugelförmig ist.
- Russ ist nadelförmig, mineralische Partikel plattenförmig und Teere kugelförmig.
- Das, für die Anzahlbestimmung notwendigen Verhältnis der Grössen Oberfläche und Mobilitäts-Durchmesser ist etwas unterschiedlich für Russ, Teer und mineralische Partikel.
- Aber auch die reale Partikelgrössenverteilung σ hat einen Einfluss auf die Bestimmung der Partikelanzahl (weil diese Grösse in die Bestimmung von d geht).

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 4

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Massebestimmung erschwert

- Aus Anzahl, Durchmesser und Lognormverteilung der Partikel kann die Masse berechnet werden können.
- Aber die Partikelzusammensetzung innerhalb eines Abbrandes bei WRF verändert sich von Phase zu Phase.
 - Mal haben wir eher Russ wegen Luftmangel,
 - dann mineralische Partikel während der optimalen Abbrandphase
 - und schliesslich teilweise Teere (kondensierte OGC) im Ausbrand.
- Die Partikel-Grössen-Verteilung kann von einer Lognorm-Verteilung abweichen (z.B. hinter einem ESP).
- Die Korrektur zur fraktalen Dimension (Matti Maricq 2014 für Diesel-Russpartikelmessung) kann etwas bessere Ergebnisse liefern.

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 6

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Neuste Info von naneos GmbH

Partector P2 Pro «Einfaches Gerät für eine grobe Partikelgrößenverteilungsmessung»

- natürlich weniger genau ist als ein richtiges SMPS
- 24 Sek / Scan
- Alle 6 Sek. eine aktualisierte Grössenverteilung
- Weniger online als der P2.
- Siehe Stand <https://naneos.ch/products.html>

Partector 2 Pro	Reference SMPS
300.0 nm	322.0 nm
184.55 nm	194.6 nm
113.52 nm	117.6 nm
69.83 nm	71.0 nm
42.96 nm	44.5 nm
26.43 nm	26.9 nm
16.26 nm	16.3 nm
10.0 nm	10.2 nm

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 7

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Verlauf HV, CO₂ und CO über Abbrand

Signifikanter Einbruch der HV beim Verlöschen der Flamme (CO₂ ↗, CO ↘)! Ursache?

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 10

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Partector P2 / P2 Pro

Dieses einfache, günstige Gerät für eine grobe Partikelgrößenverteilungsmessung ist aus meiner Sicht etwas, das bei vielen Messungen einfach mitlaufen sollte, um relevante Informationen zur Grössenverteilung und LDSA zu erhalten.

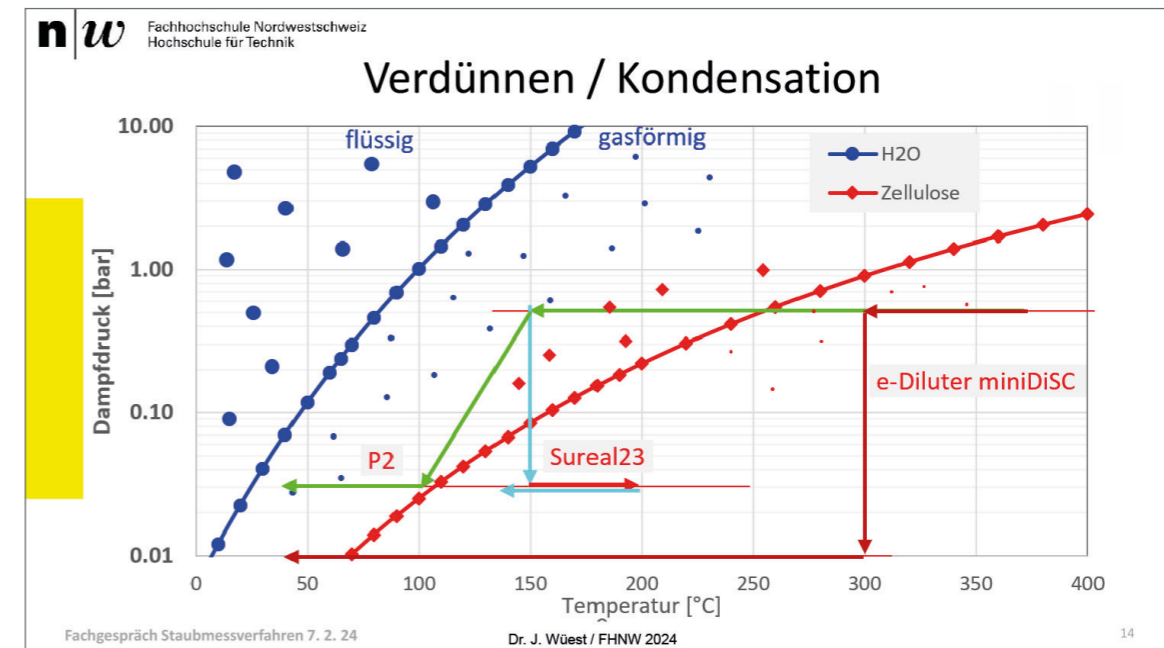
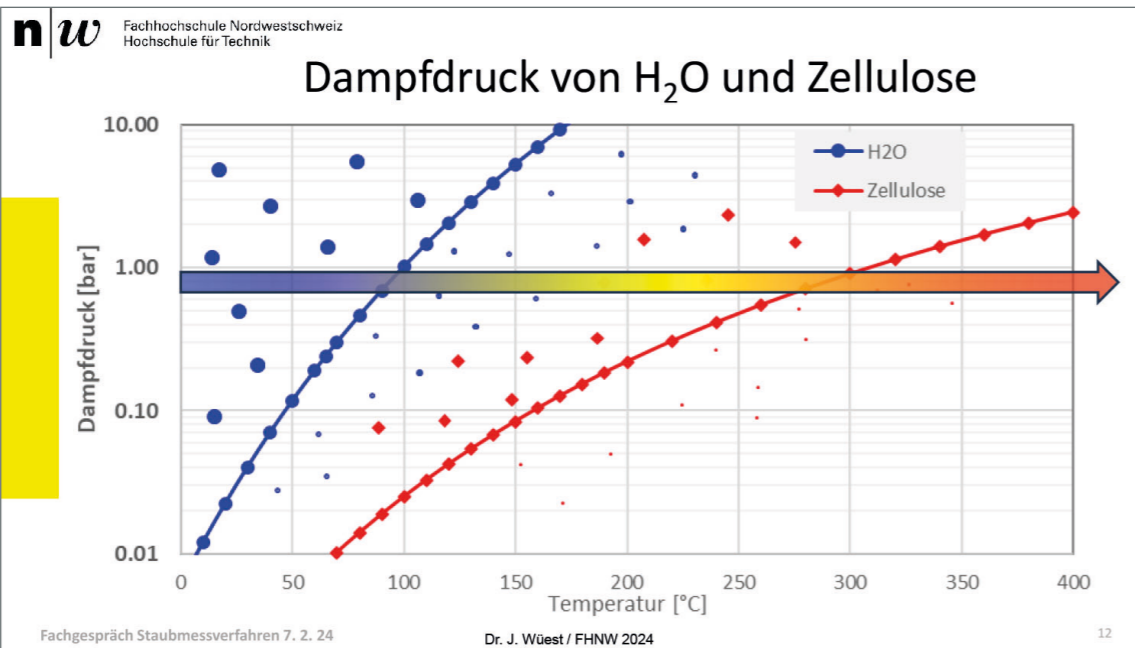
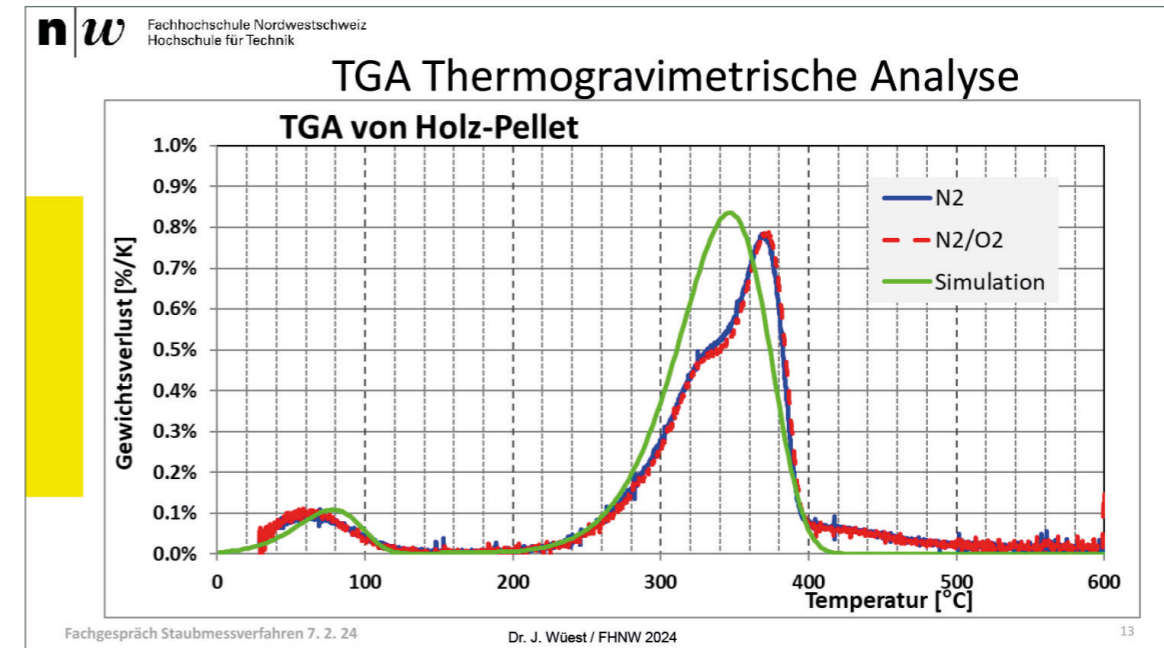
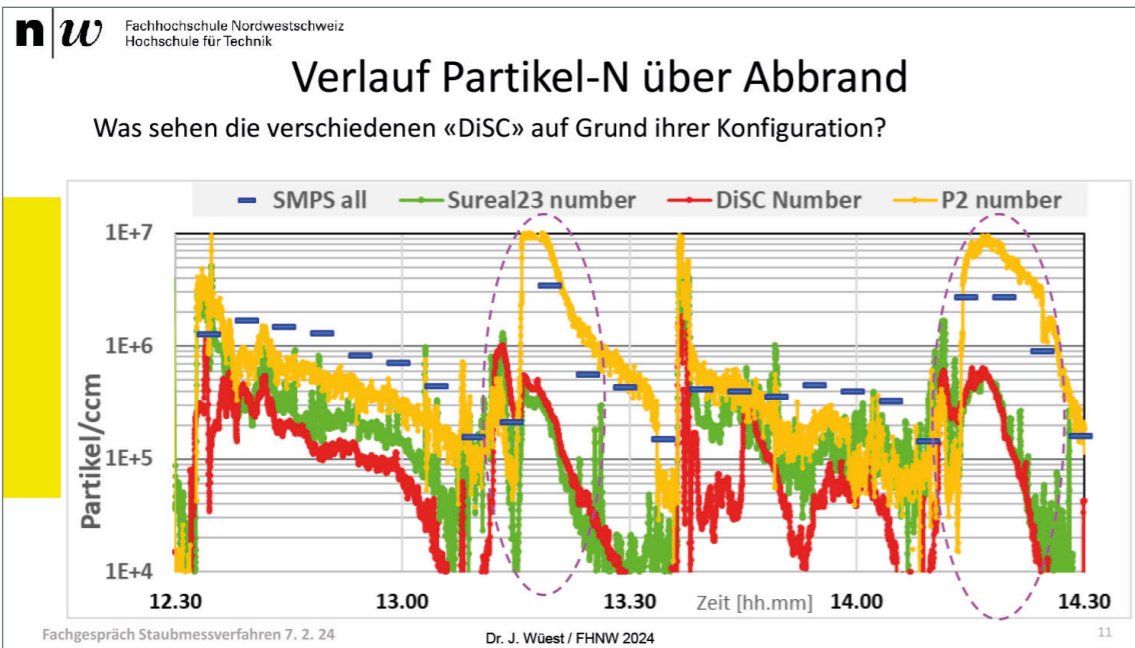
- Gleichzeitige Messung und Online-Anzeige von 5 Metriken: LDSA, Partikelanzahl, durchschnittliche Partikelgröße, Oberfläche, UFP-Masse (PM0.3)
- Hohe Zeitauflösung (P2): 1 Sekunde - im Größenverteilungs-Scanmodus (P2 Pro) > 4s
- LDSA von 0 - 12'000 µm²/cm³; Oberflächenkonzentration: 0 - 50'000 µm²/cm³
- Anzahlkonzentration: von 0 - 10⁶ cm⁻³; durchschnittlichen Partikeldurchmessers: von 10 - 300 nm
- UFP-Massenbereich (PM0.3): 0 - 2'500 µg/m³; Typische Genauigkeit: 30%
- Größe: 142x88x34mm; Gewicht: 415 Gramm
- Interner wiederaufladbarer Li-Ionen-Akku, Laufzeit typischerweise 24 Stunden bei Neugeräten
- Datenspeicherung auf einer µSD-Karte (genug Platz für viele Jahre Daten!); Grafische Anzeige
- Alarm bei hoher Konzentration mit einstellbarem Schwellenwert
- Enthält ein Java-Datenanalysetool, das auf allen gängigen Betriebssystemen läuft
- Zwei Jahre Garantie

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 8

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Mess-Equipment Kassel

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 9



nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Fazit

- Wenn ich den Zustand des Abgases an der Mess-Stelle wiedergeben will muss ich im oder am Kamin bei gleicher Temperatur verdünnen. Das verhindert weitere Koagulation, Kondensation oder Nukleation.
- Wenn ich die OGC nicht betrachten will, dann muss ich vor dem Abkühlen bei erhöhten Temperaturen verdünnen, oder diese durch Erhitzen wieder in die Gasphase bringen.
- Der Einfluss der Gasaufbereitung mit Verdünnern, Thermodenudern und Katalytische Strippern auf die Partikel-Anzahl ist viel grösseren als die Messgenauigkeit der Zähler (CPC, DiSC, P2, etc.) oder ein allfälliger 10- oder 23-nm Cutoff.
- Wieso sollten Partikel, die (laut Nussbaumer) 100-mal toxischer sind als mineralische Partikel und für die Bildung von SOA verantwortlich sind, nicht gemessen werden?

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 15

nw Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Fragen?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Weiter Info am Stand von Partector 2 Pro.

