

Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gGmbH

Maßnahmen zur Emissionsminderung im praktischen Betrieb

Dipl.- Ing. Ralf Heidenreich



- ▶ **Entstehung von Emissionen bei der Verbrennung**
- ▶ **Primäre Emissionsminderung**
- ▶ **Abscheidung von Schadstoff- Partikeln**
- ▶ **Praktische Möglichkeiten und neue Entwicklungen**

Grundsatzproblematik: Brennstoff / Kesselbetrieb



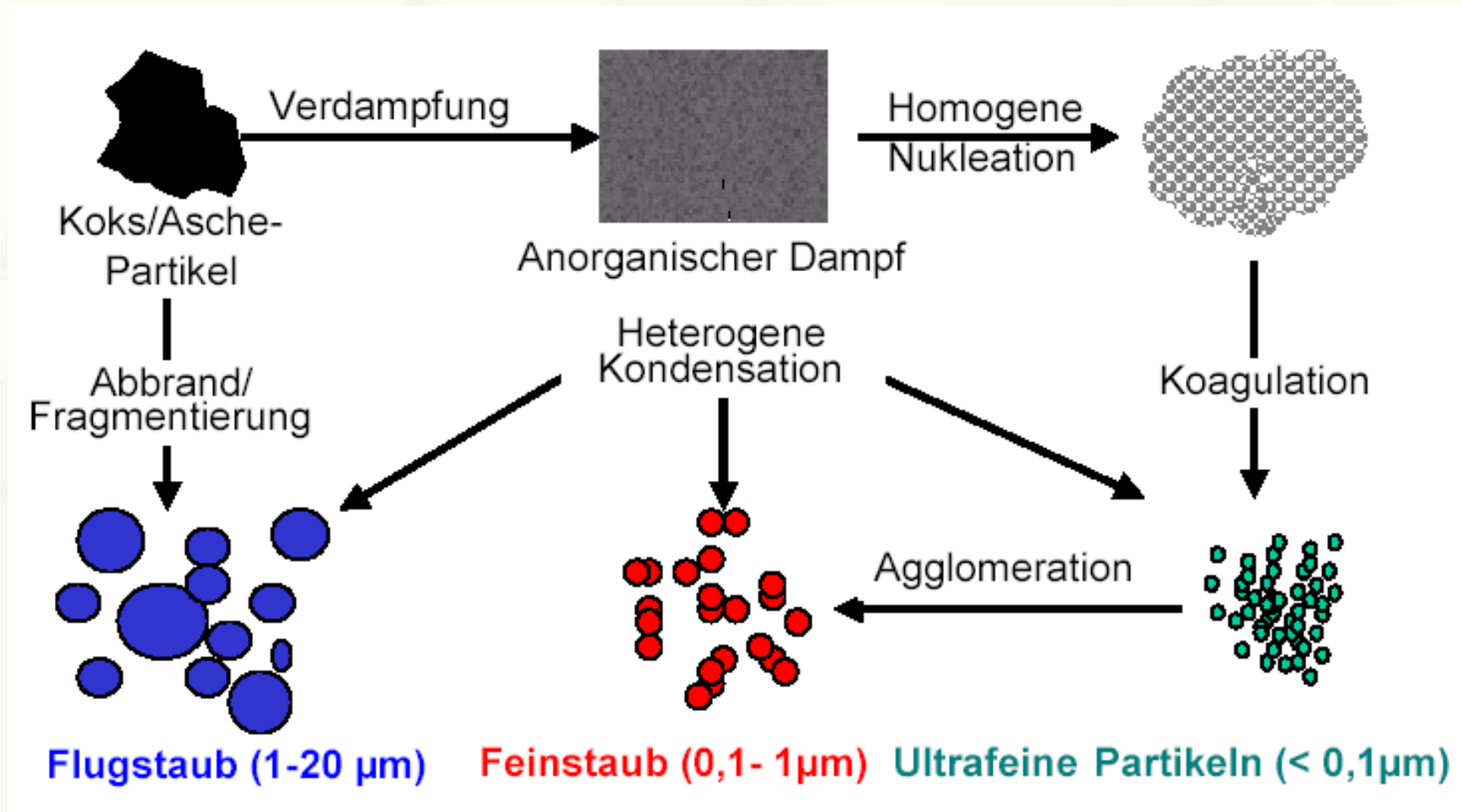
Brennstoffzufuhr über Ballenauflöser



