



Abgassystemkomponenten zur Effizienzsteigerung und Staubabscheidung an Biomasse- Feuerstätten

Dipl.-Ing. Wilfried Linke
Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

ISH



Agenda

- ➔ Portrait BDH
- ➔ Beispiele für Luftverschmutzungen
- ➔ Gesetzliche Grundlagen
- ➔ Unterscheidung der Staubemissionen
- ➔ Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Partikelabscheidung
- ➔ Verschiedene Verfahren zur Staubreduktion
- ➔ Verfügbare Systeme zur Staubminderung
- ➔ Ausblick und Schlusswort



BDH: Verband für Effizienz und erneuerbare Energien

BDH

2012

102 Unternehmen
2 Verbände

Produkte und Systeme

Wärmeerzeuger für Gas, Öl und Holz
Wärmepumpen
Solarthermie und Photovoltaik
Wärmeverteiler- und -übergabesysteme
Be- und Entlüftungssysteme
Klimatechnik
Abgastechnik
KWK-Anlagen
Speicher und Tanksysteme
Großkessel und
Feuerungstechnik bis 36 MW

Marktanteile

Deutschland ca. 90 %
Europa ca. 60 %

Umsatz

12,7 Mrd. Euro weltweit

Beschäftigte

67.400 weltweit

F & E:

508 Mio. Euro weltweit

BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



Beispiele



Notwendigkeit: Reduktion von Feinstaubemissionen!



Gesetzliche Grundlagen in Deutschland

PM10-Grenzwert

- 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ innerhalb von 24 Stunden max. 35 Überschreitungen/Jahr
- 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere 24h Konzentration pro Kalenderjahres
- Probenahme gemäß EN 12341:1999

PM2,5-Ziel- bzw. Grenzwert (ab 1. Januar 2015)

- Grenzwert: 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere Konzentration pro Kalenderjahr
 - die Toleranzmarge beträgt 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2009!)
 - Sie vermindert sich ab dem 1. Januar 2009 jährlich um ein Sechstel bis auf den Wert 0 zum 1. Januar 2015
 - Probenahme gemäß EN 14907:2005
-
- Zusätzlich ab 1. Januar 2015:
 - Der Indikator für die durchschnittliche PM2,5-Exposition wird vom UBA berechnet und darf den Wert von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht mehr überschreiten.



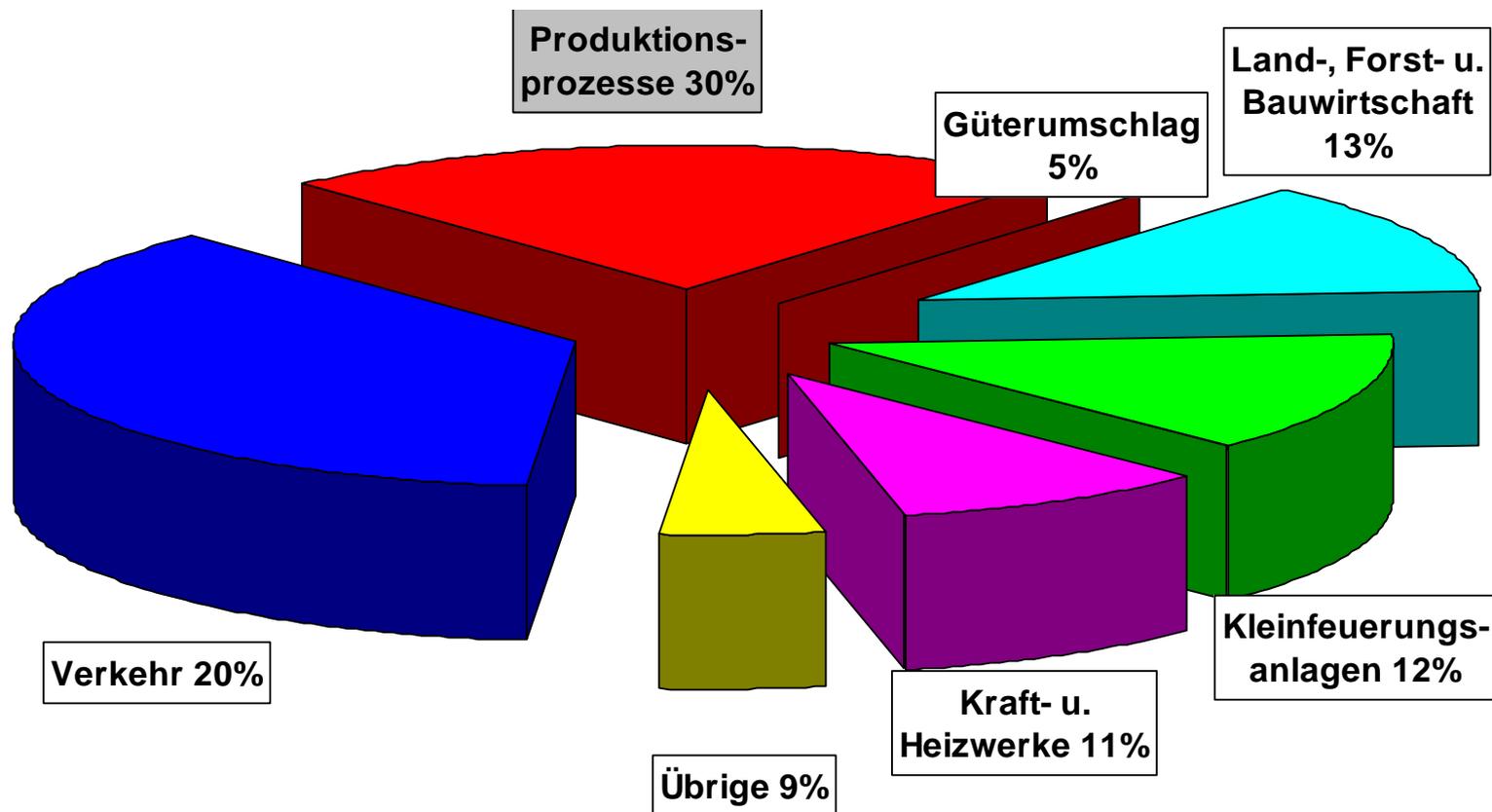


Gesetzliche Grundlagen

- ➔ **Warum Entstaubung bei Kleinf Feuerungsanlagen?**
- ➔ Feinstäube stehen im Verdacht gesundheitliche Schäden zu verursachen
- ➔ Die wachsende Nutzung biogener Brennstoffe würde zu einem starkem Anstieg der Staubemissionen führen
- ➔ Die EU Feinstaubrichtlinie zwingt den Gesetzgeber zum Handeln
- ➔ Die Novellierung der 1.BImSchV macht wirkungsvolle Maßnahmen zur Senkung der Staubemissionen aus Feuerungsanlagen erforderlich



Verursacher der PM10-Feinstaubbelastung



Quelle: Uni. Stuttgart Prof. Dr.-Ing. R. Friedrich





Bestehende Anforderungen in Deutschland für Feuerungsanlagen für Festbrennstoffe

	Brennstoff nach § 3 Absatz 1	Nennwärmeleistung (Kilowatt)	Staub (g/m ³)	CO (g/m ³)
Stufe 1: Anlagen, die ab dem 22. März 2010 errichtet werden	Nummer 1 bis 3a	$\geq 4 \leq 500$	0,09	1,0
		> 500	0,09	0,5
	Nummer 4 bis 5	$\geq 4 \leq 500$	0,10	1,0
		> 500	0,10	0,5
	Nummer 5a	$\geq 4 \leq 500$	0,06	0,8
		> 500	0,06	0,5
	Nummer 6 bis 7	$\geq 30 \leq 100$	0,10	0,8
		$> 100 \leq 500$	0,10	0,5
		> 500	0,10	0,3
	Nummer 8 und 13	$\geq 4 < 100$	0,10	1,0
Stufe 2: Anlagen, die nach dem 31.12.2014 errichtet werden	Nummer 1 bis 5a	≥ 4	0,02	0,4
	Nummer 6 bis 7	$\geq 30 \leq 500$	0,02	0,4
		> 500	0,02	0,3
Nummer 8 und 13	$\geq 4 < 100$	0,02	0,4	

