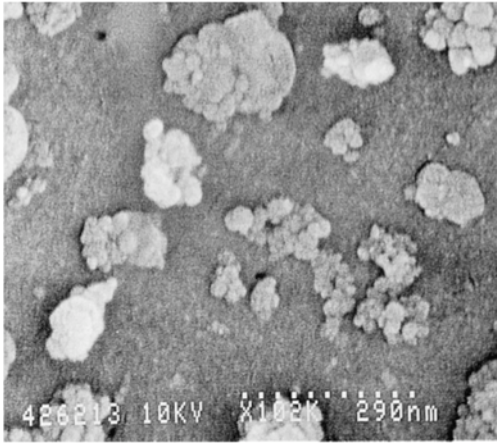


Feinstaub-Emissionsfaktoren (Particulate Matter PM) von Holzheizungen

Übersicht aus Ländern der Internationalen
Energie Agentur (IEA) – Bioenergy Task 32
„Biomass Combustion and Co-firing“

Thomas Nussbaumer
Delegierter in IEA Bioenergy Task 32

IEA-Erhebung in Zusammenarbeit mit
Linda Johansson, SP Sweden



1. Einleitung

2. Emission und Immission von PM

3. Vergleich der Messmethoden

4. Emissionsfaktoren

5. Schlussfolgerungen

1.1 Relevanz: Quellen an Russ in der Schweiz

Bild: PSI



Medienmitteilung PSI, 20. Januar 2006

„Drei- bis viermal mehr Russ aus Holzheizungen
als aus Verkehr im winterlichen Misox“

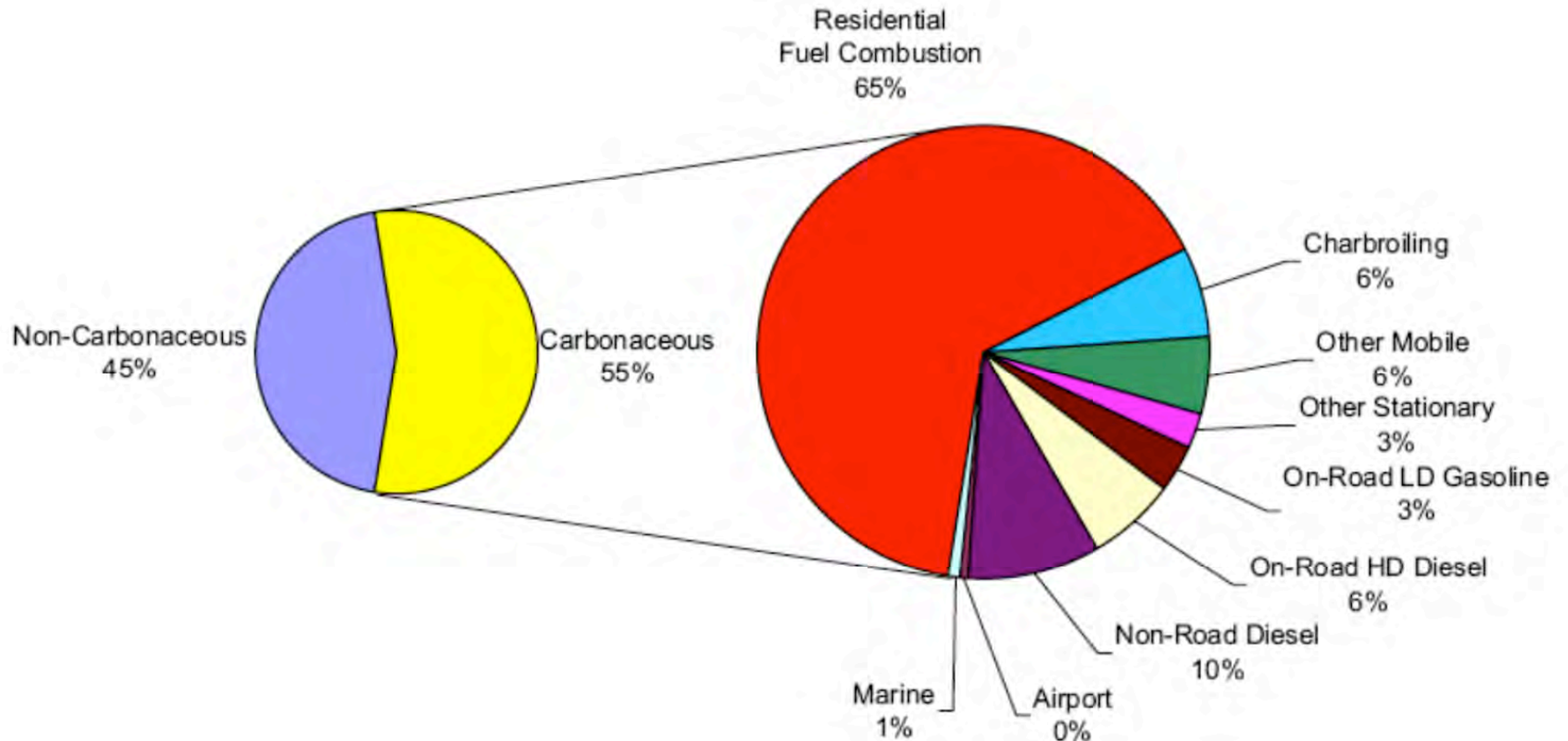


Verenum

[Prévôt et al., Conf. Comb. Nanop. 2006]

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Quellen an krebserzeugendem PM_{2.5} im Staat New York



1.2 Zielsetzung

Hintergrund

1. Die IEA Bioenergy Task 32 „Biomass Combustion and Co-Firing“ fördert Biomasse zur Substitution fossiler Energie
2. Feinstaub ($PM_{2.5}/PM_{10}$) gilt als wichtigster Luftschadstoff
3. Holzfeuerungen verursachen relevante Mengen an PM_{10}

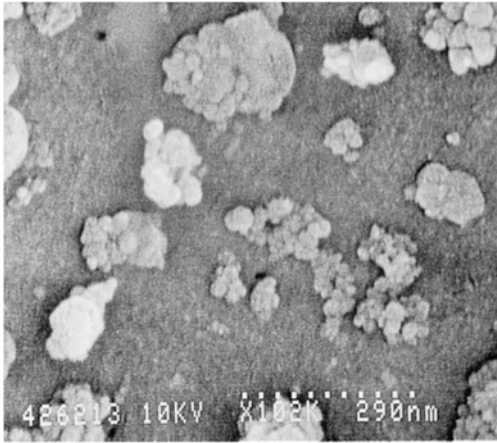
Ziel Erhebung der Emissionsfaktoren von Holzfeuerungen

1. um Hauptquellen und Ursachen zu identifizieren
2. um für die IEA Massnahmen zur Feinstaubreduktion als Basis für weitere Aktivitäten abzuleiten

1.3. Vorgehen: Erhebung in IEA Bioenergy Task 32

Fragebogen Emissionsfaktoren nach Feuerungskategorien für Betriebsarten „best“, „typical“, „worst“

Land	Institutionen (17)
1 Austria	BLT, Bios, Joanneum, KOV
2 Denmark	Force
3 Germany	IE, TFZ, Uni Stuttgart, ZAE
4 The Netherlands	TNO
5 Norway	SINTEF
6 Sweden	SP Tech, Umeå, VXU
7 Switzerland	Ökozentrum, Verenum, Vock
8 Belgium	
9 Canada	
10 Finland	
11 United Kingdom	



