

Wärme aus halmgutartiger Biomasse

Stand der Technik und Perspektiven:
Lanswirtschaftszentrum Haus Düsse 29.10.2009

Technische Lösungen
zur Emissionsminderung
bei Feststoffheizungen

Dipl.- Ing.
Ralf Heidenreich

Institut für Luft- und Kältetechnik
gemeinnützige Gesellschaft mbH
Bereich Luftreinhaltung
Bertolt- Brecht- Allee 20
D-01309 Dresden
www.ilkdresden.de

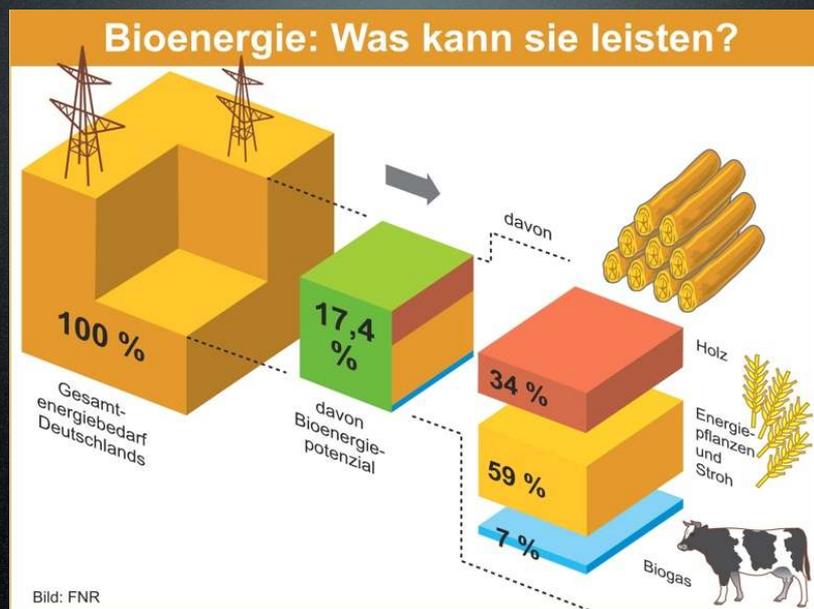




Inhalt



- Zusammenwirken von Immission & Emission
- **Stroh/ Holzfeuerung und Emissionen**
- **Steigende Anforderungen des Immissionsschutzes**
- **Staub- Abscheidetechnik**
- **Praxiserprobung und messtechnische Überwachung**



Immissionsschutzforderungen

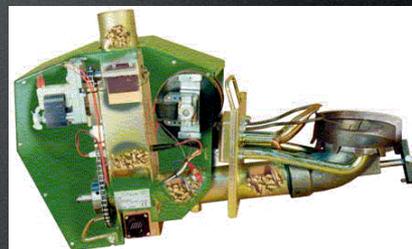
EU Rahmenrichtlinie 96/62/EG und Tochterrichtlinien und die neue Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008

- Vermeidung und Senkung von Immissionen
- Immissionsgrenzwert für Staub $PM_{10} (< 10 \mu m)$
- Grenzwert $50 \mu g/m^3$ (Tagesmittel);
35 Überschreitungen im Jahr
- $40 \mu g/m^3$ Jahresmittel $\pm 20 \%$
- Perspektivischen Reduktion von $PM_{2.5}$ - Rahmenrichtlinie für saubere Luft in Europa - Reduktionsziel $18 \mu g/m^3$ in 2020
- Wie ist das alles zu erreichen und die CO_2 - Minderung ?

Emissionsgrenzwerte - Novelle der 1. BImSchV

	Brennstoff	Nennwärmeleistung [kW]	Staub [g/m^3]	CO [g/m^3]
Stufe 1: nach Inkrafttreten	Nr. 1-3a	$\geq 4-500$	0,09	1,0
		> 500	0,09	0,5
	Nr. 4 und 5	$\geq 4-500$	0,10	1,0
		> 500	0,10	0,5
	Nr. 5a	$\geq 4-500$	0,06	0,8
		> 500	0,06	0,5
	Nr. 6-7	$\geq 50-100$	0,10	0,8
		$> 100-500$	0,10	0,5
		> 500	0,10	0,3
	Nr. 8	$\geq 4-100$	0,10	1,0
Stufe 2: nach dem 31.12.2014	Nr. 1-3a, 6-7	$\geq 4-500$	0,02	0,4
		> 500	0,02	0,3
	Nr. 4-5a, 8	> 4	0,02	0,4