Legende Brennstoffe nach §3 Abs. 1

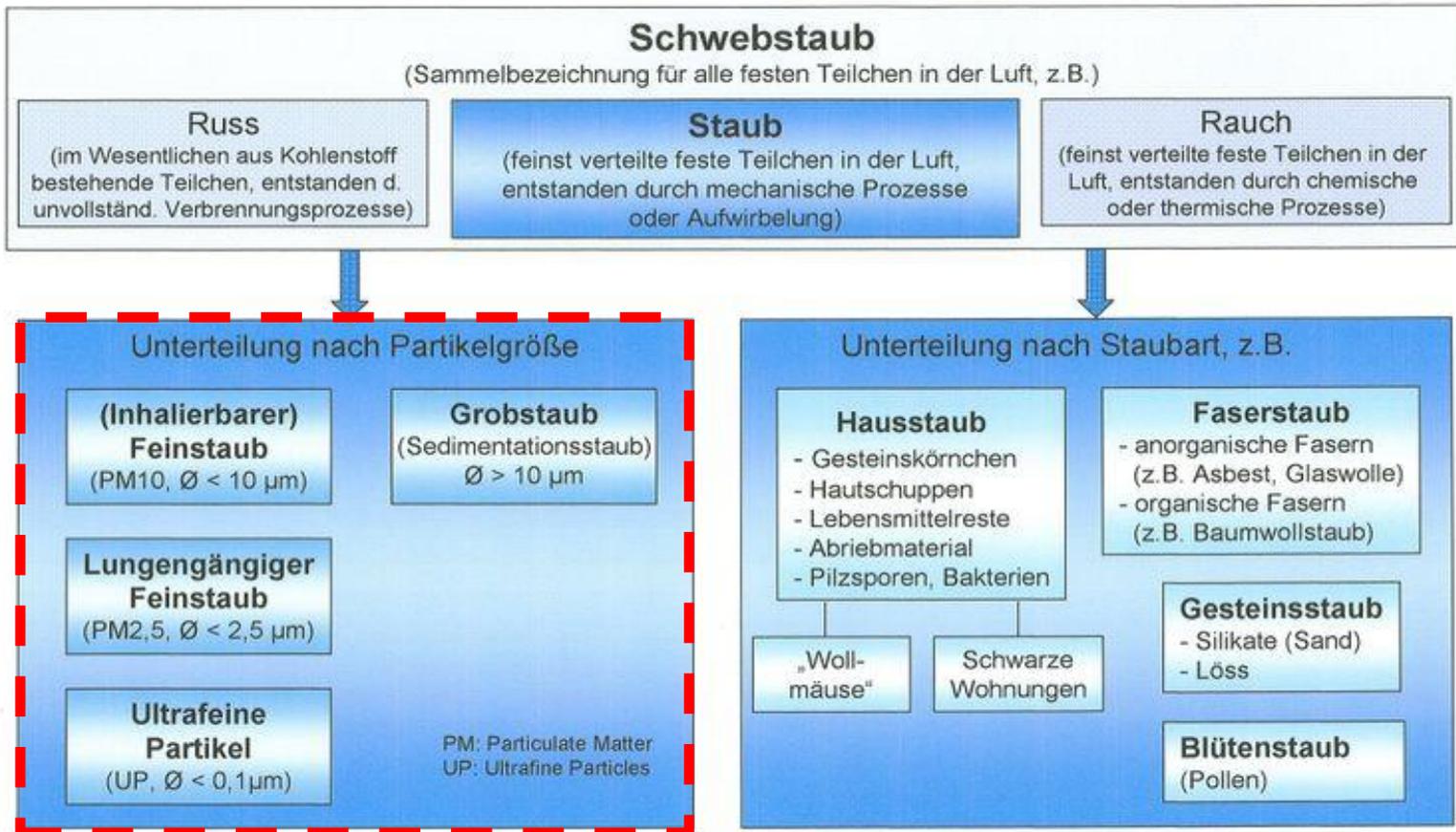
1 bis 3a	Kohle, Koks, Torf, Holzkohle
4 und 5	Stückholz, Sägemehl
5a	Pellets nach DIN 51731
6 bis 7	beschichtetes Holz, Sperrholz
8	Stroh
9	Heizöl nach DIN 51603-1
10	Gas
11	Klärgas
12	Andere Gase
13	Sonstige nachwachsende Rohstoffe

Übergangsregelung

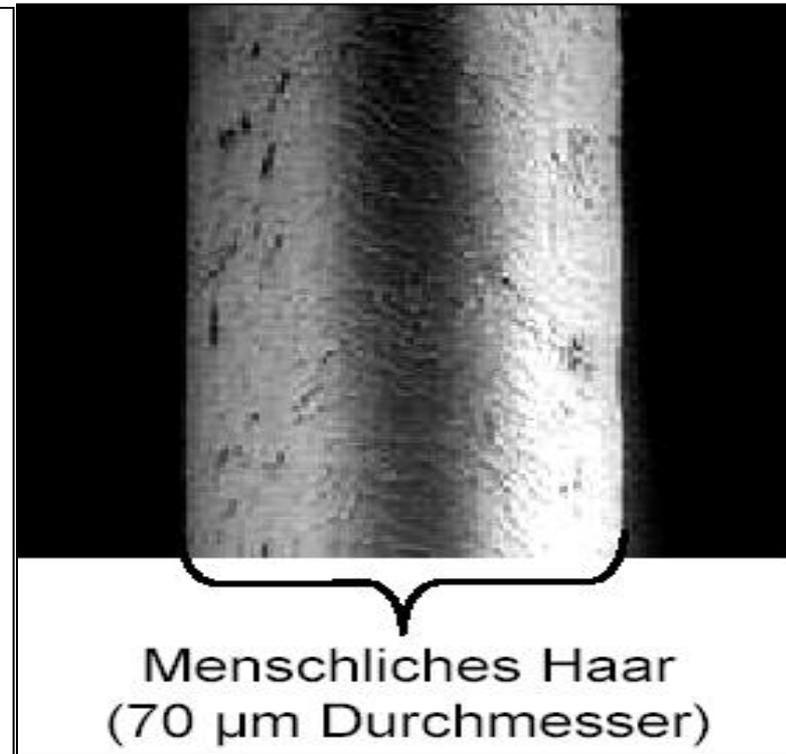
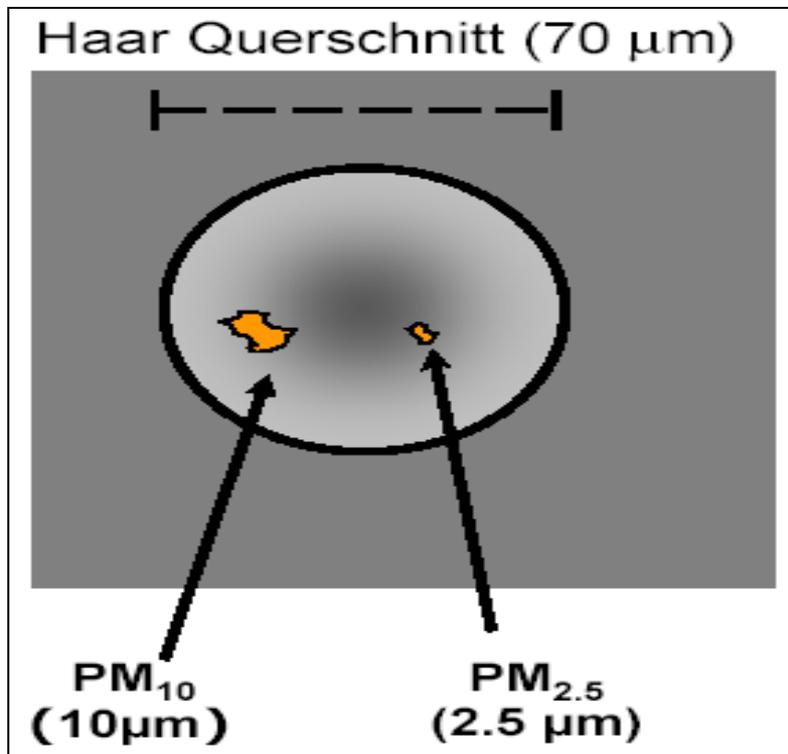
Zeitpunkt der Errichtung	Zeitpunkt der Einhaltung der Grenzwerte
bis einschließlich 31.12.1994	1. Januar 2015
01.01.1995 bis einschließlich 31.12.2004	1. Januar 2019
01.01.2005 bis einschließlich 21.03.2010	1. Januar 2025



Unterteilung der Staubemissionen nach Größe



➤ Größenverhältnisse



➔ PM 10 und PM 2,5 im Größenvergleich zum menschlichen Haar



➤ Emissionen bei Biomasse-Feuerungsanlagen

- Feste Brennstoffe enthalten erheblich mehr Anteile an anorganischen Elementen (Aschebildner) als flüssige und gasförmige
- Prinzipielle Einteilung der Emissionen in zwei Kategorien:

1. Fraktion = grobe Partikel

2. Fraktion = Aerosole

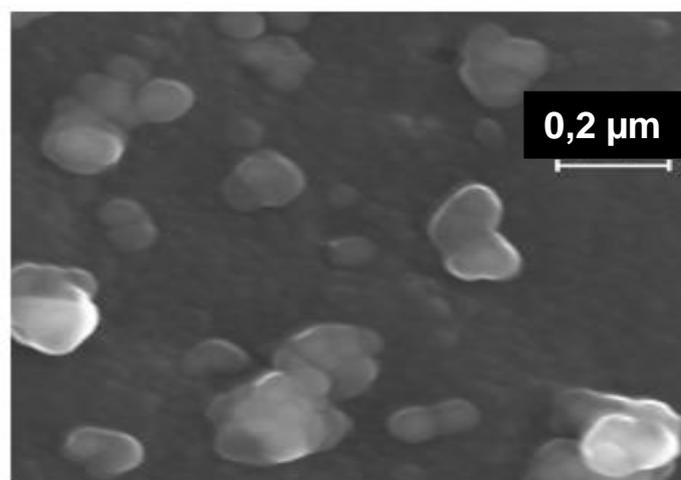
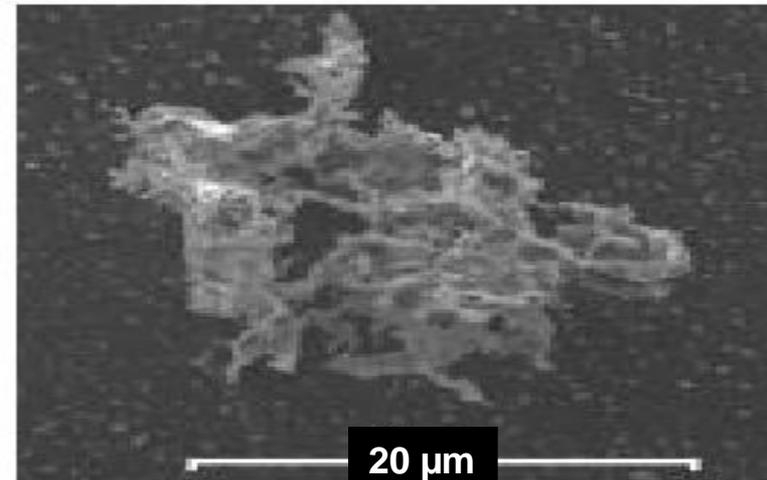
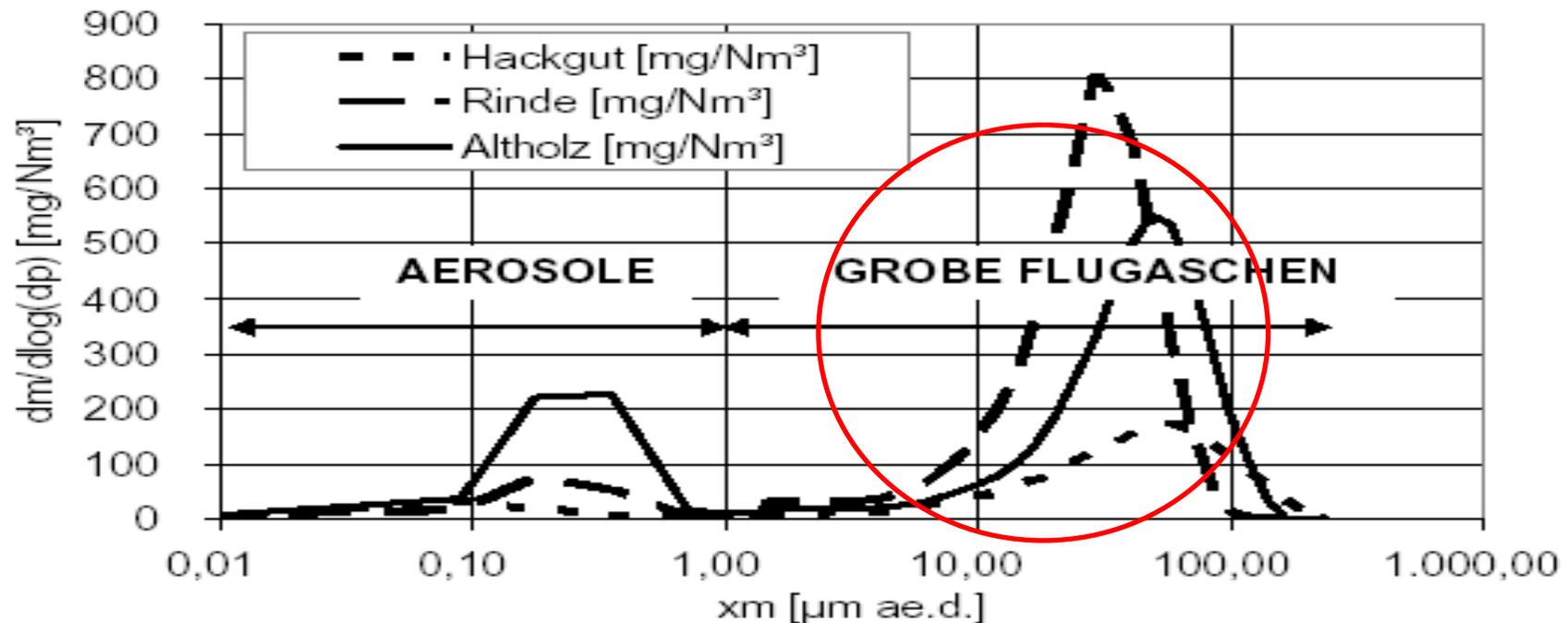