1. Einleitung

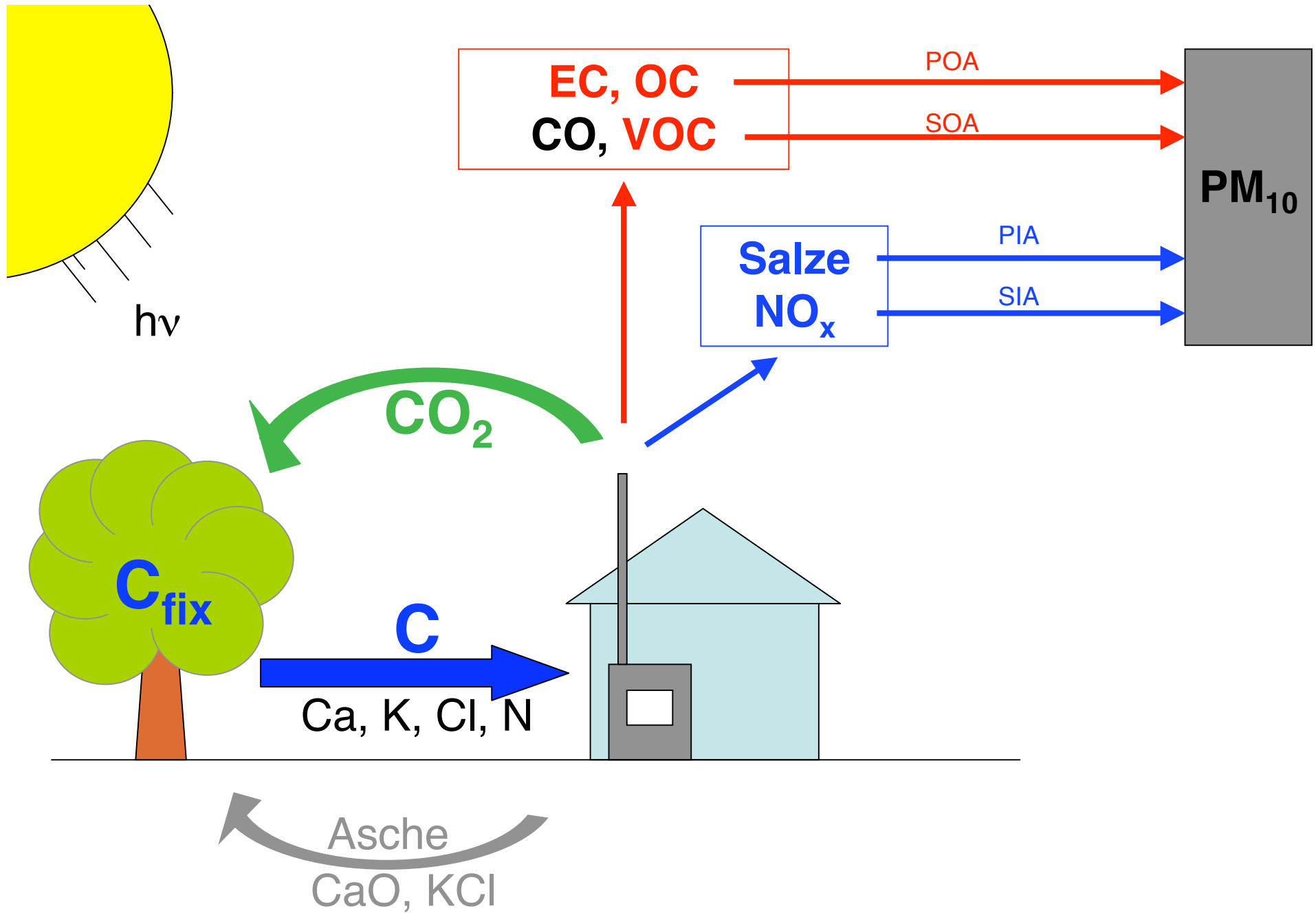


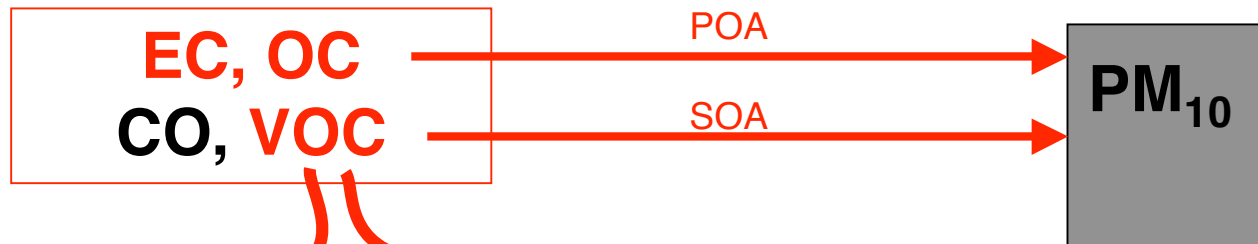
2. Emission und Immission von PM

3. Vergleich der Messmethoden

4. Emissionsfaktoren

5. Schlussfolgerungen





Organischer Anteil in PM ₁₀	
POA	SOA
Im Kamin als Partikel oder Tropfen vorhandene organische Verbindungen	Durch chemische Reaktionen
Nach dem Kaminaustritt durch physikalische Prozesse (Kondensation und Adsorption) ¹ aus gasförmigen organischen Verbindungen (VOC) gebildete Aerosole (z.B. Blue haze) (Funktion von T und p_i bzw. c_i)	(Oxidation ¹ mit O ₃ , NO _x , OH* sowie Polymerisation ²) aus gasförmigen organischen Verbindungen (VOC) in der Atmosphäre gebildete Aerosole
	SOA macht oft rund 50%, kurzfristig teils bis zu 90% der org. PM aus ³

Def. POA/SOA z.B. [M. Kanakidou et al. Atmos. Chem. Phys., 5, 2005]

¹ z.B. nach [J. Seinfeld & J. Pankow Annu. Rev. Phys. Chem. 2003]

² z.B. nach [U. Baltensperger et al. Faraday Discuss. 2005 (130)]

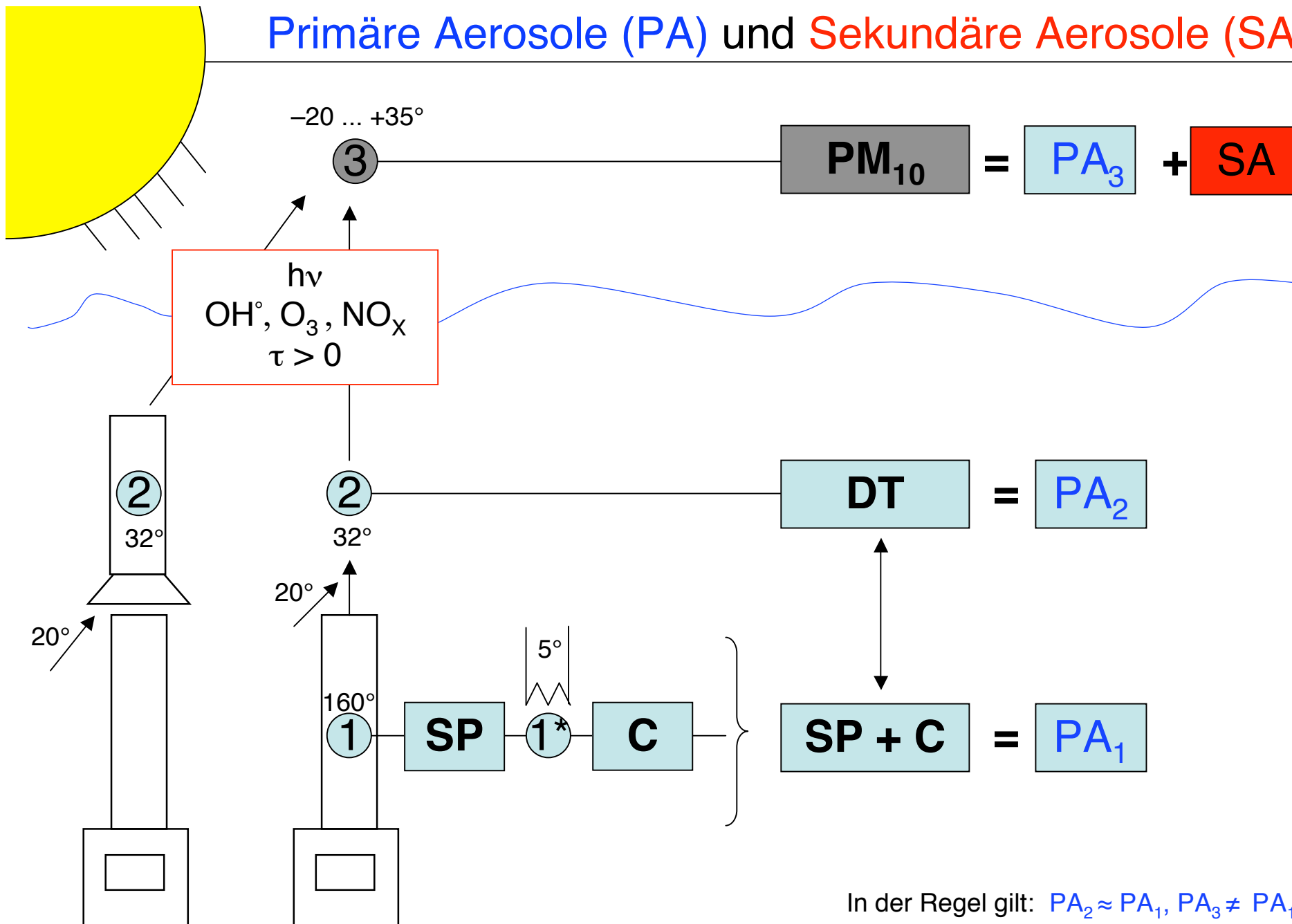
³ z.B. nach [H. Lim & B. Turpin, Environ. Sci. Technol. 36 (21) 2002]



