

Dipl.-Ing. Wolfgang Föhlisch  
W. Föhlisch Verbrennungsanlagen und  
Automatisierungstechnik, Halle

Dipl.-Ing. Stephan List, Dresden

## Minderung der Feinstaub-/Schadstoff- emission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

5. Dresdner Kolloquium zur Luftreinhaltung:  
Neue Anforderungen an die Partikelabscheidung

# Inhalt

- Neue europäische Gesetzgebung zur Luftqualität
- Anforderungen an Einäscherungsanlagen hinsichtlich Staubemission (1876 - 2001)
- Anlagentechnik zur Staubabscheidung in Krematorien
- Erfahrungen mit Festbettfilteranlagen
- Weiterentwicklung der Festbettfiltertechnik - 2-Schicht-Festbettfilter im Krematorium Meißen

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Europäische Gesetzgebung

- Rahmen-Richtlinie 96/62/EG (09/1996) über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität und Tochter-Richtlinien
- Umfangreiche Novellierungen: BImSchG, BImSchV, TA Luft, Richtlinien des BMU, VDI/DIN
- Einfluß auf Genehmigungsverfahren, behördliche Praxis kann sich auch auf die nicht genehmigungspflichtigen Einäscherungsanlagen auswirken
- bei Grenzwertüberschreitungen können Maßnahmen zur weiteren Emissionsminderung erforderlich werden

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

## 7 Kriterien (Richard Schneider, 1876)

- 1) Die Leiche soll möglichst rasch verbrannt werden.
- 2) Die Verbrennung soll sicher und vollständig geschehen und es darf nicht etwa nur ein Halbverbrennen oder Verkohlen stattfinden.
- 3) Der Process soll in decenter Weise und nur in für die Verbrennung menschlicher Leichen bestimmten Oefen vollzogen werden.
- 4) Es dürfen dabei für die Nachbarschaft keine belästigenden Verbrennungsproducte, Rauch, übelriechende Dämpfe etc. auftreten.

## 7 Kriterien (Richard Schneider, 1876)

- 5) Die Asche soll rein und weisslich aussehen und das Sammeln soll leicht und rasch ausführbar sein.
- 6) Der ganze Apparat wie auch die Versenkung soll möglichst billig und
- 7) soll so beschaffen sein, dass ohne wesentliche Unterbrechungen und Kostenaufwand mehrere Leichname hintereinander verbrannt werden können

“Pietät, Umweltschutz, Ökonomie”

1. Europäischer Kongress der Freunde der Feuerbestattung,  
Dresden, 07.06.1876

## 27. BImSchV (1997), VDI 3891 (2001)

- Bundeseinheitliche Regelung Errichtung, Beschaffenheit und Betrieb von Anlagen zur Feuerbestattung
- Emissionsgrenzwerte:

Staubförmige Stoffe (Gesamtstaub)	10 mg/m <sup>3</sup>
Kohlenmonoxid	50 mg/m <sup>3</sup>
Organische Stoffe (Gesamt-C)	20 mg/m <sup>3</sup>
Dioxine/Furane	0,1 ng TE/m <sup>3</sup>
- Darstellung der verfügbaren Techniken zur Rauchgasreinigung ohne Bewertung der Eignung
- Anforderungen an die Kalibrierung der kontinuierlichen Messtechnik und die Durchführung der regelmäßigen Emissionsmessungen

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Emissionsgrenzwerte für Feinstaub

Zulässige Gesamtstaubgehalte (bez. auf 11 % O<sub>2</sub>)

- TA Luft 1974 100 mg/m<sup>3</sup>
- TA Luft 1984 50 mg/m<sup>3</sup>
- 17. BImSchV 1990  
27. BImSchV 1997 10 mg/m<sup>3</sup>

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission  
bei Anlagen nach der 27. BImSchV

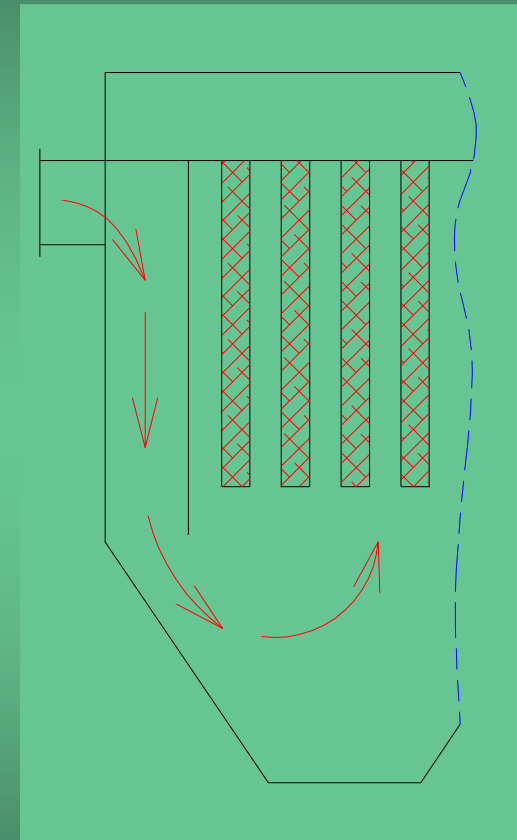
# Staubabscheider für Einäscherungsanlagen

- Massenkraftabscheider
- Zyklone
- Wäscher
- Elektroabscheider
- Filternde Abscheider (Festbettabscheider)
- Filternde Abscheider (Gewebefilter)

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

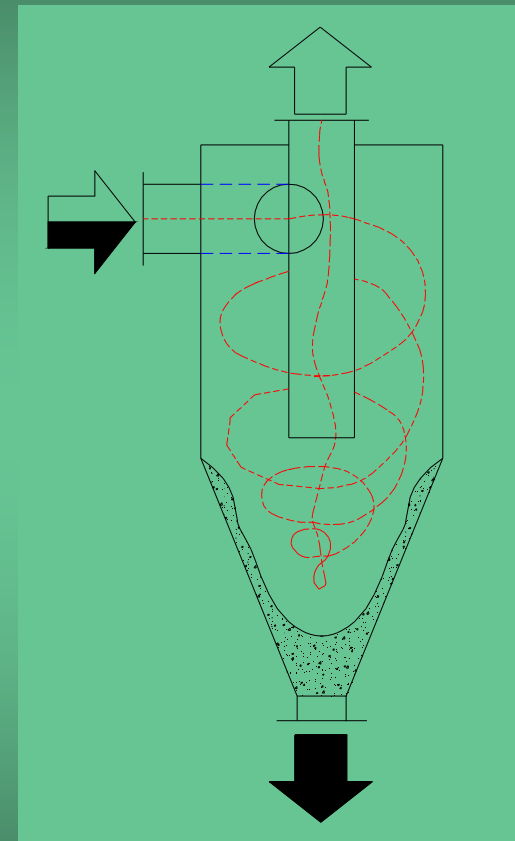
# Staubabscheider für Einäscherungsanlagen (Massenkraftabscheider)