Abb.: Fein- und Grobstaub-Partikel stark vergrößert



Erste Fraktion: grobe Partikel

- ➔ Grobe Partikel werden z.T. mit dem Rauchgas ausgetragen
- ➔ Das Verteilmaximum liegt im Bereich zwischen 30 u. 70 μm
- ➔ Aschenbildner sind: Si, Mg, Ca, u. K als Oxide und Sulfate



➤ Zweite Partikelfraktion: die Aerosole

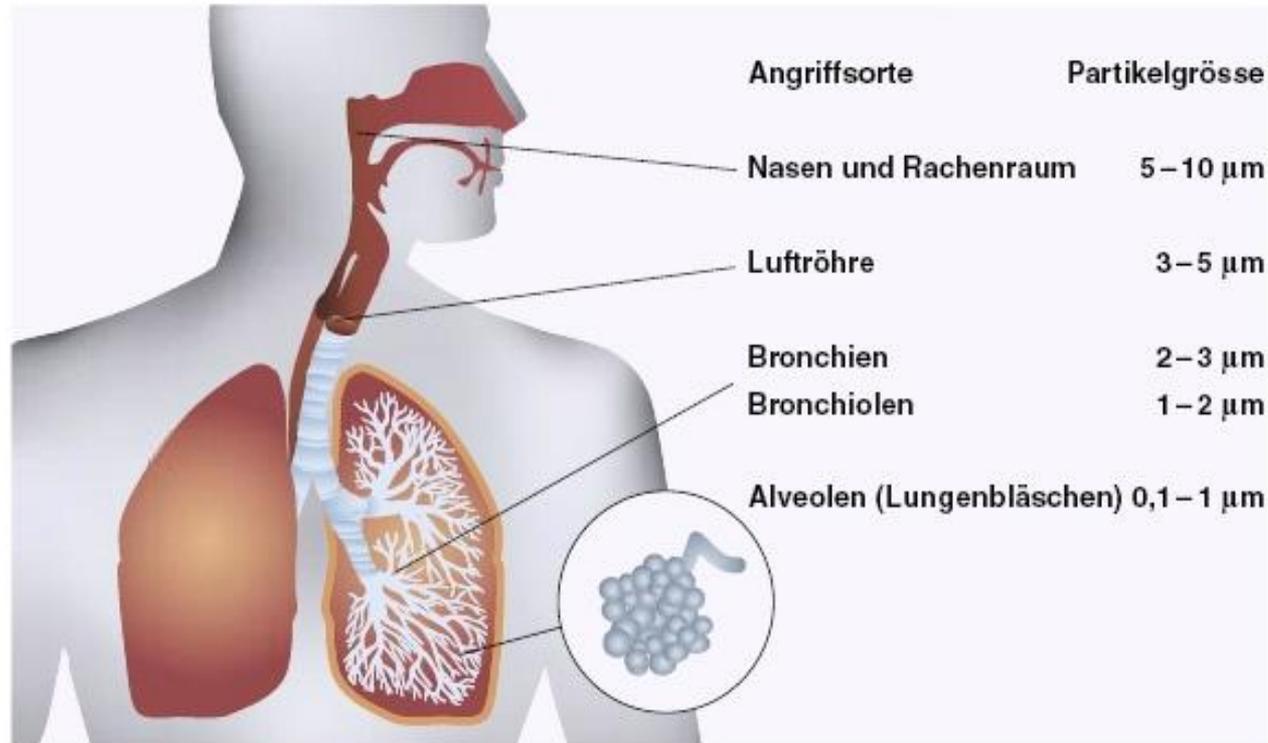
- ➔ Bildung durch Kondensation in der Gasphase
- ➔ ca. 90 % der Feinstaubemission aus Biomasse-Feuerungsanlagen sind PM 10-Partikel

➤ Aerosolbildung in Biomasse-Feuerungen (Grobszenario)

- ➔ 1. **Trocknungsphase** (Strahlungsenergie aus Feuerraum)
- ➔ 2. **Pyrolyse/Verdampfungsphase** (Unterscheidung in
 - ➔ brennbare Bestandteile wie: Wasserstoff, Kohlenmonoxid u. Kohlenwasserstoffe) sowie anorganische und flüchtige Komponenten wie: K, Na, S, Cl und leicht flüchtige Schwermetalle wie: Zn, Pb, und Cd
- ➔ 3. **Ausbrand** bzw. Gas-Fest-Phasenreaktionen
Weitere Freisetzung von anorganischen Komponenten



➔ Je feiner, desto gemeiner!



Angriffsorte des Feinstaubs in den Atemwegen: Je kleiner die Partikel, desto tiefer dringen sie in das Lungensystem ein.





Primär- und Sekundärmaßnahmen

Primärmaßnahmen

- Weiterentwicklung der Verbrennungstechnologie und Weiterentwicklung der Brennraumgeometrien
- Vermeiden von Betreiberfehlern durch prozessor- und sensorgeführte Abbrandregler mit kontrollierter Verbrennungslüftung

Sekundärmaßnahmen

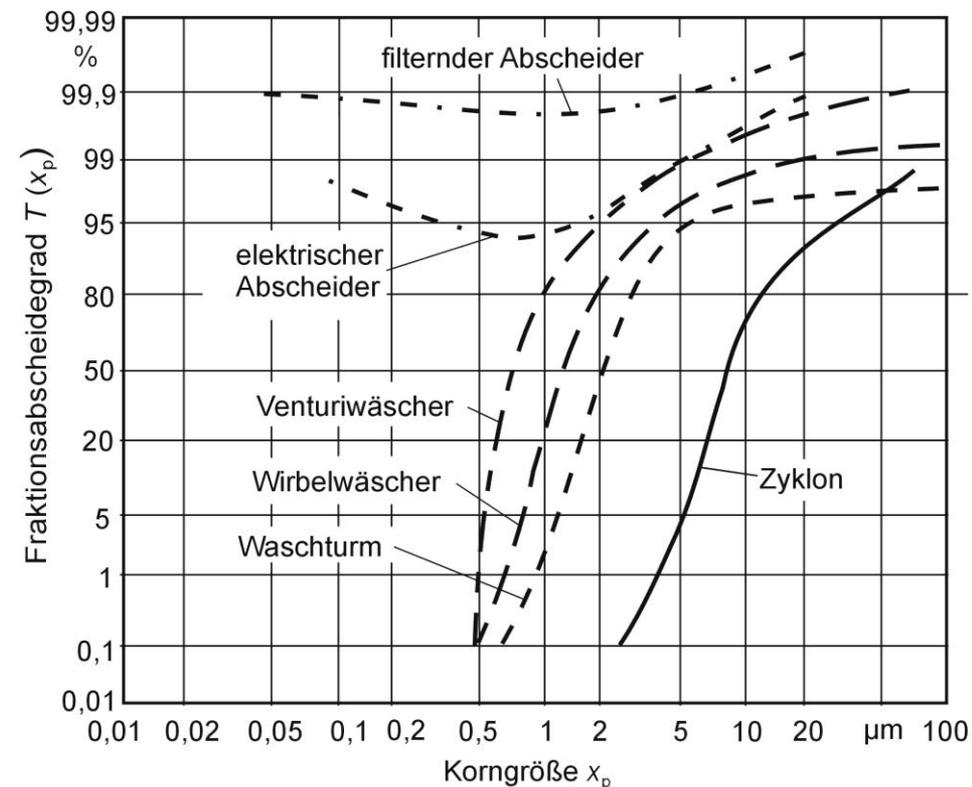
- Reduktion der Feinstaubemissionen mittels der Verbrennung nachgeschalteter Maßnahmen wie z.B.
- Rauchgaswäsche, elektrische/elektrostatische Abscheider, Nachverbrennung,
- Gewebefilter, Katalysatoren, Partikelfilter usw.