Kesselanlage für Häcksel- Stroh und Pellets

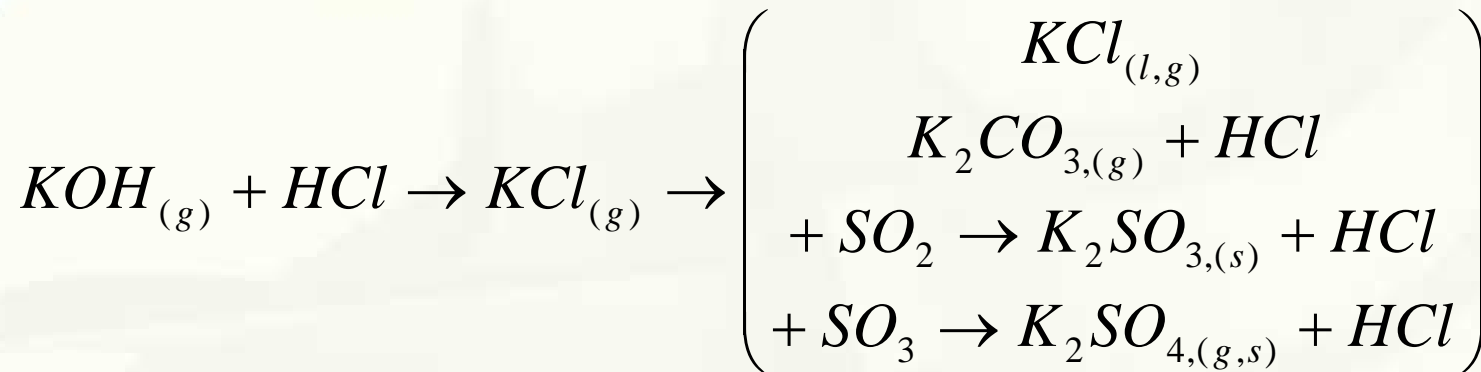


Staubfreisetzung beim Verbrennungsprozess



Aerosolbildung bei der Verbrennung von Koks/Asche – Partikeln

Wege der Partikelentstehung durch Kalium



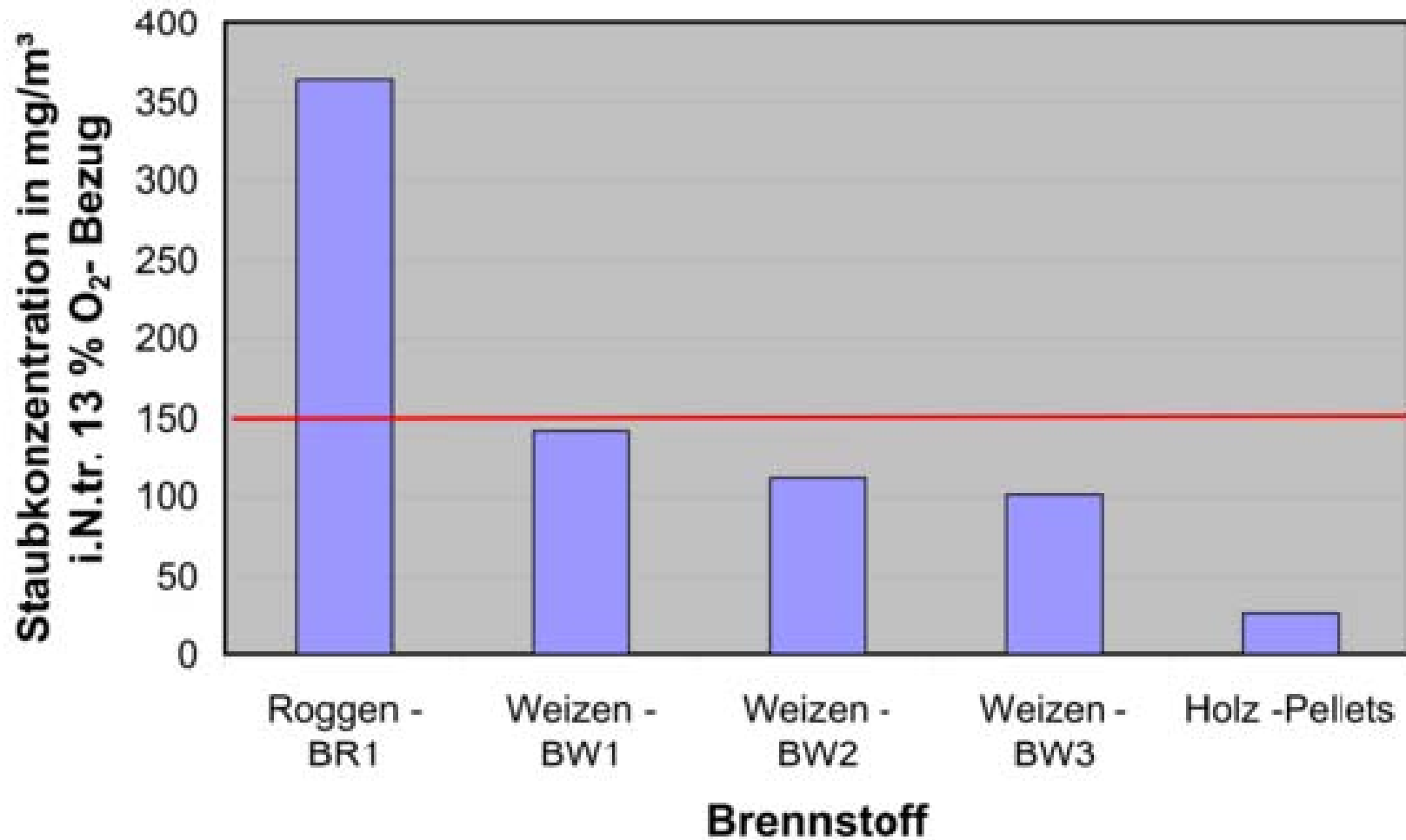
(g) - gaseous, gasförmig;

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

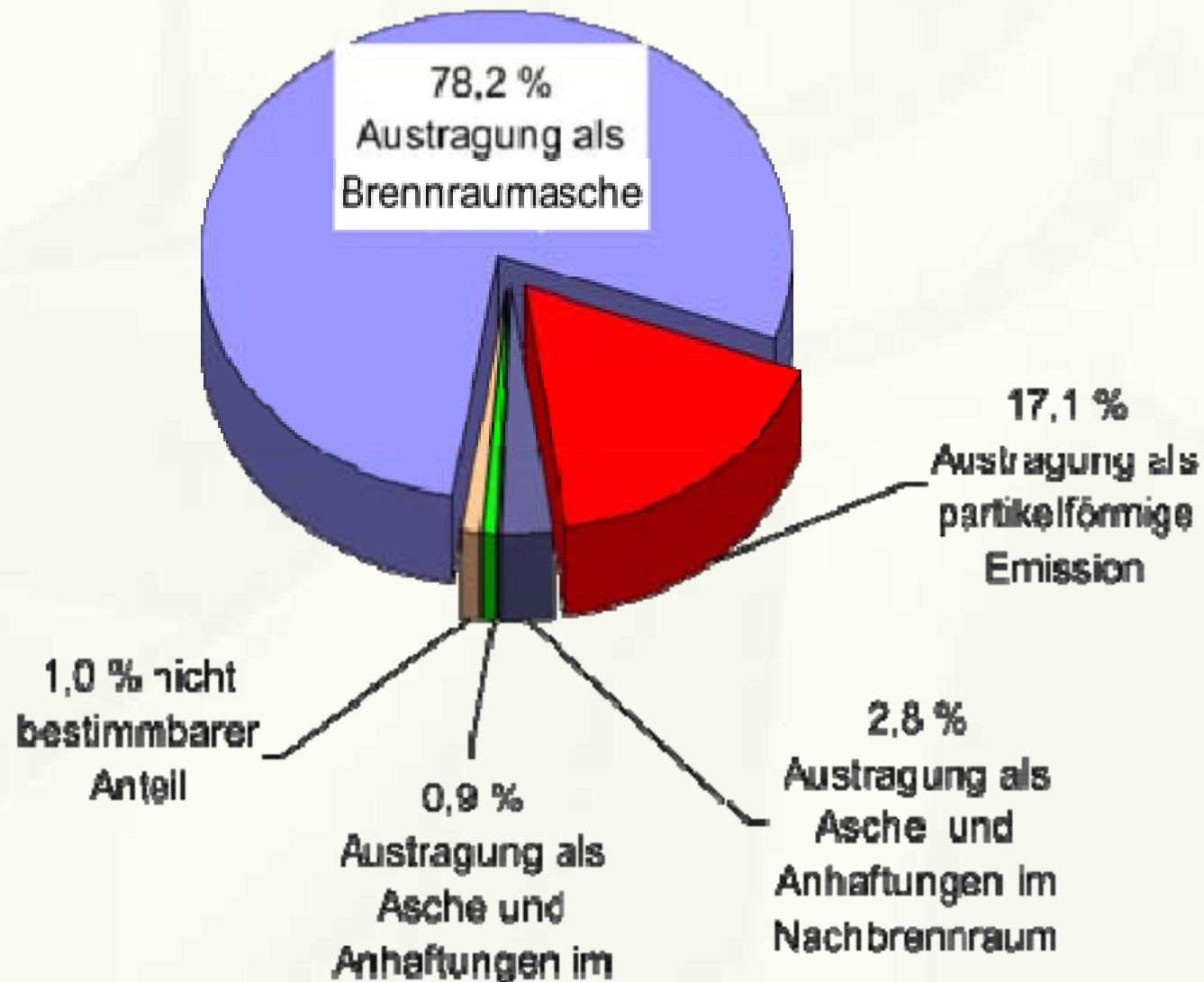
möglichen chemischen Verbindungen für eine Partikelentstehung durch Kalium:

- Betonung der Pfade, die zu KCl und K₂SO₄ führen
- bei der Abkühlung des Rauchgases - Umwandlungen
- in Klammern - mögliche Reaktionsprodukte

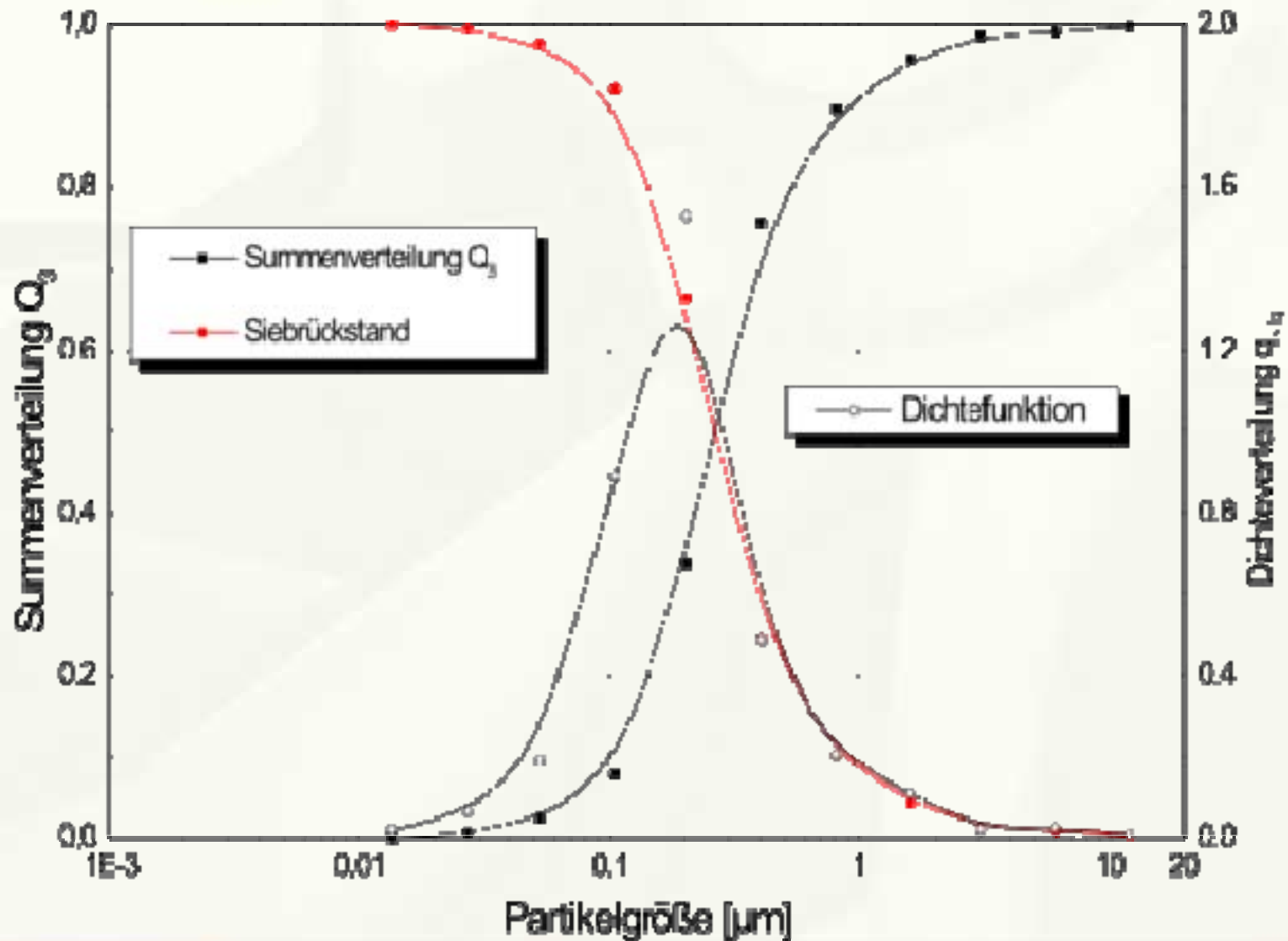
Emissionsarme Verbrennung



Kaliumbilanz eines Roggenbrennstoffs



Partikelgrößenverteilungen

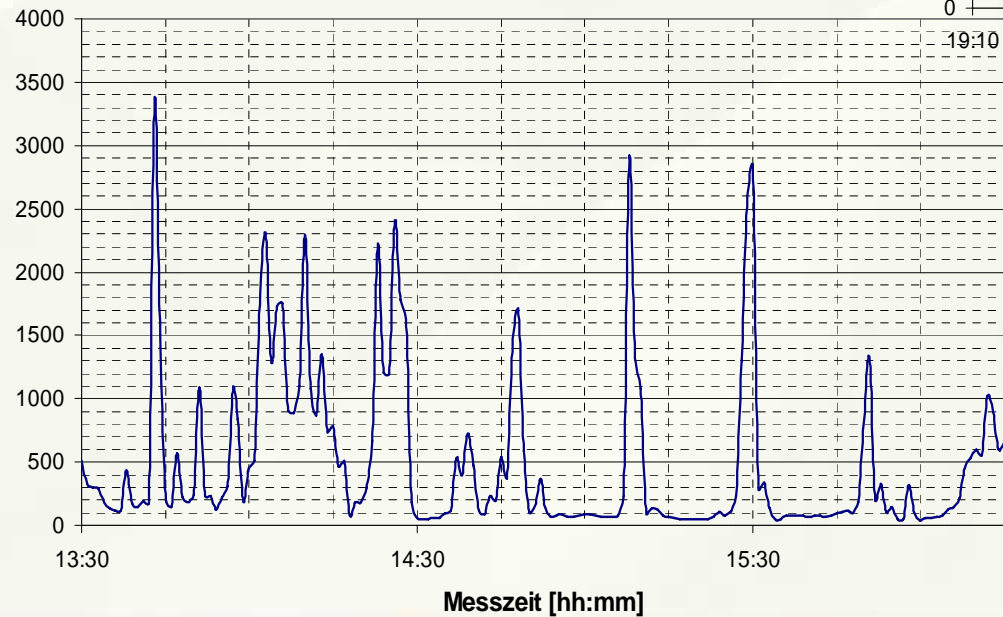
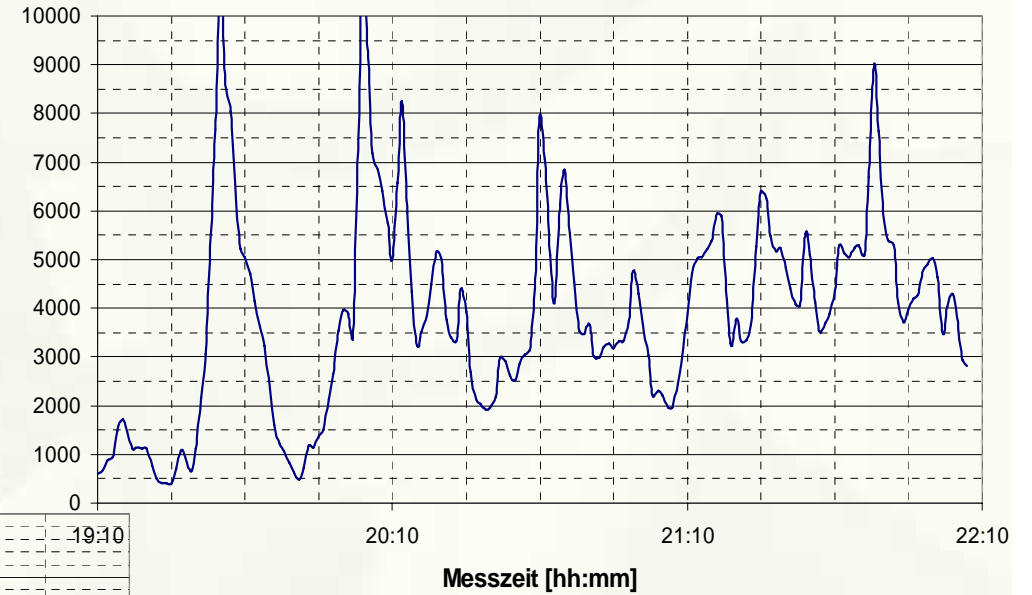