Verenum

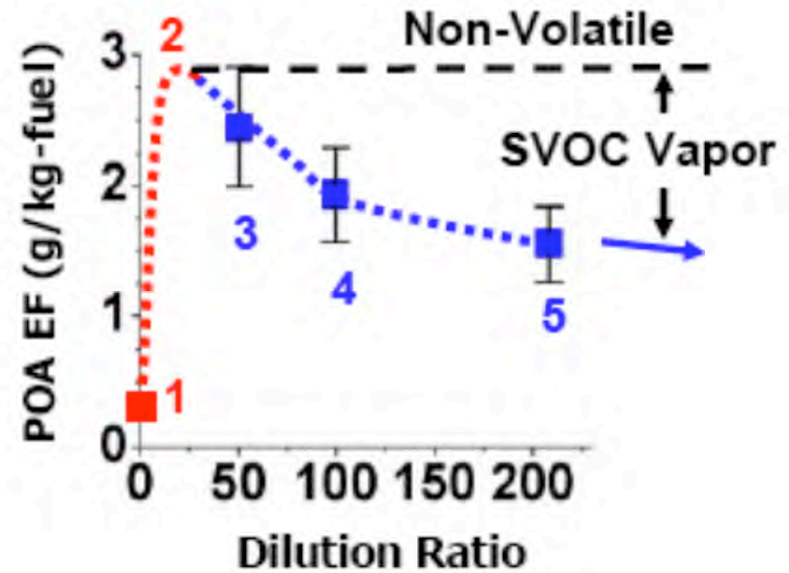
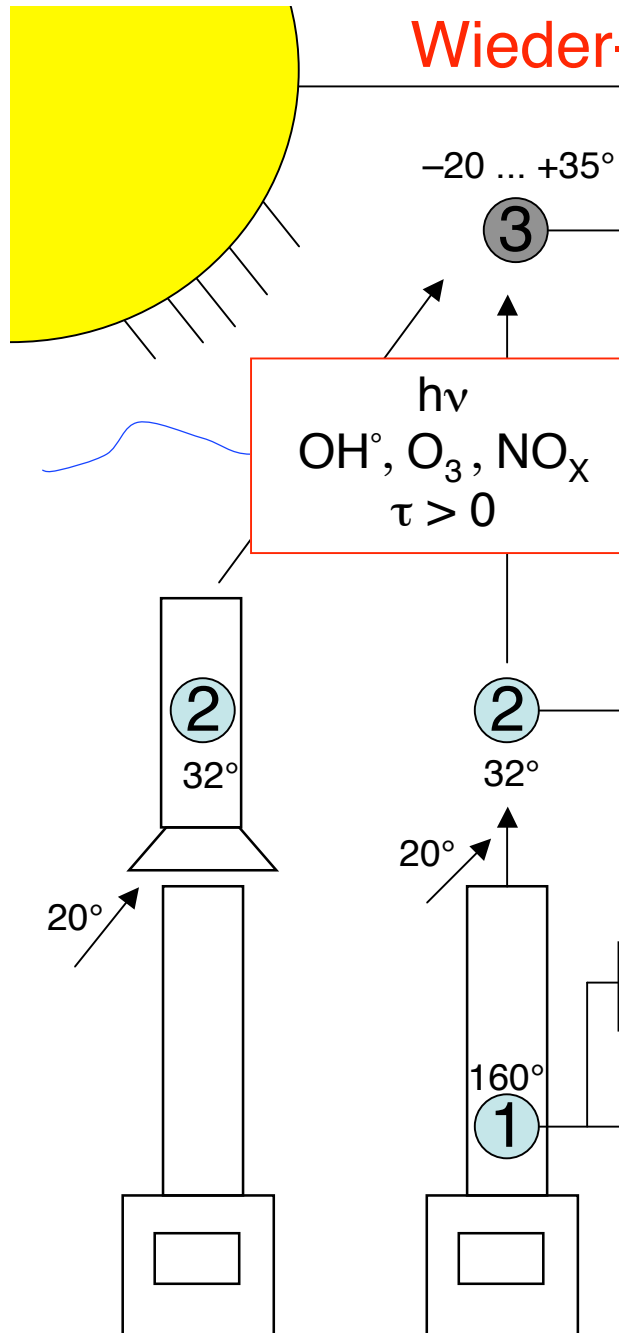
Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Primäre Aerosole (PA) und Sekundäre Aerosole (SA)



In der Regel gilt: $PA_2 \approx PA_1, PA_3 \neq PA_1$

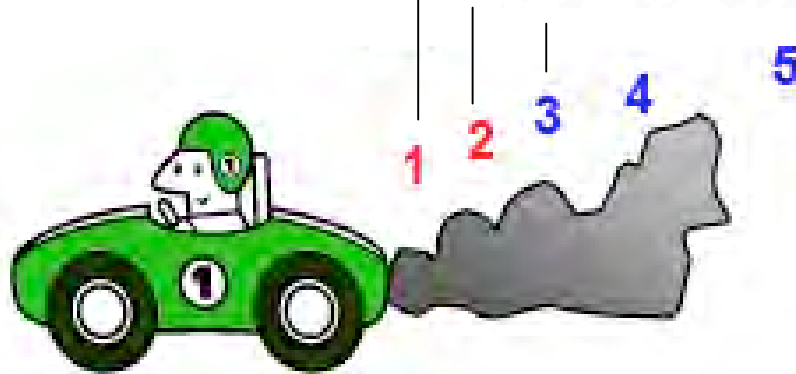
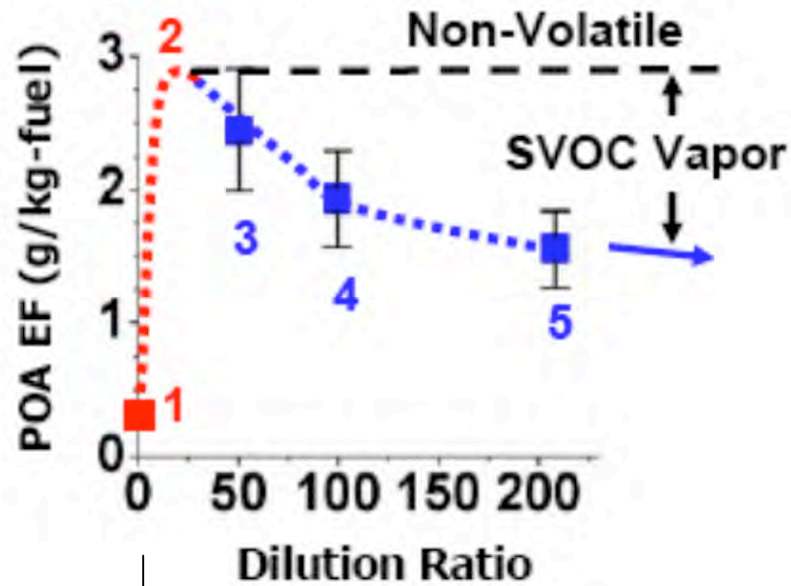
Wieder-Verdampfung von Kohlenwasserstoffen