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

Fachgespräch Staubmessverfahren 7. 2. 24 Dr. J. Wüest / FHNW 2024 16

Session: Kurzvorstellung der Aussteller

Frank Tettich, Grimm Aerosol Technik GmbH

Ausstellerpräsentation Firma GRIMM Aerosol Technik GmbH

Frank Tettich
Grimm Aerosol Technik GmbH
Dorfstrasse 9
83404 Ainring
Tel.: +49 (0)173 5415408
E-Mail: frank.tettich@grimm.durag.com

Die GRIMM Aerosol Technik, ein Unternehmen der DURAG GROUP, ist ein renommierter Spezialist für die Entwicklung und Herstellung hochmoderner Aerosolmesstechnik.

Die Firma GRIMM Aerosol Technik wurde von Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Grimm in Bayern gegründet. Inzwischen zählt die Firma durch eigene innovative Entwicklungen international zu den Marktführern auf dem Gebiet der Partikelmesstechnik.

Mit über 40 Jahren Erfahrung bietet das Unternehmen innovative Lösungen für die Erfassung und Analyse von Aerosolpartikeln in verschiedenen Bereichen wie Umweltüberwachung, Arbeitsplatzsicherheit und Forschung. GRIMM Systeme sind weltweit bekannt für ihre Präzision, Zuverlässigkeit und fortschrittliche Technologie, die es Wissenschaftlern, Behörden und Experten ermöglicht, wichtige Daten für eine verbesserte Luftqualität zu generieren.

Weitere Informationen:

www.durag.com/de/grimm-aerosol-technik-4528.htm

Firmenpräsentation Grimm Aerosol Technik GmbH

3. Fachgespräch "Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen"

Frank Tettich

Sales expert nano

TECHNOLOGY FOR A CLEAN AND SAFE ENVIRONMENT

GRIMM AEROSOL
TECHNIK **DURAG GROUP**

INCORPORATION



GRIMM ist seit dem 1. Oktober 2015 Mitglied der DURAG GROUP

DURAG GROUP

© All rights reserved by DURAG Holding AG, Hamburg, Germany

Standorte



Hauptsitz DURAG GROUP, Hamburg

DURAG GROUP

© All rights reserved by DURAG Holding AG, Hamburg, Germany

KERNKOMPETENZ



Grimm entwickelte den ersten kommerziell erhältlichen PM-Analysator auf Basis der Laserspektrometrie (Einzelpartikelzählung).



Über 5.000 Systeme von GRIMM sind weltweit im Einsatz, entwickelt und produziert von GRIMM, vertrieben über ein weltweites Partnernetzwerk.



Kernkompetenz ist grundsätzlich die Messung luftgetragener Partikel in einem Größenbereich zwischen 0,8 nm und 1 µm mit unseren Nanosystemen und 250 nm bis 35 µm mit unseren Aerosolsspektrometern.



Unsere Geräte sind in der Lage, die luftgetragenen Partikel direkt zu klassieren und zu zählen und Ihnen Informationen zur Größenverteilung zu geben.

DURAG GROUP

© All rights reserved by DURAG Holding AG, Hamburg, Germany

WO SIND WIR?



GRIMM AEROSOL TECHNIK, Friedersdorf

DURAG GROUP

© All rights reserved by DURAG Holding AG, Hamburg, Germany

UNSERE KUNDEN



Forschungs- und Entwicklungsinstitute



Staatliche Institutionen (Regulierung und Beobachtung)



Industrie (Forschung, Entwicklung und QS)

DURAG GROUP

© All rights reserved by DURAG Holding AG, Hamburg, Germany

UNSERE PRODUKTE

Particle Measurement

GRIMM 6 AEROSOL TECHNIK

Environmental Dust Monitors

- Ambient air (PM) monitoring
- Ultrafine particle monitoring
- Fenceline monitoring
- Research studies (atmosphere, clouds, climate, epidemiological, etc.)

Indoor Air Quality

- Indoor air monitoring
- Filter efficiency
- Workplace security / occupational studies
- Research studies (exposure, medical, etc.)

Nanoparticle Measuring Systems

- Research studies (atmosphere, clouds, climate, epidemiological, medical, etc.)
- Automotive (EURO5/EURO6)
- Combustion process
- Particle formation process (NPP)

Indoor Air Quality Monitors

Environmental Dust Monitors

Nano Particle Sizers and Monitors

Mini Wide Range Aerosol Spectrometer (MiniWAS 1371)

Portable Dust Monitor (I1D)

Mobile Dust Monitor (EDM264)

Environmental Dust Monitor (EDM180)

EDM365 / EDM365SVC

PSMPS

Neutralizers (Am-241, Ni-63, aBBD, Soft X-Ray)

Differential Mobility Analyzer (S-M-L-DMA)

Condensation Particle Counter (CPC)

Faraday Cup Electrometer

PMP-CPC (Particulate Measurement Program)

Ultrafine Particle Monitor (465-UFP)

Wide Range Aerosol Spectrometer (EDM665)

DURAG GROUP

Principle of the ESS (1),

Sample Gas → Hot gas Sampling Probe → Flow Splitter → 2nd dilution stage → Aerosol Analyser

Cartridge for cleaning and drying

Air Supply

9 lpm

DURAG GROUP

UNSER MESSBEREICH

Solutions

Nano Systems

Optical Aerosol Spectrometers

Gas → Formation → Nucleation → Agglomeration → Coarse

0 nm, 1 nm, 4 nm, 5 nm, 7 nm, 23 nm, 250 nm, 1 µm, 2.5 µm, 10 µm, 35 µm

DURAG GROUP

The Emission Sampling System (EES)

Components

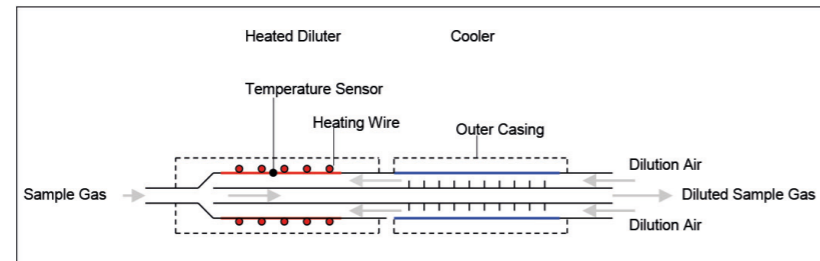
1. Heated sampling probe with integrated diluter
2. Second (optional) cold dilution stage
3. Control unit for volume flows and temperature settings
4. Filter, dryer and charcoal absorber for the dilution air

Specifications

Dilution ratio:	1:10 or 1:100 at 1 lpm sample flow
Max. temperature of sample gas:	500°C
Max. temperature of heated probe:	200°C
Sample gas pressure:	ambient +/-100 mbar
Flow control:	critical nozzles, temperature stabilized

DURAG GROUP

Principle of the ESS (2),



© All rights reserved by DURAG Holding AG, Hamburg, Germany

Advantages

- Pulse-free dilution (unlike diluters with rotating disc)
- Stable flow of dilution air even for pressure fluctuations (unlike ejector type diluters)
- No moving parts (unlike diluters with rotating disc)

DURAG GROUP

GRIMM AEROSOL
TECHNIK

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

GRIMM Aerosol Technik Ainring GmbH & CO.KG
Dorfstrasse 9
83404
Phone: +49 8654 578 0
E-mail: info@grimm.durag.com
www: www.grimm-aerosol.com

Klaus Beckert, ENVILYSE GmbH

Ausstellerpräsentation Firma ENVILYSE GmbH

Klaus Beckert
 ENVILYSE GmbH
 Kruppstraße 82-100
 45145 Essen
 Tel.: +49 (0)201 384 389-21
 E-Mail: klaus.beckert@envilyse.de

Basierend auf einer 20-jährigen Berufserfahrung im Bereich der Umweltmesstechnik konnte Namensgeber und Firmengründer Dipl.-Ing. (FH) Klaus Beckert mit der ENVILYSE GmbH im Jahr 2013 ein zukunftsorientiertes Unternehmen auf dem deutschen Markt platzieren. Mittlerweile ist ENVILYSE auch auf europäischer Basis, insbesondere in Österreich und den Benelux-Ländern, ein etabliertes Unternehmen. Der deutsche Firmensitz befindet sich im ehemaligen Essener Technologie- und Entwicklungs-Centrum (ETEC).

Nach dem Motto „wo ein Messbedarf besteht, ist auch eine messtechnische Lösung“ versucht die ENVILYSE innovative Produkte auf dem Weltmarkt zu finden und diese ihren europäischen Kunden anzubieten. Dabei ist neben dem Erwerb der Geräte auch das Leasing und der Mietkauf vieler Messgeräte möglich.

Mit ENVILYSE die Umwelt untersuchen!

Weitere Informationen:

www.envilyse.de



ENVILYSE GmbH
 Kruppstraße 82 - 100
 45145 Essen
www.envilyse.de
info@envilyse.de



Seit Mai 2013

Unser Kerngeschäft
 Vertrieb und Service von Messgeräten für die
 Luft- und Partikelmessung




Unsere Kunden

- Luftgütemessnetze und Behörden
- Forschungsinstitute
- Universitäten & Hochschulen
- Industrieunternehmen
- Ingenieurbüros & Dienstleistungsunternehmen

ENVILYSE

Unsere Lieferanten

ENVILYSE

Unser Lieferant





ELPI⁺



MPEC⁺



eDiluterTM Pro



DOFRTM **NEW**

ENVILYSE

Unser Lieferant





Dekati[®] Oxidation Flow Reactor

- Ermöglicht die Bildung von sekundären Aerosolen in wenigen Minuten
- Simuliert atmosphärische Bedingungen durch Einstellung von UV-Strahlung, Feuchte und Ozongehalt
- Reaktorausgang kombinierbar mit verschiedenen Partikelmessgeräten, z. B. dem ELPI[®]+ zur Messung von Partikelgrößenverteilung und -anzahlkonzentration



ENVILYSE

Besuchen Sie uns gern an unserem Stand

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Lars Hillemann, Topas GmbH

Ausstellerpräsentation Firma Topas GmbH

Dr. Lars Hillemann, Daniel Göhler

Topas GmbH

Technologie-orientierte Partikel-, Analysen- und Sensortechnik

Gasanstaltstraße 47

01237 Dresden

Tel.: +49 (0)351 2166 43-394

E-Mail: LHillemann@topas-gmbh.de

Seit über 30 Jahren werden unter dem Namen Topas technologieorientierte Partikel-, Analysen- und Sensorsysteme entwickelt, gestaltet und hergestellt. Mit ihnen können Prüf- und Referenzaerosole erzeugt, konditioniert und analysiert werden.

Über 60 Seriengeräte und 20 Prüfsysteme unseres mittelständischen sächsischen Unternehmens sind darüber hinaus für die Klassifizierung und Testung von Filtern und Filtermedien seit Jahrzehnten in der weltweiten Industrie und Grundlagenforschung verbreitet und bewährt.

Weitere Informationen:

www.topas-gmbh.de



TOPAS  [®]
Technologie-orientierte Partikel-, Analysen- und Sensortechnik

TOPAS GmbH - Kurzvorstellung

Lars Hillemann, Daniel Göhler,
TOPAS GmbH Dresden

Topas GmbH Web: www.topas-gmbh.de
Gasanstaltstraße 47 - 01237 Dresden Mail: office@topas-gmbh.de
Germany Tel: +49 (351) 216643-0



TOPAS  [®]
Technologie-orientierte Partikel-, Analysen- und Sensortechnik

- **Topas GmbH, Dresden**
 - gegründet 1991 (Ausgründung aus TU-Dresden)
 - 2 Standorte in Dresden (Hauptsitz + TIC Innovationszentrum)
 - aktuell ca. 100 Mitarbeiter (1/3 Akademiker)
 - Tätigkeitsbereich = Aerosoltechnologien
- **Produktportfolio**
 - > 60 Seriengeräte zur Erzeugung, Konditionierung und Charakterisierung von Aerosolen
 - > 20 Serienprüfstände für industrielle Prüfaufgaben




Atomizer Aerosol Generator ATM 228



Variable Dilution System VDS 562



Laser Aerosol Spectrometer LAP323

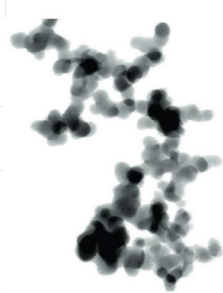


Gas Turbine Test System GTS 114

Customers and applications

- **filter media/element testing**
 - automotive filter
 - air filter
 - medical filter
 - clean room applications

- **medical applications**
 - toxicity testing
 - inline testing
 - drug supply
 - bioaerosol generation




- **research**
 - basic aerosol research
 - atmospheric aerosols
 - space and aeronautics
 - ...


- **others**
 - coating processes
 - home automation
 - space and aeronautics
 - calibration/validation

Key competencies - test systems


- aerosol generation
- aerosol conditioning
- aerosol characterization
- filter media/element conditioning
- filter media/element characterisation
- cleanroom validation
- sensor calibration
- production control




Cabin Air Filter Test System PAF 111



General Air Filter Test System ALF 114




Gas Turbine Test System GTS 114




Automated HEPA Filter Scanner AFS150

Key competencies - serial devices


- aerosol generation
- aerosol conditioning
- aerosol characterization
- filter media/element conditioning
- filter media characterisation
- cleanroom validation
- sensor calibration
- production control




Atomizer Aerosol Generator ATM 228




Solid Aerosol Generator SAG410




Variable Dilution System VDS 562




Aerosol Spectrometer LAP323




Test Discharge Chamber TDC 585



Test Discharge Cabinet TDC 584



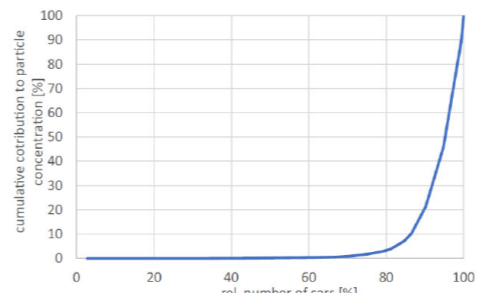
Pore Size Meter PSM 165



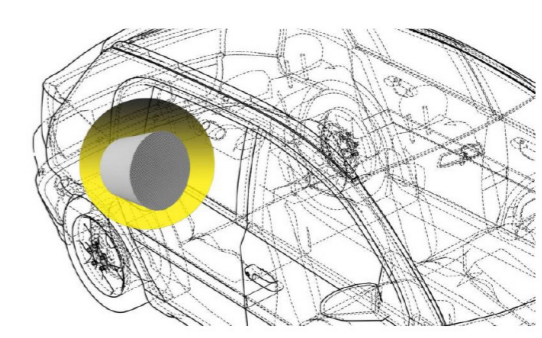
Cleanroom Validation Equipment

Topas FCS 249 Feld-Kalibriersystem

- Problem: particle filters in the exhaust line can be damaged or manipulated
- Solution: filter check during PTI



(Burtscher et al., 2019).