Korrosion an Luftdüsen - Auswirkung



CO - Konzentration [mg/m_N³ i.tr.Abg.]

CO - Konzentration [mg/m_N³ i.tr.Abg.]





- ▶ 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

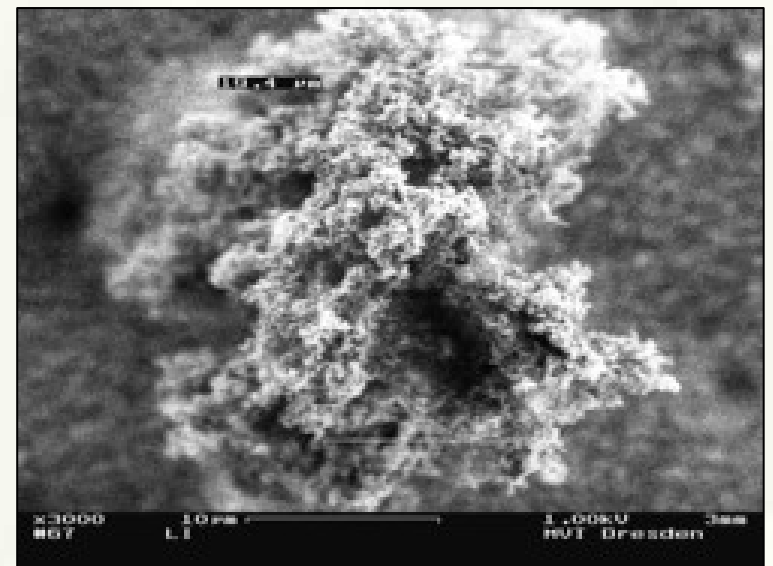


- ▶ Pflanzenbauliche Maßnahmen - verlängerte Feldliegezeiten verringern den Alkali- und Chlorgehalt um 70 % (Sächs. Landesanstalt)
- ▶ Brennstoffaufbereitung/ Pelletierung und Zugabe geeigneter Additive (Tonmineralien) - Emissionsminderung um 25 - 30 % (ILK)
- ▶ Verbrennung mit Low- Particle- Konzept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