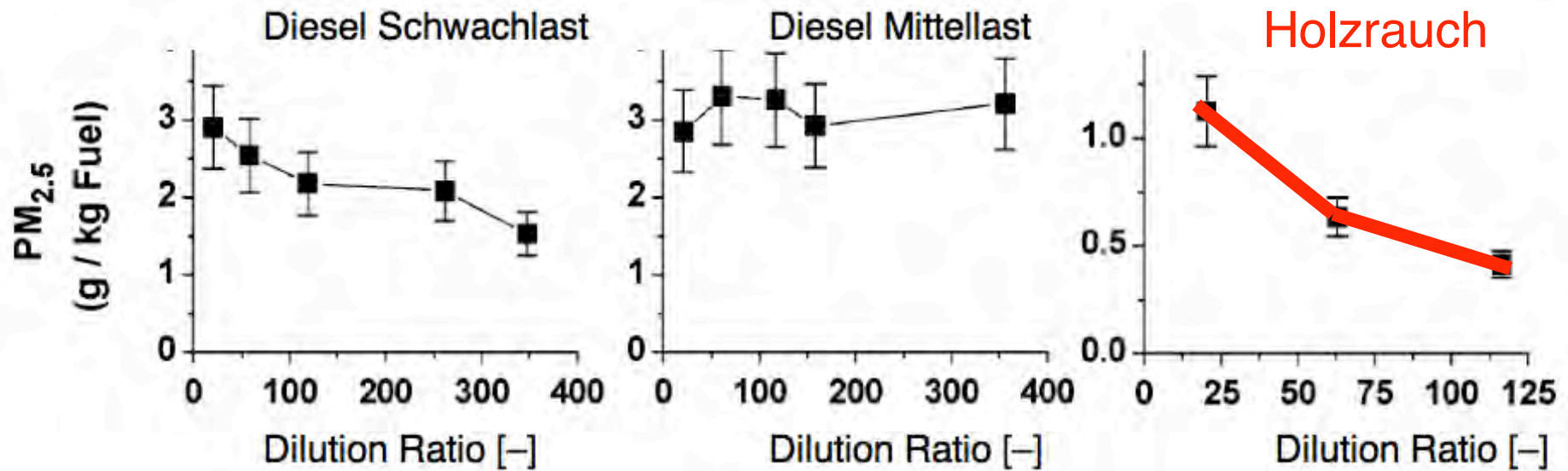
[A. Robinson, EMEP, Albany 2007]

Konversion von Aerosolen von der Quelle zur Immission

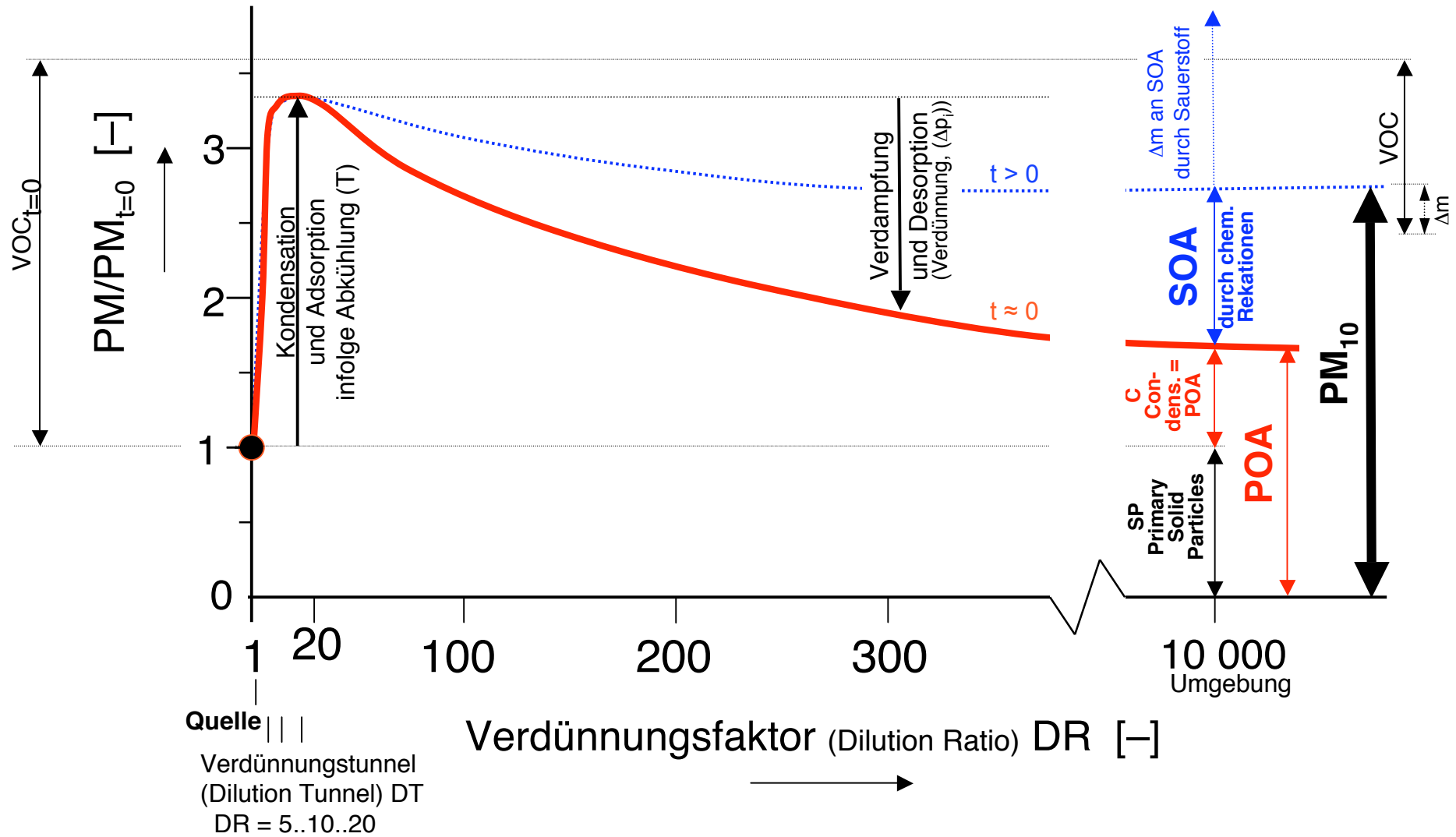
Emissionsfaktor
an Feinstaub
in Dieselabgas