Testkessel 20 kW und 120 kW



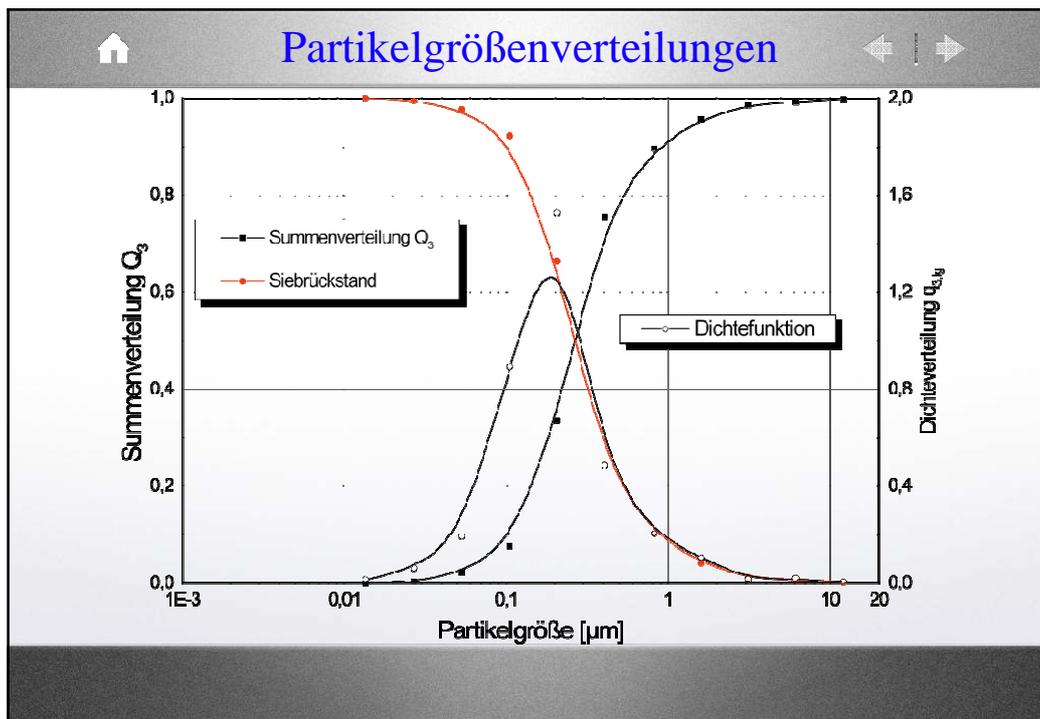
Staubemissionen bei Holzhackschnitzel & Strohpellets