➤ **Verschiedene Verfahren zur Staubminderung**

➤ Im Bereich der Kleinfeuerungsanlagen stehen folgende Entstaubungsverfahren zur Verfügung

- Fliehkraftabscheider
- Filternde Abscheider
- Elektrostatische Abscheider
- Abgaskondensatoren
- Abgaswäscher
- Abgaskatalysatoren



➤ **Verschiedene Verfahren zur Staubminderung**

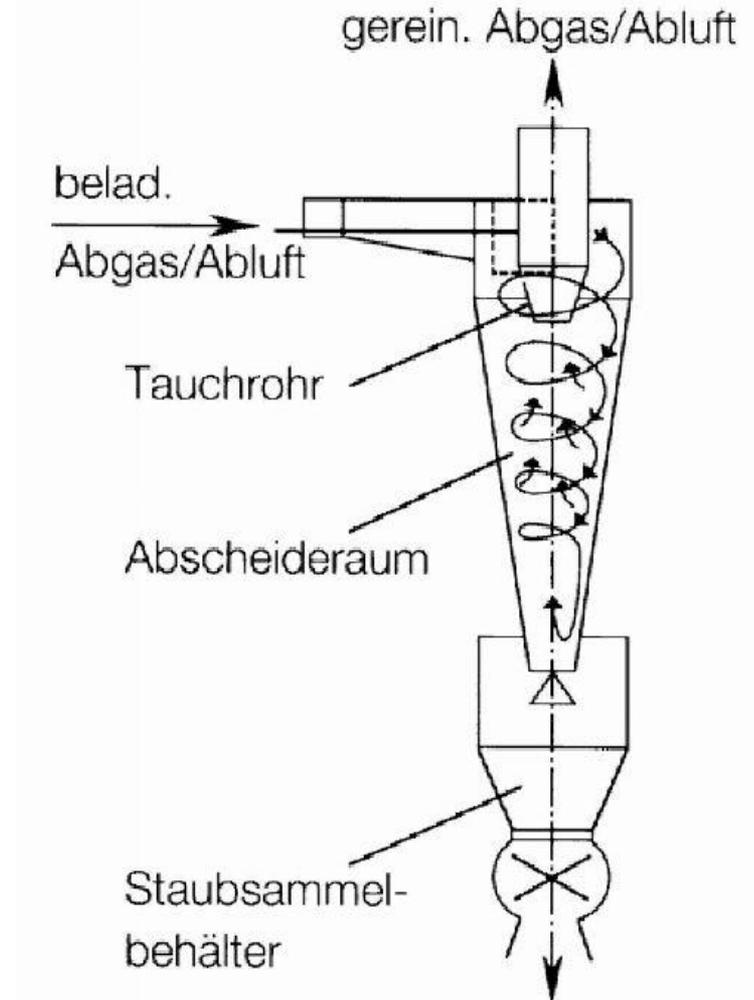
➤ **Fliehkraftabscheider - Zyklon**

➤ **Vorteile**

- Geringe Kosten bei Investition und Betrieb
- Temperaturbeständig

➤ **Nachteile**

- Geringe Abscheideleistung bei Feinstäuben
- Abscheidung Geschwindigkeitsabhängig



➤ Verschiedene Verfahren zur Staubminderung

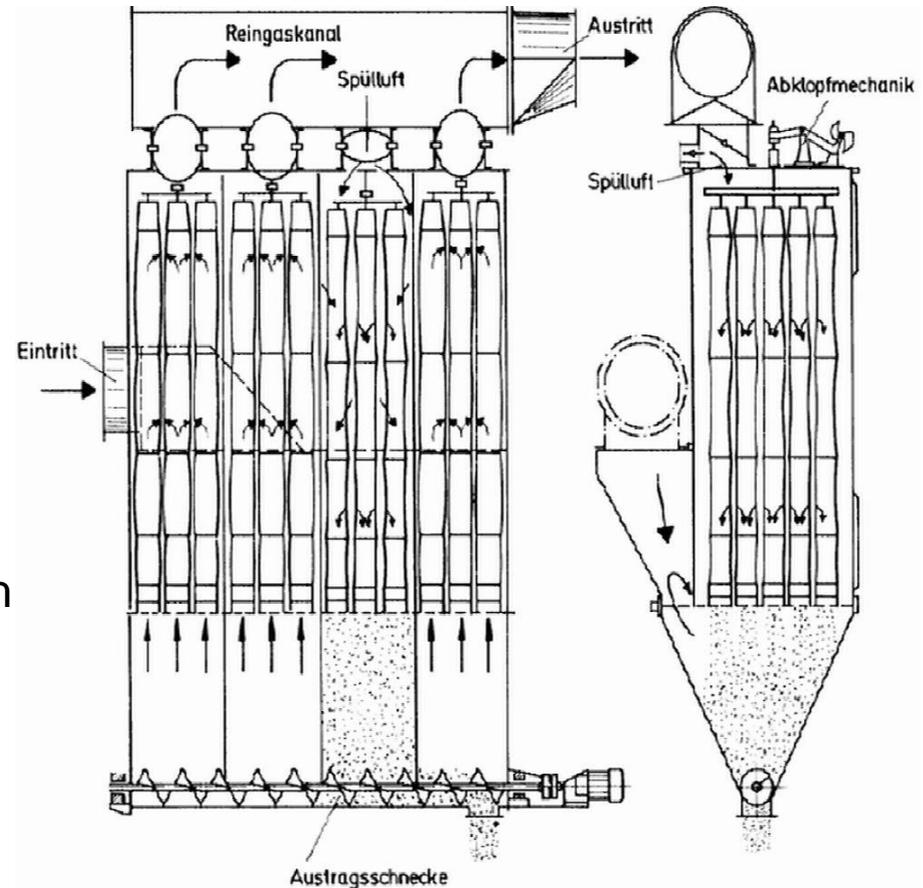
➤ Filternder Abscheider - Gewebefilter

➤ Vorteile

- Höchste Abscheideleistung

➤ Nachteile

- Hohe Investitionskosten
- Hohe Betriebskosten
- Hoher Druckverlust
- Teilweise Beheizung erforderlich



➤ Verschiedene Verfahren zur Staubminderung

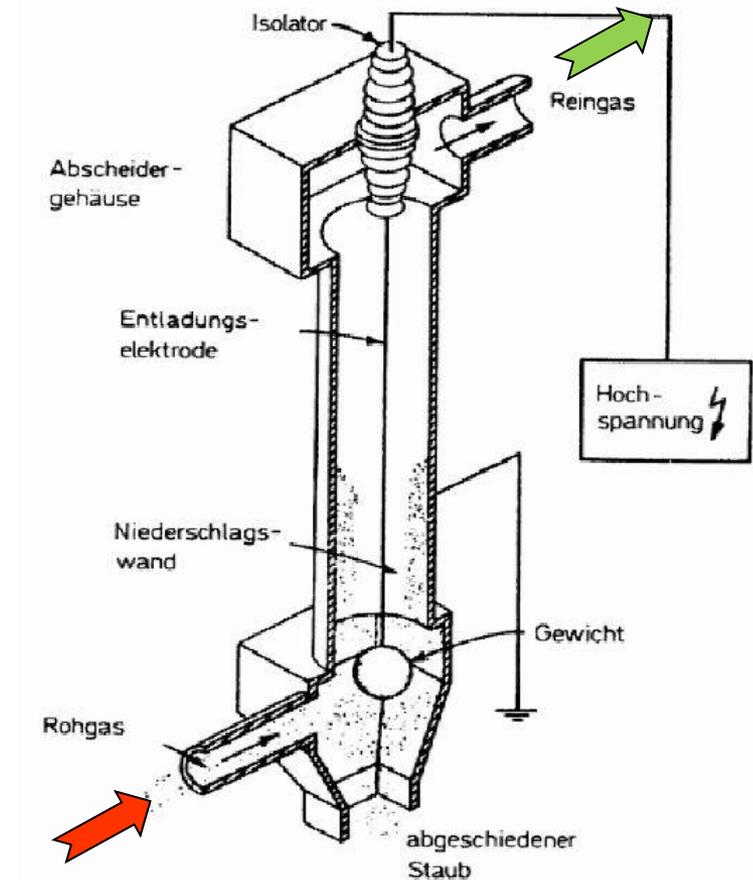
➤ Elektrostatischer Abscheider – Trocken-Elektrofilter

➤ Vorteile

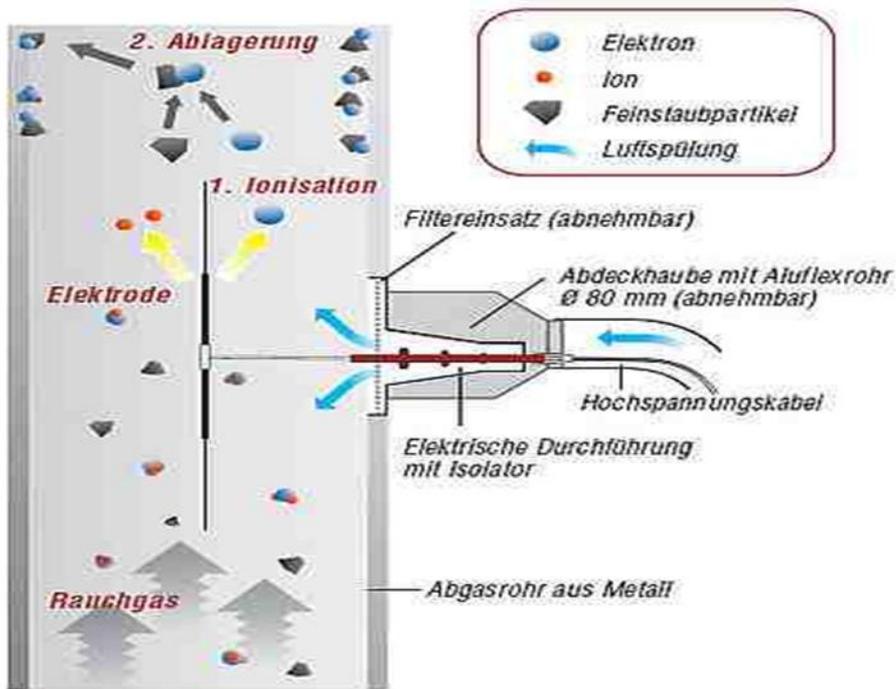
- Geringe Betriebskosten
- Temperaturbeständig
- Hohe Abscheideleistungen