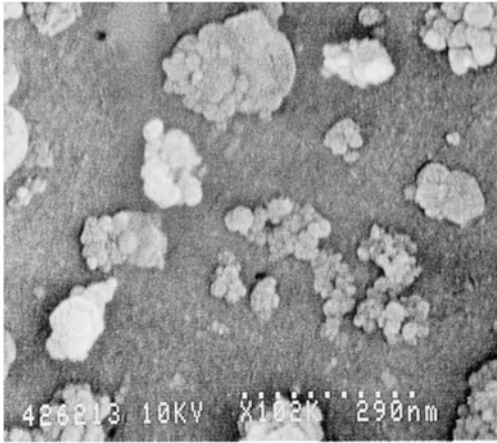



Konversion von Aerosolen von der Quelle zur Immission

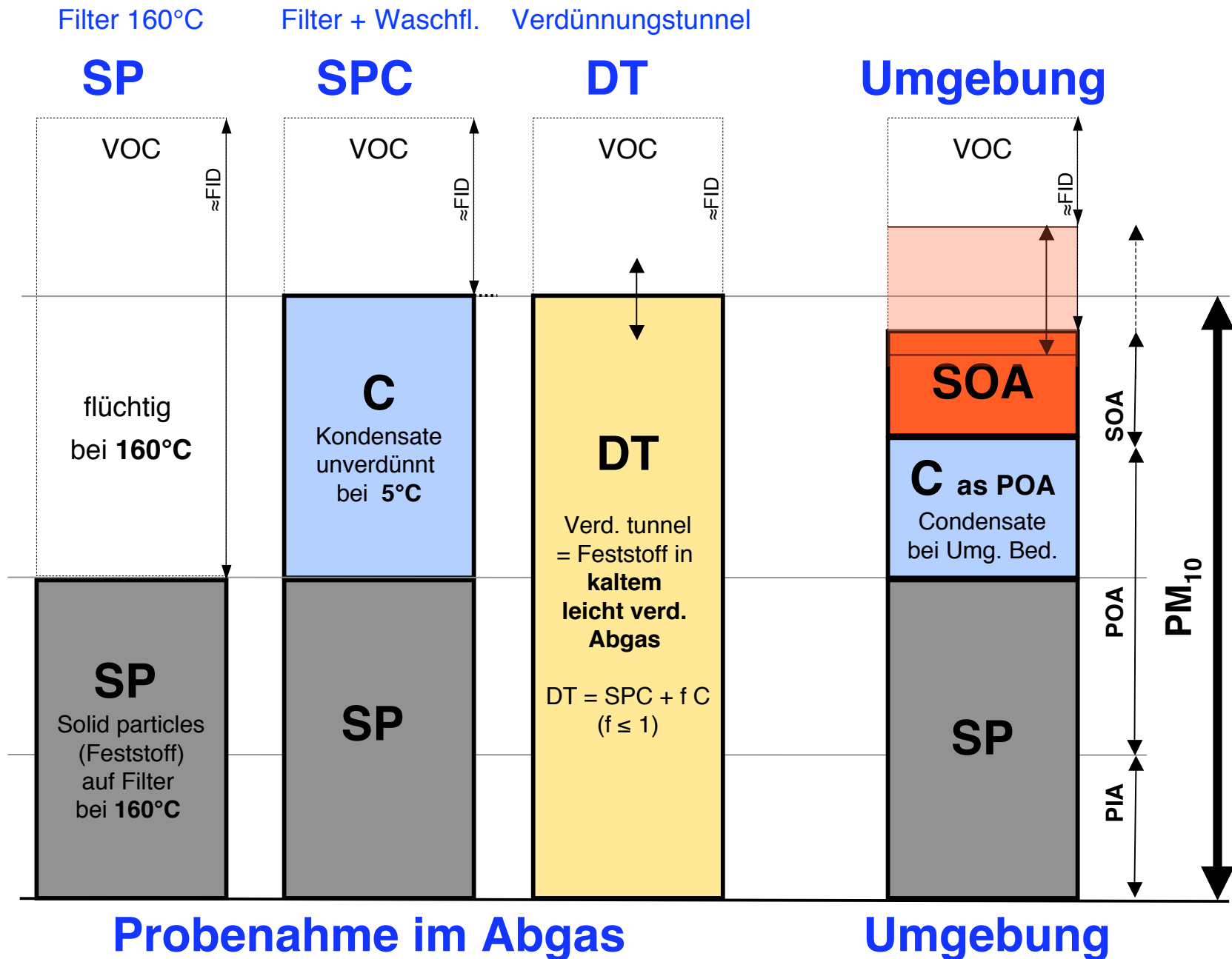


Konversion von Aerosolen von der Quelle zur Immission





1. Einleitung
2. Emission und Immission von PM
-  3. Vergleich der Messmethoden
4. Emissionsfaktoren
5. Schlussfolgerungen



Feststoff auf heissem Filter: SP (Solid Particles)

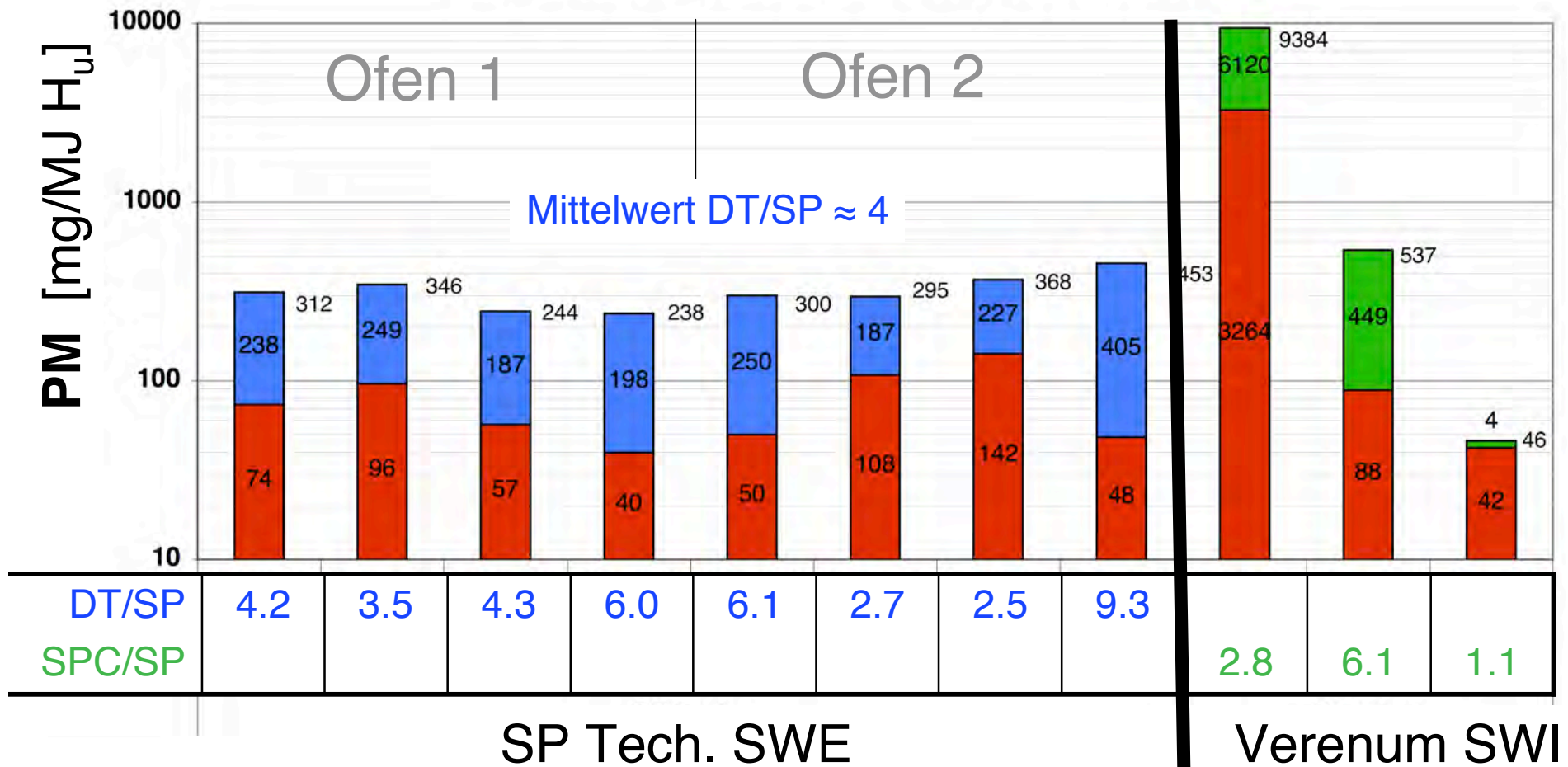
SP (Solid Particles)

Feststoff in Verdünnungstunnel: DT (Dilution Tunnel)

DT (Dilution Tunnel)

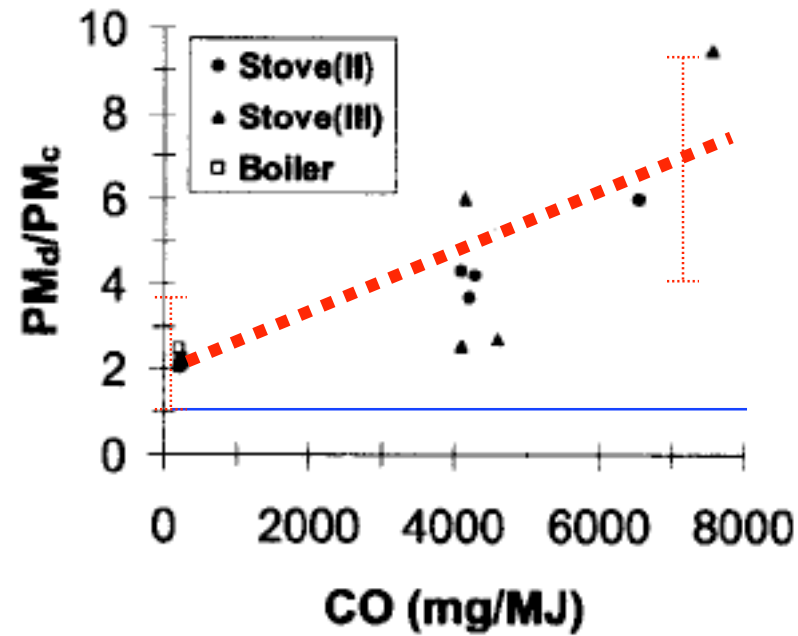
Feststoff + Kondensate: SPC (SP + Condensables)

