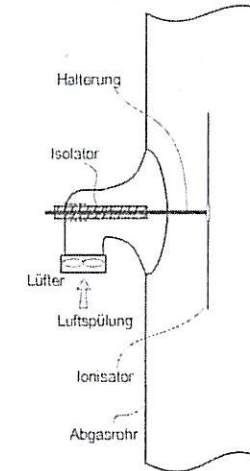


Integrierte und nachgeschaltete Elektroabscheider für Kleinholzfeuerungen



Quelle: V. Schmatloch, S. Rauch, Design and characterisation of an electrostatic precipitator for small heating appliances, J. of Electrostat. (2005) Vol. 63(2) pp.85-100

- **Vorbemerkungen**

Rahmenbedingungen

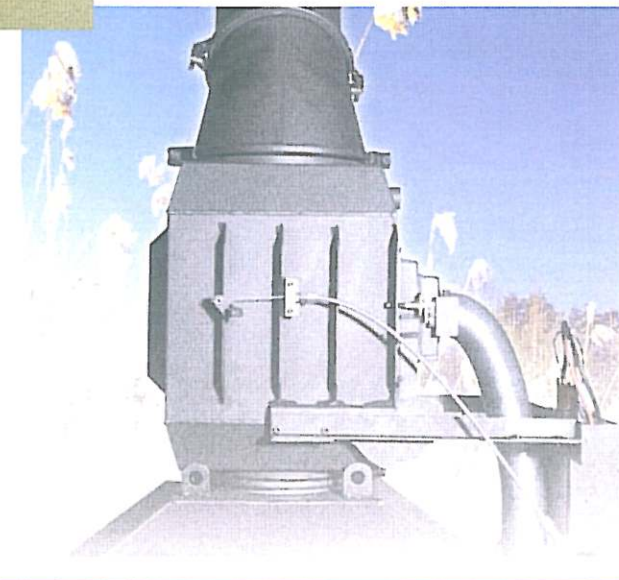
- **Staubminderung**

Verfahren

- **neue Weiterentwicklungen**

→ **Cheminéeofen mit integriertem Elektroabscheider & Wärmetauscher**

→ **Cheminée-Einsatz mit Elektroabscheider und Aufsatzmodul für Cheminée-Einsätze**



Vorbemerkungen



Holzenergienutzung in Einzelfeuerstätten

Nutzung einheimischer Ressourcen/
lokale Wirtschaftskreisläufe



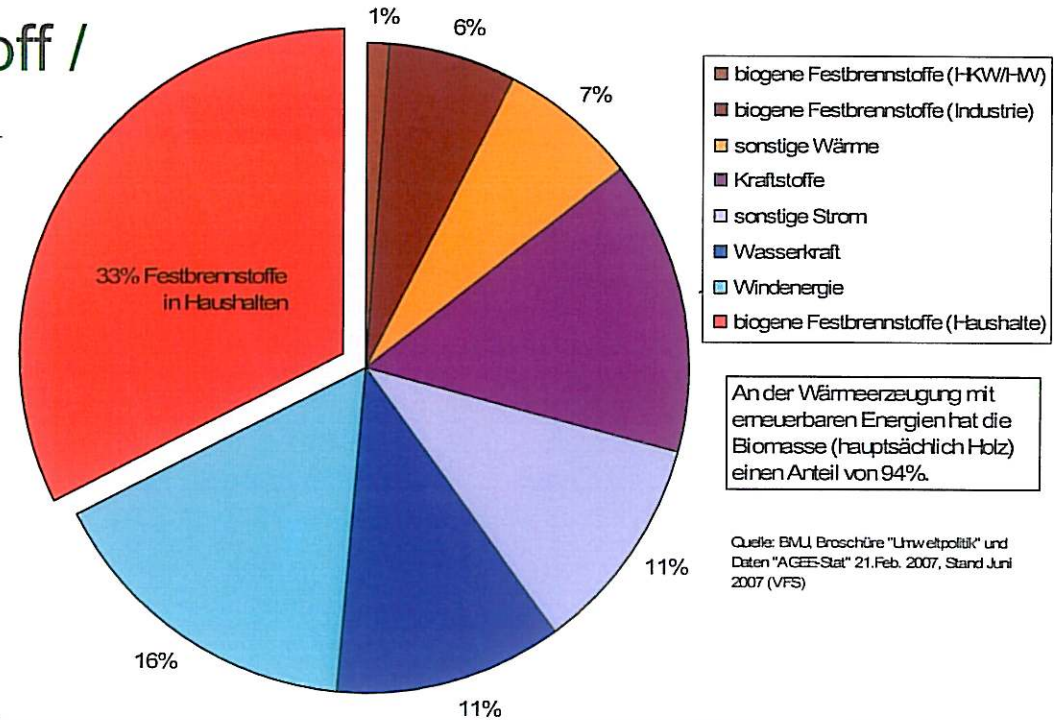
CO₂-neutraler Brennstoff /
erneuerbare Energie

Versorgungssicherheit

Wohnatmosphäre

Emissionen

Erneuerbare Energien 2006
(100% = 189 TWh)



Emissionsminderung

Strategien der Emissionsminderung

Primärmaßnahmen = Verbesserung der Verbrennungsqualität
Ziel: Vermeidung der Schadstoffbildung