- Trägheitskraft, Schwerkraft
- Querstrom-, Gegenstrom-, Umlenk-, Ringspaltabscheider
- nur für große Partikel (50..100  $\mu\text{m}$ ),  
Reingasstaubgehalt  $> 50 \text{ mg/m}^3$
- als Einström-Geometrie in  
Gewebefilter



# Staubabscheider für Einäscherungsanlagen (Zyklone)

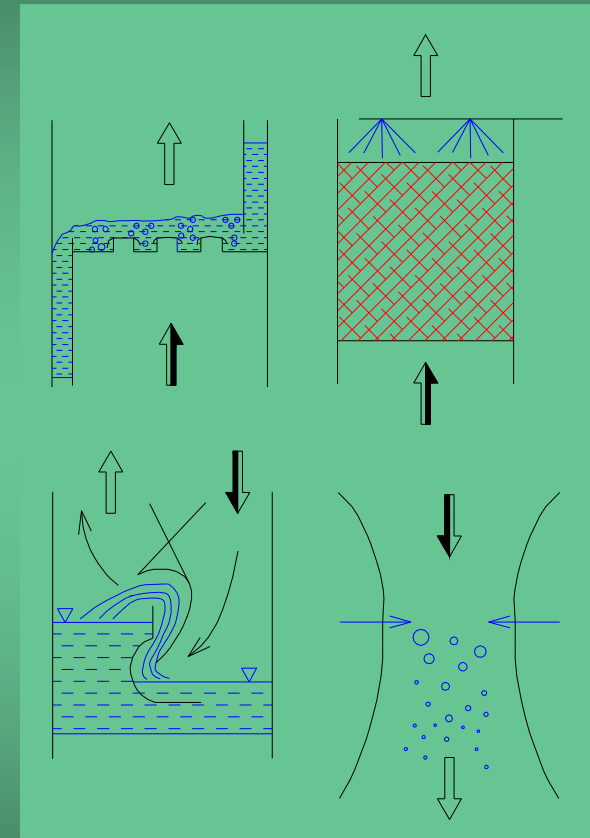
- Schwerkraft, Zentrifugalkraft
- Axial-, Radial-, Multizyklon
- Probleme in Krematorien: stark schwankende Volumenströme, kleine Partikel
- als Vorabscheider oder Reaktor für Flugstromverfahren



W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission  
bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Staubabscheider für Einäscherungsanlagen (Wäscher)

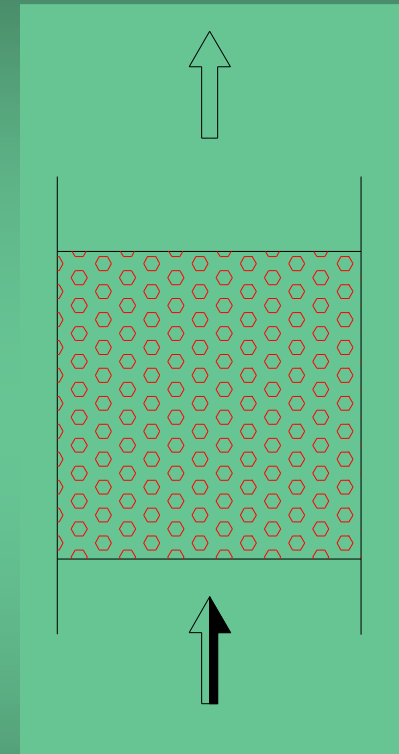
- Bindung der Partikel an Flüssigkeit (durchströmte Schicht, feste, gespülte Flächen, Anströmen einer Schicht, im Gas verteilte Tropfen)
- Probleme in Krematorien: Reingasstaubgehalt, Wasserdampffahne, vergleichsweise hohe Investkosten, hohe Druckverluste



W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Staubabscheider für Einäscherungsanlagen (Filternder Abscheider - Festbettfilter)

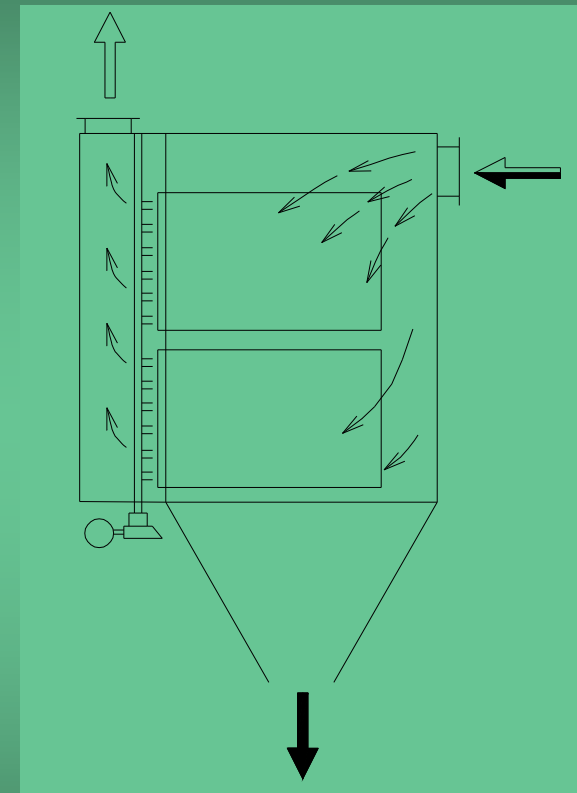
- Bindung der Partikel an den Körnern der Schüttung bzw. in der Staubschicht auf der Oberfläche durch Diffusion/Trägheit
- Probleme in Krematorien: hoher Druckverlust zur Erreichung des Reingasstaubgehalts, Gefahr des Staubdurchbruchs bei hohen Volumenströmen, Abreinigung der Schüttung aufwändig
- Einsatz als Adsorptionsfilter