90 – 350 mg Staub/ Nm³ Abgas

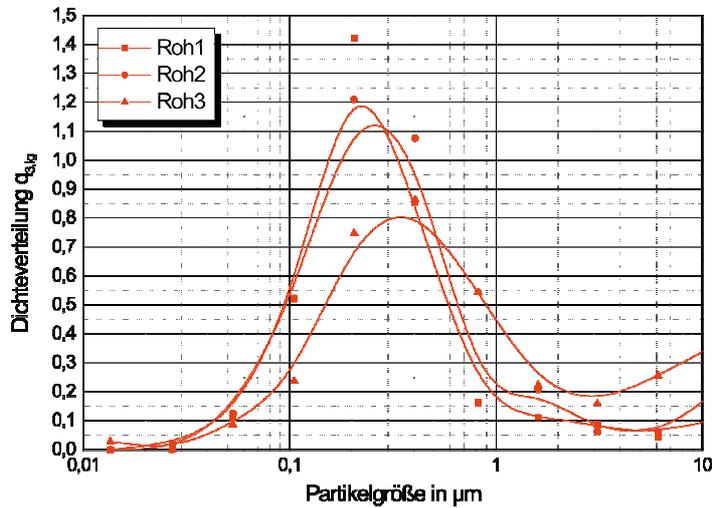


20 – 50 mg Staub/ Nm³
Abgas



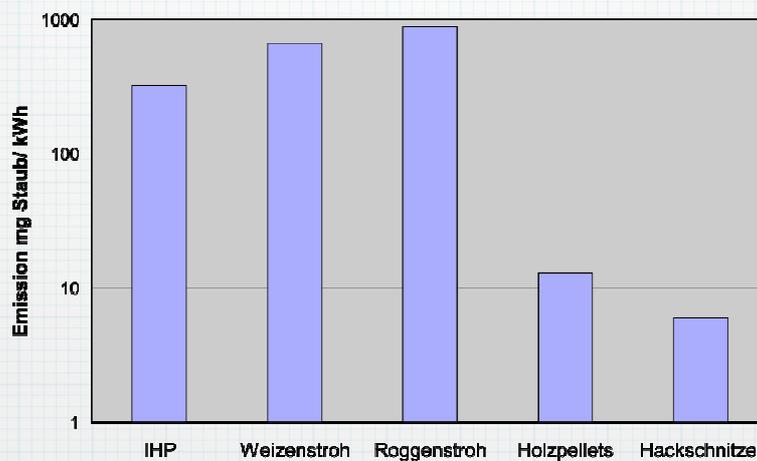


Rohgas- Partikelgrößenverteilung



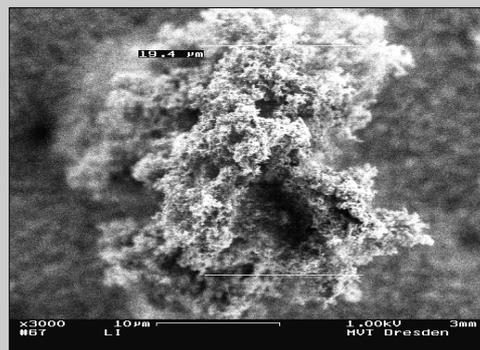
▶ Hack-
 schnitzel
 ▶ 550 kW
 ▶ Nach
 Zyklon
 ▶ 130
 mg/Nm³

Spezifische Emission: Brennstoffe Holz/ Stroh



Eigenschaften von Feinstaerosole aus Verbrennungs-/ Sublimationsprozessen

- Extremes Haftungsverhalten
- Enges Partikelgrößenspektrum
- Minimale Sinkgeschwindigkeiten
- Starkes Agglomerationsverhalten
- Aggregation im abgeschiedenen Zustand
- Komprimierung auf Filtermedien



Grundsatzproblematik: Brennstoff / Kesselbetrieb



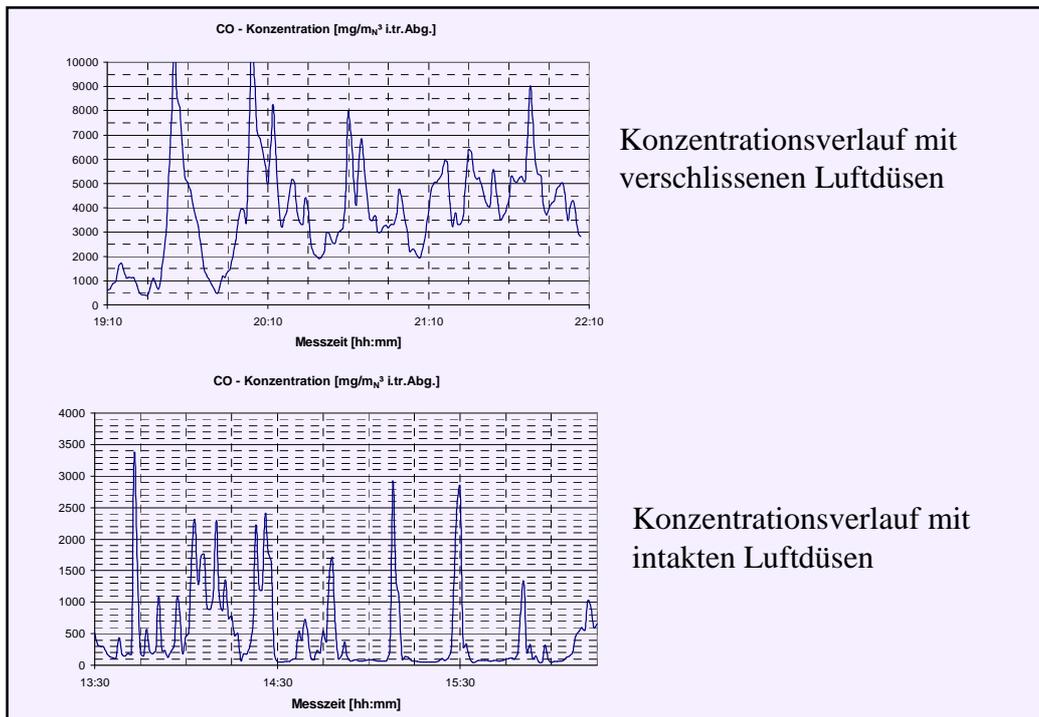
- ▶ **Keine Pauschalen Aussagen über Staubaufkommen**
- ▶ **Wartungszustand ist entscheidend**
- ▶ **Zusatzmaßnahmen bei Brennstoffherstellung (Pellets)**