Sekundärmaßnahmen = Abgasnachbehandlung, Abgasreinigung
Ziel: Entfernung von Schadstoffe aus dem Abgas

Sekundärmaßnahmen zur Staubminderung

	Δp	$\eta(\text{PM}_{10})$	Investitionskosten	Betriebskosten
Zyklon	o	-	+	+
Wäscher	o	o	+	+
Elektroabsch.	+	+	-	o
Gewebefilter	-	+	-	-

weitere Entwicklungen

Abscheideverfahren

Trägheit → $F_m = m \cdot a$

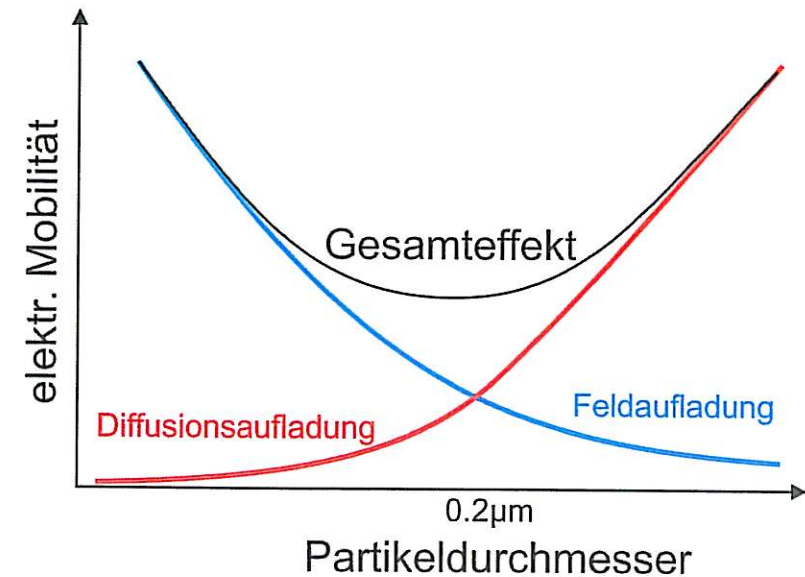
Thermophorese → $F_{th} = \frac{-p \cdot \lambda \cdot d^2 \cdot \nabla T}{T}$

Elektrostatik → $F_{el} = E \cdot q$

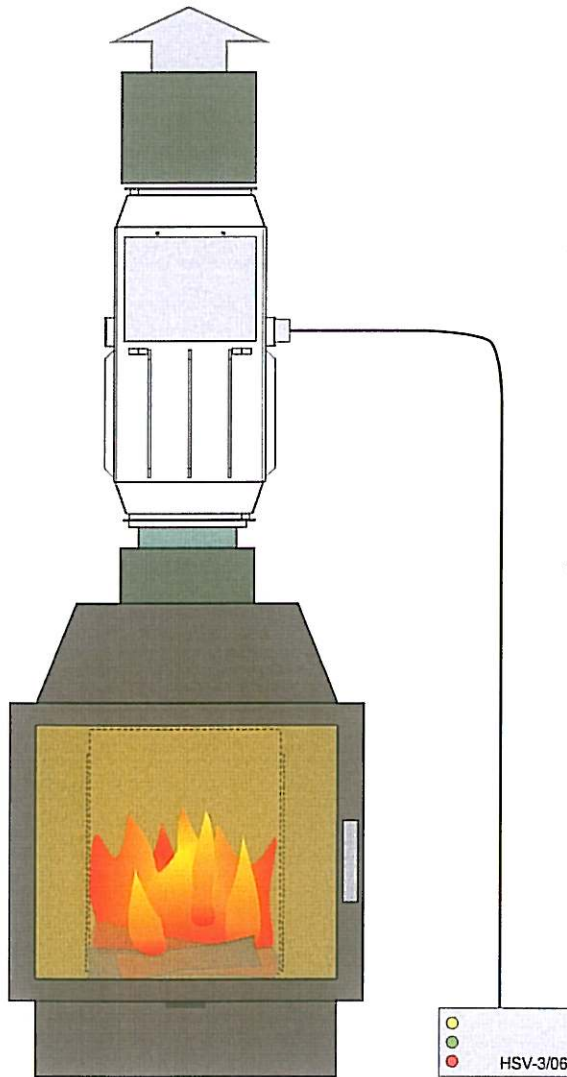
Abscheiderate: $\eta = 1 - e^{-\frac{A \cdot w}{v_a}}$

$$w = neEB$$

Mobilität $B = F_{kt}(\eta, d)$



weitere Entwicklungen



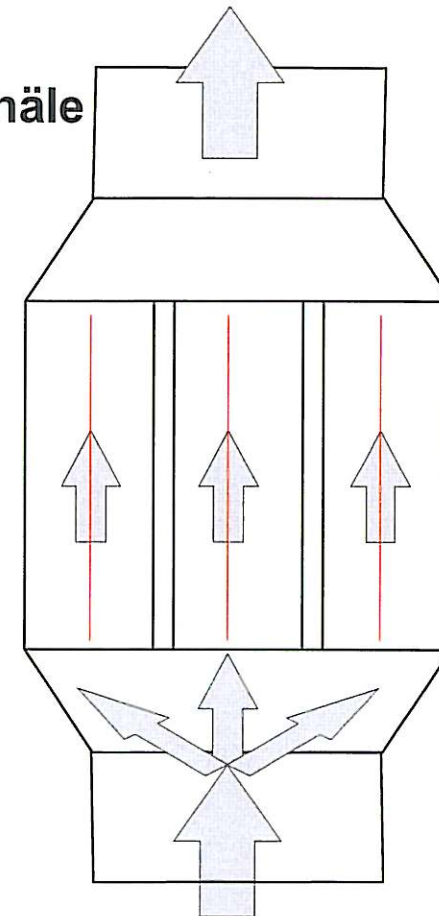
Weiterentwicklung 2007:

Aufteilung auf mehrere Kanäle

- Vergrößerung A
- Absenkung v_a
- Absenkung U_{ion}
- Erhöhung w

Warmwassererzeugung

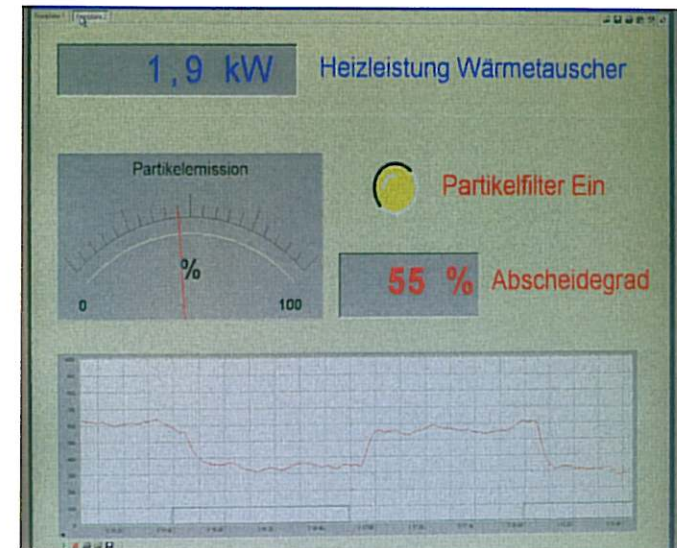
$$\eta = 1 - e^{-\frac{A \cdot w}{v_a}}$$



weitere Entwicklungen

Messe-Demonstration ISH Frankfurt 2007

- Abgaswärmetauscher & Elektroabscheider
- Wärmetauscher mit Medium Wasser oder Luft
- erhöhte Energieeffizienz, hoher Wirkungsgrad
- automatischer Abscheidebetrieb
- Staubminderung 50-70%