W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

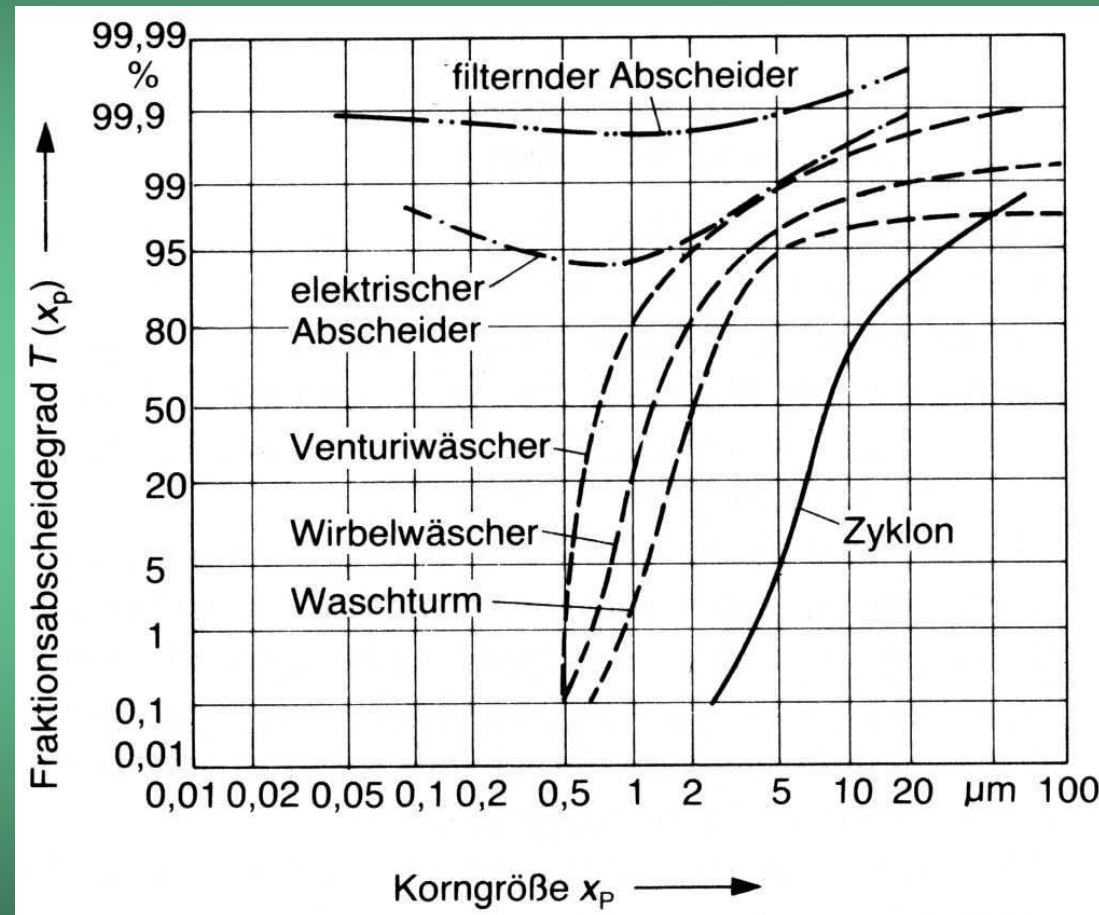
# Staubabscheider für Einäscherungsanlagen (Filternder Abscheider - Gewebefilter)

- Abscheidung von Partikeln auf luftdurchlässigen Oberflächen bzw. Staubschichten
- Textile und keramische Filtermedien (Filterschläuche, -taschen, -kerzen)
- Gute Abscheidung aller Partikelgrößen, Reingasstaubgehalte  $< 5 \text{ mg/m}^3$  leicht erreichbar
- Problem: Brandgefahr



W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Staubabscheider für Einäscherungsanlagen (Vergleich - Fraktionsabscheidegrad)



W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Physikalische Staubeigenschaften

KenngroÙe	Einheit	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
x10	$\mu\text{m}$	1,58	1,53	1,67	1,73
x50	$\mu\text{m}$	7,17	6,46	6,72	8,16
x90	$\mu\text{m}$	17,98	16,7	15,9	22,49
Dichte	$\text{kg}/\text{m}^3$	2,47	2,46	2,51	2,61
Analysenfeuchtigkeit	%	3,04	2,11	2,09	0,975
Schüttdichte	$\text{kg}/\text{m}^3$	0,149	0,120	0,151	0,155

## Physikalische Eigenschaften von Staubproben

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Schadstoffgehalte

Element	Einheit	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5	
Arsen	As	mg/kg	32	< 5	< 5	< 5	< 5
Blei	Pb	mg/kg	1630	1100	1100	1200	3900
Cadmium	Cd	mg/kg	37	94	81	120	130
Chrom	Cr	mg/kg	1700	2300	2700	2500	3300
Kupfer	Cu	mg/kg	261	470	570	420	720
Nickel	Ni	mg/kg	287	270	290	200	440
Quecksilber	Hg	mg/kg	530	170	190	500	120
Zink	Zn	mg/kg	20850	37000	41000	51000	16000
PCDD/PCDF	I-TEQ	ng/kg	100119	9256	13106	77866	49503

## Schwermetall- und Dioxin-/Furan-Gehalte von Staubproben

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Abscheidung gasförmiger Schadstoffe

- Flugstromverfahren
- Festbettfilterverfahren
- Katalytische Verfahren
  - Heißgasfilter, Katalysator im Reingas
  - Katalysator im Rohgas, Gewebefilter
  - Gewebefilter mit katalytischer Ausrüstung

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Erfahrungen mit Festbettfilter-Anlagen