➤ Nachteile

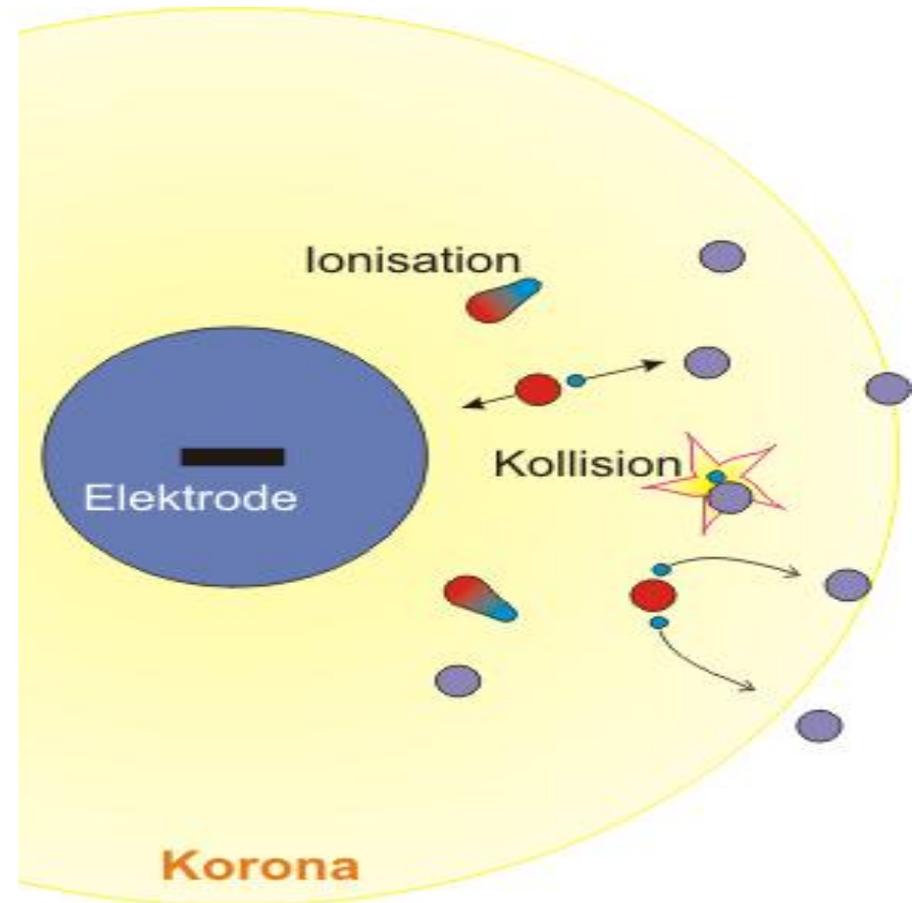
- Hohe Investitionskosten



➤ Funktion des Partikelabscheiders



1. Bei ausreichend hoher Spannung an der Elektrode in der Mitte des Abgasstroms kommt es zu Ionisierungsprozessen. Somit entstehen im Abgasstrom geladene Teilchen, sogenannte Ladungsträger, und Gasionen.
2. Die Gasionen lagern sich an die Feinstaubpartikel an und führen zu deren Aufladung. Die auf diese Weise geladenen Teile werden aufgrund der elektrostatischen Kräfte an die Innenwand des Abgasrohres gedrängt und dort abgelagert. Die Ladung der Partikel wird während des Ablagerungsprozesses „neutralisiert“. Trotzdem bleiben die Partikel aufgrund ihrer mechanischen Verzahnung am Abgasrohr haften.



➤ Verschiedene Verfahren zur Staubminderung

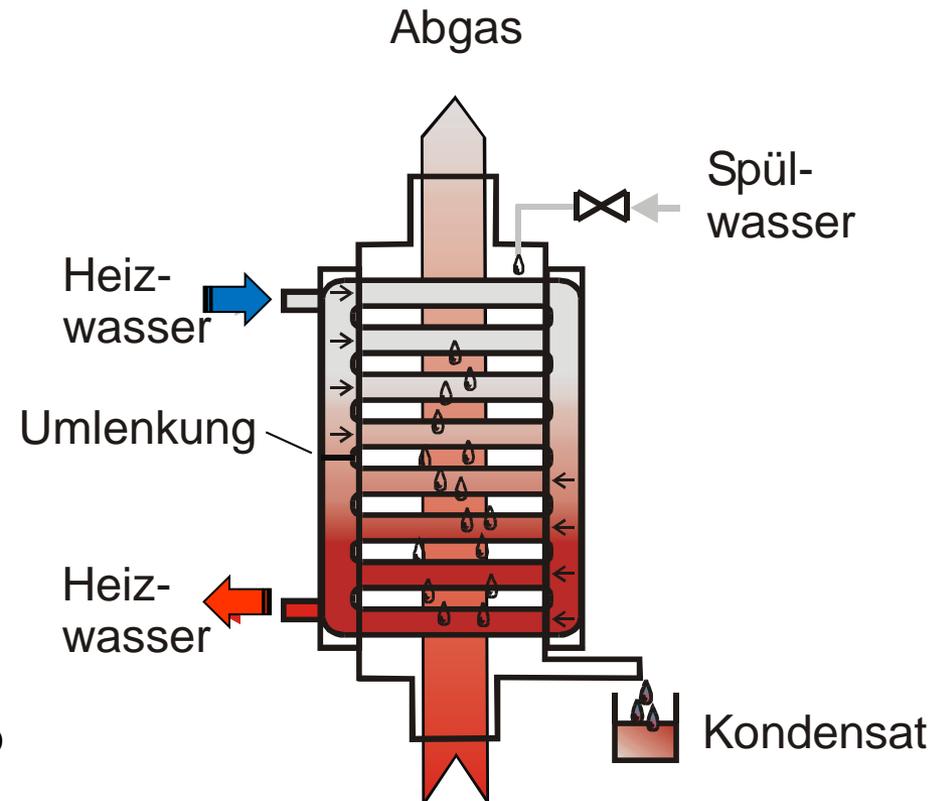
➤ Abgaskondensator

➤ Vorteile

- Geringe Betriebskosten
- Mögliche Einsparung durch Wärmerückgewinnung

➤ Nachteile

- Hohe Investitionskosten
- Niedrige Abscheideleistungen
- Abscheideleistung hängt stark von der Rücklauf­temperatur ab



➤ Verschiedene Verfahren zur Staubminderung

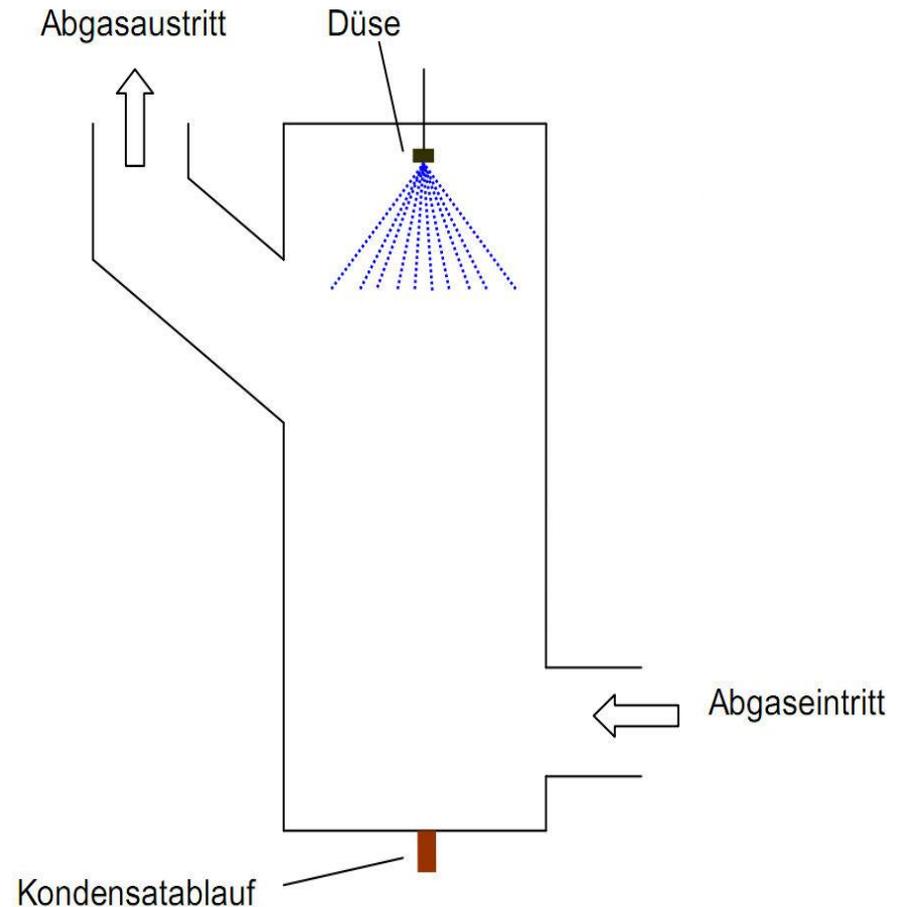
➤ Abgaswäscher

➤ Vorteile

- Minderung weiterer Luftschadstoffe wie HCl, SO₃, etc.
- Mögliche Einsparung durch Wärmerückgewinnung

➤ Nachteile

- Hohe Betriebskosten
- Niedrige Abscheideleistungen bei Feinstäuben
- Hoher apparativer Aufwand
- Kondensatentsorgung