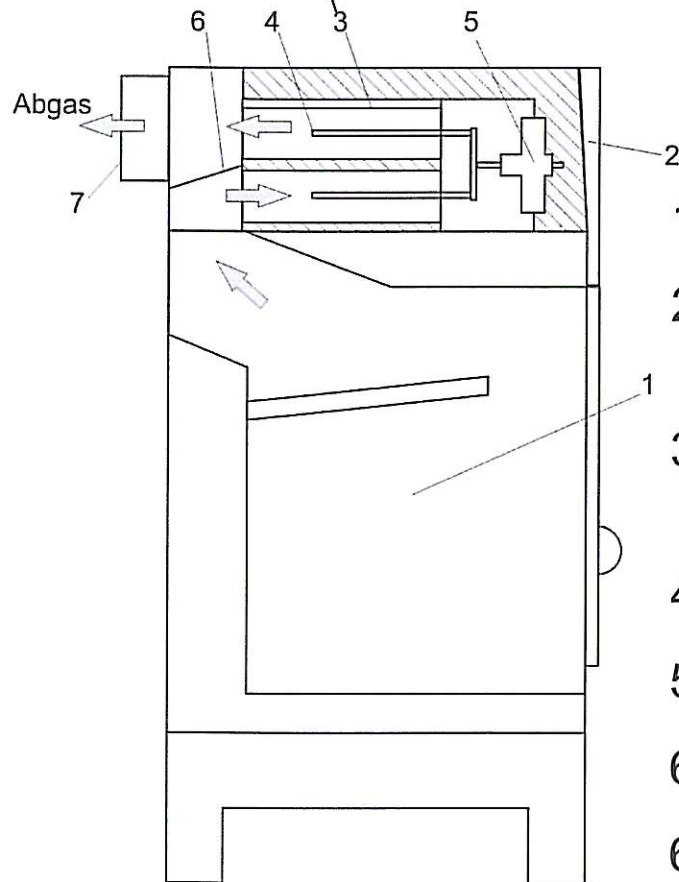


integrierte und nachgeschaltete Elektroabscheider für Holzöfen

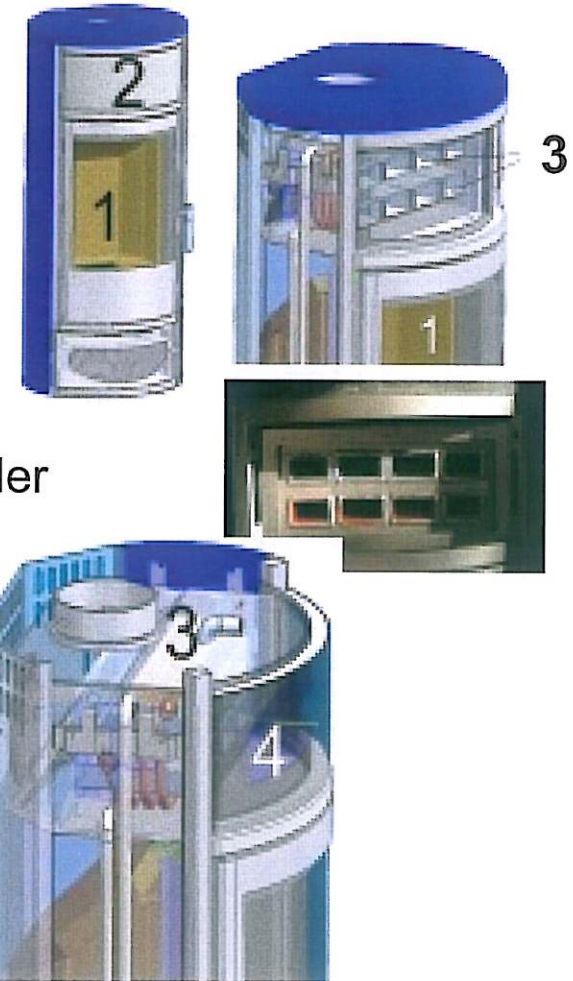
Cheminéeofen mit kombinierter Partikelabscheidung & Warmwassererzeugung



Wärmeübertragerflächen fungieren zugleich als Abscheideflächen



- 1 – Brennraum
- 2 – Wasserwärmetauscher mit integriertem Elektroabscheider
- 3 – Abscheide- und Wärmeübertragerflächen
- 4 – Elektrode
- 5 – Spannungsanschluss
- 6 – Anfahrklappe
- 6 – Abgasstutzen



integrierte und nachgeschaltete Elektroabscheider für Holzöfen

Cheminéeofen mit Elektroabscheider

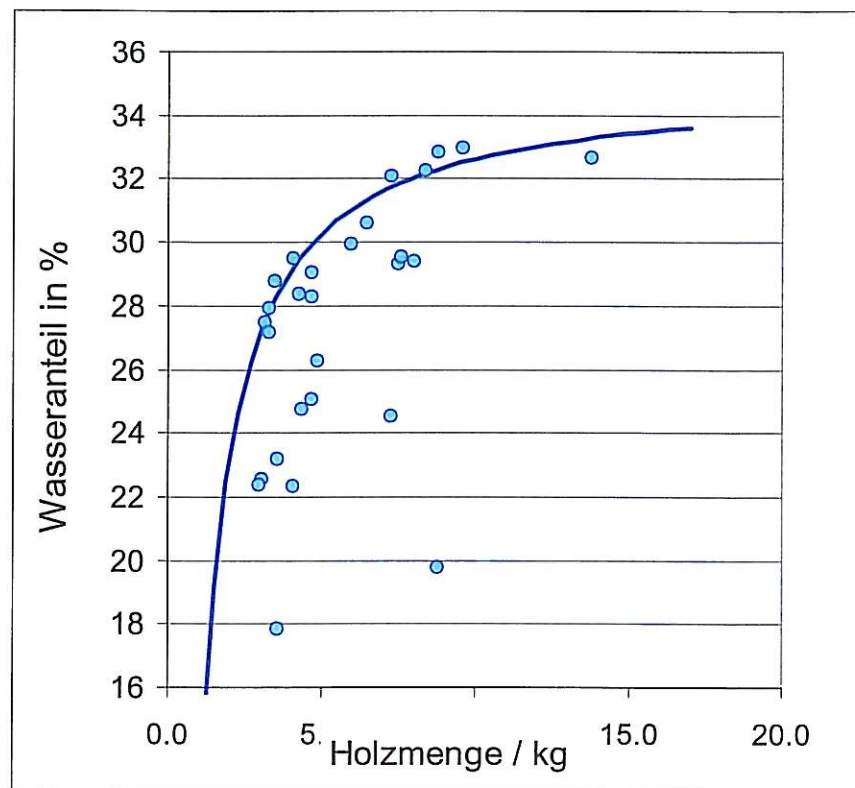
& Warmwassererzeugung



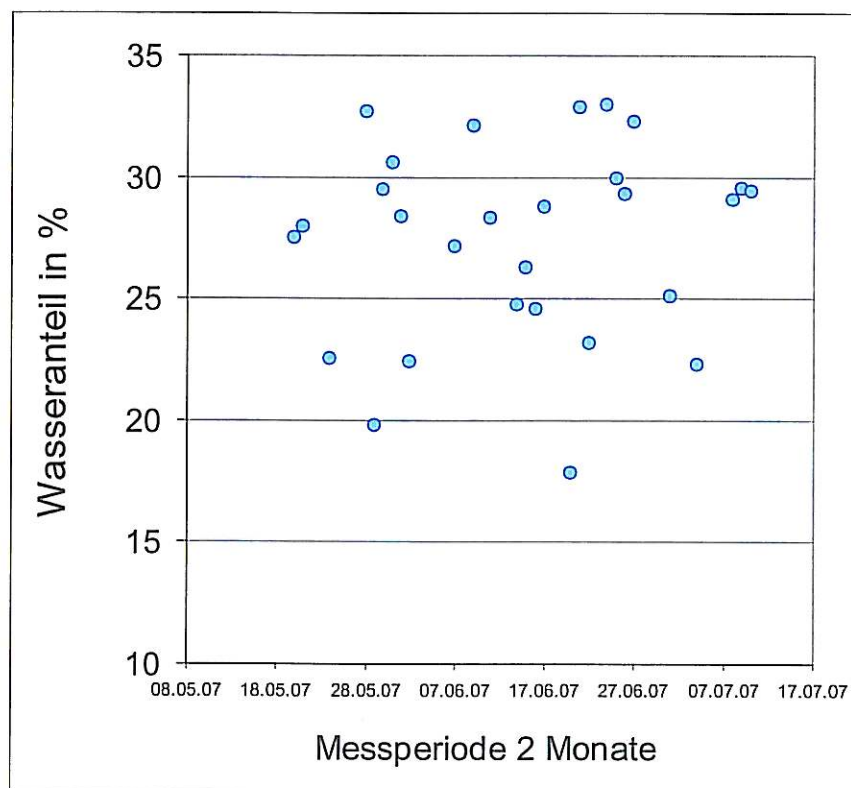
Feldtest (gefördert durch FNR FKZ 22021906)