## Vorteile der Festbettfiltertechnik:

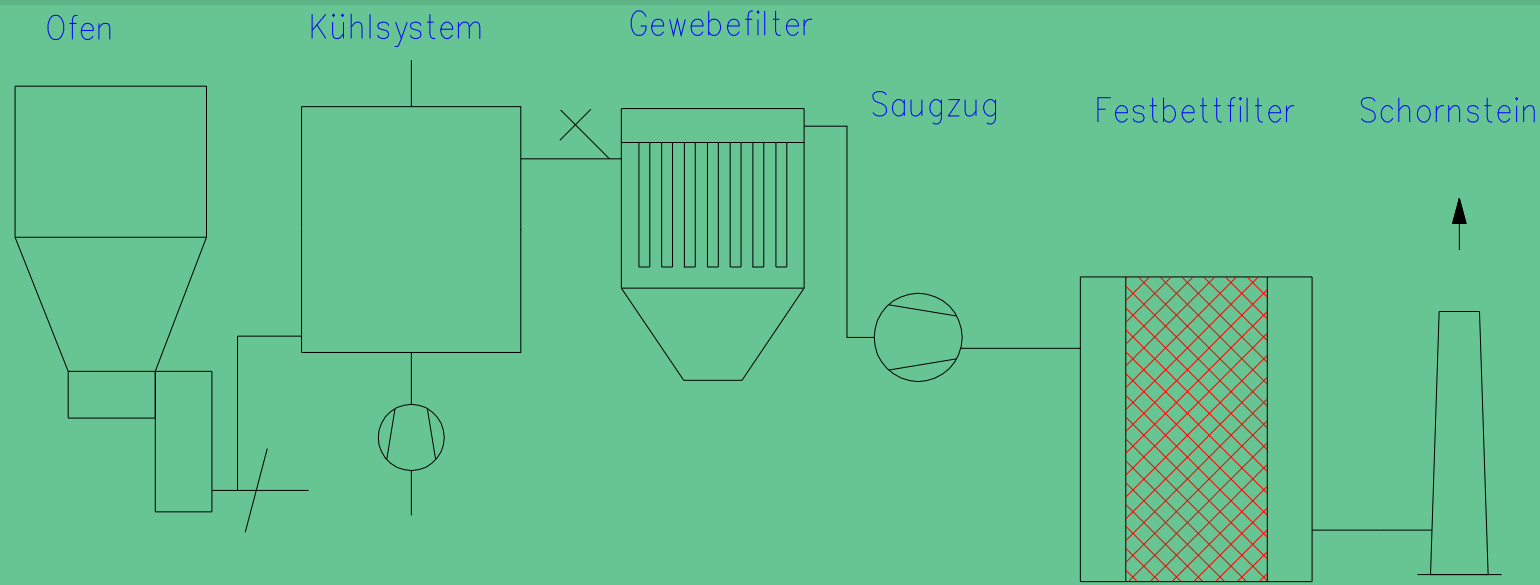
- große Abscheideeffektivität bei geringen Schadstoffkonzentrationen
- hohe Speicherkapazität, relative Unempfindlichkeit gegenüber Schadstoffspitzen
- Betrieb ohne Bedienungsaufwand
- zusätzlich mögliche Abscheidung von Schwermetallen und sauren Schadgasen

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Erfahrungen mit Festbettfilter-Anlagen (Anlagenlayout)

Gewebefilter Staubabscheidung

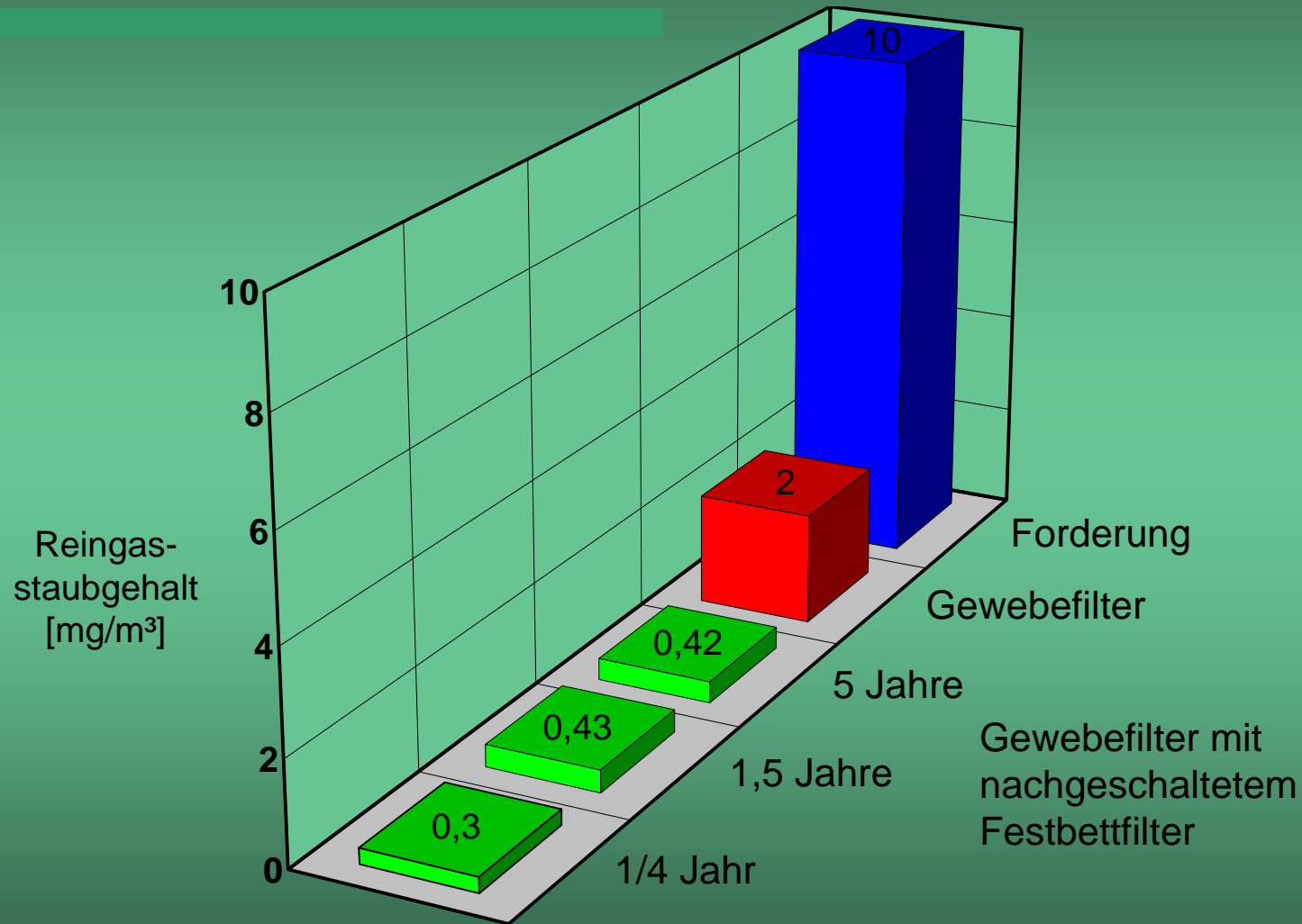
Festbettfilter Schadgasadsorption/Feinstaubabscheidung



Schema einer Rauchgasreinigungsanlage mit Gewebe- und Festbettfilter

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Erfahrungen mit Festbettfilter-Anlagen (Verbesserte Staubabscheidung)