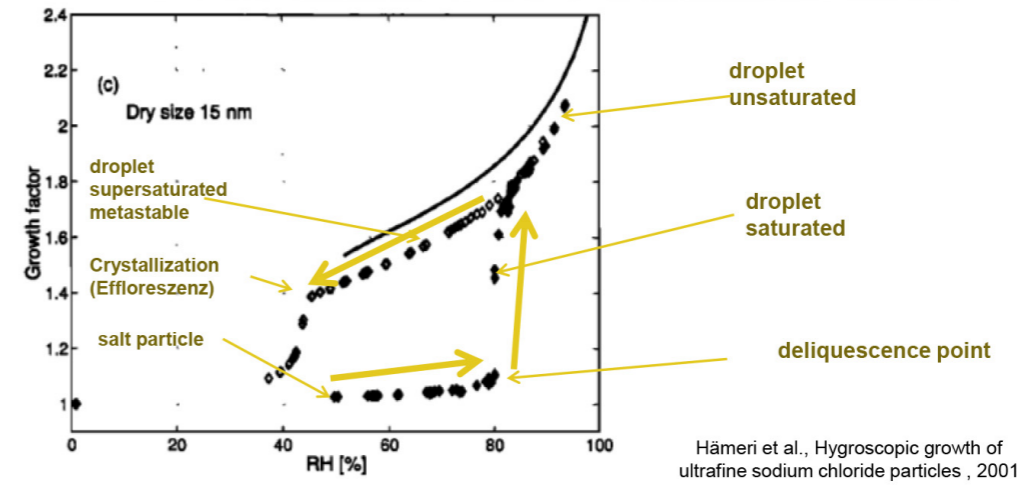


Topas FCS 249 Feld-Kalibriersystem

- NaCl-Aerosol
- monomodal
- GSD 1,5 – 2,1
- GMD 50 – 90 nm
- concentration range: 5.000 – 1.000.000 1/cm³
- reproducible
- no pressurized air
- mobile

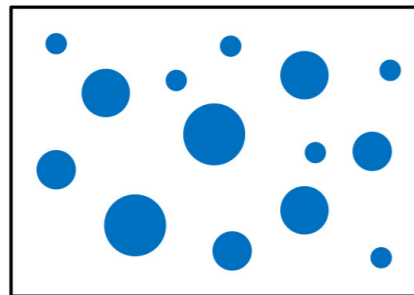


Deliquescence



Particle counters

- CPC signal depends on number of particles



CPC:
number concentration

- DC signal depends on number AND size of particles



DC:
length concentration



Thank you for your attention!

Lars Hillemann
TOPAS GmbH
Gasanstaltstraße 47
01237 Dresden
LHillemann@topas-gmbh.de

Topas GmbH Web: www.topas-gmbh.de
Gasanstaltstraße 47 - 01237 Dresden Mail: office@topas-gmbh.de
Germany Tel: +49 (351) 216643-0

Session: Ringversuche / Kalibrierung

Kay Weinhold, Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V.

Traceability of the Calibration of Condensation Particle Counters (CPC)

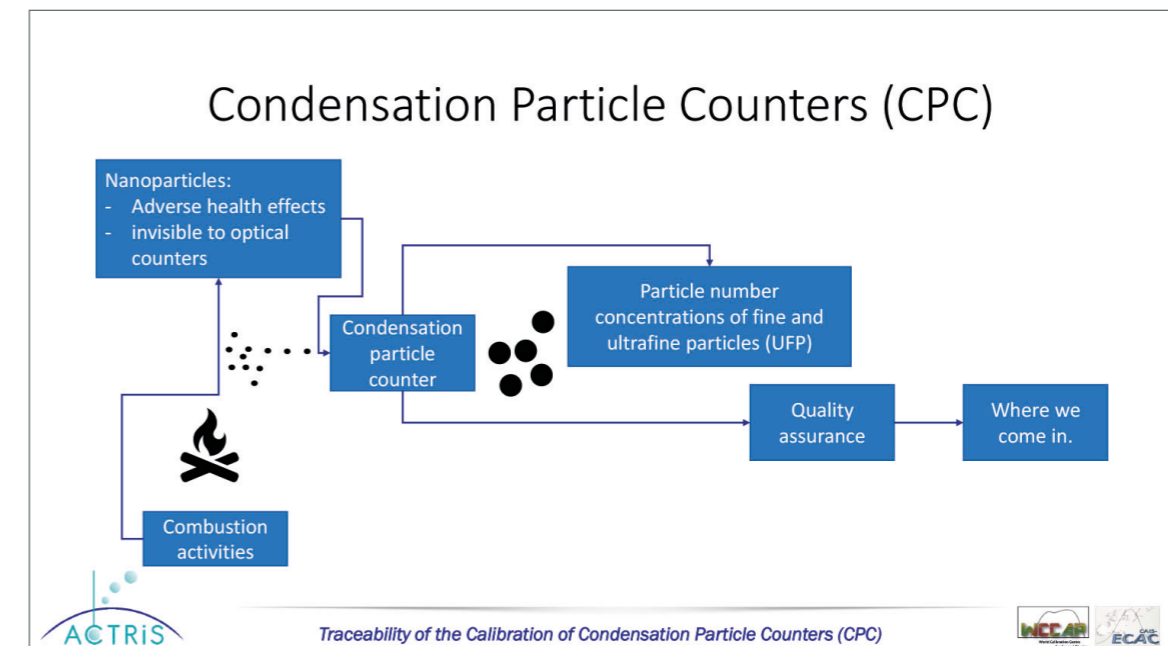
Kay Weinhold, Prof. Dr. Alfred Wiedensohler
Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. (TROPOS)
Permoserstrasse 15
04318 Leipzig
Phone: (0)341 2717-7308
E-Mail: weinhold@tropos.de

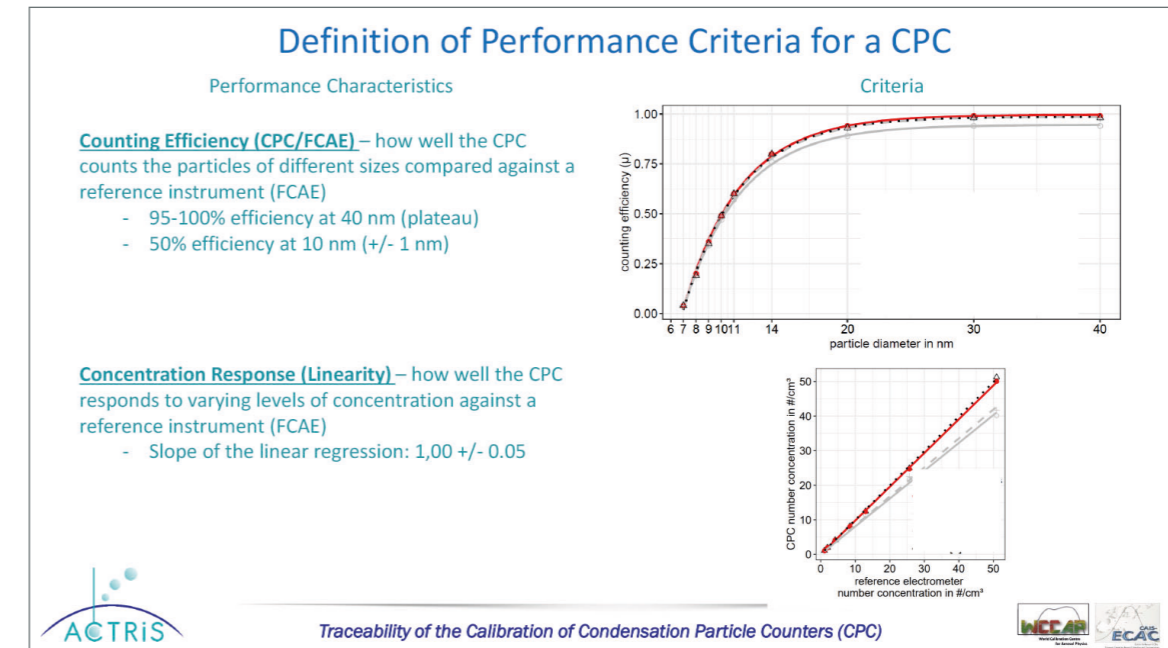
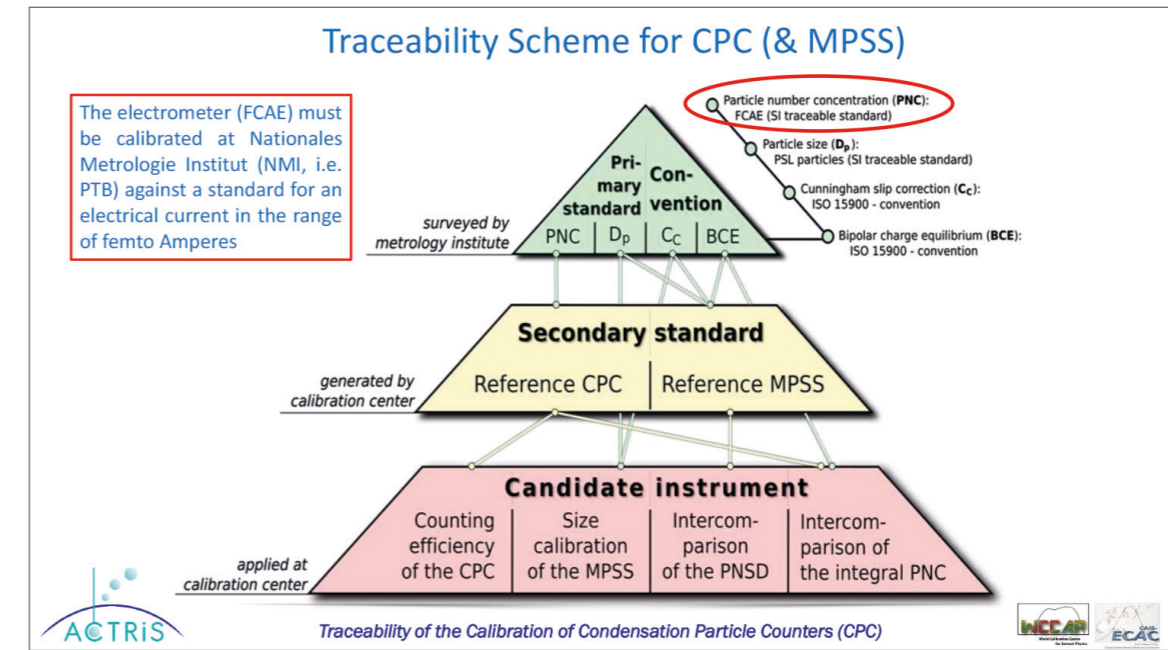
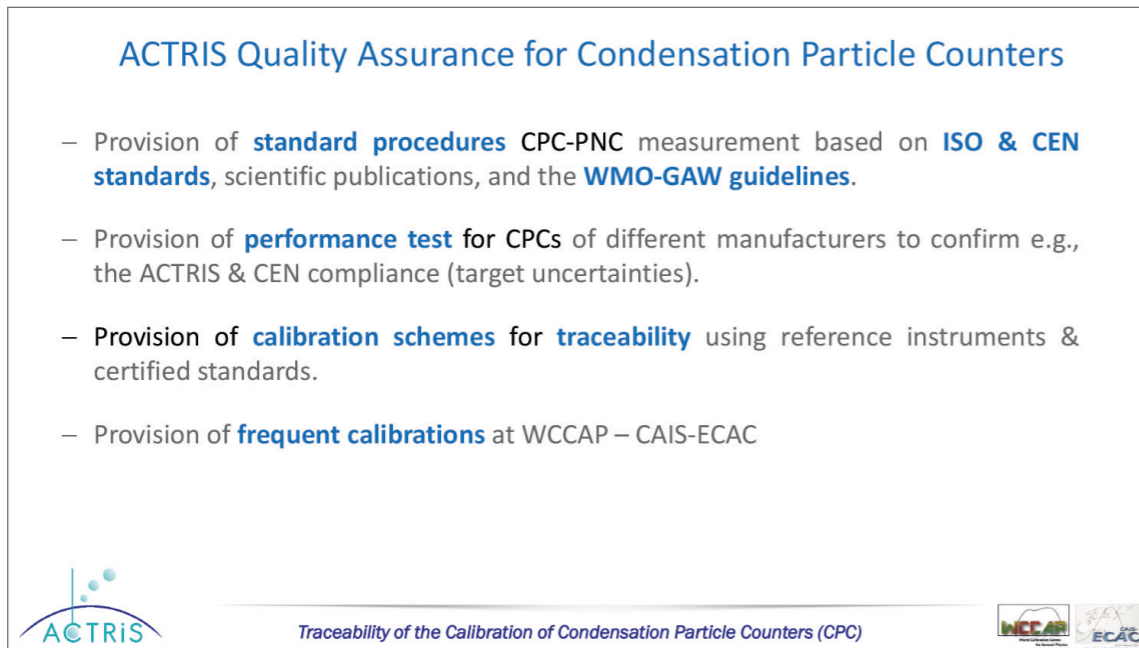
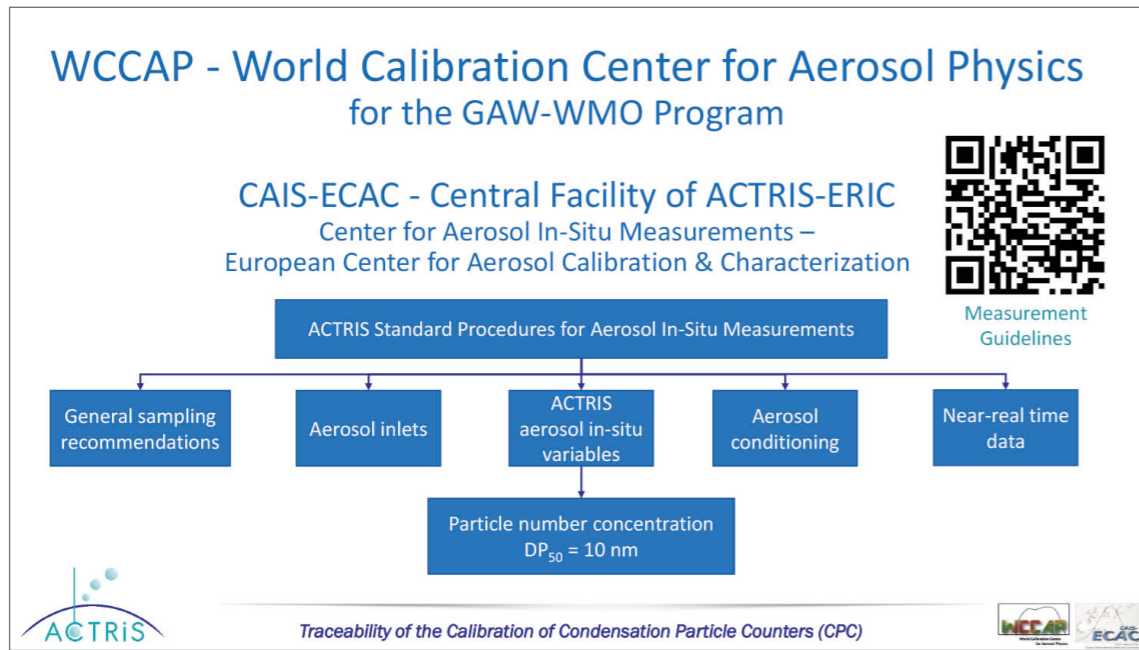
Particle counters are commonly used to measure emissions of different sources. Optical particle counters are commonly used in the field; however, they are blind to ultrafine particles which are highly relevant to human health when inhaled. To address this limitation, condensation particle counters (CPCs) are used. CPCs use butanol to condense on the particles, enlarging them to be big enough to be seen by the laser optically. Since CPCs are widely used for various important applications (atmospheric studies, air quality monitoring, emissions testing, etc.), it is vital that these instruments are quality-assured and the data derived are traceable.