- Messungen an installierten Öfen
- Staub- und Partikelmessungen
- Wärmemengen- und Wasserleistungsmessungen





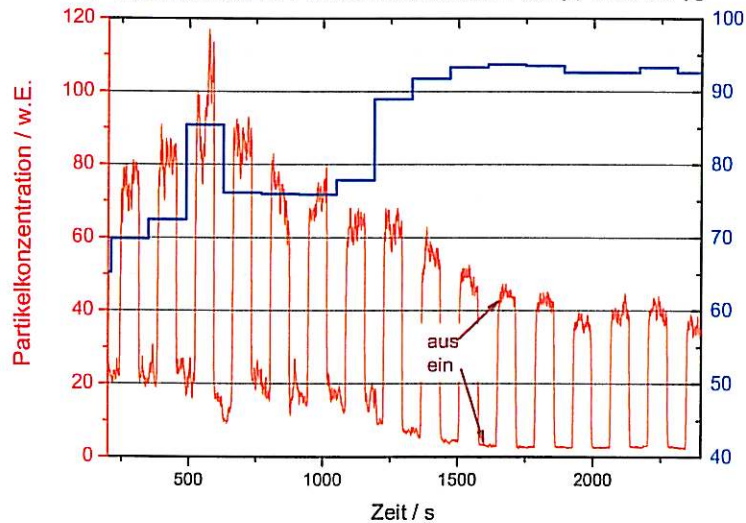
→ beste Warmwasser-Ausbeute bei langer Brenndauer (wegen Wasservolumen im Gerät)



→ keine zeitliche Veränderung der Warmwasserausbeute (Wärmeübergang Gas-Wand entscheidend)

Online-Messung mit CPC

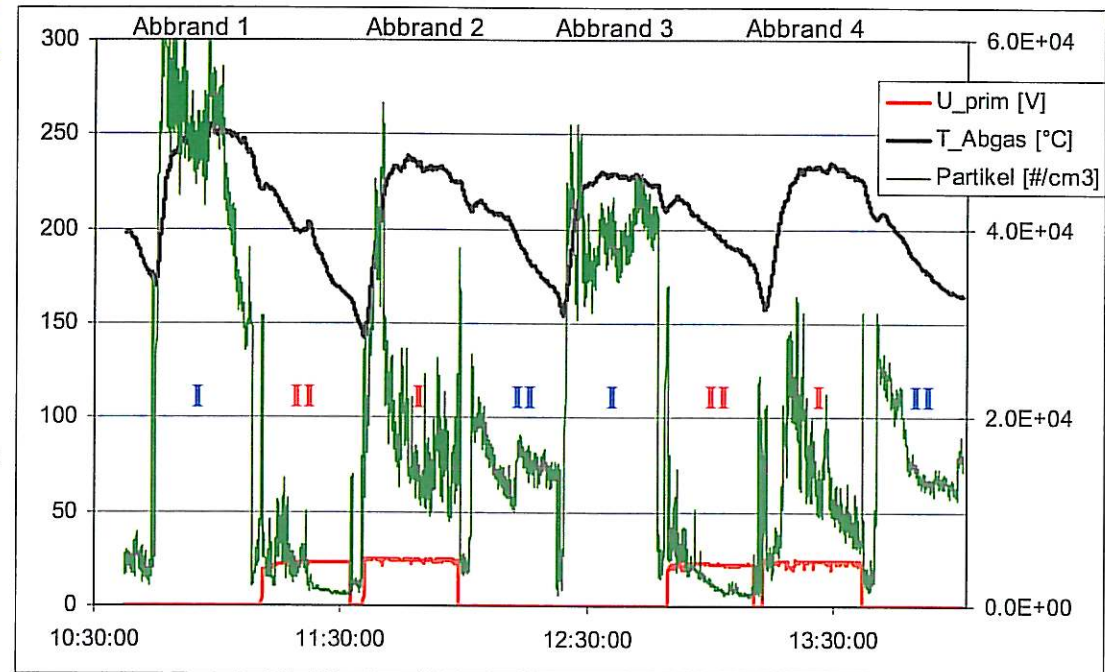
→ momentane Abscheideraten 50% bis 90%



Abbrand	Phase	Abscheidung
1 & 2	I	64%
1 & 2	II	67%
2&3	I	50%
2&3	II	67%
3&4	I	63%
3&4	II	72%