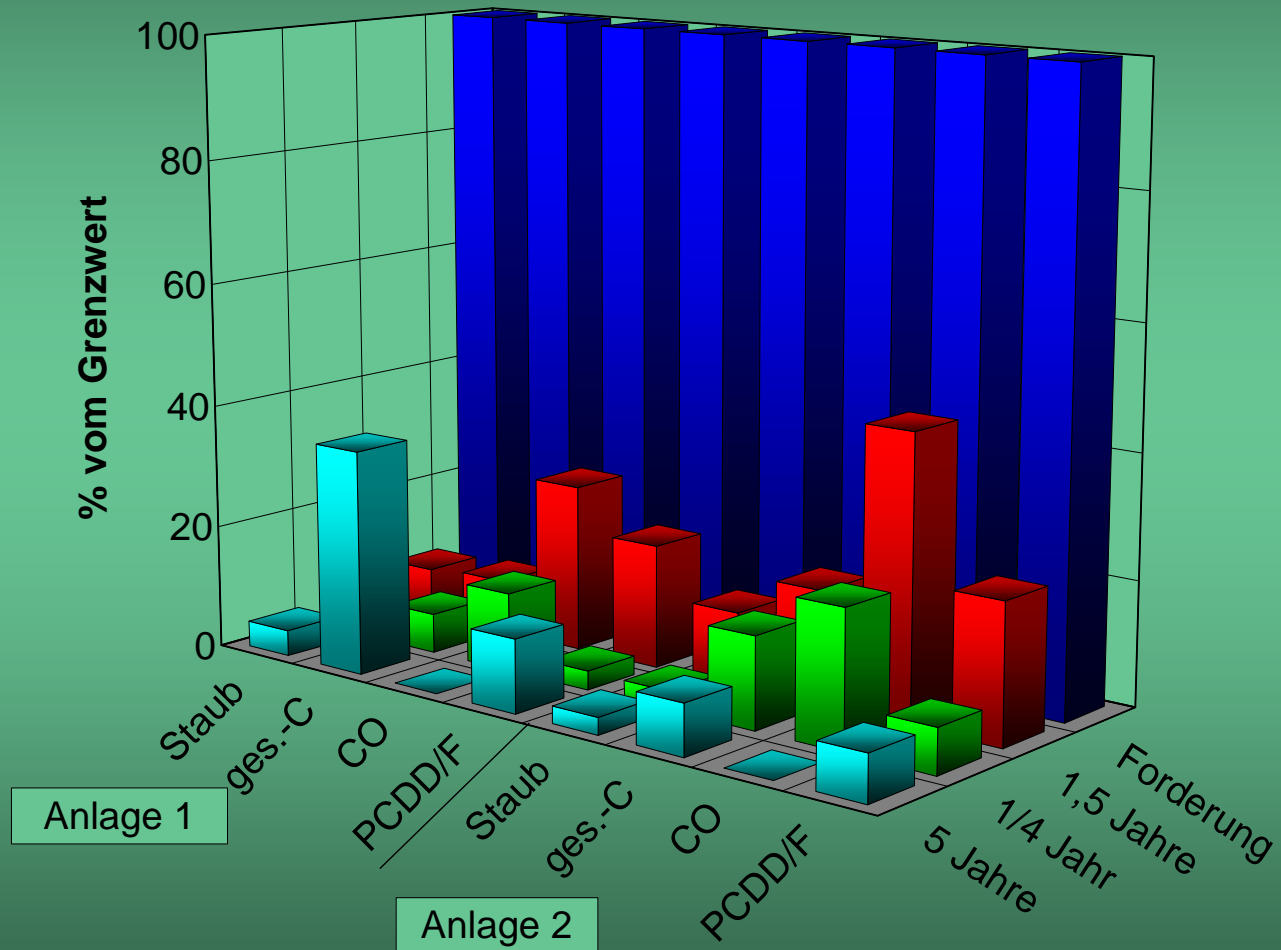


W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Erfahrungen mit Festbettfilter-Anlagen (Realisierte Anlagen)

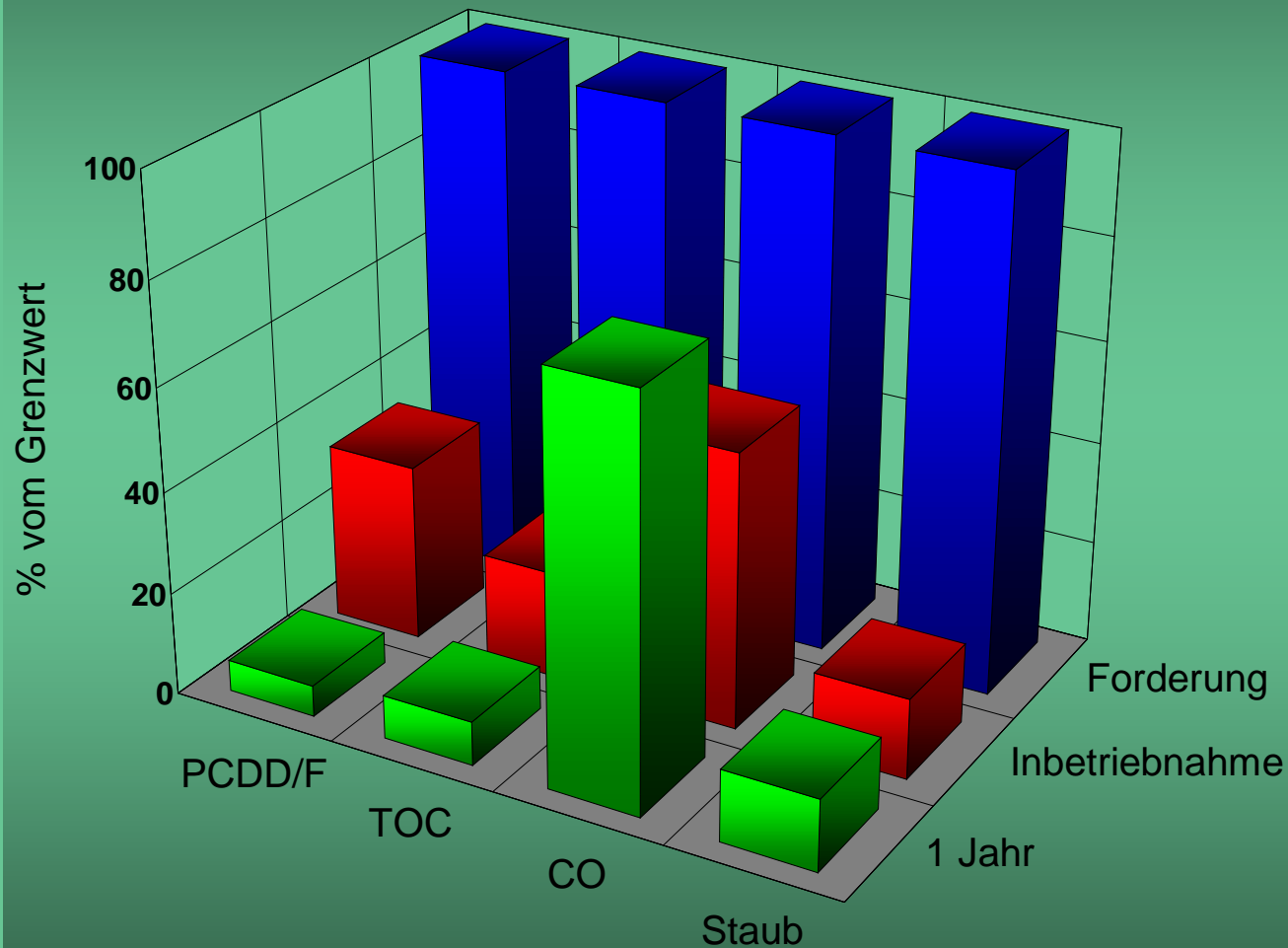
- 1996 Potsdam (2 Anlagen neu)
- 1998 Aachen (2 Anlagen neu)
- 1999 Gera (1 Anlage neu)
- 1999 Meißen (2 Anlagen ertüchtigt)
- 2000 Görlitz (1 Anlage ertüchtigt)