Extreme Verschmutzung der Wärmeübertrager

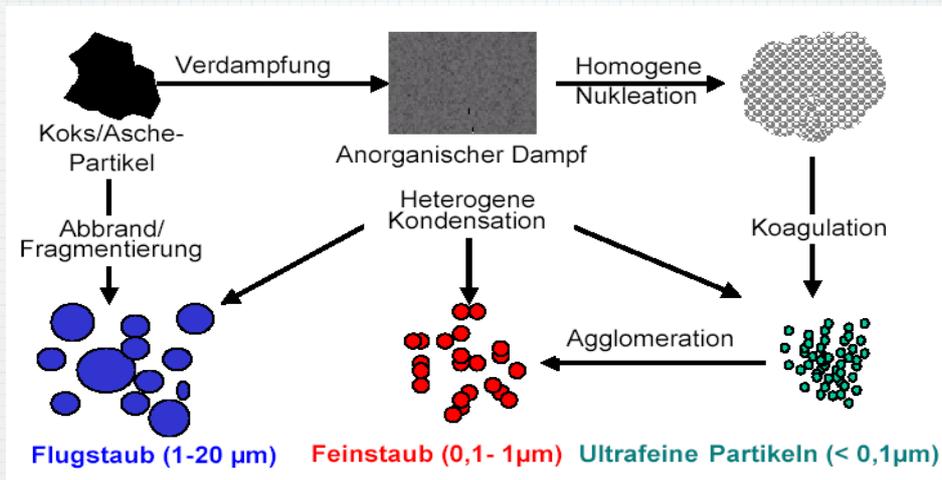


Korrosion an Luftdüsen



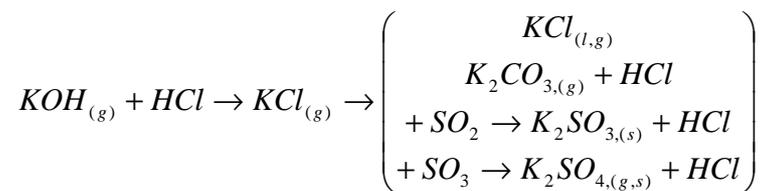


Staubfreisetzung beim Verbrennungsprozess



Aerosolbildung bei der Verbrennung von Koks/Asche – Partikeln

Wege der Partikelentstehung durch Kalium



(g) - gasförmig;

(l) - liquid, flüssig; (s) - solid, fest

- bei der Abkühlung des Rauchgases - Umwandlungen
- in Klammern - mögliche Reaktionsprodukte

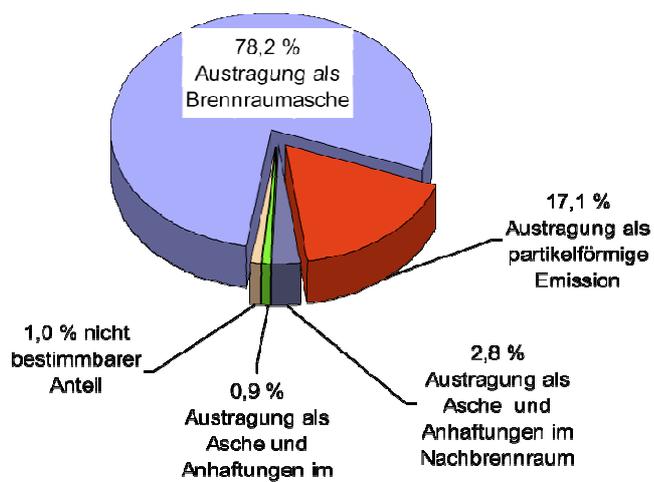


Zusammensetzung und Inhaltsstoffe von Stroh



	Roggen Stroh	Weizen Stroh	Weizen Ganz-Pflanze	Roggen Stroh
	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg
Chlor	300	44	98	1,58
Kalium	8.617	5.813	5.789	13.121
Boden: mg K/100 g	6,1	17,1	17,1	-