The World Calibration Centre for Aerosol Physics (WCCAP), a unit of the Center for Aerosol In-situ Measurements-European Center for Aerosol Calibration and Characterization (CAIS-ECAC) has established standard procedures for atmospheric observatories to ensure high-quality measurements – including particle number concentrations measured by CPCs. The standards for CPCs have been adopted into an EU standard with the updated version published in 2023 CEN/EN 16976:2023.

Among the performance characteristics checked for CEN compliance are the (1) counting efficiencies at particle size 40 nm which should be > 95 % and at 10 nm which should be at 50 %; and (2) that the concentration response is within 5 % of the primary

standard. In the new CEN document, a calibration factor was introduced to close the gap (observed across different models of CPCs from different manufacturers) between the detection efficiency of the CPCs to the primary standard. The WCCAP offers regular workshops to research institute, government agencies, and companies to calibrate and check the performance of their CPCs based on CEN standards, as well as train personnel on CPC operations.






Calibration of a standard CEN compliant Condensation Particle Counter

CEN/TC 264/WG 32 N 316
Date: 2023-11
prEN 16976 rev
Secretariat: DIN


New EU Standard for PNC Measurements – EN16976

Ambient air — Determination of the particle number concentration of atmospheric aerosol
Außenluft — Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration des atmosphärischen Aerosols
Air ambiant — Détermination de la concentration en nombre de particules de l'aérosol atmosphérique

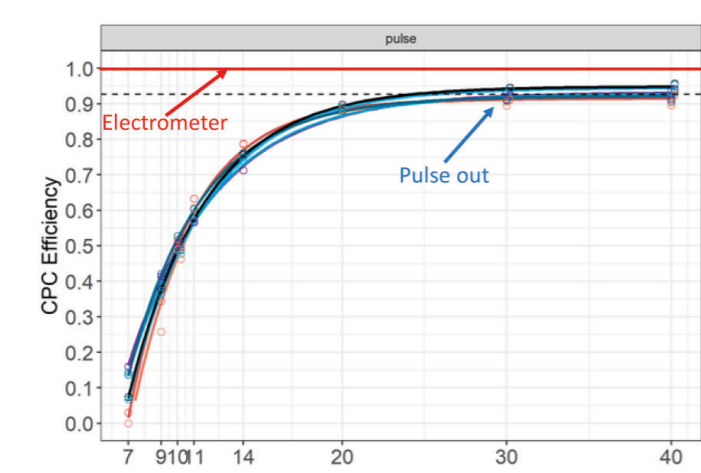
ICS:



Traceability of the Calibration of Condensation Particle Counters (CPC)





CPC Calibration Factor – Definition in EN16976

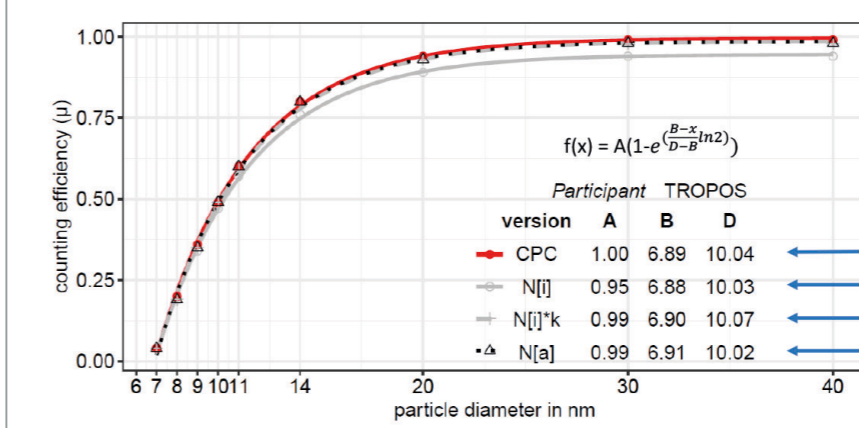


- There is the **gap** between the calculated plateau counting efficiency from **pulse** and **electrometer** measurements.
- By convention of ISO, the **electrometer** measurement provides the **true value**.
- All common CPCs have this **gap**, which is called **calibration factor (k-factor)** in the new EU/CEN Standard for CPCs.

Traceability of the Calibration of Condensation Particle Counters (CPC)

CPC Calibration – Detection Efficiency Curve





$f(x) = A(1 - e^{\frac{B-x}{D-B}m^2})$

Participant	TROPOS		
version	A	B	D
CPC	1.00	6.89	10.04
N[j]	0.95	6.88	10.03
N[j]*k	0.99	6.90	10.07
N[a]	0.99	6.91	10.02

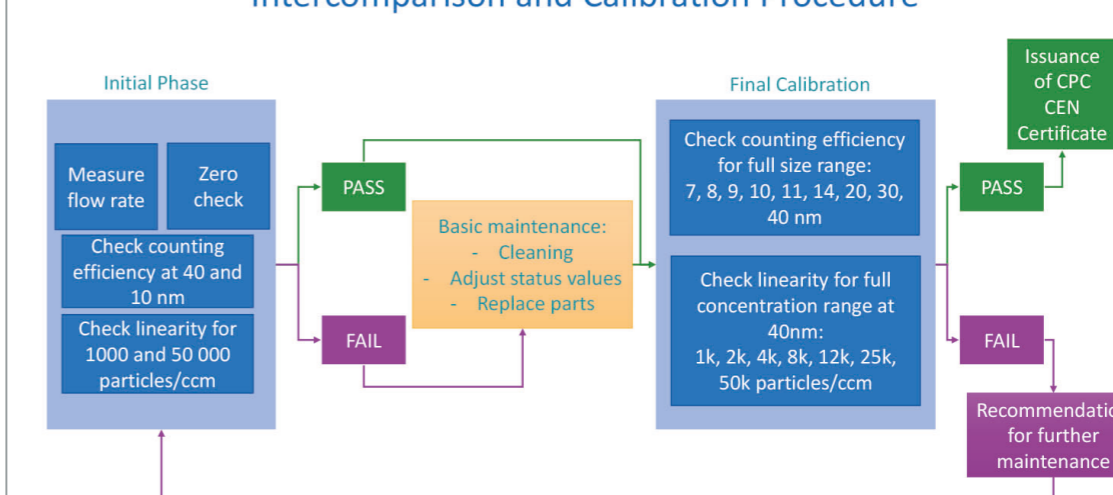
A → counting efficiency at 40 nm
D → particle size where efficiency is ≥50%

- CPC output (all corrections)
- Pulse output
- Pulse output with k-factor
- Pulse output with k-factor and coincidence correction



Traceability of the Calibration of Condensation Particle Counters (CPC)

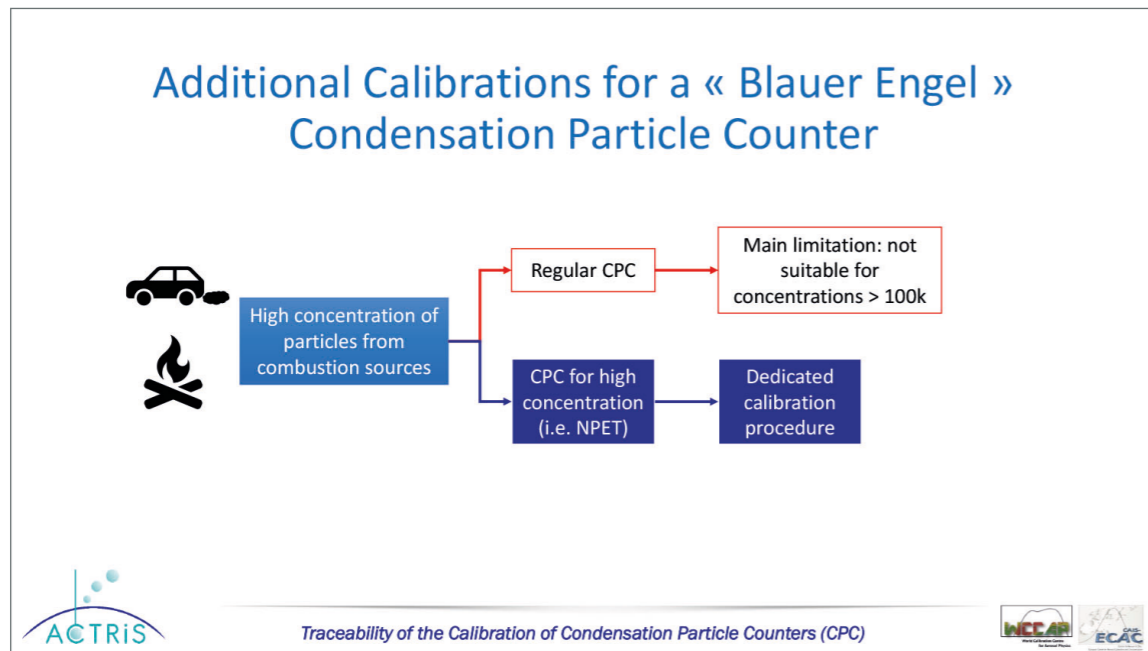
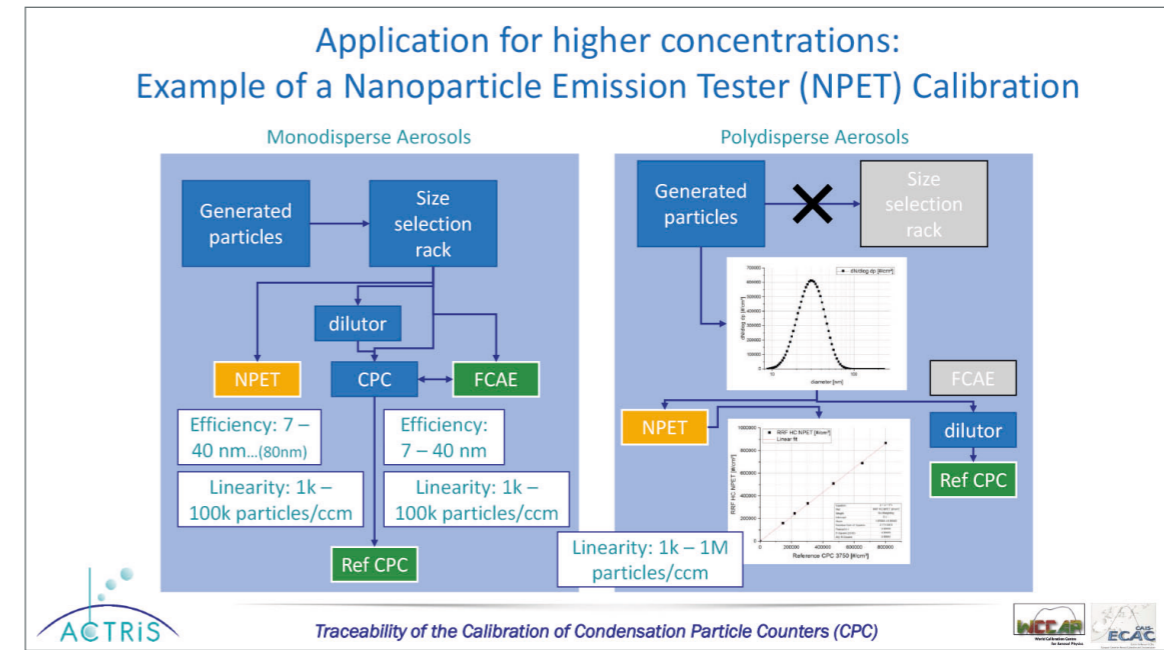
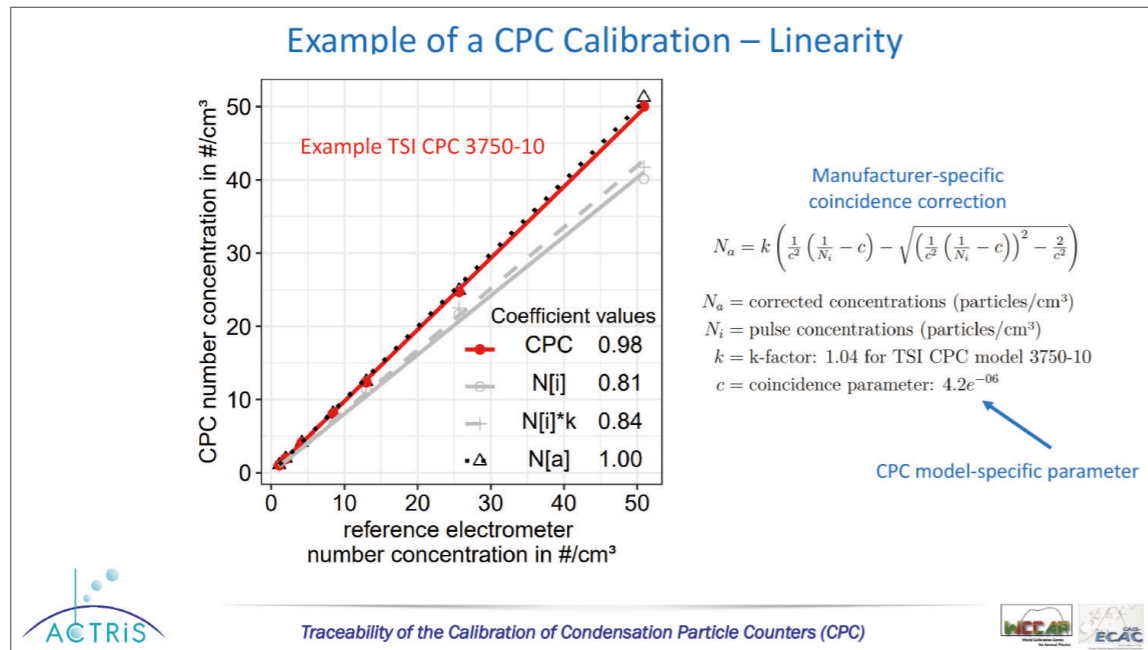



Intercomparison and Calibration Procedure



Traceability of the Calibration of Condensation Particle Counters (CPC)



Dr. Dominik Wildanger, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Partikelanzahlmessungen im Abgas von Kaminöfen – Validierung des Messverfahrens für das Umweltzeichen Blauer Engel durch Ringversuche

Dr. Dominik Wildanger, Dr. Jens Cordes
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Dezernat 13 - Luftreinhaltung Emissionen
Ludwig-Mond-Str. 33
34121 Kassel
Tel.: +49 (0)561 2000-111
E-Mail: dominik.wildanger@hlnug.hessen.de

Zur Erlangung des Umweltzeichens „Blauer Engel“ müssen Kaminöfen in einer Typprüfung unter anderem bestimmte Emissionsanforderungen erfüllen, inzwischen auch bezüglich der UFP-Konzentration. Zur Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration wurde eigens für den Blauen Engel ein spezifisches Messverfahren entwickelt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes im Auftrag des Umweltbundesamtes hat das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) zusammen mit dem Deutschen Biomasseforschungszentrum sowie dem Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS) und mehreren Prüfinstituten Ende 2022 einen Validierungsringversuch für dieses Messverfahren durchgeführt und die zugehörigen Verfahrenskenngrößen ermittelt.