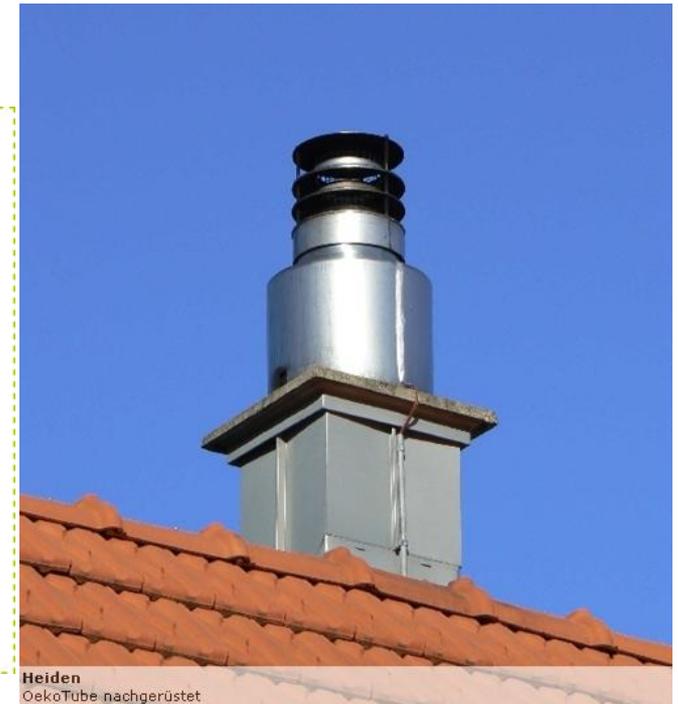
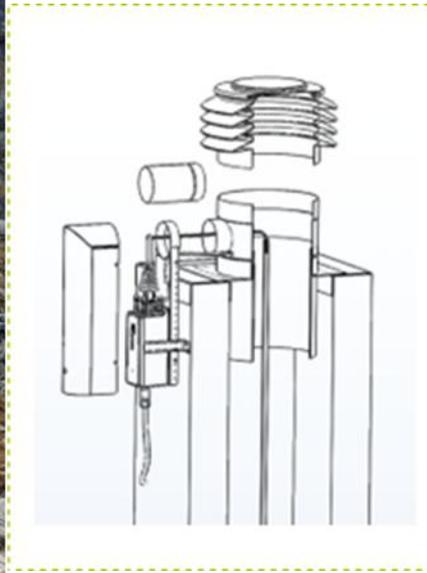


➤ Verfügbare Systeme zur Staubminderung

➤ OekoTube - Feinstaubfilter über Dach



Saas-Fee
Der höchst gelagene OekoTube der Welt auf dem Dach vom Berghaus Plattjen

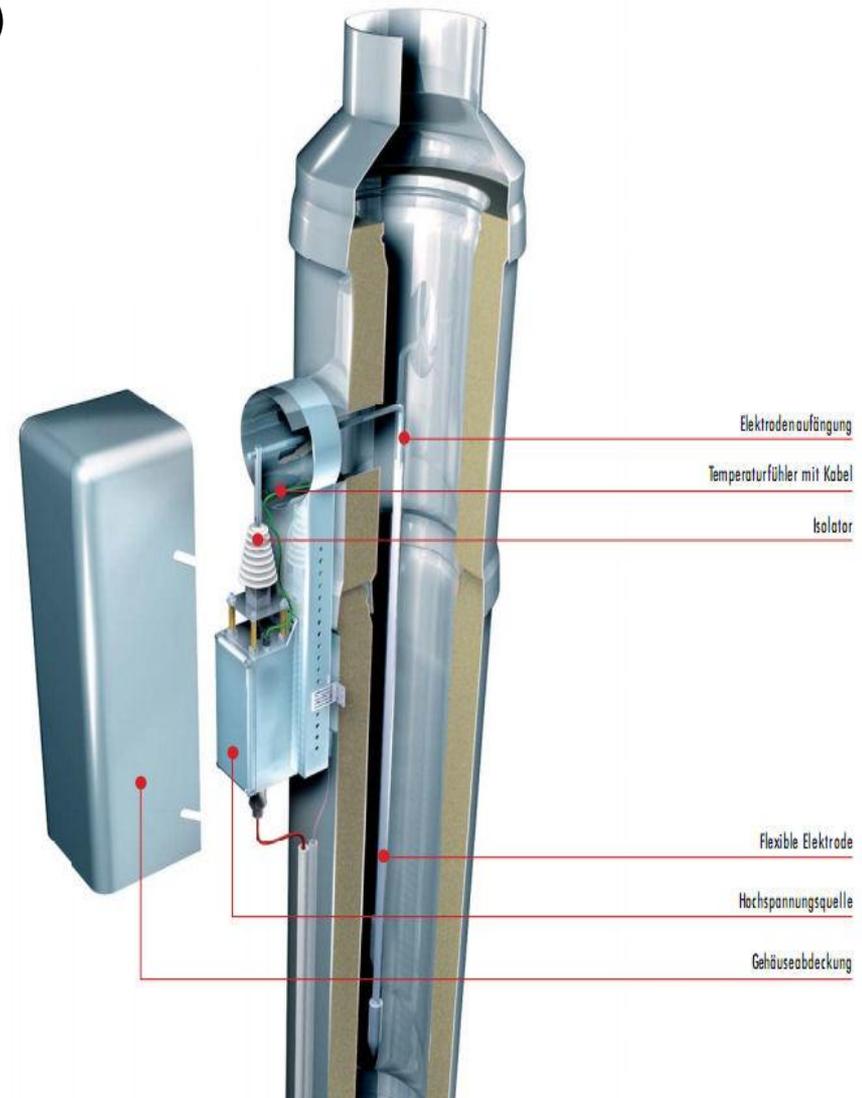


Heiden
OekoTube nachgerüstet



➤ **Verfügbare Systeme zur Staubminderung**

- ➔ OekoTube, Oekosolve AG (CH)
- ➔ Einsatzbereich lt. Hersteller:
 - ➔ Alle Holzfeuerungen bis 40 kW
 - ➔ T_{max} 400 ° C
 - ➔ Montage am Kaminende
 - ➔ Erhöhung 0,5 m
 - ➔ Ø 130 – 400 mm
 - ➔ Neubau / Bestand
- ➔ Abscheidegrad
 - ➔ 95%
- ➔ Elektrode
 - ➔ Länge: 1,6 m
 - ➔ Ø 10 mm
 - ➔ Kaum Beeinflussung des Zuges
 - ➔ Leistungsaufnahme max. 30 W
 - ➔ Stand-by < 1 W





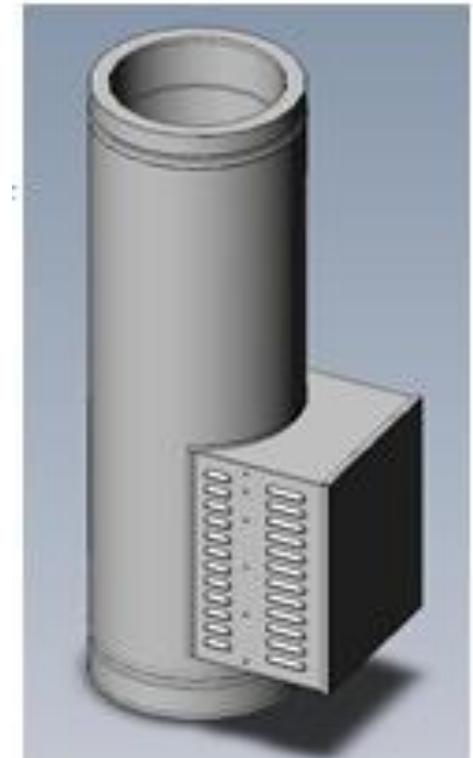
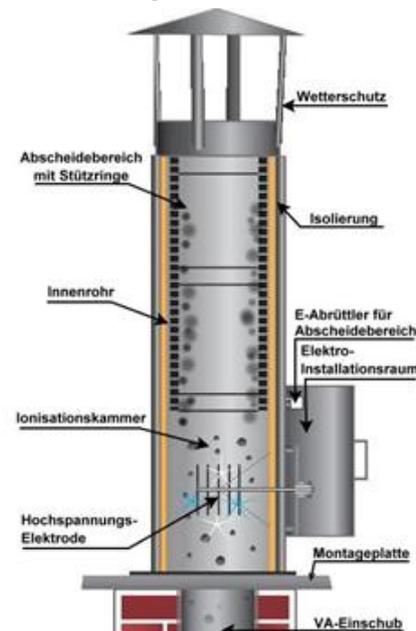
Verfügbare Systeme zur Staubminderung

➔ Ruff-KAT (D)

- ➔ Elektrostatischer Partikelabschneider
- ➔ Einbau an der Kaminmündung
- ➔ Einsatzbereich
 - ➔ Neubau und Nachrüstung
- ➔ Rütteleinrichtung
- ➔ autom. Ein-/Ausschalten d. Temperaturfühler

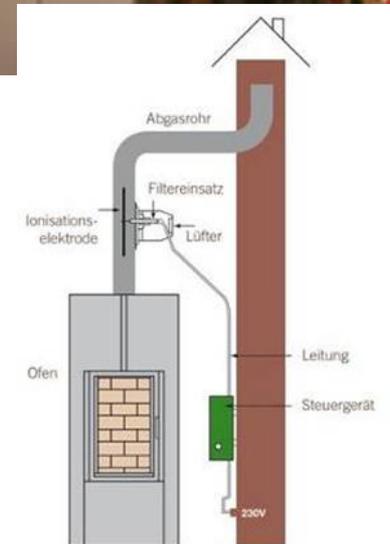
Der RuFF-KAT besteht aus vier Bauteilen

- Wetterschutzhaube
- Filterkorpus mit Elektrode und Abscheidebereich
- Elektronikasten
- Montageplatte mit individuellem Kamineinschub rechteckig oder rund