Kaliumbilanz eines Roggenbrennstoffs

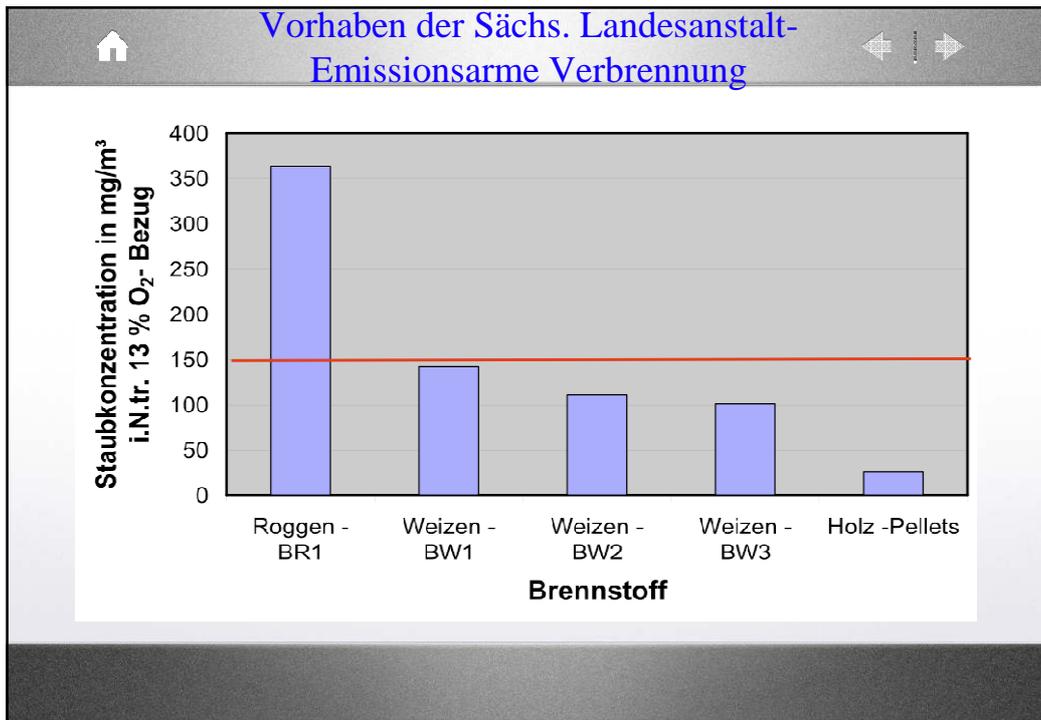


Möglichkeiten für eine Beeinflussung der Partikelentstehung

- **Feinstaub bei der Verbrennung von Stroh, entsteht im wesentlichen durch die Bildung von Kaliumchlorid und Kaliumsulfat**
- **Halmgut- Brennstoffe enthalten bis zu 10 mal mehr Kalium als Holz und mehr Chlor (bis Faktor 60)**
- **Maßnahmen primärseitig zur Verhinderung der Partikelentstehung, Einbindung durch geeignete Zusatzstoffe, oder Entfernen aus dem Rauchgas**

Primärseitige Maßnahmen

- **Pflanzenbauliche Maßnahmen - verlängerte Feldliegezeiten verringern den Alkali- und Chlorgehalt um 70 % (Sächs. Landesanstalt)**
- **Brennstoffaufbereitung/ Pelletierung und Zugabe geeigneter Additive (Tonmineralien) - Emissionsminderung um 25 - 30 % (ILK)**
- **Verbrennung mit Low- Particle- Konzept (Nussbaumer)**

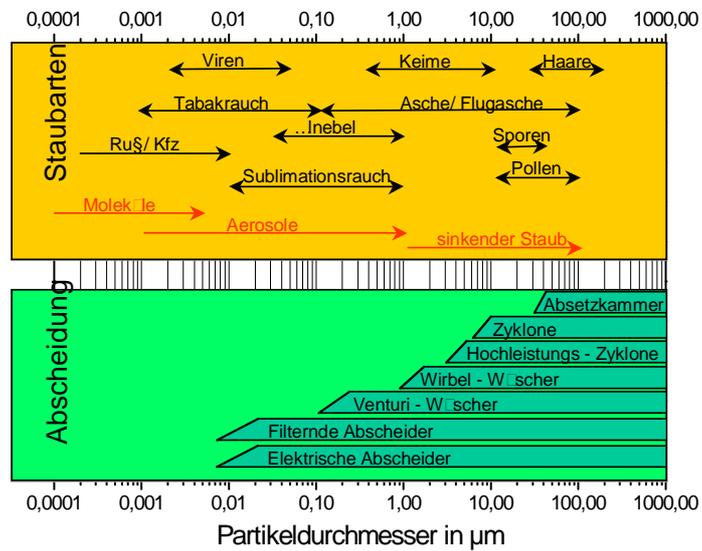


Sekundärmaßnahmen

• Staubabscheidung

- Elektrofilter
- Filternde Abscheider
- Wäscher/ Kondensation
- Schwerkraft-/ Fliehkraftabscheider