Im Ergebnis zeigte sich, dass das Messverfahren für den beabsichtigten Zweck grundsätzlich geeignet ist, die Unsicherheit des Messverfahrens jedoch größer ist, als zunächst angenommen. Weiterhin zeigte sich, dass die übliche Kalibration der Partikelanzahlmessgeräte mit Silberpartikeln keine Korrelation zu den Messungen an echten Abgasen besitzt. Die Vergabekriterien des Blauen Engels wurden entsprechend den gewonnenen Erkenntnissen angepasst.

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 - Luftreinhaltung: Emissionen

HESSEN

Partikelanzahlmessungen im Abgas von Kaminöfen

Validierung des Messverfahrens für das Umweltzeichen Blauer Engel durch Ringversuche



20. Februar 2024

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 - Luftreinhaltung: Emissionen

HESSEN

Agenda

- Projekt und Projektpartner
- Ringversuchsdesign und Prüfstand
- Kalibrierung der Messgeräte
- Ergebnisse des Ringversuchs
- Diskussion



20. Februar 2024

Folie 2

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat I3 - Luftreinhaltung: Emissionen

**Umweltzeichen „Blauer Engel“ für Kaminöfen:
Vergabekriterien DE-UZ 212**

- Ziel: Verbesserung der Luftqualität durch
 - Abscheidetechniken (besonders für Staub und Feinstaub)
 - Automatisierte Luftregelung (zur Vermeidung ungünstiger Abbrandbedingungen)
- Erweitertes Prüfverfahren mit niedrigeren Grenzwerten für Schadstoffemissionen
- Grenzwert für die Anzahlkonzentration ultrafeiner Partikel ($< 100 \text{ nm}$; $3.000.000 \text{ cm}^{-3}$)
- Messverfahren wurde aus dem KFZ-Bereich übernommen und für Holzverbrennung angepasst
- Überprüfung des angepassten Messverfahrens in Ringversuchen

 www.blauer-engel.de/uz212

- Feinstaubminderung
- Bedienerfreundlichkeit

20. Februar 2024 Folie 3

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat I3 - Luftreinhaltung: Emissionen

Projektbeteiligte

- **HLNUG:**
Aufbau und Betrieb Versuchsanlage,
Organisation Ringversuch
- **DBFZ:**
Beratung, Unterstützung Messtechnik
- **TROPOS:**
Kalibrierung Messgeräte
- **Prüfinstitute:**
Teilnahme Ringversuch

Leibniz-Institut für
Troposphärenforschung

20. Februar 2024 Folie 4

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat I3 - Luftreinhaltung: Emissionen

**Validierung des Messverfahrens für Partikelanzahlkonzentrationen
durch Ringversuche**

- Aufbau einer neuen Versuchsanlage
- Durchführung eines Ringversuchs zur Ermittlung der Partikelanzahlkonzentration im Kaminabgas
- Ziel: Validierung des Messverfahrens für die Vergabe des Umweltzeichens „Blauer Engel“ für Kaminöfen
- Förderung durch das UBA



20. Februar 2024 Folie 5



Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat I3 - Luftreinhaltung: Emissionen

Projektziel: Validierung des Messverfahrens für PN

Untersuchung, in wie weit die Messmethode zur Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration (PN) gemäß der Vergabekriterien „Blauer Engel“ **reproduzierbare** und **belastbare** Ergebnisse liefert.

Vorgehen

- Bestimmung Wiederholpräzision (an einem Prüfstand)
- Bestimmung Vergleichspräzision (durch Ringversuch)
 - 1 Kaminofen
 - > 4 Prüfinstitute, die gleichzeitig konform den Vergabekriterien messen

20. Februar 2024 Folie 6

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 – Luftreinhaltung: Emissionen

Agenda

- Projekt und Projektpartner
- Ringversuchsdesign und Prüfstand
- Kalibrierung der Messgeräte
- Ergebnisse des Ringversuchs
- Diskussion



20. Februar 2024 Folie 7

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 – Luftreinhaltung: Emissionen

Validierung durch Ringversuch(e)

- Grundsätzlicher Ansatz:
 - Möglichst vielen Teilnehmenden wird eine gleiche Probe bekannter Zusammensetzung (zugewiesener Wert) zur normkonformen Messung gegeben.
 - Die Ergebnisse der Teilnehmenden werden gegen den zugewiesenen Wert verglichen und bewertet
- Herausforderungen im Projekt:
 - Eine realistische Probe kann nur an einem Kaminofen durch einen Abbrand erzeugt werden
 - Woher den zugewiesenen Wert nehmen?
 - Möglichst viele Teilnehmerdaten gewinnen
 - Wie viele Teilnehmende können an der Abgasleitung gleichzeitig messen?

20. Februar 2024 Folie 8

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 – Luftreinhaltung: Emissionen

Verworfenne Alternativen

Einige Alternativen wurden bei der Planung des Ringversuchs verworfen:

- Messungen an einem synthetischen Aerosol
 - Die Übertragbarkeit der Messergebnisse auf Messungen an realen Abgasen wäre unklar gewesen.
- Versand eines Kaminofens
 - Hier wäre es praktisch unmöglich gewesen, vergleichbare Messbedingungen für alle Teilnehmenden zu garantieren. Gleichzeitige Messungen wären grundsätzlich ausgeschlossen gewesen.
- Kaminöfen ohne Staubabscheider
 - Für die Vergabekriterien sind vor allem Messwerte in der Nähe des Grenzwerts von $5 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$ relevant. An Kaminöfen ohne Staubabscheider ist mit deutlich höheren Messwerten zu rechnen.
- Pelletöfen
 - Die meisten in Zukunft verkauften Öfen mit dem Umweltzeichen Blauer Engel dürften Scheitholzgefeuert sein, diese Brennstoffart hat daher die größte Relevanz für die spätere Anwendung.

20. Februar 2024 Folie 10

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 – Luftreinhaltung: Emissionen


Validierung durch Ringversuch(e) – Zugewiesener Wert

- Der zugewiesene Wert ist der **richtige** Wert der Messgröße – hier: Partikelanzahlkonzentration
- Nach DIN ISO 13528 gibt es mehrere Möglichkeiten, den zugewiesenen Wert zu ermitteln:
 - **Unabhängige Bestimmung aus der Probenherstellung** (✗)
 - **Zertifiziertes Referenzmaterial** (✗)
 - **Ergebnisse eines „Referenz“-Labors** (✗)
 - **Konsenswerte aus Messergebnissen der Teilnehmenden** (✓)
 - Robuste statistische Methode
 - Möglichst viele Teilnehmende
 - Qualitätsgesichertes Vorgehen der Teilnehmenden
 - Kalibrierte Messgeräte (TROPOS)

20. Februar 2024 Folie 9

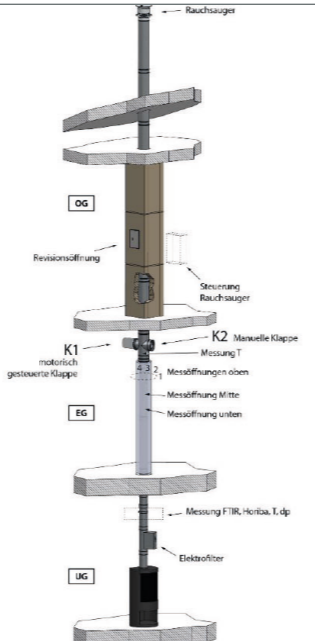
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat I3 – Luftreinhaltung: Emissionen

Kaminofenprüfstand in Kassel



20. Februar 2024 Kaminofen im UG

Messraum im EG



Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat I3 – Luftreinhaltung: Emissionen

HESSEN

Agenda

- Projekt und Projektpartner
- Ringversuchsdesign und Prüfstand
- Kalibrierung der Messgeräte
- Ergebnisse des Ringversuchs
- Diskussion



20. Februar 2024

Folie 13

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat I3 – Luftreinhaltung: Emissionen

HESSEN

Voruntersuchungen HLNUG – Charakterisierung des Prüfstandes

- **Identische Proben für die Teilnehmenden (Homogenität und Stabilität)**
 - Ermittlung der Homogenität der Abgaszusammensetzung (Gleichwertigkeit der Messpositionen)
 - Ergebnis: **Standardabweichung zwischen den Messpunkten: 2,3%**
 - ⇒ Die Messwerte werden nicht signifikant von der Position der Sonde im Messquerschnitt beeinflusst.
- **Zusammenfassen mehrerer Ringversuche**
 - Wiederholbarkeit des Prüfzyklus in Bezug auf das Emissionsverhalten
 - Ergebnis: **Wiederholstandardabweichung: 16%**
 - Normierbarkeit der Ergebnisse mehrerer Ringversuche durch Referenzmessungen
 - War nicht möglich, da das vorgesehene Referenzmessgerät nicht an allen Ringversuchstagen zuverlässig gearbeitet hat

20. Februar 2024

Folie 12

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat I3 – Luftreinhaltung: Emissionen

HESSEN

Überprüfung der Messgeräte durch TROPOS: Anforderungen laut Vergabekriterien DE-UZ 212

Der Grenzwert für die Partikelanzahlkonzentration bezieht sich auf **feste Partikel**, die **größer als 23 nm** sind.

An die Messgeräte für die Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration werden deshalb durch DE-UZ 212 verschiedene Anforderungen gestellt:

- Vorabscheider zum Entfernen großer Partikel mit einem Cut-off von 50% für Partikeldurchmesser von 700 bis 1500 nm
- Volatile Particle Remover zum Entfernen von Tröpfchen aus dem Abgas
- Verdünnung, die auf die Messung von Anzahlkonzentrationen bis zu 50.000.000 cm⁻³ ausgelegt ist
- Maximal zulässiger Fehler: 25.000 cm⁻³ bzw. ±25%
- Zähleffizienz
 - 0,2 bis 0,6 für Partikelgröße 23 nm (± 5%)
 - 0,6 bis 1,3 für Partikelgröße 50 nm (± 5%)
 - 0,7 bis 1,3 für Partikelgröße 80 nm (± 5%)

20. Februar 2024

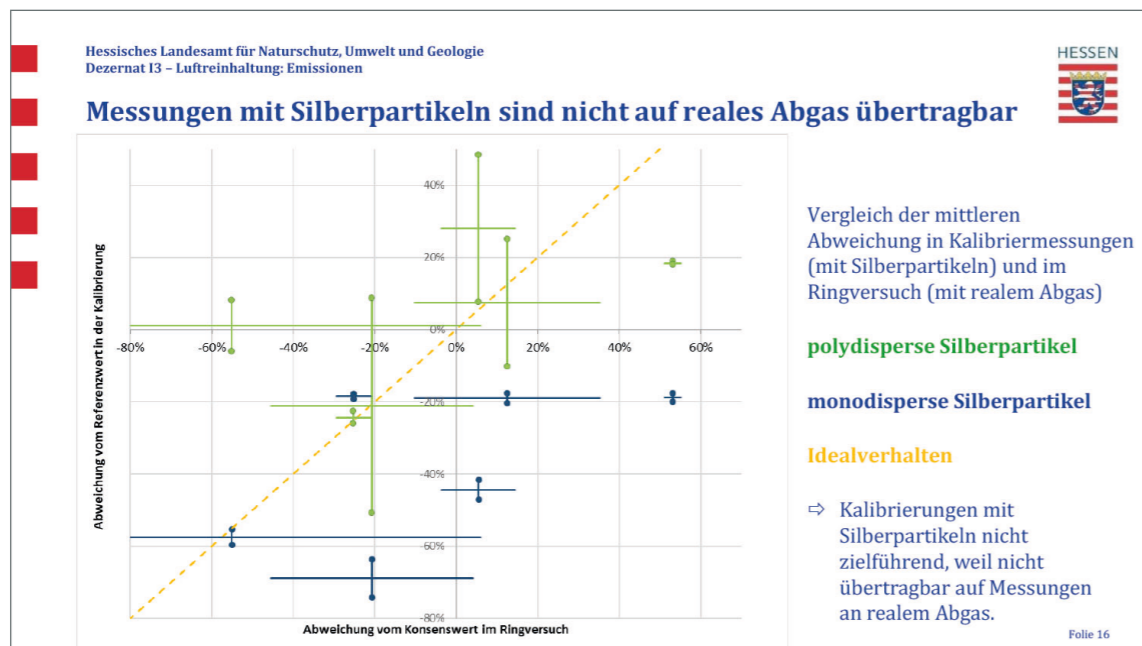
Folie 14

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 – Luftreinhaltung: Emissionen

Fazit: Kalibrierung – Viele Geräte erfüllen die Anforderungen nicht

- Insgesamt 6 Messgeräte wurden sowohl vor, als auch nach der Teilnahme am Ringversuch am Prüfstand des TROPOS getestet.
- Keines der 6 untersuchten Messgeräte erfüllte in den Kalibrierungsmessungen des TROPOS mit Silberpartikeln alle Kriterien der Vergaberichtlinie DE-UZ 212.
- Daraus folgt, dass entweder keines der Messgeräte verwendungsfähig ist, oder dass die Messungen mit Silberpartikeln nicht übertragbar sind auf Messungen an realen Abgasen.
- Trotz der negativen Ergebnisse aus der ersten Kalibrierung wurde der Ringversuch unverändert durchgeführt.
- Ein Zusammenhang zwischen den Messungen mit Silberpartikeln am Prüfstand und den Messungen mit realem Abgas am Kamin war nicht erkennbar.