SPC (SP + Condensables)



1 mg/MJ = 1,5 mg/m_n³ bei 13% O₂ = 1,9 mg/m_n³ bei 11% O₂

Kondensat-Anteil in Funktion des CO-Gehalts



Konsequenzen für Messung und Vergleich

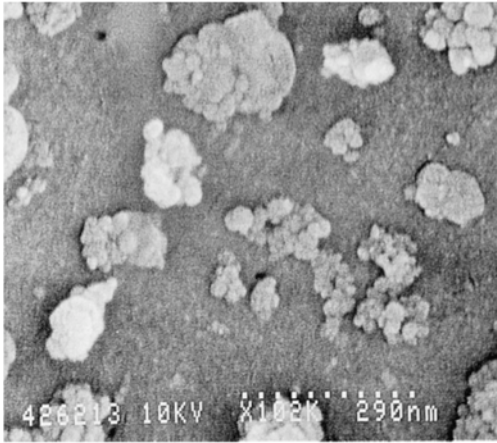
1. Nebst der auf heissem Filter erfassten Feststoffe tragen **Kondensate** zu POA und PM-Immission bei


Bei vollständiger Verbrennung sind Kondensate = 0

Bei **Holzöfen** können Feststoff + Kondensat das 2- bis 10-fache (im Mittel das **4-fache**) der Feststoffe ausmachen

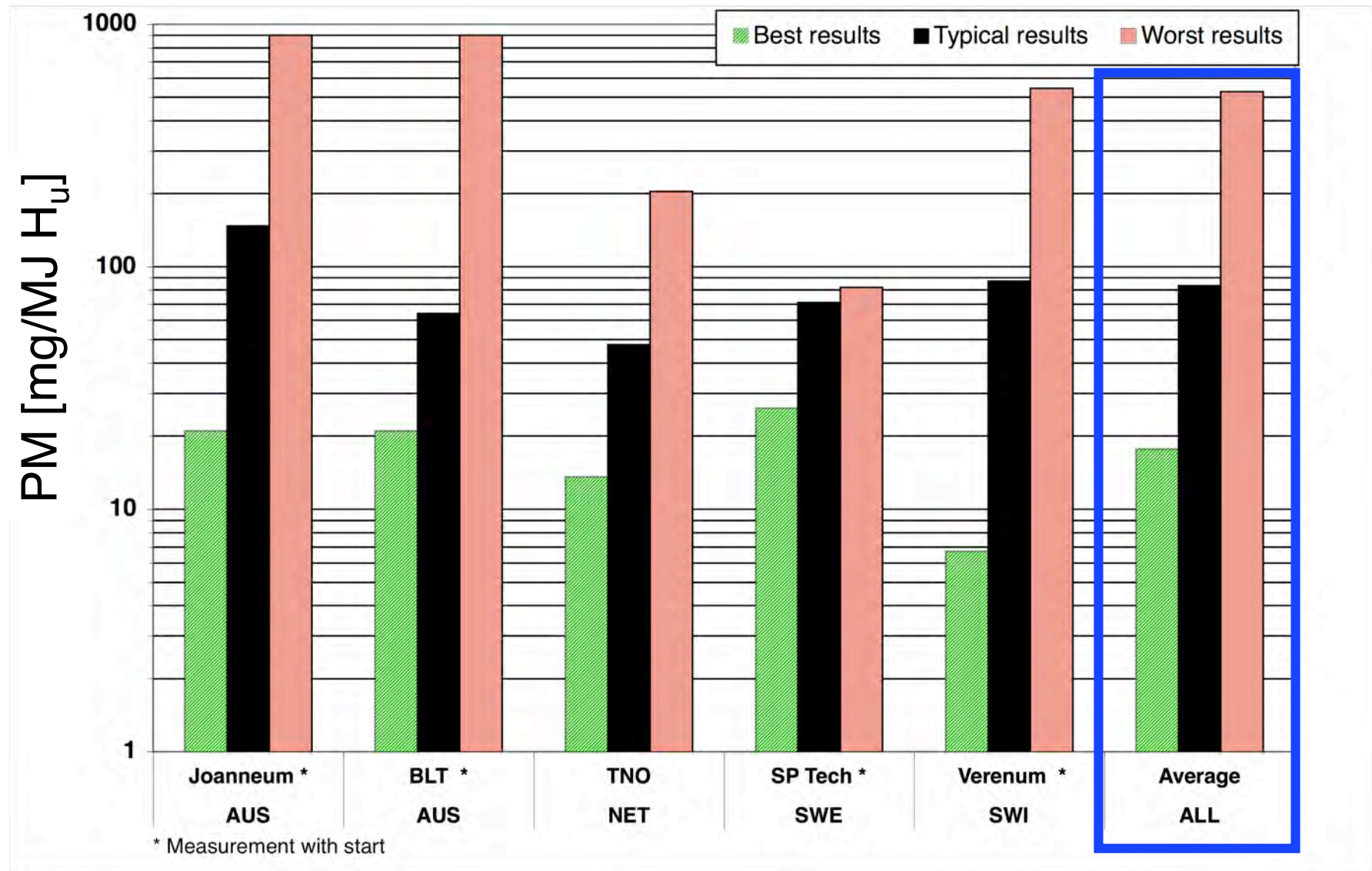
2. Kondensat (C) kann in **Waschflaschen** gesammelt und **separat** zum Feststoff (SP) erfasst werden

Feststoff im **Verdünnungstunnel** ergibt ähnliche Gesamtwerte als **Summenwert** von SP und C



1. Einleitung
2. Emission und Immission von PM
3. Vergleich der Messmethoden
-  4. Emissionsfaktoren
5. Schlussfolgerungen

Holzöfen: PM als SP (nur Feststoff ohne Kondensat)