Leistungsfähigkeit von Staubabscheideverfahren



Chemische Beständigkeit

Material	Temperatur Dauer Spitzen	Säure	Alkali	Preis- faktor
aromatisches Polyamid (Nomex)	180 ... 200	2	2	1
Glasfaser (beschichtet)	220 ... 250	2	3	1,5
Polytetrafluoräthylen (Teflon)	250 ... 280	1	1	4,6
Edelstahl 1.4404	400 ... 450	2	3	15
Edelstahl 2.4816	550 ... 600	2	3	18

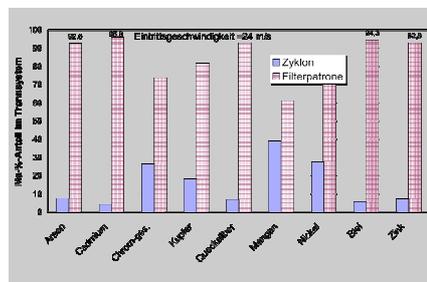
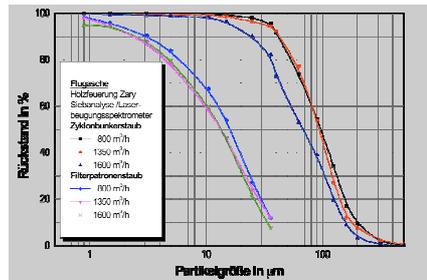
1 = hervorragend; 2 = gut; 3 = im allgemeinen gut; 4 = mäßig;
5 = schlecht



Vergleich von Filterelementen



	Einheit	Filter- schlauch	Metall- Filter- patrone	Filter- platte	Verbund- Filterplatte
max. Temperatur	°C	250	280	250	250
Abmessung	mm	Ø 160	Ø 150	520x985	520x985
Filterfläche/ Länge	m ² /m	0,5	1,7	2,0	3,0
Filterflächen- belastung	m ³ /m ² h	80	40	40	40
erf. Rohgasraum	m ³ /10 ³ m ³ h ⁻¹	1,56	0,94	0,81	0,6
spez. Preis	€/10 ³ m ³ h ⁻¹	700,-	6.900,-	5.200,-	3.270,-





Ergebnisse Glasgewebe



Messreihe	Mittlere Staubkonzentration		Abscheidegrad
	Rohgas	Reingas	
Nr.	mg/m ³ i.B.	mg/m ³ i.B.	%
1	186	0,40	99,78
2	349	0,35	99,90
3	191	0,17	99,91
4	180	0,10	99,94
5	376	0,40	99,89
6	230	0,10	99,95

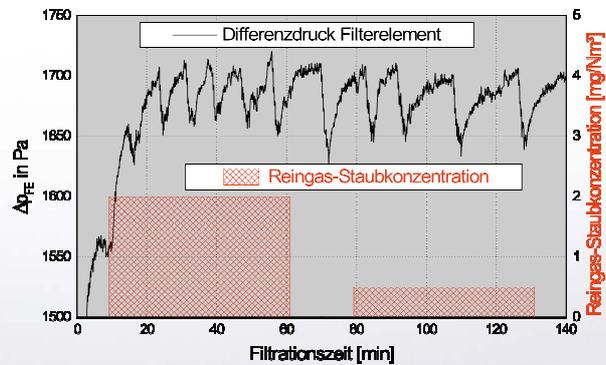
$k_{ROH} = 252 \text{ mg/m}^3 \text{ i.B.}$ $k_{REIN} = 0,25 \text{ mg/m}^3 \text{ i.B.}$ | = 99,90 %



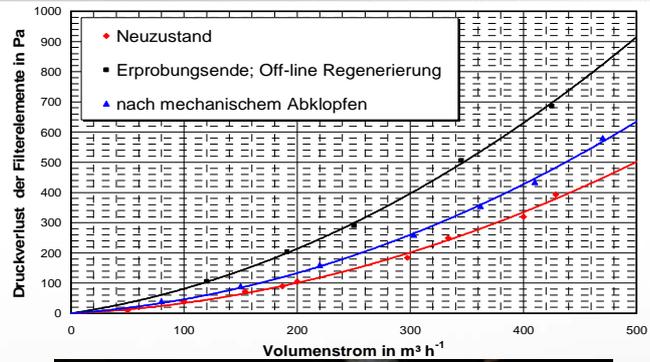
Filterplatten aus Vliesstoff-Metall-Verbund-Material