CPC-Messung parallel zu gravimetrischen Messungen

→ Auswertung phasenweise 50% bis 70%



integrierte und nachgeschaltete Elektroabscheider für Holzöfen

Cheminéeofen mit Elektroabscheider

& Warmwassererzeugung



Feldtest (gefördert durch FNR FKZ 22021906)

Messung der Staubemissionen als Anzahl
und als Staubmasse durch TÜV

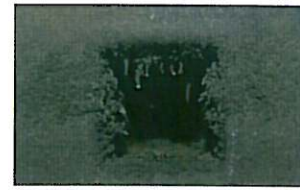
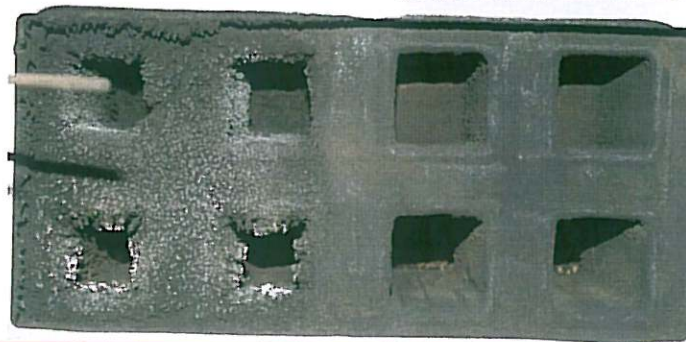
Abscheidegrad ~60%

Messperiode: 4 Monate

Betriebsstunden: 180-260h je nach Ofen

Brennholzverbrauch: ~350kg je Ofen

Anteil Wasserwärmeleistung ~29-40%



integrierte und nachgeschaltete Elektroabscheider für Holzöfen

Aufsatzmodul "Airbox"

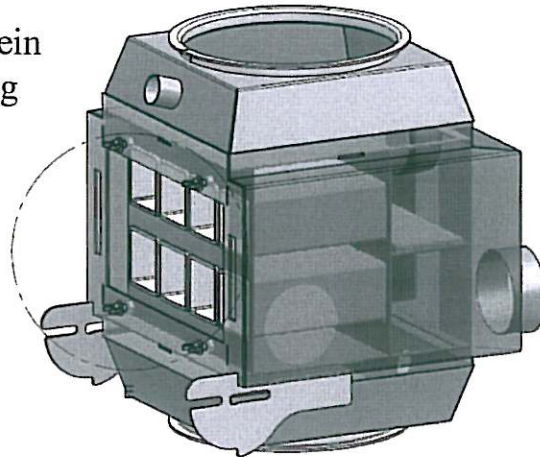
„Airbox“ – der nächste Schritt

zur direkten Montage auf der Feuerstätte
60% bis 80% Staubminderung

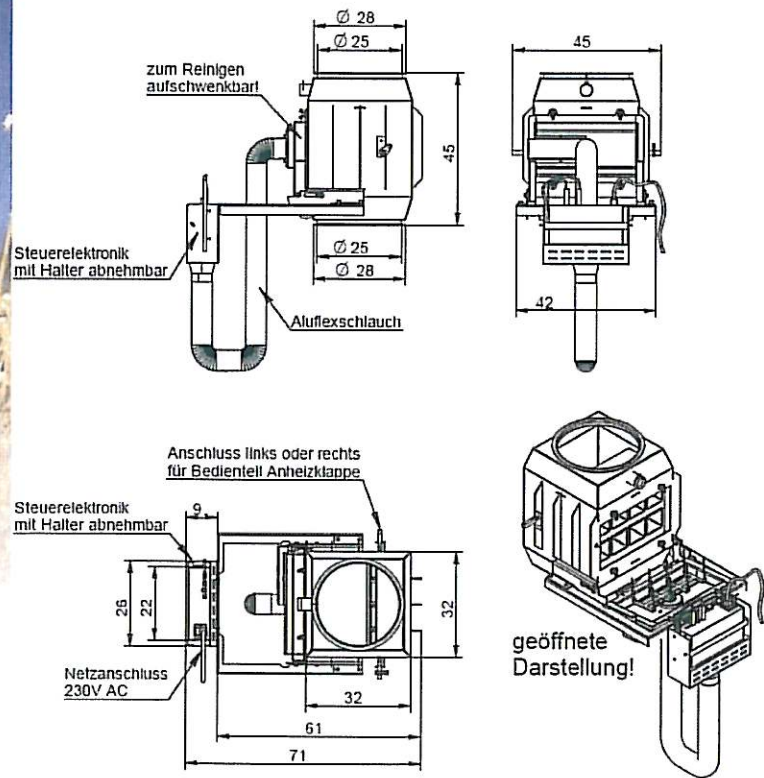
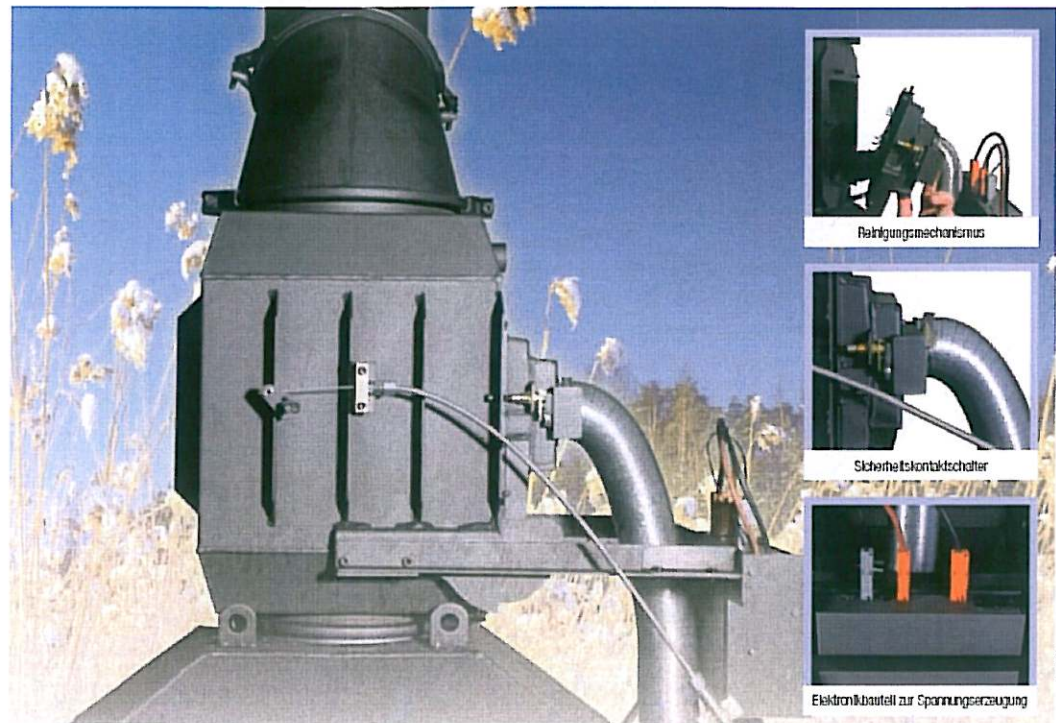
robuster Aufbau, stabile Elektroden
→ einfache Handhabung