Richtig Anfeuern

Holzfeuerungen mit oberem Abbrand



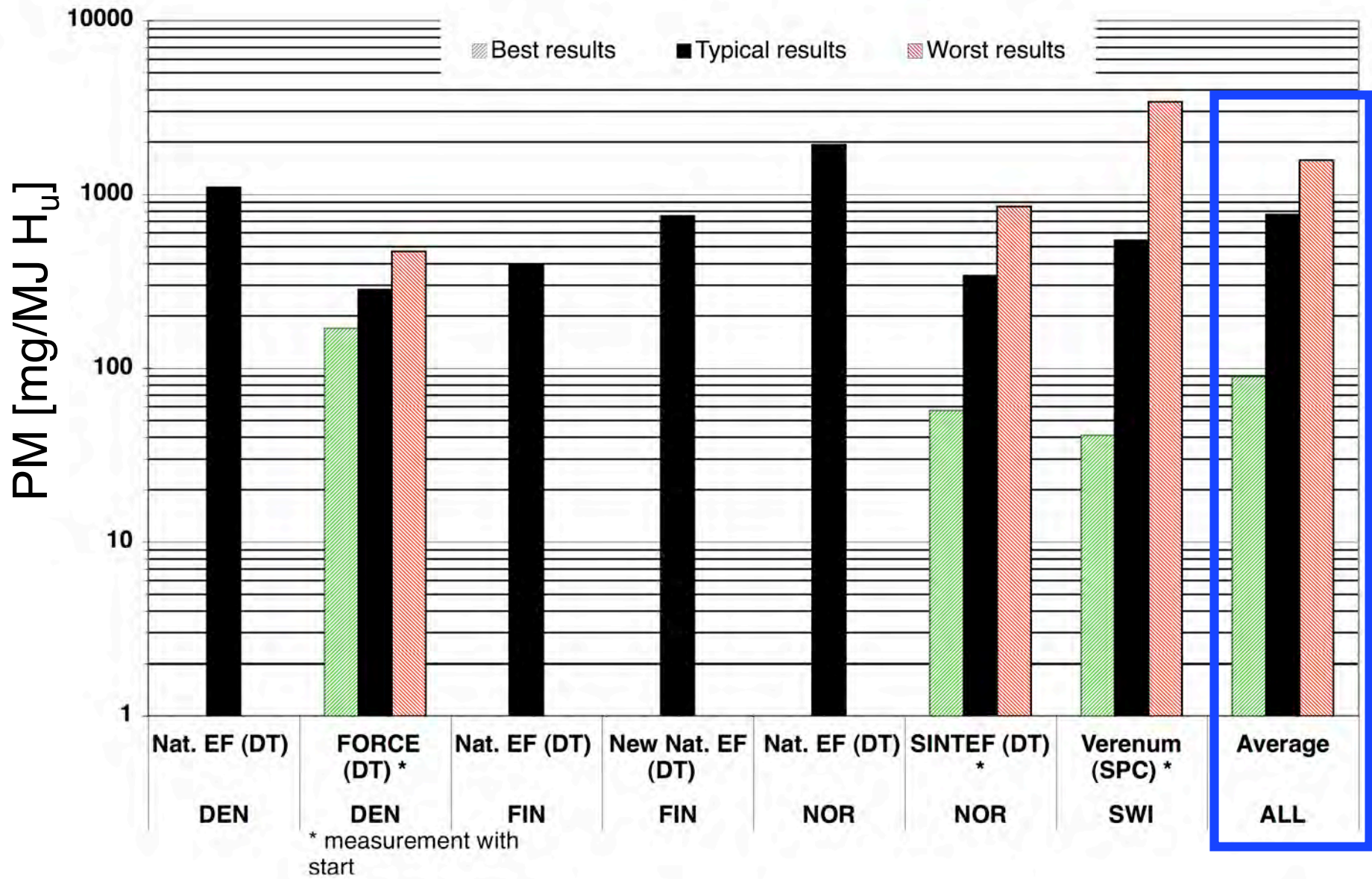
www.bfe.admin.ch oder www.holzenergie.ch



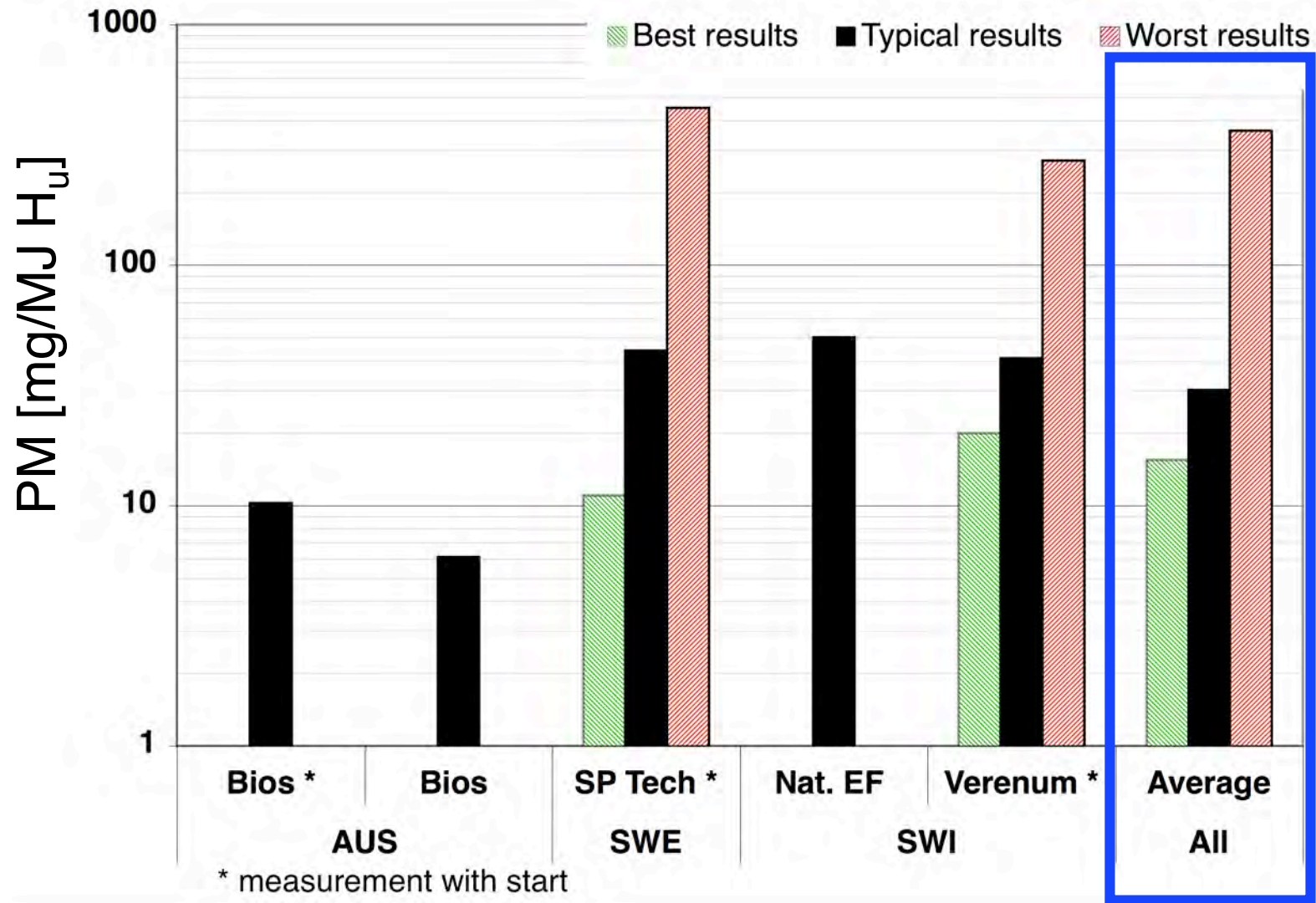
www.bfe.admin.ch oder www.holzenergie.ch

[www.bfe.admin.ch] oder [www.holzenergie.ch]

Holzöfen: PM als DT oder SPC (Feststoff + Kondensat)



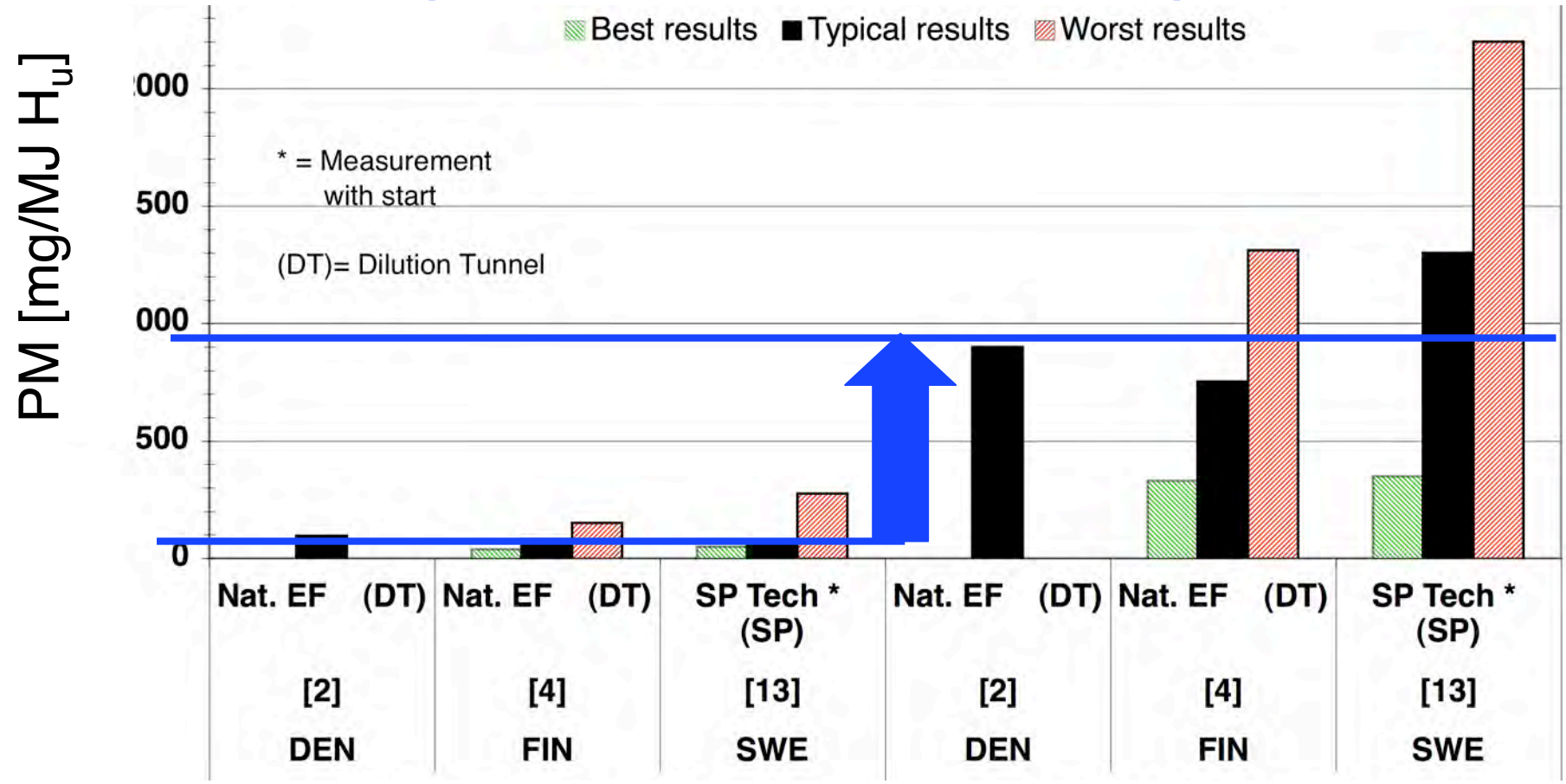
Unter-Abbrand Stückholzkessel: PM als SP (nur Feststoff)