20. Februar 2024 Folie 15

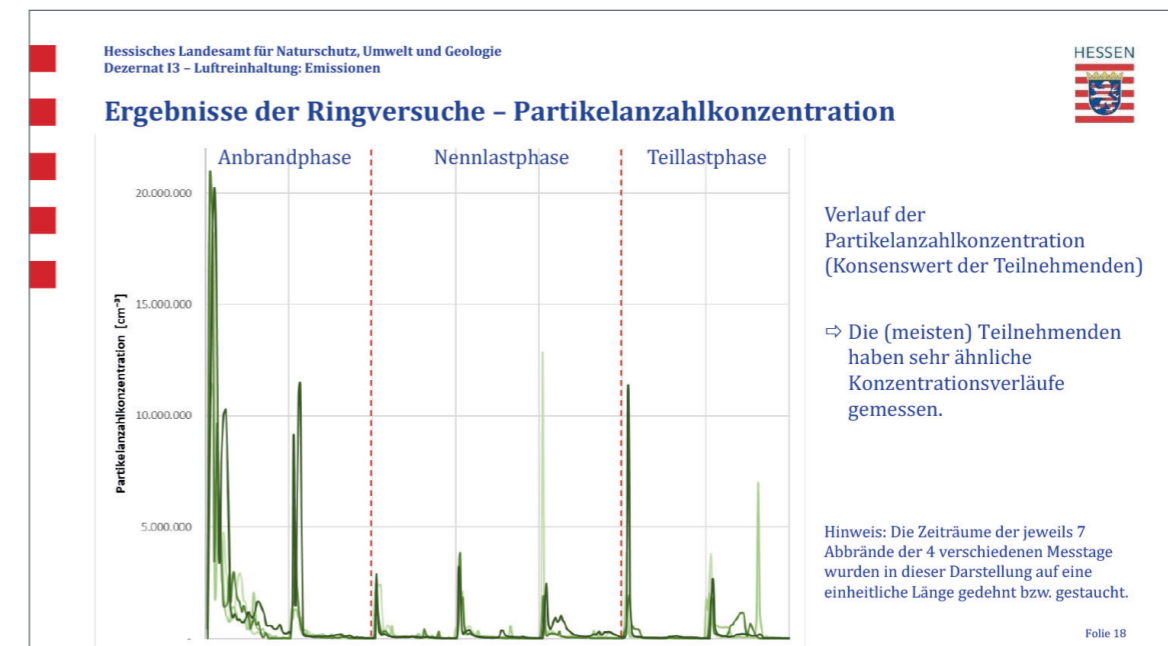


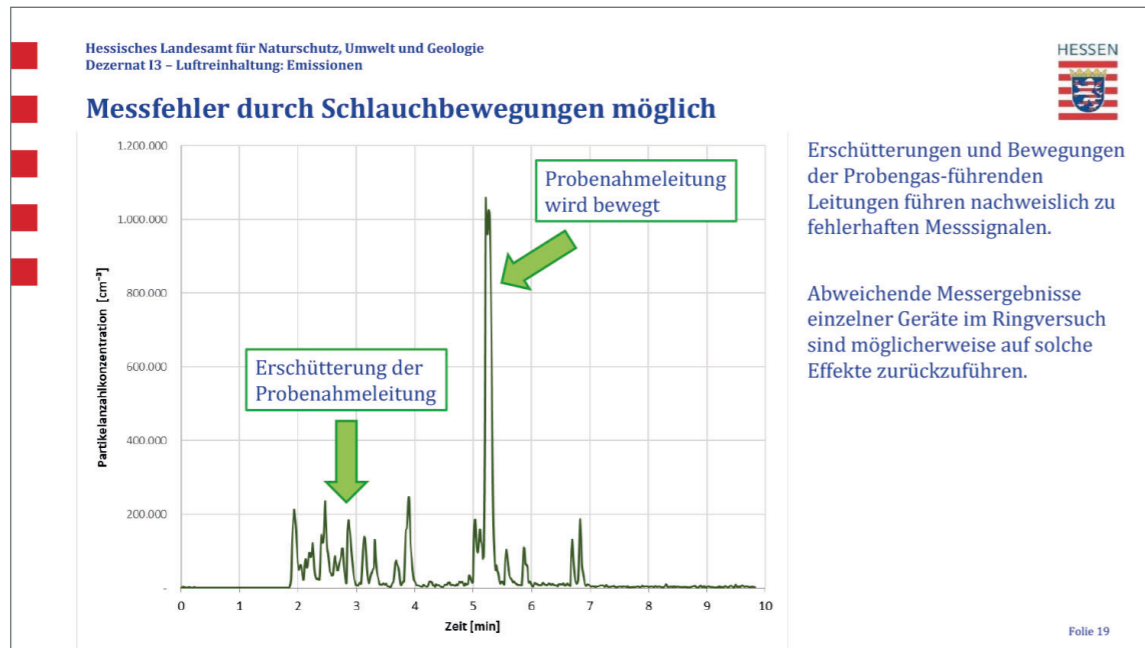
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 – Luftreinhaltung: Emissionen

Agenda

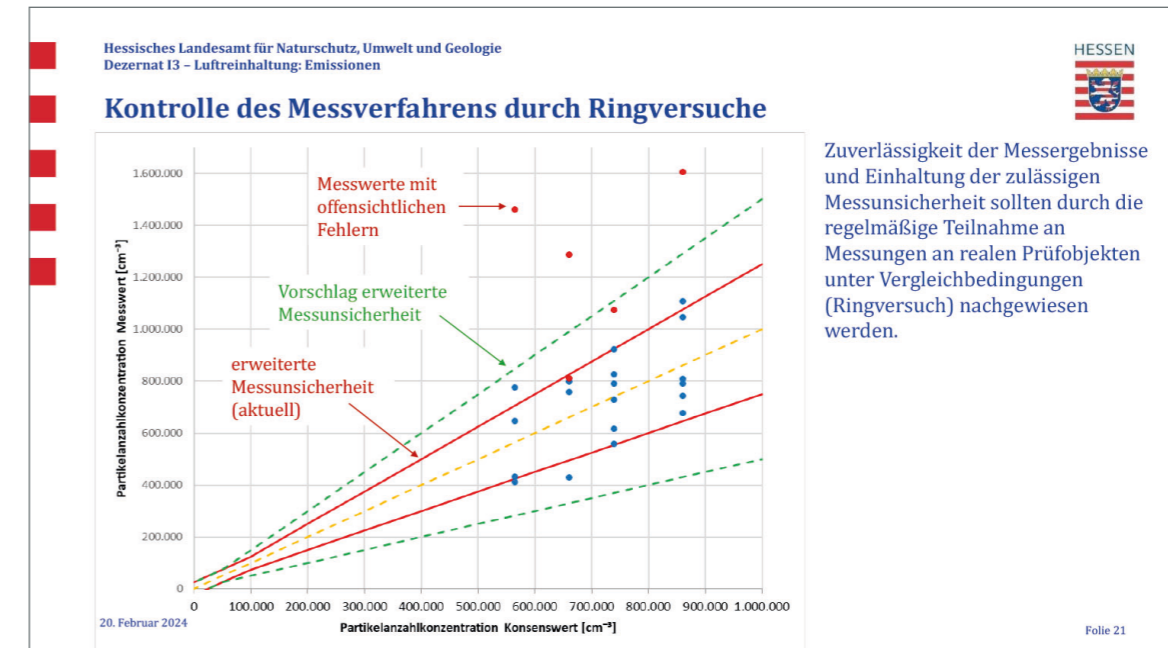
- Projekt und Projektpartner
- Ringversuchsdesign und Prüfstand
- Kalibrierung der Messgeräte
- **Ergebnisse des Ringversuchs**
- Diskussion

20. Februar 2024 Folie 17





- Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 – Luftreinhaltung: Emissionen
- Ergebnisse der Ringversuche – Verfahrenskenngrößen**
- Relative Vergleichstandardabweichung: 25,1%
 - Wie nahe liegen die Messwerte am wahren Wert?
 - Bei fehlerfrei durchgeführten Messungen an ähnlichen Kaminöfen sollten ca. 95% aller Messergebnisse innerhalb eines Bereichs von ca. 50% bis 150% des tatsächlichen Ergebnisses liegen.
 - Relative Wiederholstandardabweichung: 15,7%
 - Wie reproduzierbar sind die Messwerte eines Labors?
 - Für ähnliche Kaminöfen sollten bei wiederholten Messungen durch das gleiche Prüfinstitut im Mittel ca. 95% aller Messergebnisse innerhalb eines Bereichs von ca. 69% bis 131% des von diesem Prüfinstitut im Mittel gemessenen Ergebnisses liegen.
 - Relative Standardabweichung zwischen den Labors: 19,5%
 - Wie ähnlich sind die Messwerte verschiedener Labors?
 - Für ähnliche Kaminöfen sollten die von zwei verschiedenen Prüfinstituten am gleichen Kaminofen ermittelten Messwerte in ca. 95% aller Fälle innerhalb eines Bereichs von ca. 61% bis 139% des Mittelwerts der von diesen Prüfinstituten gemessenen Ergebnisse liegen.
20. Februar 2024
- Folie 20



- Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Dezernat 13 – Luftreinhaltung: Emissionen
- Agenda**
- Projekt und Projektpartner
 - Ringversuchsdesign und Prüfstand
 - Kalibrierung der Messgeräte
 - Ergebnisse des Ringversuchs
 - Diskussion**
-
20. Februar 2024
- Folie 22

Session: Gravimetrische Verfahren

Claudia Schön, Technologie- und Förderzentrum

Bestimmung der Staubemissionen mittels ENPME und einer möglichen ENPME-Erweiterung

Claudia Schön
Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)
Schulgasse 18
94315 Straubing
Tel.: +49 (0)9421 300-152
E-Mail: claudia.schoen@tfz.bayern.de

Gesamtstaubbestimmungen sollen im Rahmen der DIN EN 16510:2023 mit der ENPME-Methode in Rohgas ermittelt werden. Hierfür wird das Abgas auf ca. 180 °C beheizt bzw. gekühlt. Bei dieser Temperatur erfolgt die Staubabscheidung auf geeigneten Filtermedien, während konstant ein Abgasstrom von 0,6 m³/h abgesaugt wird. Gleichzeitig werden die Gehalte an organischen gasförmigen Kohlenwasserstoffen ebenfalls bei 180 °C gemessen.

Diese Ergebnisse an zwei Kaminöfen und einem Pelletofen bei unterschiedlichen Abgaszuständen werden mit der bisher verwendeten Staubmessmethode nach VDI 2066 Blatt 1 verglichen. Typisch für die Messung nach VDI 2066 ist die isokinetische Teilstromentnahme, eine Beheizung auf 160 °C sowie eine Düsenorientierung entgegen dem Abgasstrom. Vergleichsmessungen zwischen VDI 2066 und ENPME über gesamte Abbrände mit Start der Staubmessungen direkt nach dem Nachlegen und zeitgleicher Beendigung beim Erreichen des Nachlegekriteriums, zeigten einen Minderbefund bei Anwendung der ENPME-Methode um ca. 7 bis 9 %. Selbst nach einem elektrostatischen Staubabscheider lieferten die ENPME-Methode ca. 10 % geringere Staubemissionen im Vergleich zur VDI 2066.

Es werden auch zwei verschiedene Bauweisen der ENPME-Sonde untereinander verglichen, wobei in

der einen Variante die 2 m Probenleitung aufgewickelt war und es sich in der anderen um ein gerades Rohr handelte. Beide Varianten lieferten sehr vergleichbare Ergebnisse.

Abschließend wurde eine mögliche Erweiterung der ENPME-Methode vorgestellt, in welcher die ENPME-Sonde mit einem Porous Tube Diluter kombiniert wurde, um mögliche organische kondensierbare Kohlenwasserstoffe bei geringeren Temperaturen am identischen Probenstrom zu erfassen. Mit dieser kompakten Bauweise soll der Realität am Schornsteinende nähergekommen werden. Diese erweiterte (extended) ENPME-Methode zeigte unterschiedliche Staubmehrungen in Abhängigkeit von der eingesetzten Feuerung und Abgaszuständen.



Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum
für Nachwachsende Rohstoffe



Bestimmung der Staubemissionen mittels ENPME und einer möglichen ENPME-Erweiterung