Feinstaerosole aus Verbrennungs-/ Sublimationsprozessen



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

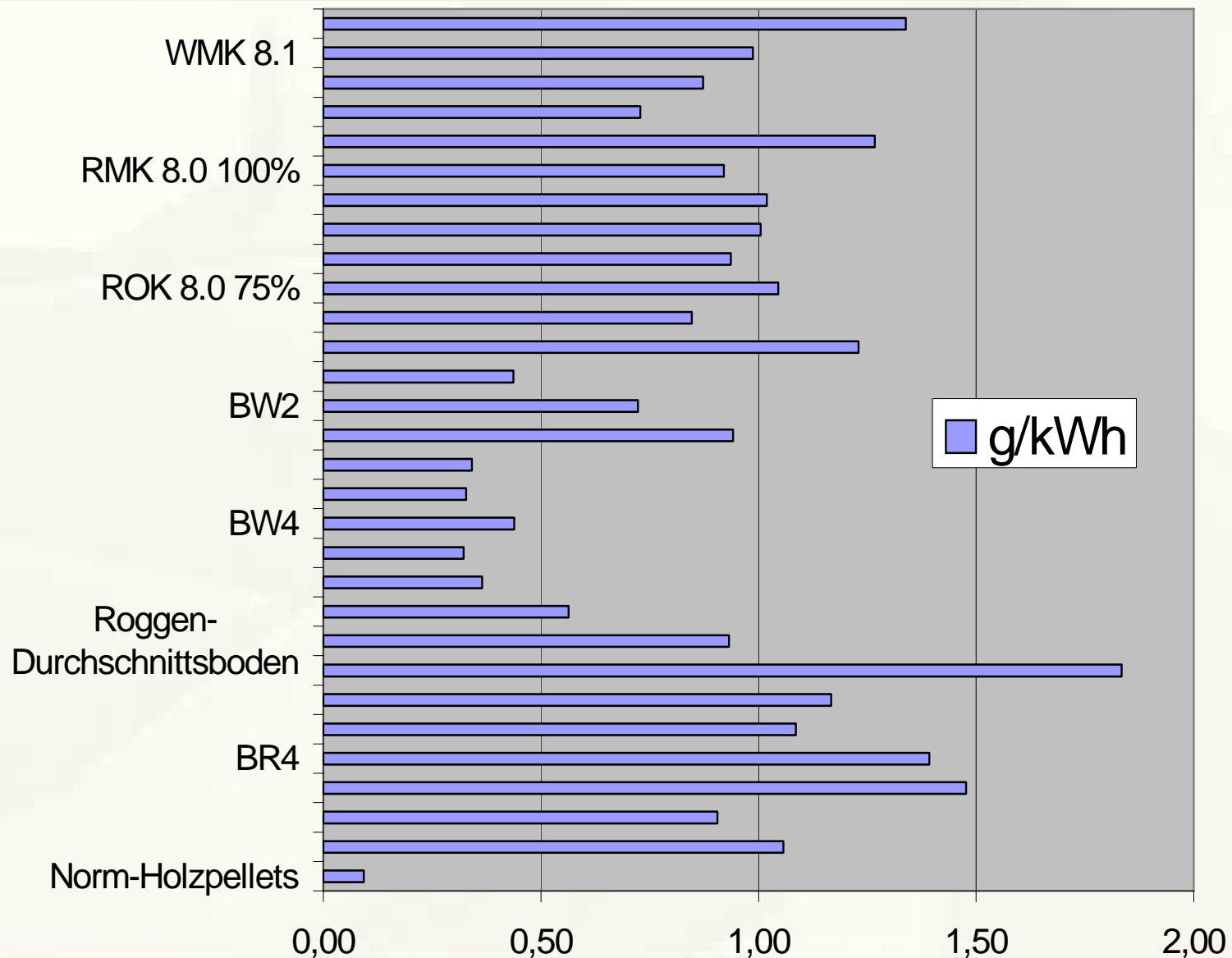


Einfluss des Press- Verfahrens und der Zuschlagstoffe auf die Pellets

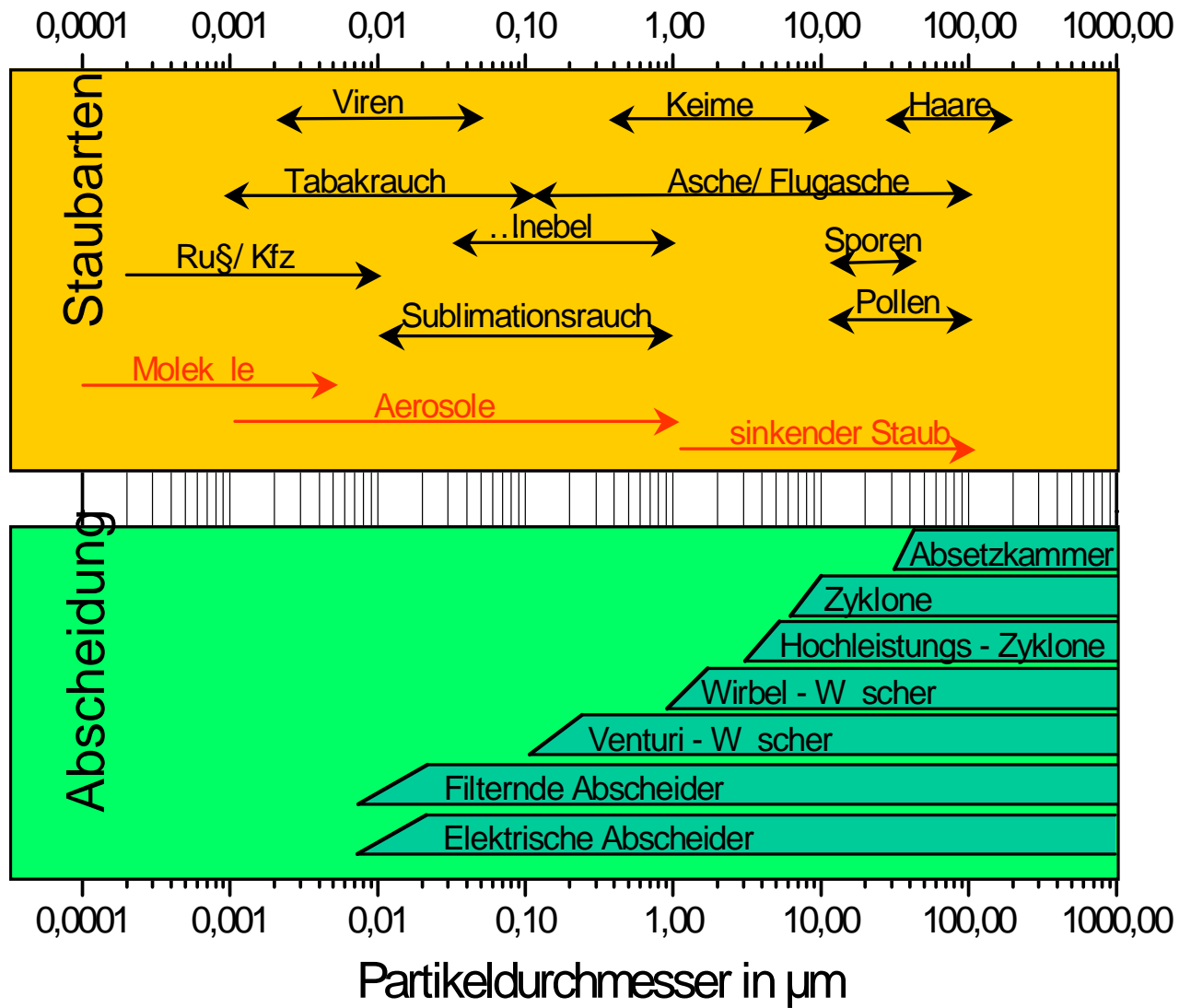


1 : 5	Pressverhältnis	1 : 5,9
P1	Teilversuch	P2
76 kg/h	Durchsatz	30 kg/h
32,9 kWh/t	Stromaufnahme	93,3 kWh/t
Querrisse, matt, geringer Feinanteil	Pelletqualität	blank, keine Feinanteile
	Ansicht	