2 x 4 Filterkanäle

- größere Abscheidefläche
- liegende Abscheidekanäle
- Staubabscheidung in der Airbox
- funktioniert ohne Metallschornstein
- direkter Zugang für die Reinigung

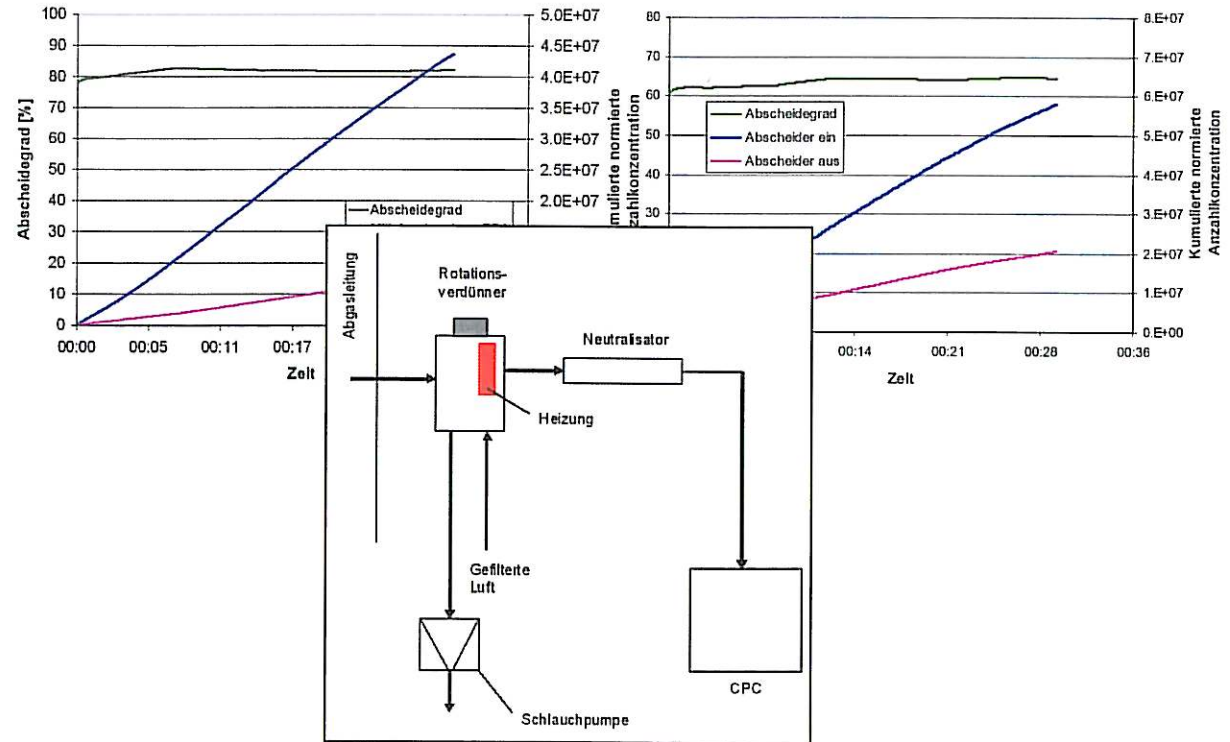
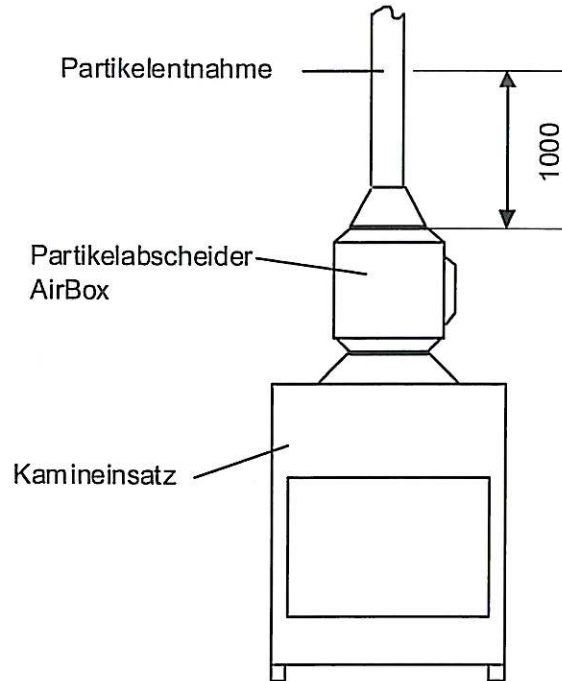