➤ **Verfügbare Systeme zur Staubminderung**

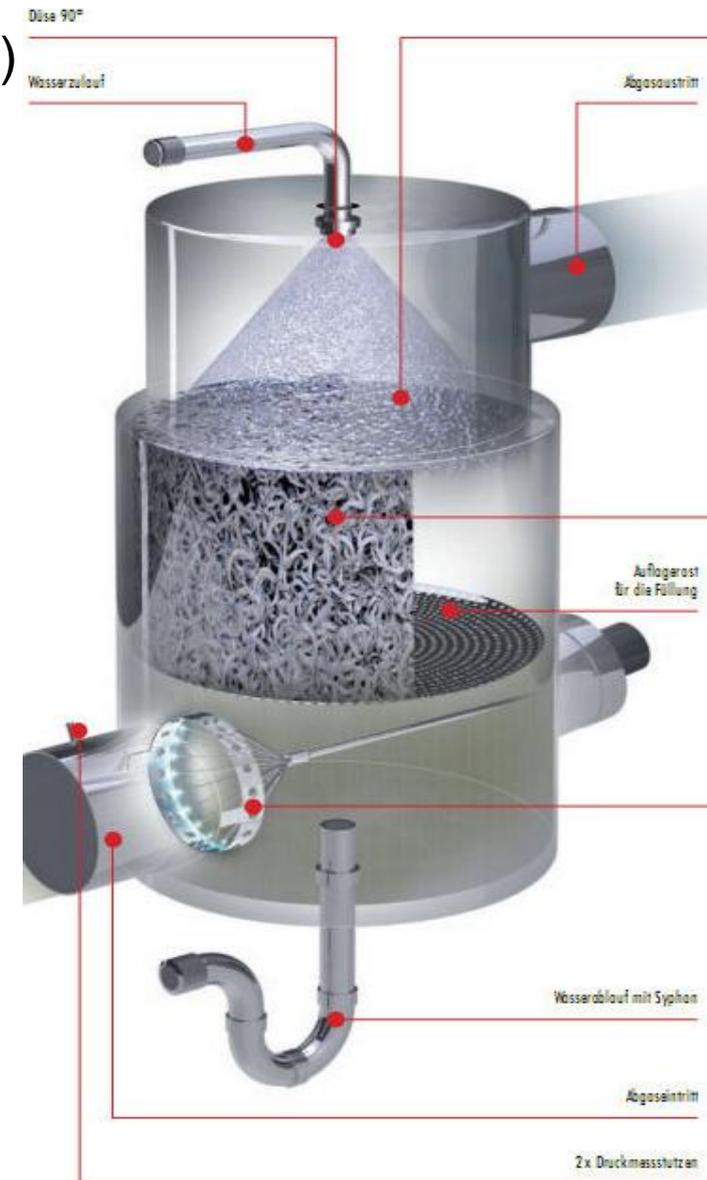
- ➔ Zumikron, Kutzner und Weber (D)
- ➔ Elektrostatischer Partikelabscheider zu Montage im Schornsteinsystem
- ➔ Durchschnittlicher Stromverbrauch: <math><15\text{W}</math>
- ➔ Abscheidegrad: 60-90%,
- ➔ Zulassung durch DIBT erteilt
- ➔ Manuelle Reinigung durch Auskehren
- ➔ Am Markt verfügbar



➤ Verfügbare Systeme zur Staubminderung

➤ AL-Top, Schröder Abgastechnologie (D)

- Durchschnittlicher Stromverbrauch: < 25W
- Abscheidegrad: 60-93%, durchschnittlich 80%
- Einsatz bei Neubau und Nachrüstung
- Redundante Filterüberwachung
- Geringer Druckverlust
- Einsatzbereich bis 1,2 MW
- Automatischer Bypass im Lieferumfang enthalten
- Am Markt verfügbar

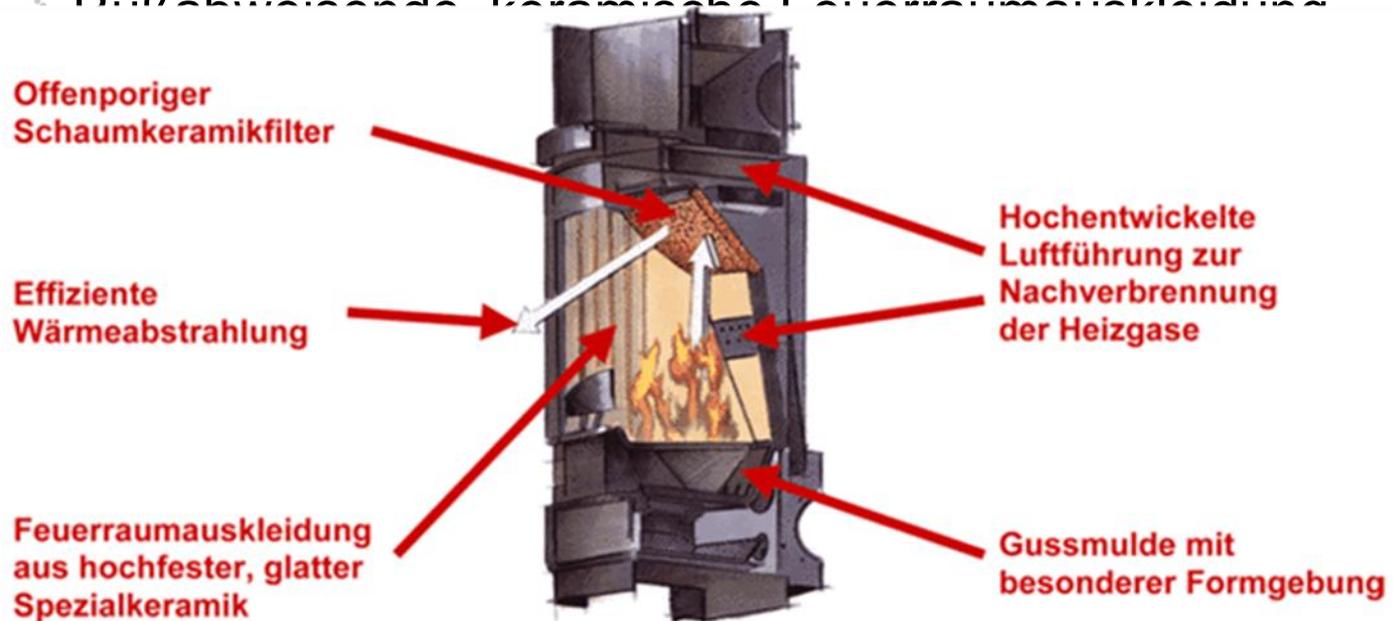


➤ **Verfügbare Systeme zur Staubminderung**

➔ Hark ECOplus-Technik (D)

➔ Vorteile lt. Hersteller:

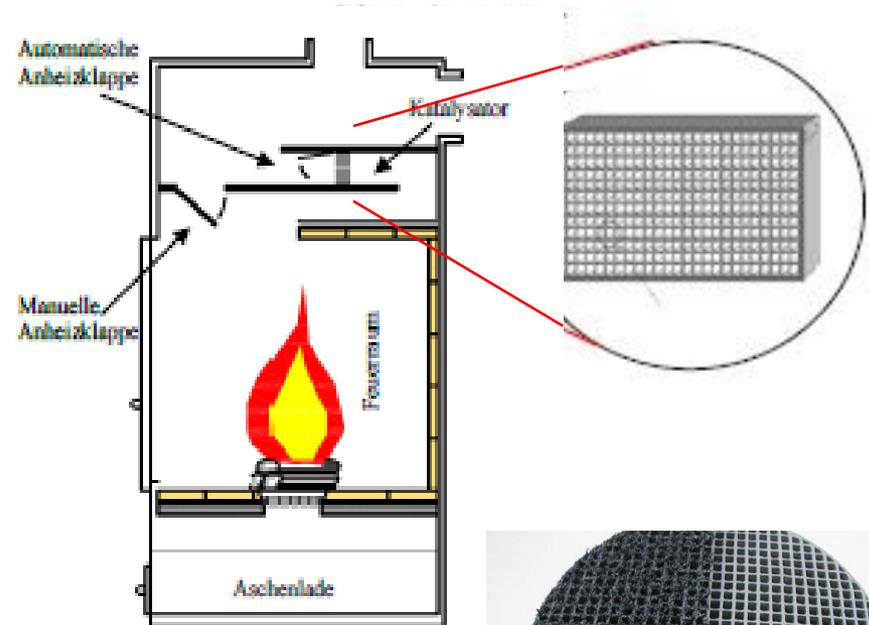
- ➔ Bis zu 40% geringerer Brennstoffverbrauch (im Vergleich zu herkömmlichen Feuerstätten des Herstellers)
- ➔ Erheblich gesteigerte Strahlungswärme
- ➔ Wirkungsgrad 84-89 %
- ➔ Außergewöhnliche keramische Feuerraumauskleidung



➤ Verfügbare Systeme zur Staubminderung

➔ Katalysator zur Staubminderung (FIRECAT®) (D)

- ➔ Der Katalysator wird im Abgasstrom platziert und wandelt bei genügend hohen Temperaturen, Produkte einer unvollständigen Verbrennung um (Katalyse)
- ➔ Neben der Umwandlung von gasförmigen Schadstoffen werden auch unvollständig oxidierte Partikel im Katalysator nach- verbrannt
- ➔ 90 % Reduktion der schädlichen Emissionen
- ➔ Der Abgaskatalysator wird zurzeit ausschließlich direkt vom Produzenten in neue Feuerstätten eingebaut
- ➔ Für die Reinigung kann der Abgaskatalysator entfernt und mit Wasser gewaschen werden (Reinigung mit Druckluft/Druckwasser verboten)
- ➔ Maße: ca. 100 x 100 x 100 mm