Rohgas	Reingas	Abscheidung
mg/m ³ i.N.	mg/m ³ i.N.	%
150	7	97



Filternder Abscheider mit Metallpatronen



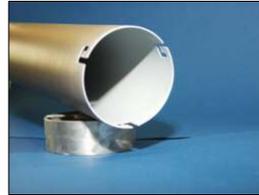
Ergebnisse Metallgewebe

Messreihe	Staubgehalt im Rohgas in mg/m³ i.N.tr.	Betriebszustand
1	133	Normal
2	73	Intervall
3	119	Intervall
4	103	Normal
5	92	Normal
Mittelwert	104	

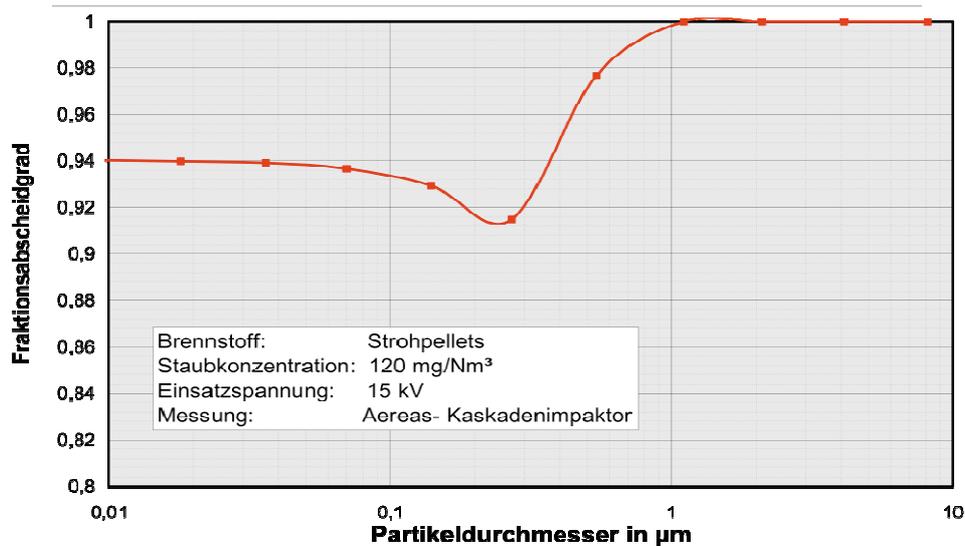
Messreihe	Staubgehalt im Rohgas in mg/m³ i.N.tr.	Betriebszustand
1	8,1	Normal
2	4,7	Intervall
3	6,4	Intervall
4	5,1	Normal
5	3,3	Normal
Mittelwert	5,5	

Elektrostatische (Kleinst-) Abscheider

- Beschichtete
Niederschlagselektrode
Integrierte Vorabscheidung
- Impulsabreinigung der
Wandflächen und der
Sprühelektrode
- Abscheideleistung:
95,8 % bei 155 mg/Nm³
Rohgasstaubgehalt
Reingas < 10 mg/ Nm³



Fraktionsabscheidegrad - Messwerte





Brennstoffzufuhr über Ballenauflöser



Kesselanlage für Häcksel- Stroh und Pellets



Abscheiderinnenraum

Schütttschicht- Filter

Abscheideraufstellung im Heizraum

Emissionswerte

- Normzustand trocken	mg/m ³ i.N.tr.	70
- Normzustand trocken bez. auf 13%O ₂	mg/m ³ i.N.tr.	62
Staubmassenstrom	g/h	10



Filterentwicklung - rotierender Platten- Elektrofilter



- WKI Braunschweig
- Lehmann Maschinenbau GmbH

Foto: ILK Versuchsfeld

Feldmessungen und Betriebserfahrungen

Einsatzort	Dobia	Zottelstedt	ILK Versuchsfeld
	50 kW Häcksel	30 kW Pellet	120 kW Pellet
Abscheiderart	Fliehkraft/ Schütttschicht	Elektrostatischer Rohrabscheider	Elektrostatischer Rotierender Plattenabscheider
Rohgasbeladung - Korn		250 mg/Nm ³	
Stroh	100 mg/Nm ³	350 ... 1500 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³
Reingasmesswerte	60 mg/Nm ³ (Stroh- Häcksel)	100 mg/Nm ³ (Korn) 500 mg/Nm ³ (Stroh)	25 mg/Nm ³ (Stroh)
Kostenfaktor	3000,- EUR	4500,- EUR	6500,- EUR
Einschätzung	Geeignet/ BImSchV wird eingehalten	Überlastet/ zu klein dimensioniert	Geeignet / TA Luft wird eingehalten