Spezifische Emissionen von Strohpellet- Brennstoffen



Leistungsfähigkeit von Staubabscheideverfahren



Elektrostatische Abscheider



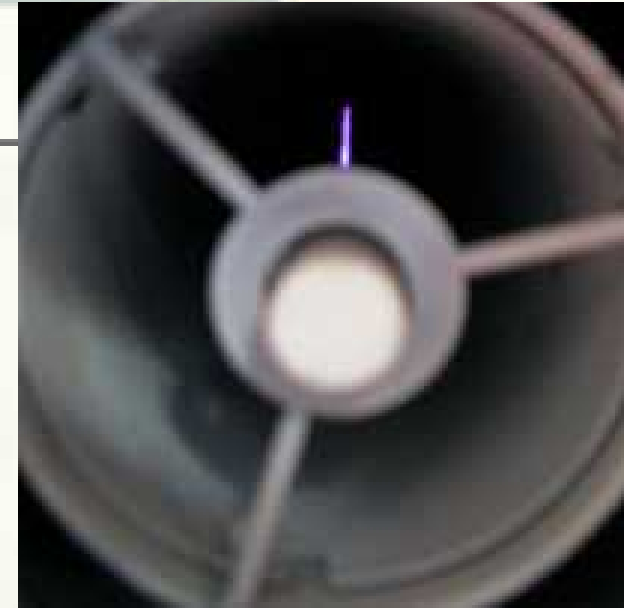
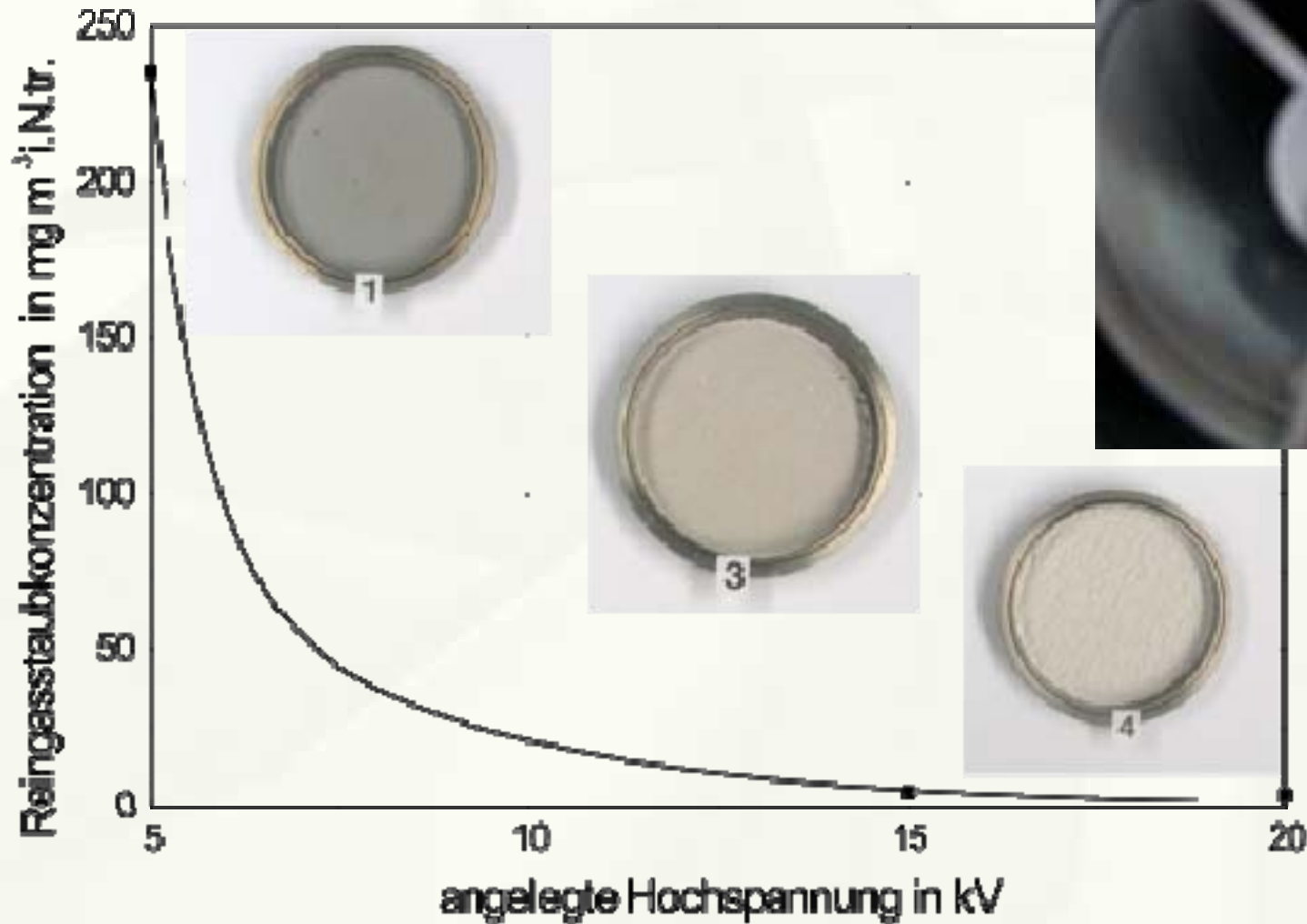
- **Beschichtete Niederschlagselektrode**
Integrierte Vorabscheidung
- **Impulsabreinigung der Wandflächen und der Sprühelektrode**
- ▶ **Abscheideleistung:**
95,8 % bei 155 mg/Nm³
Rohgasstaubgehalt
Reingas < 10 mg/ Nm³



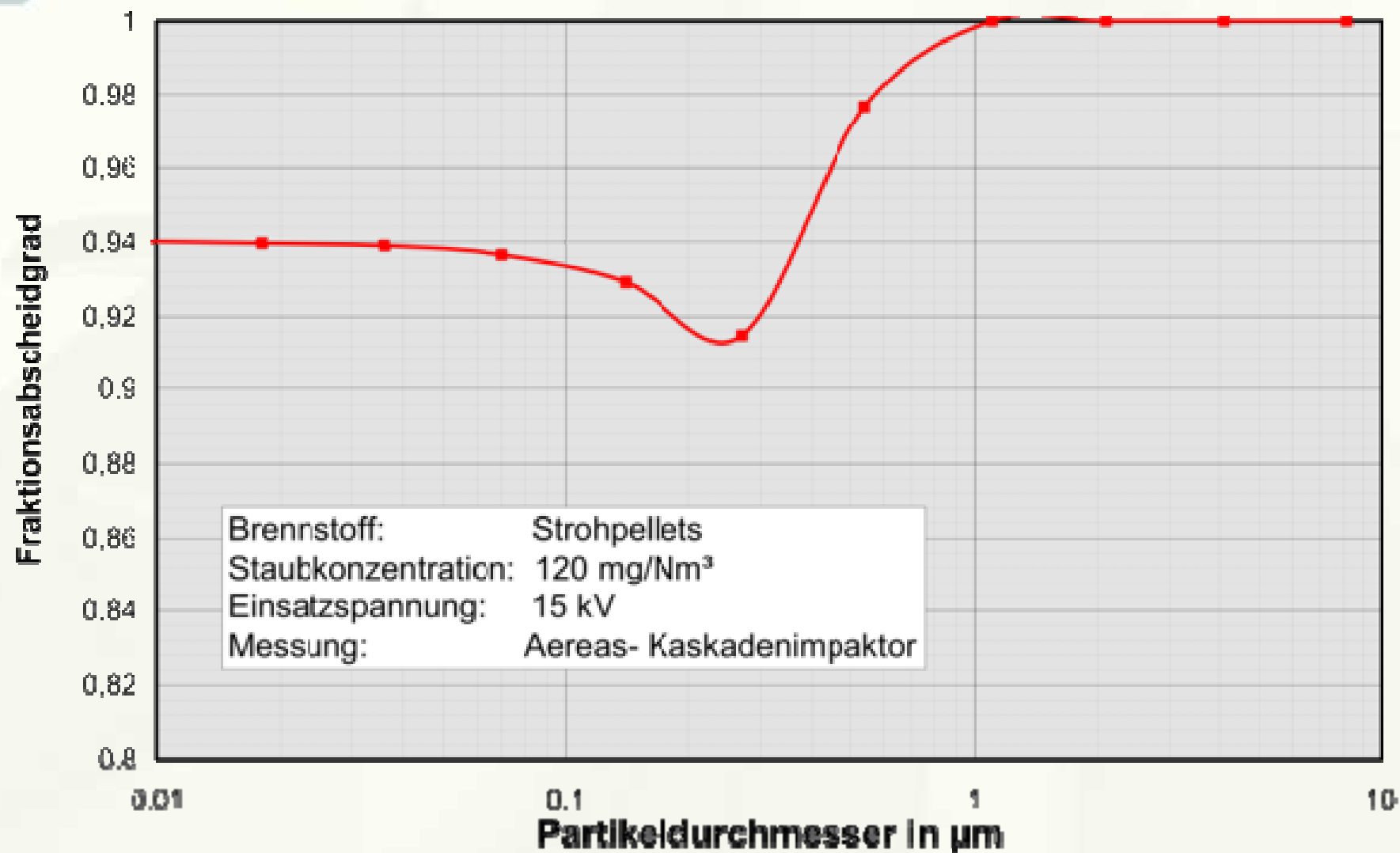
Abscheideraufstellung hohes Staubaufkommen