3. Fachgespräch „Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen“
07.02.2024 in Leipzig
Claudia Schön

P 24 B So 002

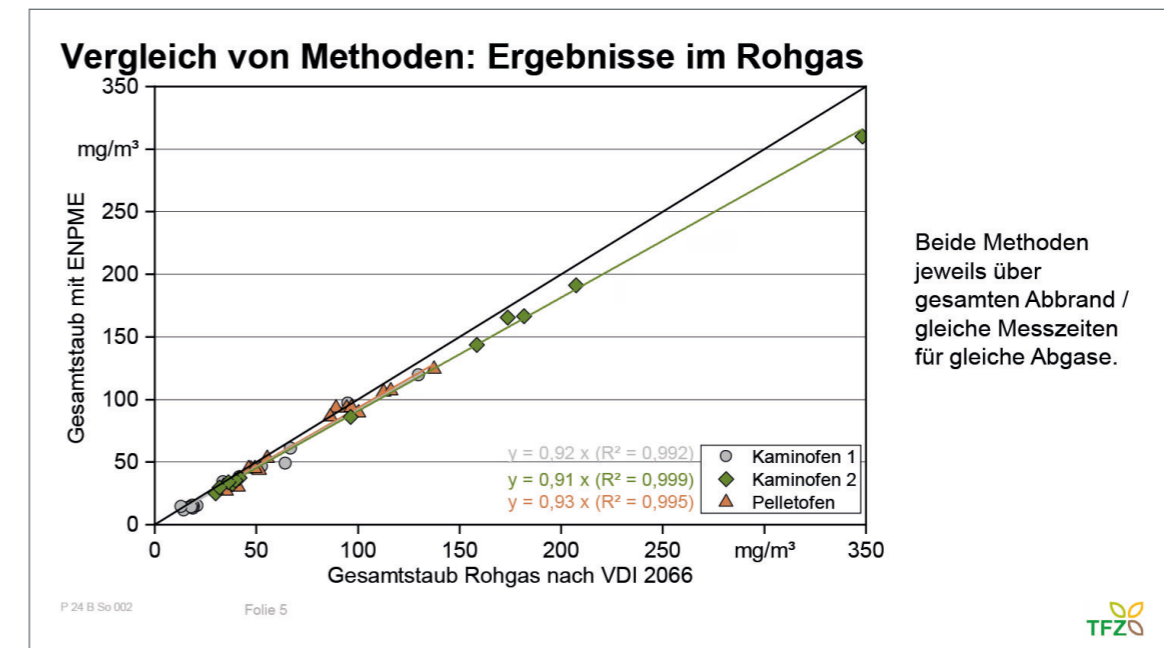
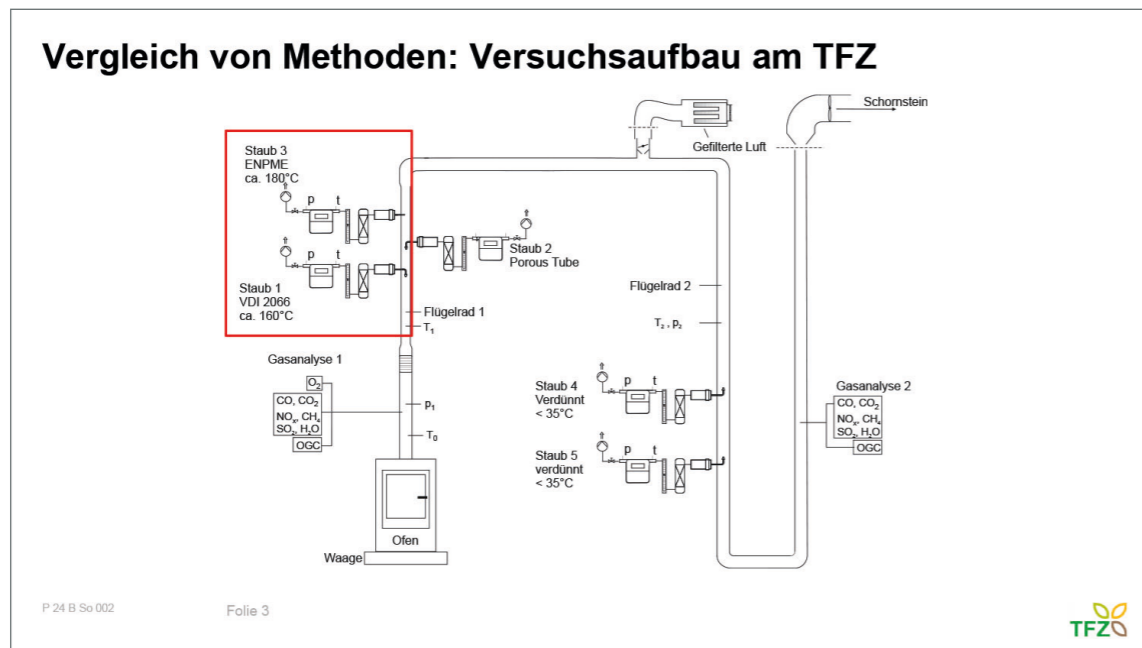
Inhalt

- Vergleich von ENPME und VDI 2066 an 3 Feuerstätten
- Vergleich unterschiedlicher Bauarten der ENPME-Sonde
- Erweiterung der ENPME-Methode mit einem Porous Tube Diluter
- Zusammenfassung und Ausblick

P 24 B So 002

Folie 2





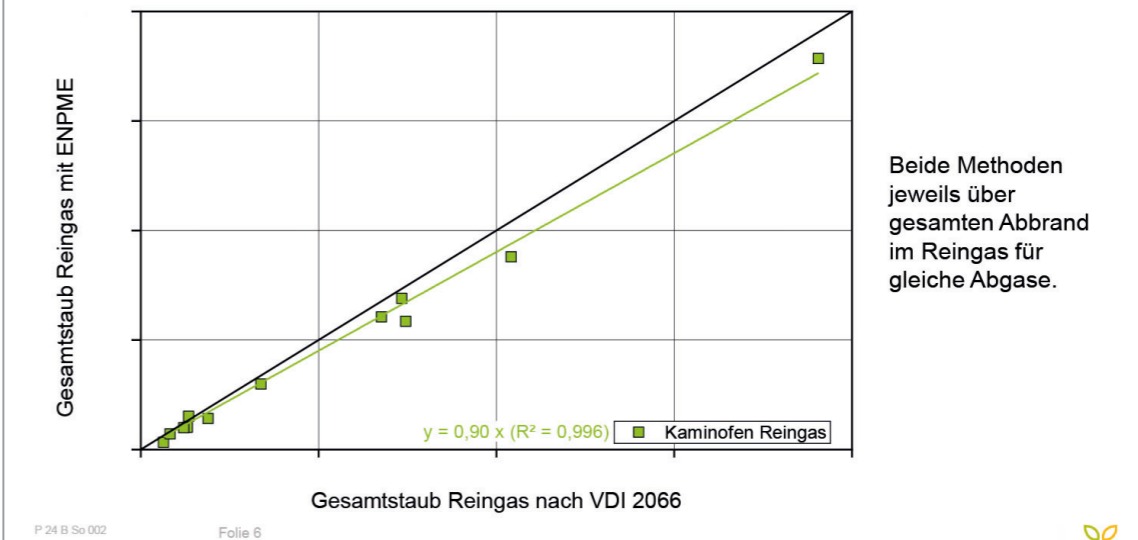
Vergleich von Methoden: Randbedingungen

- Feuerungen:
 - 2x Kaminofen jeweils über gesamten Abbrand, auch Anheizen gemessen, meist Buchenscheite, bewusste Fehlbedienung für schlechtere Abgasbedingungen
 - 1x Pelletofen jeweils über 30 Minuten, Fichten- bzw. Buchenpellets
- Behandlung der Filtermaterialien:
 - VDI 2066 (Referenz) → Nachbehandlung bei 160°C
 - ENPME → Nachbehandlung bei 180°C
- Ablagerungen berücksichtigt (ENPME mit Druckluftspülung, VDI 2066 mit Aceton/Wasser-Spülung)

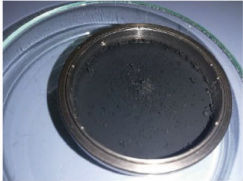
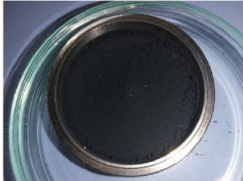
P 24 B So 002 Folie 4



Vergleich von Methoden: Ergebnisse im Reingas nach ESP



Vergleich von Methoden: Zusammenfassung

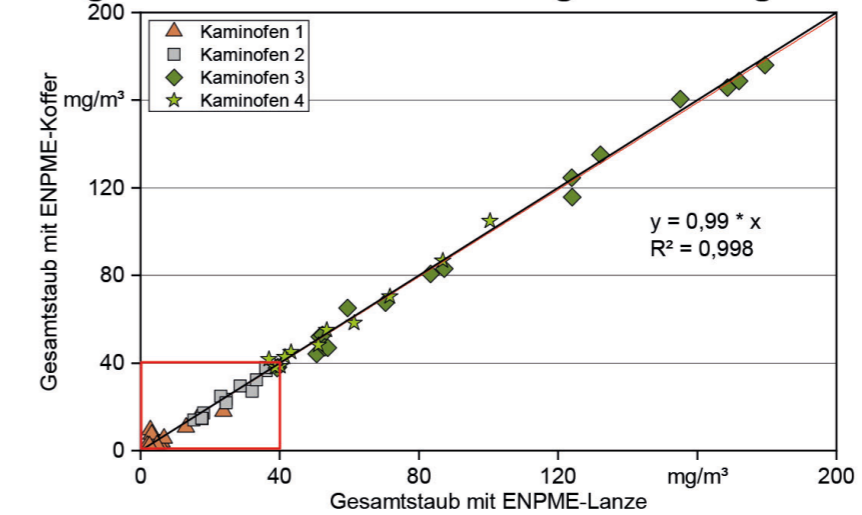
- Kaminofen: ENPME erfasst ca. 8-9 % geringere Staubemissionen
- Pelletofen: ENPME erfasst ca. 7 % geringere Staubemissionen
- Nach ESP: ENPME erfasst ca. 10 % geringere Staubemissionen
- VDI 2066:  ENPME: 

P 24 B So 002

Folie 7



Vergleich ENPME-Probenahme gerade und gewickelt



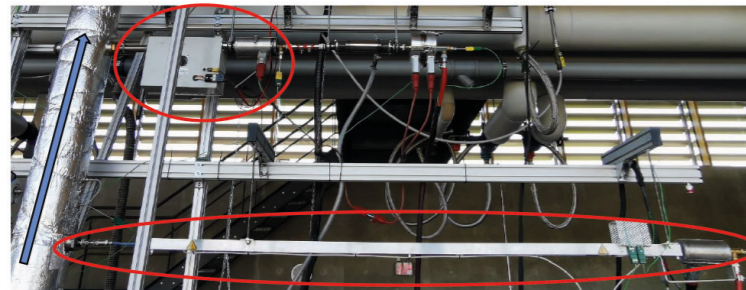
P 24 B So 002

Folie 9



Vergleich unterschiedlicher Bauarten der ENPME-Sonde

- Oben: ENPME-Koffer mit aufgewickeltem Rohr von CATSE (2019)



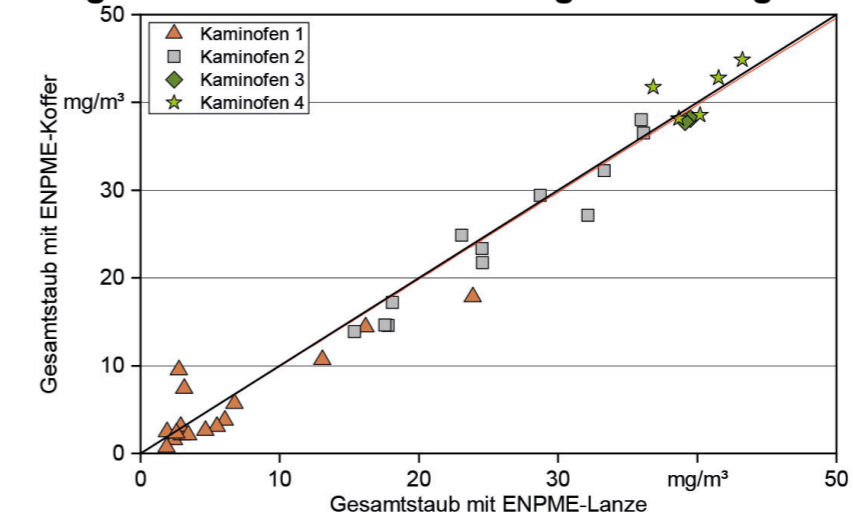
- Unten: ENPME-Lanze mit geradem Rohr (Prototyp aus 2014)

P 24 B So 002

Folie 8



Vergleich ENPME-Probenahme gerade und gewickelt



P 24 B So 002

Folie 10



Erweiterung der ENPME-Methode mit Porous Tube: Aufbau

- Kombination von ENPME (EN16510:2023) mit Porous Tube

Schornstein	ENPME	Filter 45 mm	Porous Tube DR 1:8	Filter 110 mm	Pumpe/Gasuhr
	Temperatur 180°C			< 40 °C	

P 24 B So 002 Folie 11

Erweiterung der ENPME-Methode mit Porous Tube: Vorteile

- Kein Vollstrom-Verdünnungstunnel notwendig
- Kondensierbare und nicht-kondensierbare Staubfraktionen werden am gleichen Probenstrom bestimmt
- Beide Komponenten mit einer Staubmessung erfassbar
- Kompakte Bauweise, ENPME ist mittlerweile bekannt an zahlreichen Prüfstellen/Einrichtungen

P 24 B So 002

Folie 13



Erweiterung der ENPME-Methode mit Porous Tube: Stäube

- Kombination von ENPME (45 mm Filter) mit Porous Tube (110 mm Filter)

- ENPME: gesammelt bei 180°C
- Kondensation von OGCs → braun

P 24 B So 002 Folie 12

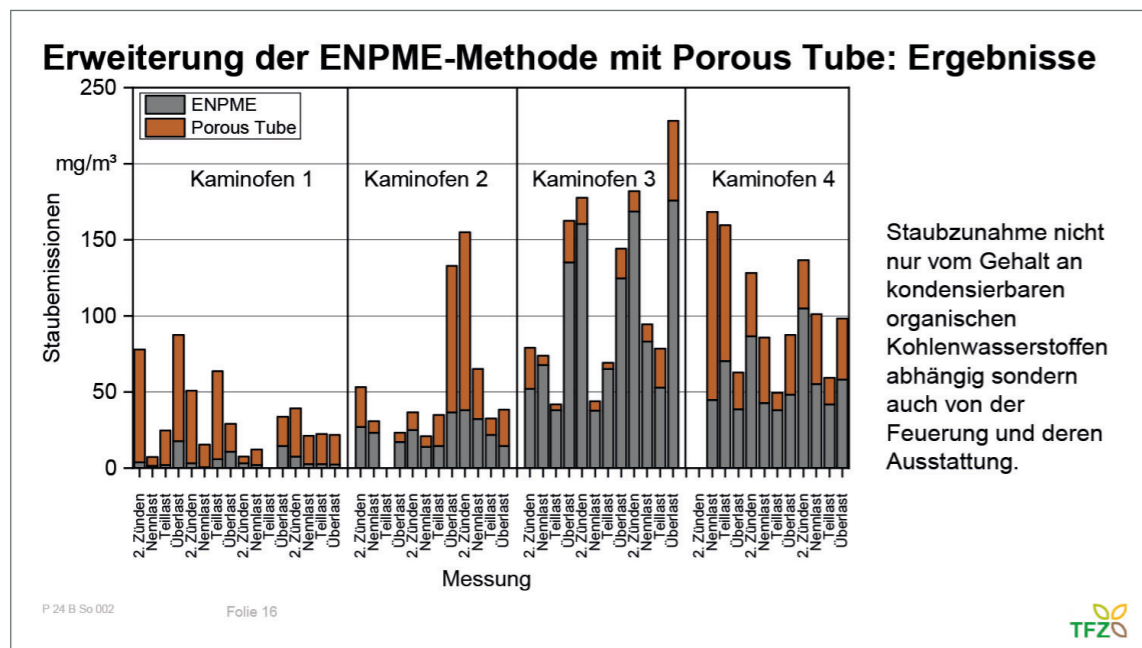
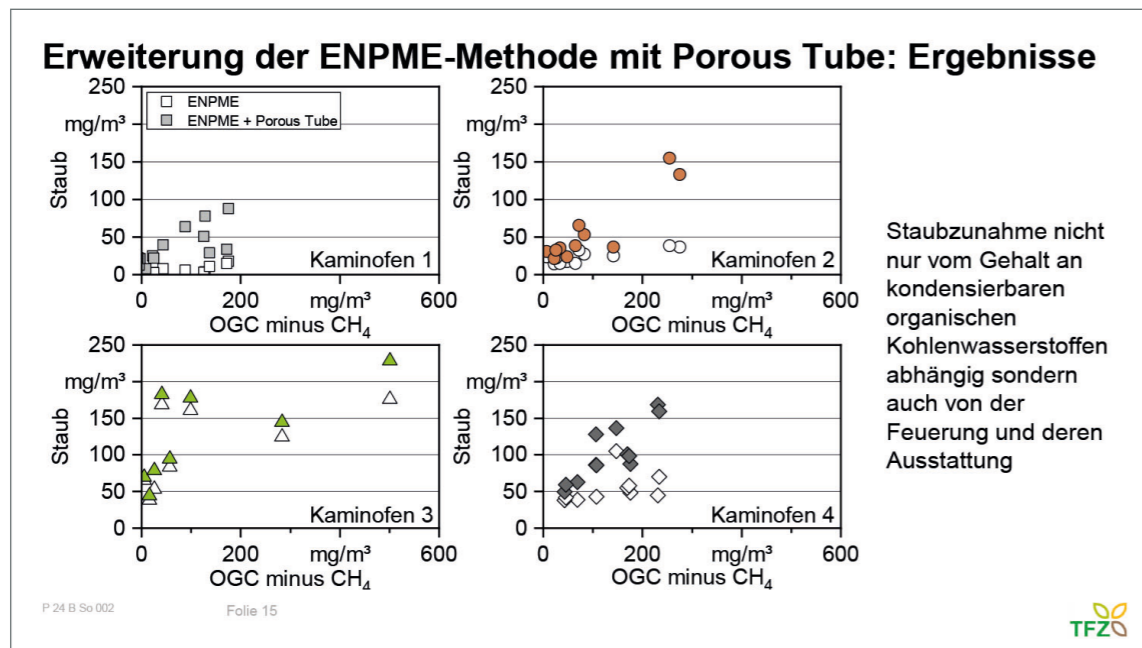
Erweiterung der ENPME-Methode mit Porous Tube: Infos