Schlußfolgerungen

- Einsatz von Biomassen für energetische Zweck ist sinnvoll und bringt langfristig Vorteile in den Betriebskosten
 - Staubemissionen - vorwiegend Kaliumsalze bei Strohpellets
 - Möglichkeiten der primären Maßnahmen derzeit auf wenige Lösungen begrenzt- z.B. Pyrot- Feuerung
 - Primäre Maßnahmen, Einbindung im Brennraum durch Additive, verlängerte Feldliegezeiten
 - Zuordnung eines Staubabscheiders sinnvoll und möglicherweise zwingend (Variabilität der Rohstoffe)
 - Preisbarriere bei Filternden Abscheidern nach wie vor

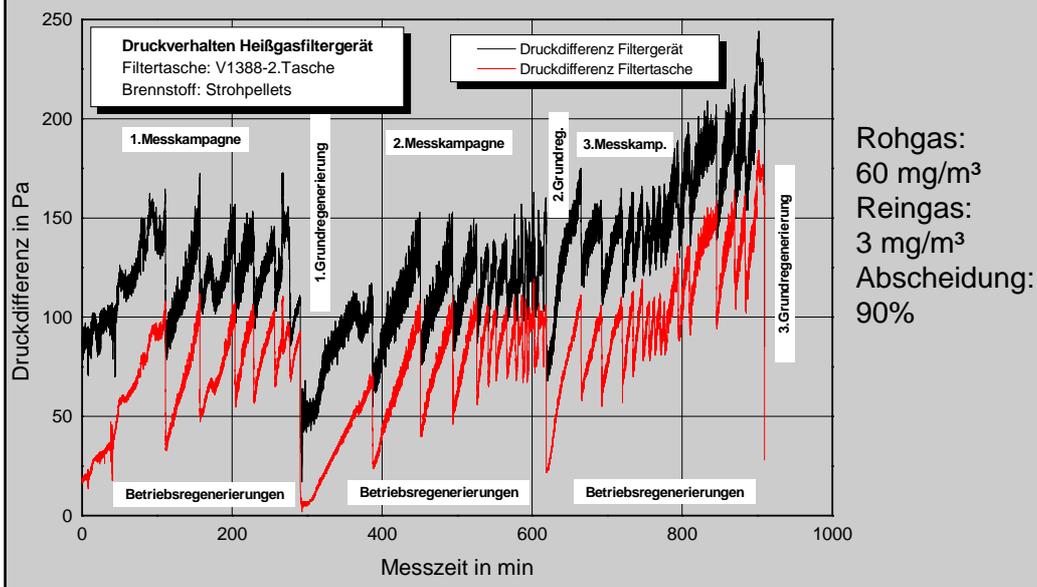
Anforderungen an Filtergeräte für Strohfeuerungen

- Staubabscheidung für heiße Gase - max. Temperatur 240°C
- geringer Druckverlust und Energieverbrauch - < 250Pa
- gute Abscheideleistung für Feinstaub - < 20mg/m³ Reingaskonzentration
- gute Handhabung – Platzbedarf, Wartungsaufwand, Preis.

Neues Abscheidegerät mit hohem Gasdurchsatz



Druckverhalten – Strohpellet-Verbrennung



Zusammenfassung

- Pflanzenbauliche Maßnahmen - verlängerte Feldliegezeiten verringern den Alkali- und Chlorgehalt
- Brennstoffaufbereitung/ Pelletierung und Zugabe geeigneter Additive (Tonmineralien) - Emissionsminderung um 25 - 30 % (ILK)
- Wichtig: Wartungszustand des Kessels überprüfen
- Staubabscheidung: Elektrostatisch oder Filter
gute Abscheidegrade aber kaum serienreife Lösungen
- Große Variabilität der Brennstoffe – individuelle Einstellung und Abstimmung von Brennstoff – Kessel – Filter – Konzept
- Neues Abscheiderkonzept verspricht guten Erfolg für Anlagen über 100 kW - Strohfeuerung