Stückholzkessel

mit Speicher

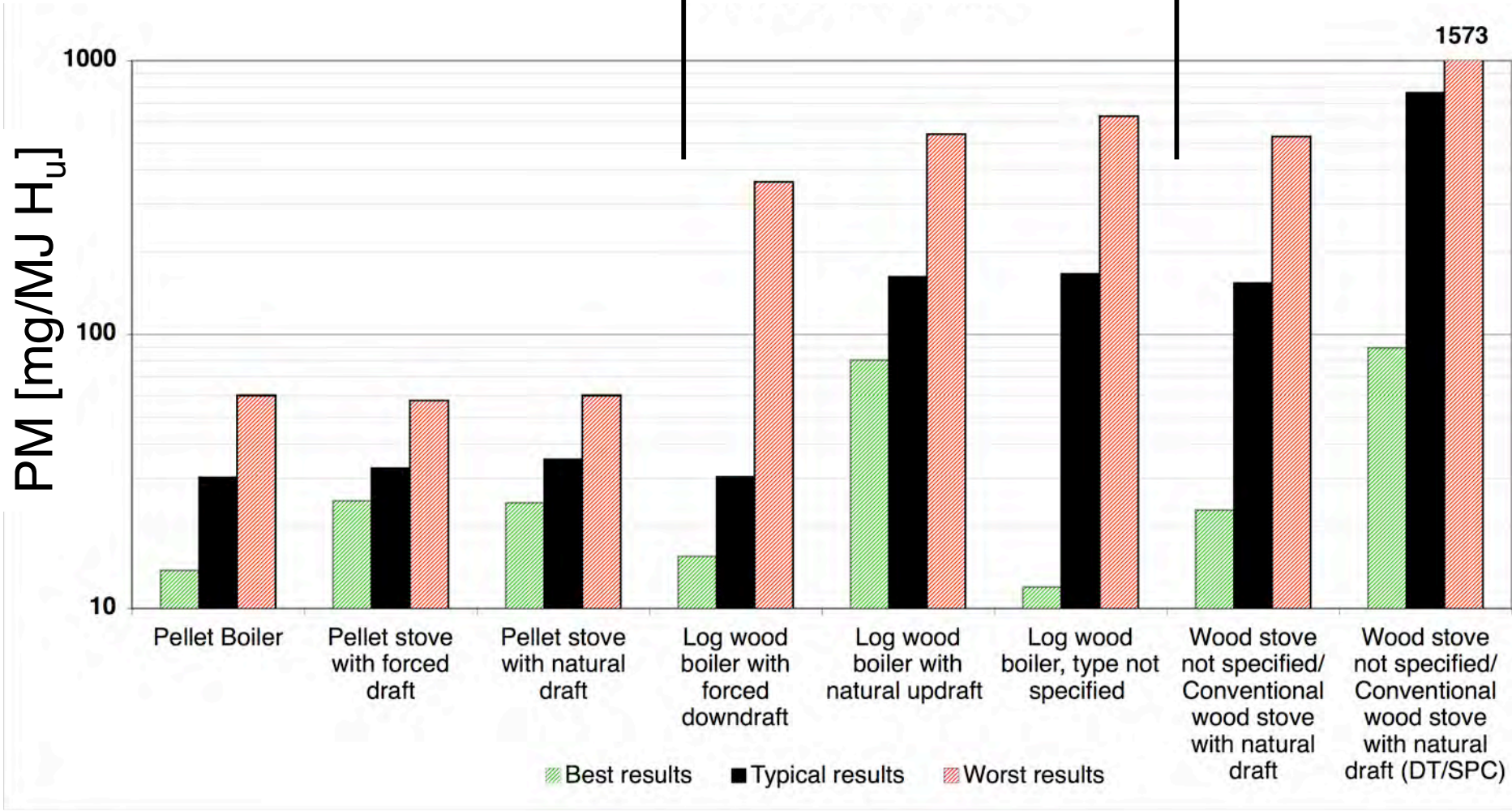
ohne Speicher

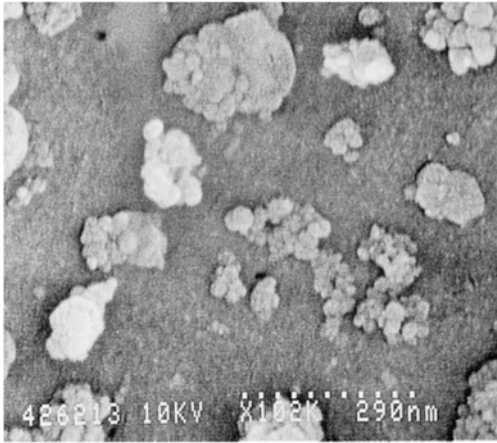


Pellets

Kessel

Öfen





1. Einleitung
2. Emission und Immission von PM
3. Vergleich der Messmethoden
4. Emissionsfaktoren
5. Schlussfolgerungen



Emissionsfaktoren

1. Handbeschickte Holzheizungen zeigen grosse Bandbreite für Feststoffe von $< 10 \dots > 2000$ mg/MJ
 2. Betrieb ist entscheidend: Anzünden, Drosseln, Holz, ...
 - robuste Feuerungen
 - praxisgerechte Prüfbedingungen
 3. Für Kessel ist Wärmespeicher entscheidend
 4. Pellets zeigen kleinere Bandbreite von $< 10 \dots < 80$ mg/MJ
Agro-Pellets u.ä. erhöhen PM und NO_x um Faktor 3 – 5
-

Konsequenzen für Interpretation und Messung

1. Feststoffmessung im heissen Abgas kann die PM-Immission erheblich unterschätzen wegen

a) organischen Kondensaten (POA)

b) sekundären organischen Aerosolen (SOA)

a) → Messung von **Feststoff und Kondensat**

a) & b) → Messung von **Feststoff und VOC**

Option: **Methan/NM-VOC**

2. Verdünnungstunnel liefert vermutlich POA-Maximum (ohne SOA).
Wegen Abdampfung von POA kann die Immission überschätzt werden.



Verdankung

Internationale Energie Agentur

Bundesamt für Energie

Download:

www.ieabcc.nl

www.verenum.ch

www.verenum.ch/Publikationen/IEAReportPM10Jan08.pdf