# Messwerte Krematorium Potsdam (1996 - 2001)



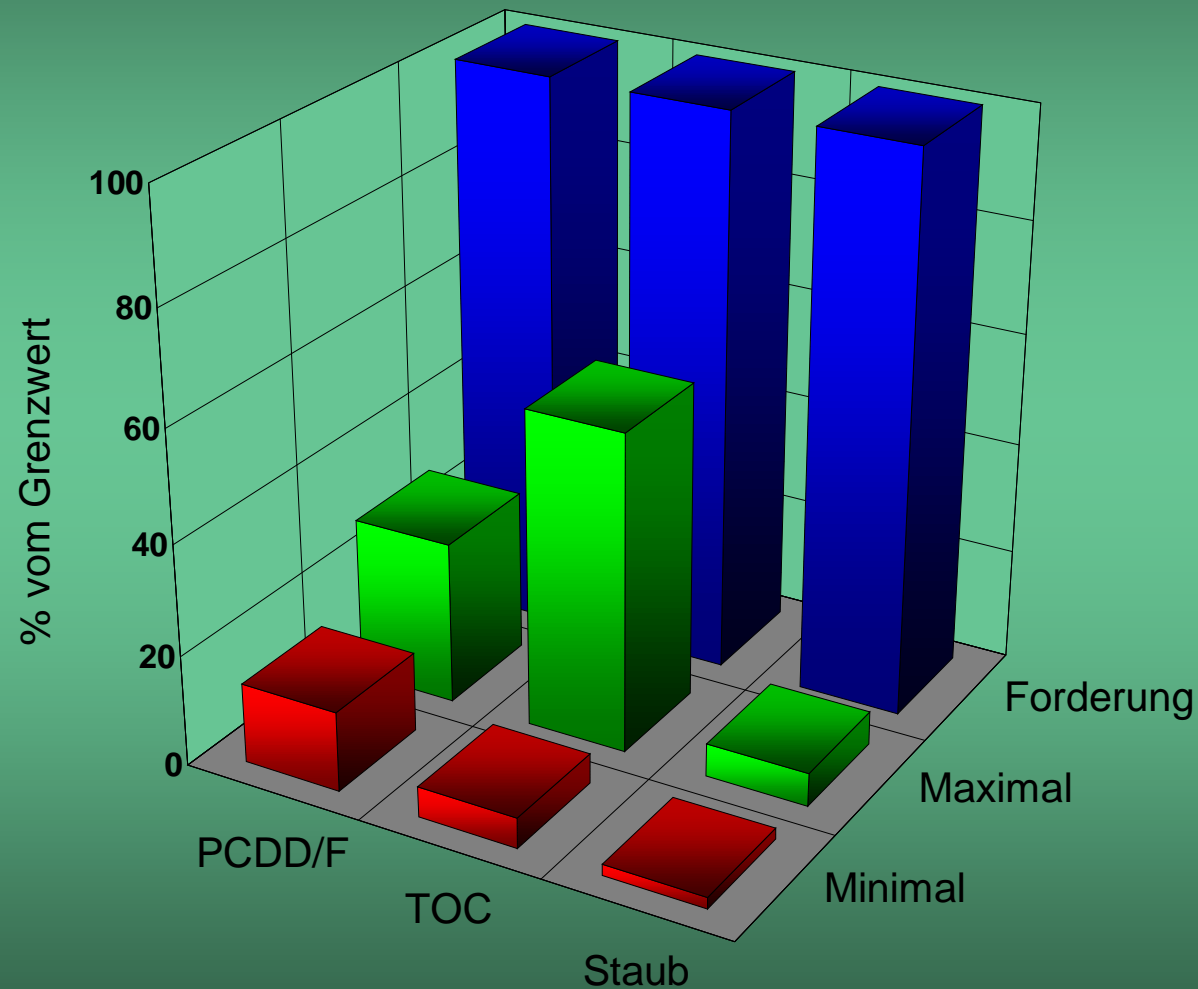
W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Messwerte Krematorium Gera (02/2000, 03/2001)



W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission  
bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# Messwerte (Krematorium Görlitz 11/2000)



W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission  
bei Anlagen nach der 27. BImSchV