- Messungen an 4 Kaminöfen mit unterschiedlicher Ausstattung durchgeführt
- Verschiedene Lastzustände: 2. Abbrand, Nennlast, Teillast, Überlast
- Gesamte Abbrände berücksichtigt vom Nachlegen bis $(4,0 \pm 0,5)$ Vol-% CO₂

P 24 B So 002

Folie 14





Zusammenfassung und Ausblick

- ENPME sehr gut anwendbar bei Kaminöfen und Pelletöfen
- Verschiedene Bauarten der ENPME liefern vergleichbare Ergebnisse
- Erweiterte (extended) ENPME mit Porous Tube erfasst zusätzliche Staubemissionen, welche beim weiteren Abkühlen der Abgase entstehen → ein Stück mehr Realität bei der Staubbestimmung

P 24 B So 002 Folie 17



Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum
für Nachhaltige Rohstoffe



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Claudia Schön
 Technologie- und Förderzentrum
 im Kompetenzzentrum für Nachhaltige Rohstoffe (TFZ)
 Schulgasse 18, 94315 Straubing
 Email: claudia.schoen@tfz.bayern.de
 Tel.: 09421 / 300-152

P 24 B So 002

Michael Sattler, Ökozentrum

Messkonzepte der nächsten Generation

Michael Sattler
 Ökozentrum
 Schwengiweg 12
 CH - 4438 Langenbruck
 Tel.: +41 (0)62 387-3145
 E-Mail: michael.sattler@oekozentrum.ch

Kleine Biomassefeuerungen unterstützen eine klimaneutrale Energieversorgung. Leider sind diese noch immer mit primären und sekundären Partikelemissionen und entsprechend mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit assoziiert. Messmethoden der nächsten Generation müssen darauf fokussieren, die Auswirkungen von Biomassefeuerungen auf die Gesundheit zu erfassen. Dadurch wird die Entwicklung hin zu einer sauberen Verbrennung unterstützt. Die Wahl einer zukünftigen Partikelmessmethode wurde in einer Expertenrunde diskutiert und es wurden folgende Schlüsse gezogen:

Die gravimetrische Staubmessung ist nicht geeignet als zukünftige Messmethode, da keine Differenzierung der Partikelzusammensetzung und somit auch keine Einordnung der Auswirkung auf die Gesundheit möglich ist. Als Kontrollmessung und um die Vergleichbarkeit mit älteren Messungen zu gewährleisten, hat die gravimetrische Staubmessung noch eine Berechtigung.

Die Partikel-Anzahlkonzentration im Abgas einer Feuerung liefert keine für die Gesundheit relevanten Informationen. Dies ist der Fall, weil die Prozesse im Abgas und in der Atmosphäre zu starken und kaum prognostizierbaren Veränderungen der Anzahlkonzentrationen führen. Die Messung im Abgas hat daher keinen Bezug zur Luftqualität. In

Kombination mit der Größenverteilung könnte diese Messmethode für sehr tiefe Partikelemissionen interessant sein.

Die Messung der kondensierbaren Fraktionen im Abgas gibt Hinweise auf die Verbrennungsqualität, da primär unverbrannte und oft gesundheitsschädliche Kohlenwasserstoffe kondensieren. Diese Messung ist daher von Interesse.

Die Messung von „Black Carbon“, elementarem Kohlenstoff oder Gesamtkohlenstoff bestimmen die nicht verbrannten Komponenten im Abgas. Diese Komponenten sind in der Regel gesundheitsschädlich und daher für zukünftige Messmethoden relevant. Da nur die Messung des Gesamtkohlenstoffs klar definiert ist, sollte diese Emission genauer betrachtet werden.

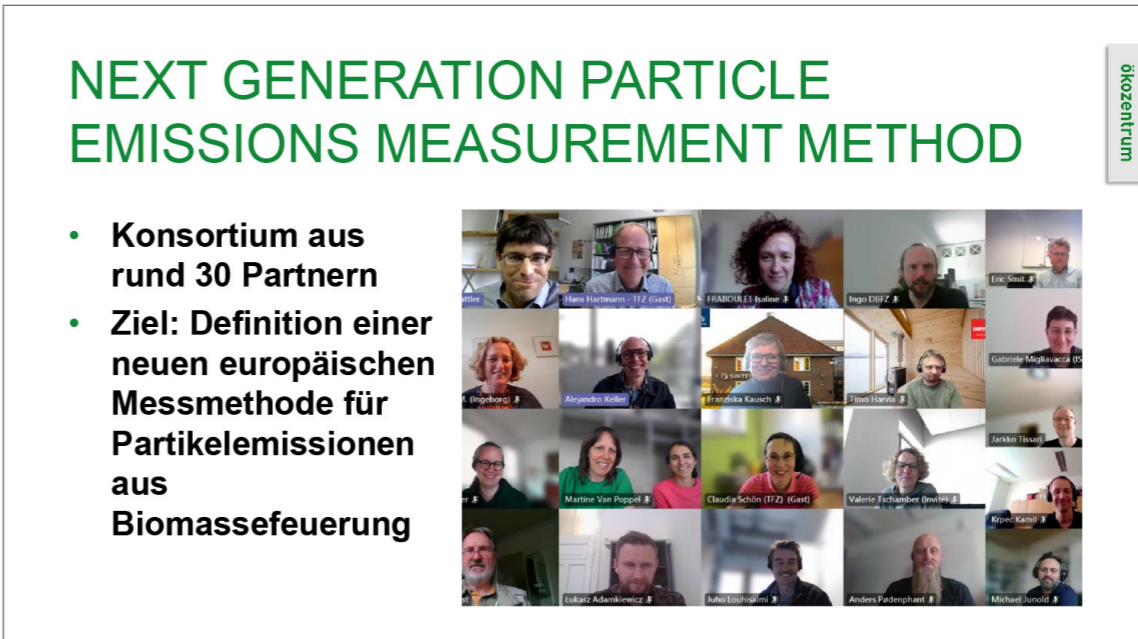
Neben den primären Partikeln muss auch das Potenzial zur Bildung von Sekundärpartikeln gemessen werden. Diese Fraktion trägt in relevantem Masse zur Partikelbelastung in der Atmosphäre bei.

Diese Erkenntnisse sollen für ein Projekt genutzt werden, das eine neue Messmethode entwickelt, die in ca. 10 Jahren die aktuelle Messnorm ersetzt.



Messkonzepte der nächsten Generation

Michael Sattler, Ökozentrum/CATSE



NEXT GENERATION PARTICLE EMISSIONS MEASUREMENT METHOD

- **Konsortium aus rund 30 Partnern**
- **Ziel: Definition einer neuen europäischen Messmethode für Partikelemissionen aus Biomassefeuerung**

BIOMASSEFEUERUNGEN MIT ZUKUNFT



Ressourceneffizienz **Gesundheit** **Klima**

Foto von Bianca Ackermann auf Unsplash

TECHNISCHE ANFORDERUNGEN



Bezahlbar **Nachvollziehbar**

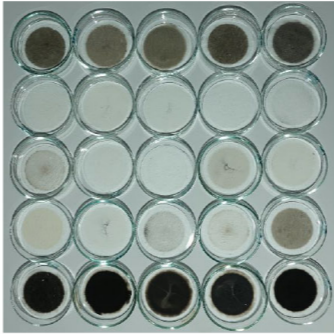
GESUNDHEIT IM FOKUS



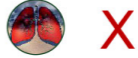
Gesundheitsschädigend:

- Partikel mit hohem Kohlenwasserstoffanteil
- Partikel in hoher Anzahlkonzentration (Ultrafine Particles, UFP)

GRAVIMETRISCHE STAUBMESSUNG

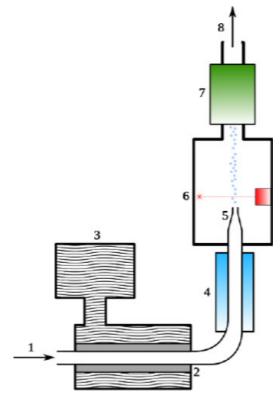


- ✓ Vergleich mit früheren Messungen
- ✓ «Verständliche» Einheit
- ✗ Keine Differenzierung der Partikel
- ✗ Kein Sekundäraerosol-Potenzial



ANZAHLKONZENTRATION

ökozentrum

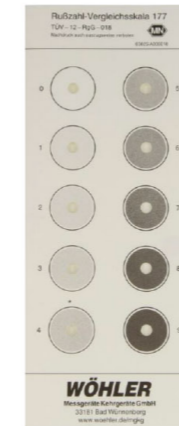


- ✓ Einfache online-Messung
- ✓ Auch günstige Geräte verfügbar
- ✗ Kaum Rückschlüsse auf Verbrennungsqualität
- ✗ Messung im Kamin hat keinerlei Bezug zur Umweltwirkung



KOHLENSTOFFMESSUNG

ökozentrum



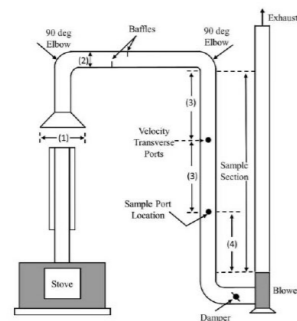
- ✓ Kohlenstoffhaltige Partikel sind Relevant für Gesundheit und Klima
- ✓ Gesamtkohlenstoff ist eindeutig messbar
- ✗ Messung von «Black Carbon», «Elemental Carbon» oder «Organic Carbon» ist über Messverfahren definiert und nicht eindeutig.



✓ für Gesamtkohlenstoff

„CONDENSABLES“

ökozentrum



- ✓ Hinweis auf Kohlenwasserstoffe
- ✓ Möglicher Hinweis auf Sekundäraerosol-Potenzial
- ✗ Keine allgemeingültige Definition
 - » Definition über Messmethode



SEKUNDÄRAEROSOLE

ökozentrum

Dekati® Oxidation Flow Reactor DOFR™



- ✓ Sekundäraerosolbildung ist Relevant für Auswirkungen auf Gesundheit
- ✗ Fehlende Erfahrung und in der Vergangenheit sehr teuer



ELEKTROSTATISCHE ABSCHIEDER



Elektroabscheider werden Standardanwendung
→ neue Messmethode ESP-tauglich

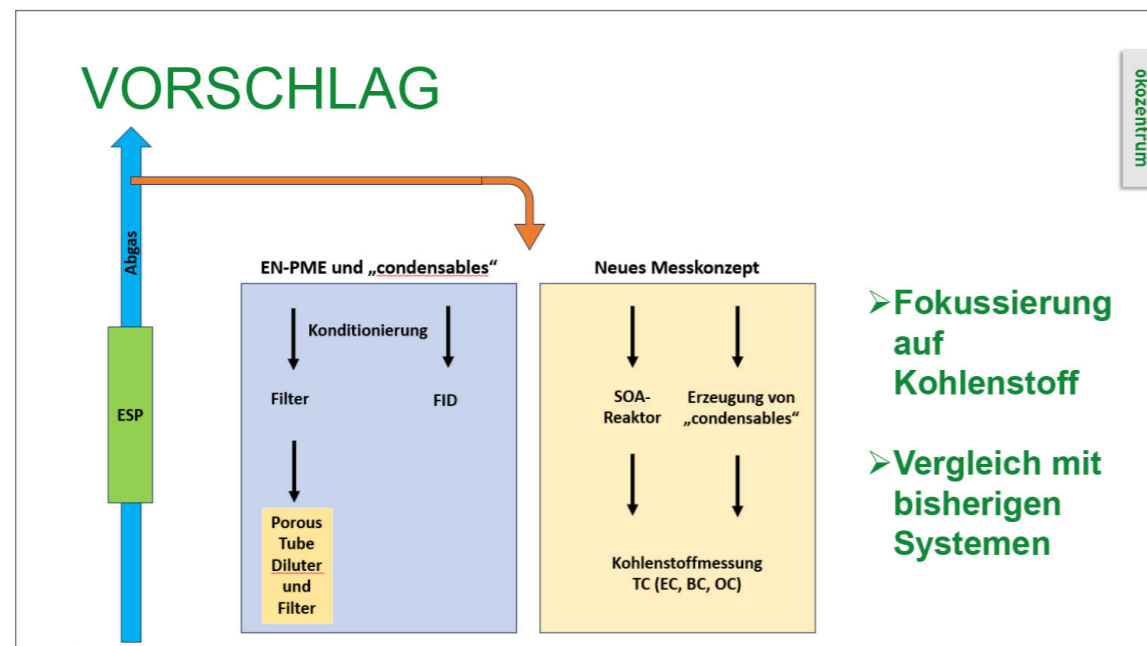
ökozentrum



HERZLICHEN DANK!



Stay connected michael.sattler@oekozentrum.ch



Anhang

Veranstaltende

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Unser Auftrag

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



4. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen

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

Unser Auftrag

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



4. Fachgespräch Staubmessverfahren an Kleinfeuerungsanlagen

herausgegeben von:

**DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Telefon: +49 (0)341 2434-112

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

In Kooperation mit:



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