Staubkonzentration im Abgas in Abhängigkeit der angelegten Spannung



Fraktionsabscheidegrad - Messwerte



Abscheiderinnenraum - Schüttschicht- Filter



Abscheideraufstellung im Heizraum



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

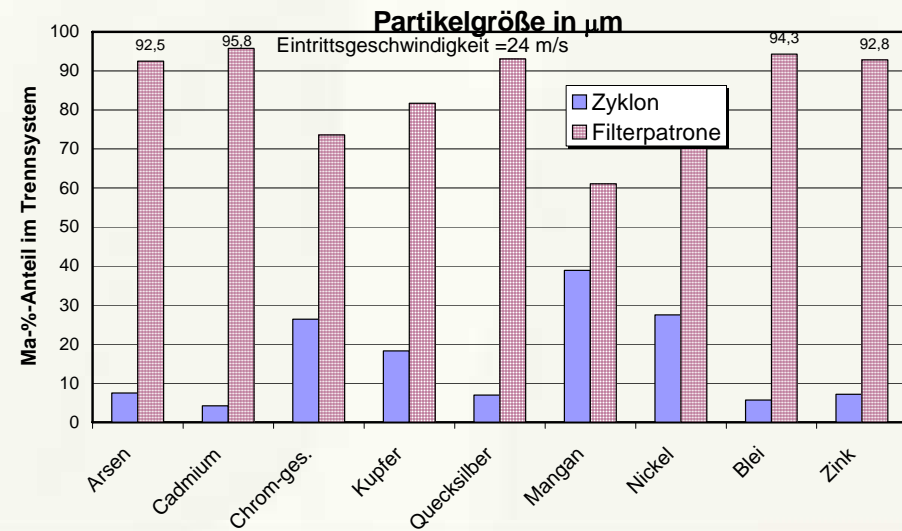
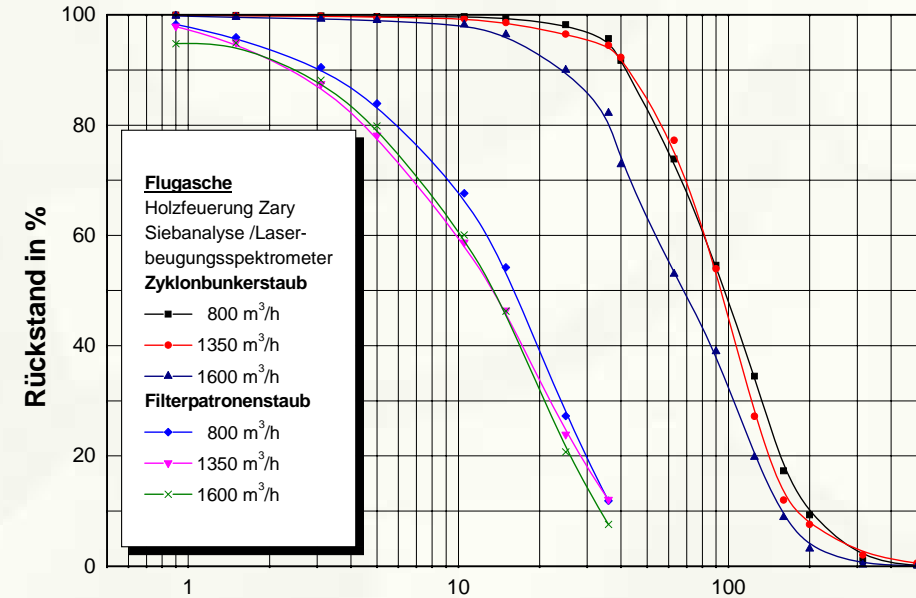


Filternde Abscheider: Vergleich von Filterelementen



	Einheit	Filter- schlauch	Metall- Filter- patrone	Filter- platte	Verbund- Filter- platte
max. Temperatur	°C	250	280	250	250
Abmessung	mm	160	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,-