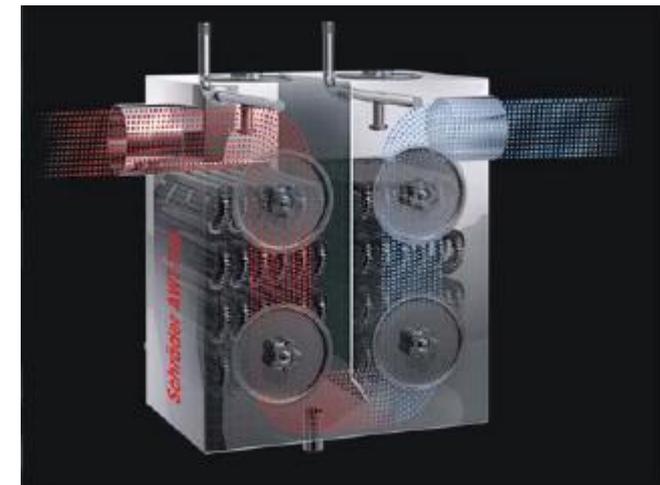
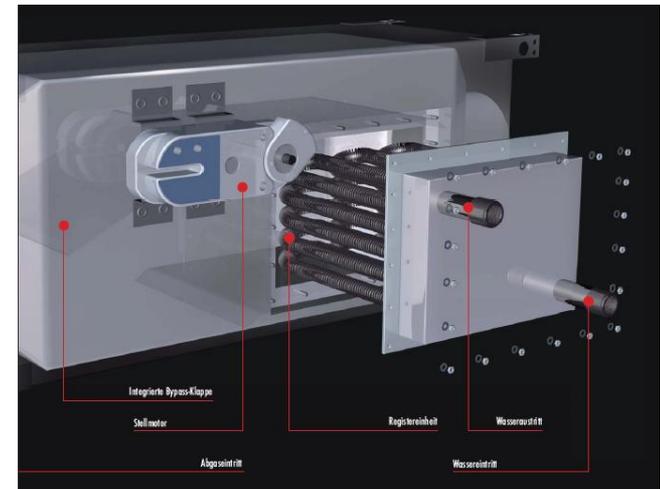


➤ **Verfügbare Systeme zur Staubminderung**

- System zur Wärmerückgewinnung und Brennwertnutzung
Schröder AWT-Top (D)

Vorteile:

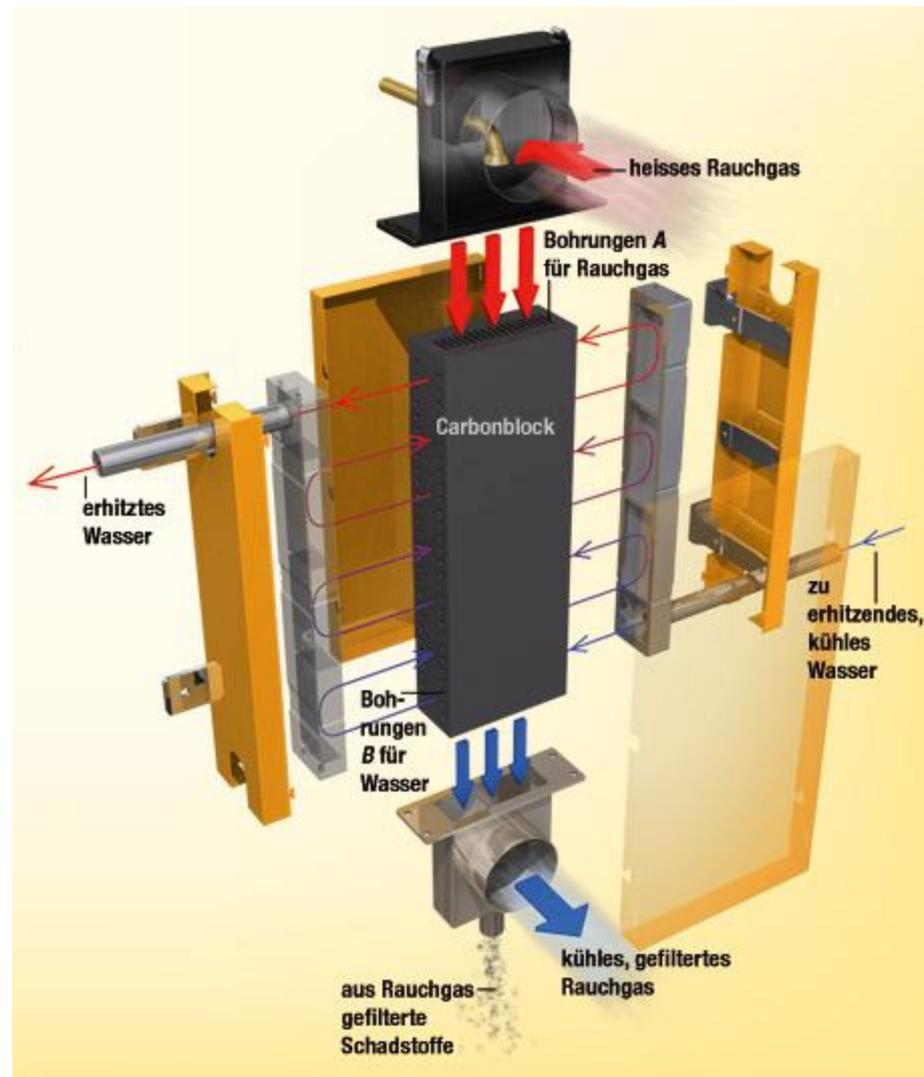
- Nutzung moderner Brennwerttechnik auch bei Biomasse möglich
- Nachrüstbar
- ermöglicht Leistungssteigerung bis 20%
- Sicher und langlebig
- Einfache Installation
- Maßgeschneidert für die Anlagen
- Integrierte Reinigungsdüsen
- Leistungsbereich bis 1.000 kW



➤ Verfügbare Systeme zur Staubminderung

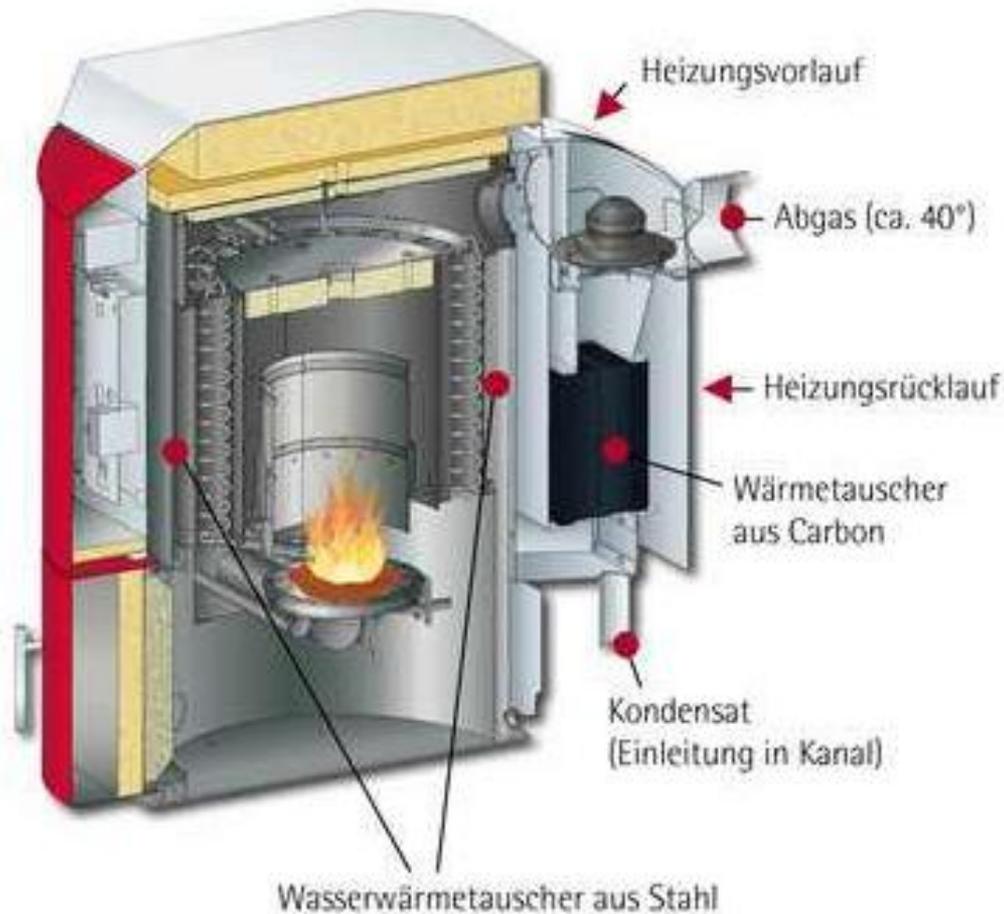
➤ ÖkoCarbonizer, Bschor GmbH (D)

- Abgaskondensator
- Selbstreinigung durch Kondensat
- Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung
- Am Markt verfügbar



➤ Verfügbare Systeme zur Staubminderung

➤ Pellet-Brennwertkessel ÖkoFen (AT)



Ausblick

- Der Beitrag von modernen Pellets- und Holzvergaserkesseln an der Feinstaubdiskussion ist völlig überzogen
- Die zunehmende Nutzung von Holz und Kohle in unregelmäßig – nicht dem Stand der Technik entsprechenden - Einzelöfen führt zu wesentlichen Steigerungen der Feinstaubemissionen
- Der Austausch „alter“ Feuerstätten gegen moderne und emissionsarme Pellet- und Holzheizkessel ist das größte Staub-/Feinstaub-Minderungspotenzial
- Die gesundheitlichen Auswirkungen von Emissionen aus Biomassefeuerungen sind noch nicht ausreichend erforscht



➤ Erfahrungen aus der Praxis

- Der Staubabscheider ist korrekt einzusetzen
 - Staubabscheider können nicht die Probleme schlecht eingestellter oder gewarteter Feuerungen lösen
 - Brennstoffe müssen für die Feuerung und der Filter vom Hersteller freigegeben sein





Schlusswort

- Es erscheint weiterhin geboten, dass sowohl primär- als auch sekundärseitig Technologien zur weiteren Staub-/Feinstaubreduktion entwickelt bzw. weiterentwickelt und verstärkt am Markt angeboten und eingesetzt werden!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
Thank you for your attention

→ Dipl.-Ing. Wilfried Linke
BDH Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V.

→ **BDH**
www.bdh-koeln.de