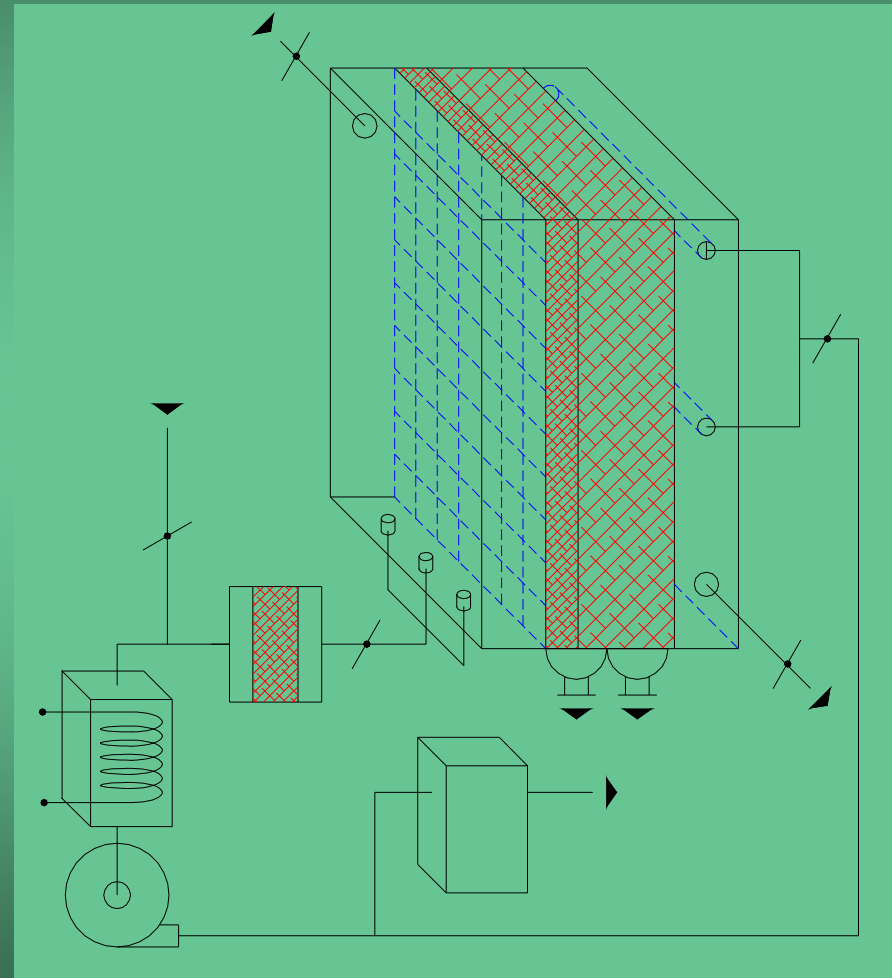
## 2-Schicht-Filter (Idee)

- Ausgangspunkt: unterschiedliche Eindringtiefe von Schadstoffen in das Festbett
- Verwendung von 2 unterschiedlichen Schichten:
  - Vorschicht: Abscheidung und Ausschleusung von Staub, Quecksilber, saueren Schadstoffen
  - Hauptschicht: Langzeit-Abscheidung von Dioxinen/Furanen  
im Filter durch Heizkreis thermisch regenerierbar, ausgetriebene PCDD/F werden mittels Katalysator zerstört

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

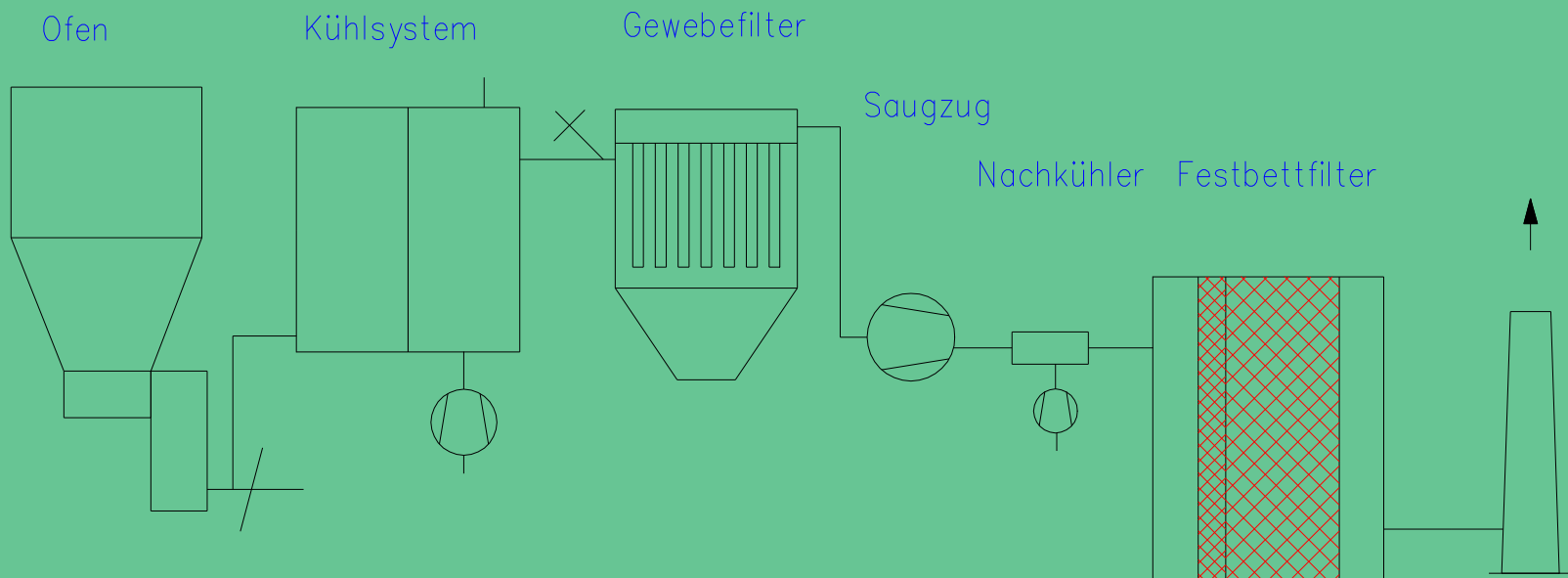
## 2-Schicht-Filter (Aufbau)

- Festbettfilter mit 2 stehenden Schichten
- Regenerier-/Aufheizkreis mit Heizregister und Katalysator