Filternde Abscheider

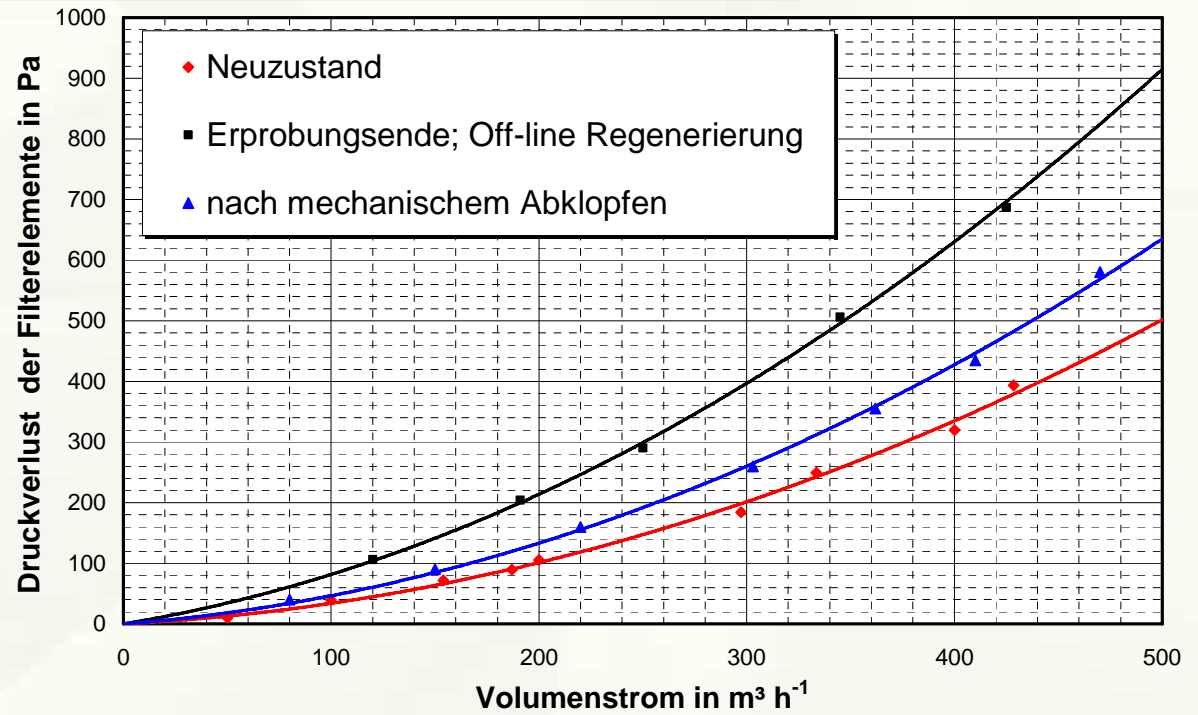


Ergebnisse Glasgewebe



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

Filternder Abscheider mit Metallpatronen



Ergebnisse Metallgewebe

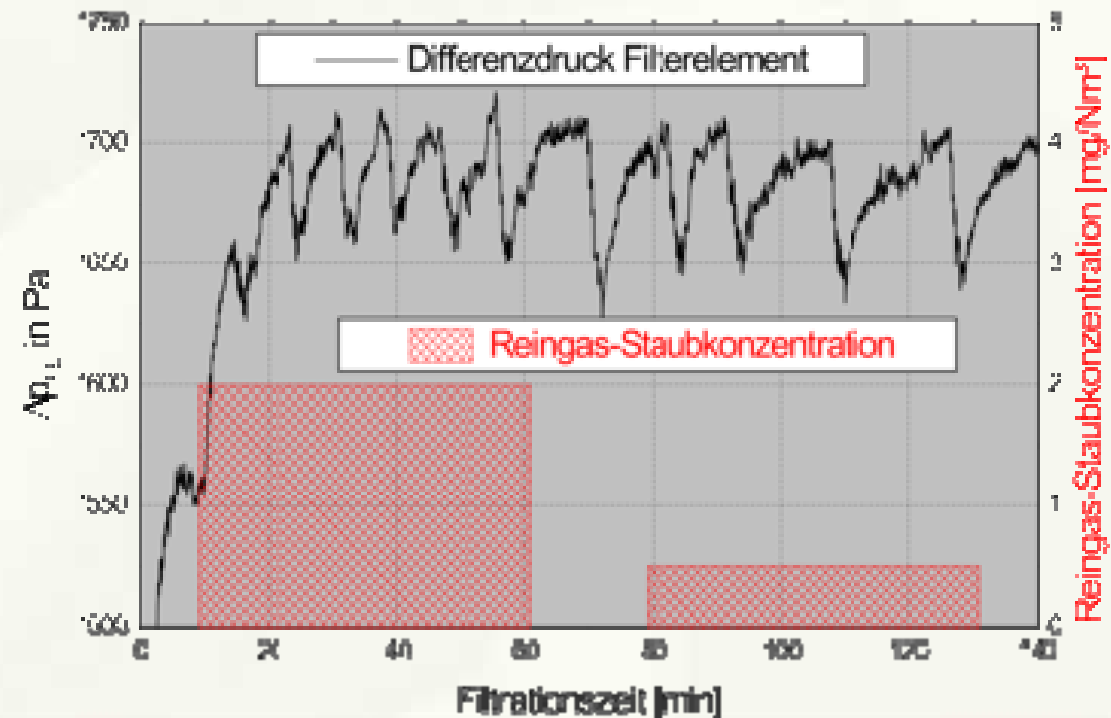


Messreihe		Staubgehalt im Rohgas in mg/m ³ i.N.tr.	Betriebszustand	Messreihe		Staubgehalt im Rohgas in mg/m ³ i.N.tr.	Betriebszustand
1		133	Normal	1		8,1	Normal
2		73	Intervall	2		4,7	Intervall
3		119	Intervall	3		6,4	Intervall
4		103	Normal	4		5,1	Normal
5		92	Normal	5		3,3	Normal
Mittelwert		104		Mittelwert		5,5	

Filterplatten aus Vliesstoff-Metall-Verbund-Material



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



Anforderungen an das Filtergerät

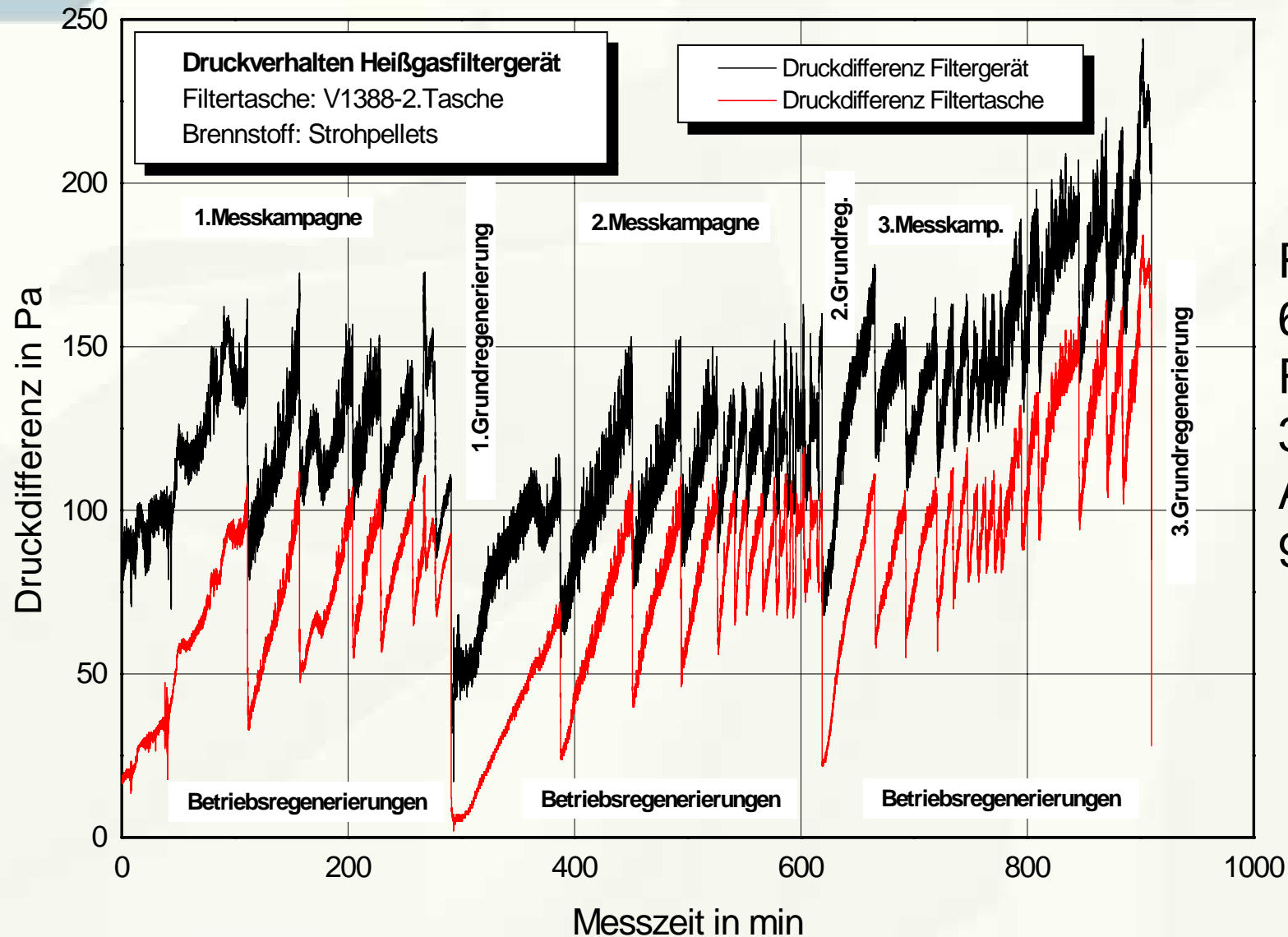


- ▶ **Staubabscheidung für heiße Gase - max. Temp. 240°C**
- ▶ **geringer Druckverlust und Energieverbrauch - < 250Pa**
- ▶ **gute Abscheideleistung für Feinstaub - < 10mg/m³**
- ▶ **gute Handhabung – Platzbedarf, Wartungsaufwand, Preis.**

Neues Abscheidegerät mit hohem Gasdurchsatz



Druckverhalten – Strohpellet-Verbrennung



Rohgas:
60 mg/m³
Reingas:
3 mg/m³
Abscheidung:
90%

Zusammenfassung



- ▶ **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)**
- ▶ **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**