integrierte und nachgeschaltete Elektroabscheider für Holzöfen
Aufsatzmodul "Airbox"



integrierte und nachgeschaltete Elektroabscheider für Holzöfen

Aufsatzmodul "Airbox"



Prüfungen nach Vorgabe
des BAFU
Abscheidung >60%

⇒ 64% bei Feuerungsleistung 21kW
bis

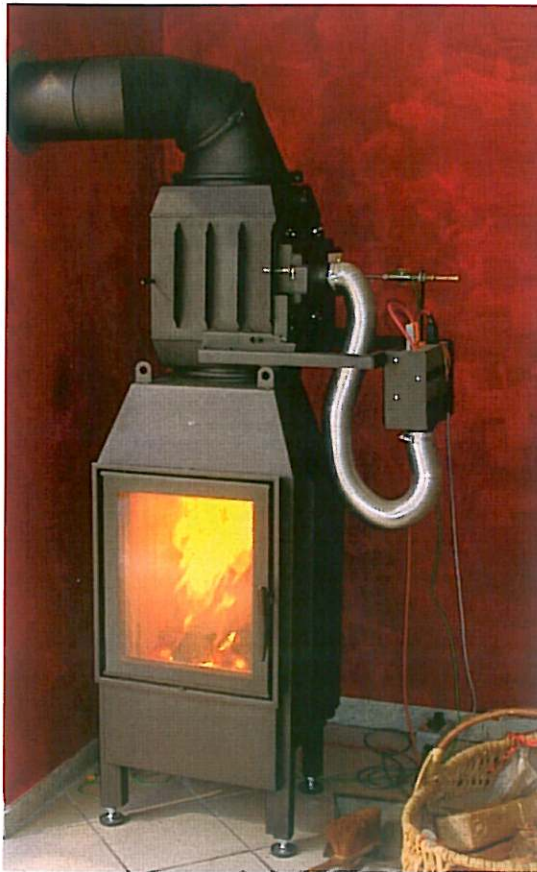
⇒ 82% bei Feuerungsleistung 12kW

integrierte und nachgeschaltete Elektroabscheider für Holzöfen

Aufsatzmodul "Airbox"

Typprüfung als Einheit mit Cheminéeinsatz

verschiedene Einsätze mit 7kW - 20kW NWL, Staubminderung 60% - 80%



Dauerbetrieb

thermostatisch gesteuert
Reinigungsintervall >100h
10-20W im Betrieb
1 Watt in Bereitschaft

Anzahl		Masse		
Abscheidegrad (%)	Staubhülse Nr.	Staub (mg) bez. auf 13 % O ₂	Abscheidegrad (%)	
-	520	33	-	
-	-	-	-	
61,6	879	14	58	Ø=60%
Abscheidegrad (%)	Staubhülse Nr.	Staub (mg) bez. auf 13 % O ₂	Abscheidegrad (%)	
-	562	46	-	
73,5	462	16	67,4	Ø=70%
-	504	38	-	
80,4	528	10	73,6	Ø=77%
-	560	37	-	
75,0	544	13	64,9	Ø=70%
Abscheidegrad (%)	Staubhülse Nr.	Staub (mg) bez. auf 13 % O ₂	Abscheidegrad (%)	
-	462	89	-	
78,9	562	27	69,7	Ø=74%
-	577	85	-	
89,8	501	18	78,8	Ø=84%
-	579	58	-	
84,3	520	14	75,8	Ø=80%

Zusammenfassung

- Emissionsminderung für Kleinholzfeuerungen durch Verbrennungsoptimierung
- Moderne Feuerstätten deutlich verbessert
→ erfüllen die neuesten gesetzlichen Anforderungen
- Elektroabscheider –
Technologie zur weiteren Staubminderung verfügbar
- Cheminéeofen mit Staubabscheidung & Warmwassererzeugung
Airbox erreicht 60% - 80% Staubminderung
- Holzenergienutzung
→ trägt wesentlich zur CO₂-Einsparung bei
→ ist effizient
→ verwendet lokale & nachwachsende Ressourcen
→ schafft Komfort and behagliches Ambiente

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Der Cheminéeofen-Feldversuch wurde gefördert durch die FNR FKZ 22021906.