W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

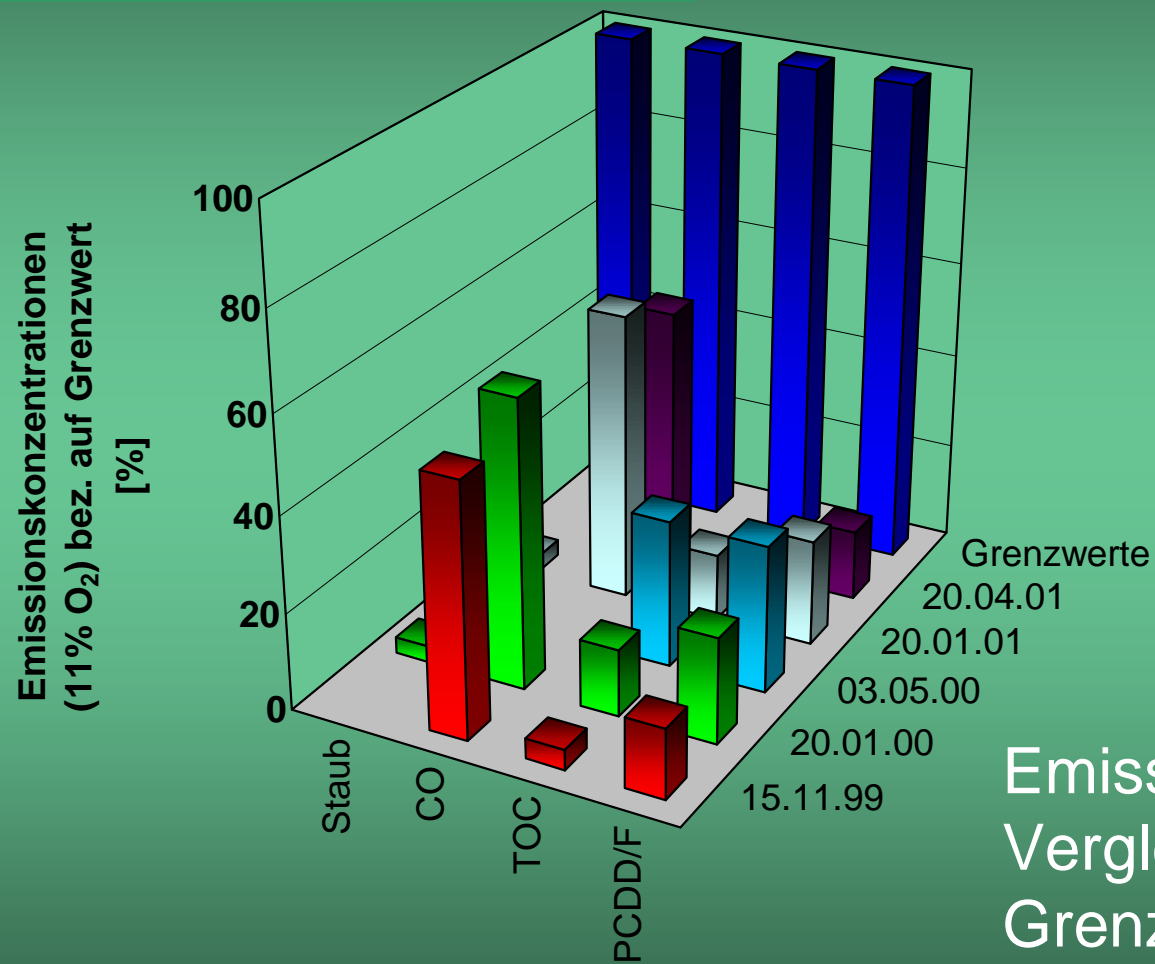
## 2-Schichtfilter (Anlagenschema)



Schema der Anlagen mit dem 2-Schichtfestbettfilter

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

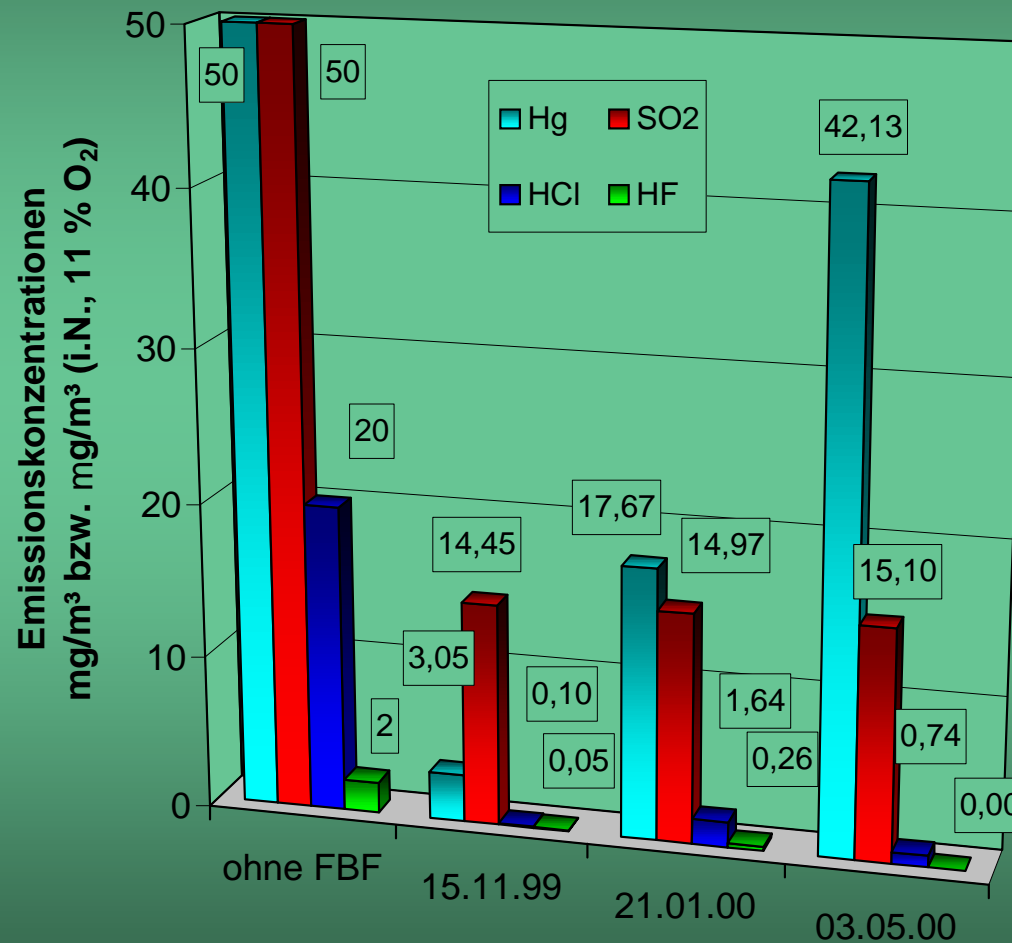
## 2-Schicht-Filter (Emissionen)



Emissionen im Vergleich mit den Grenzwerten

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

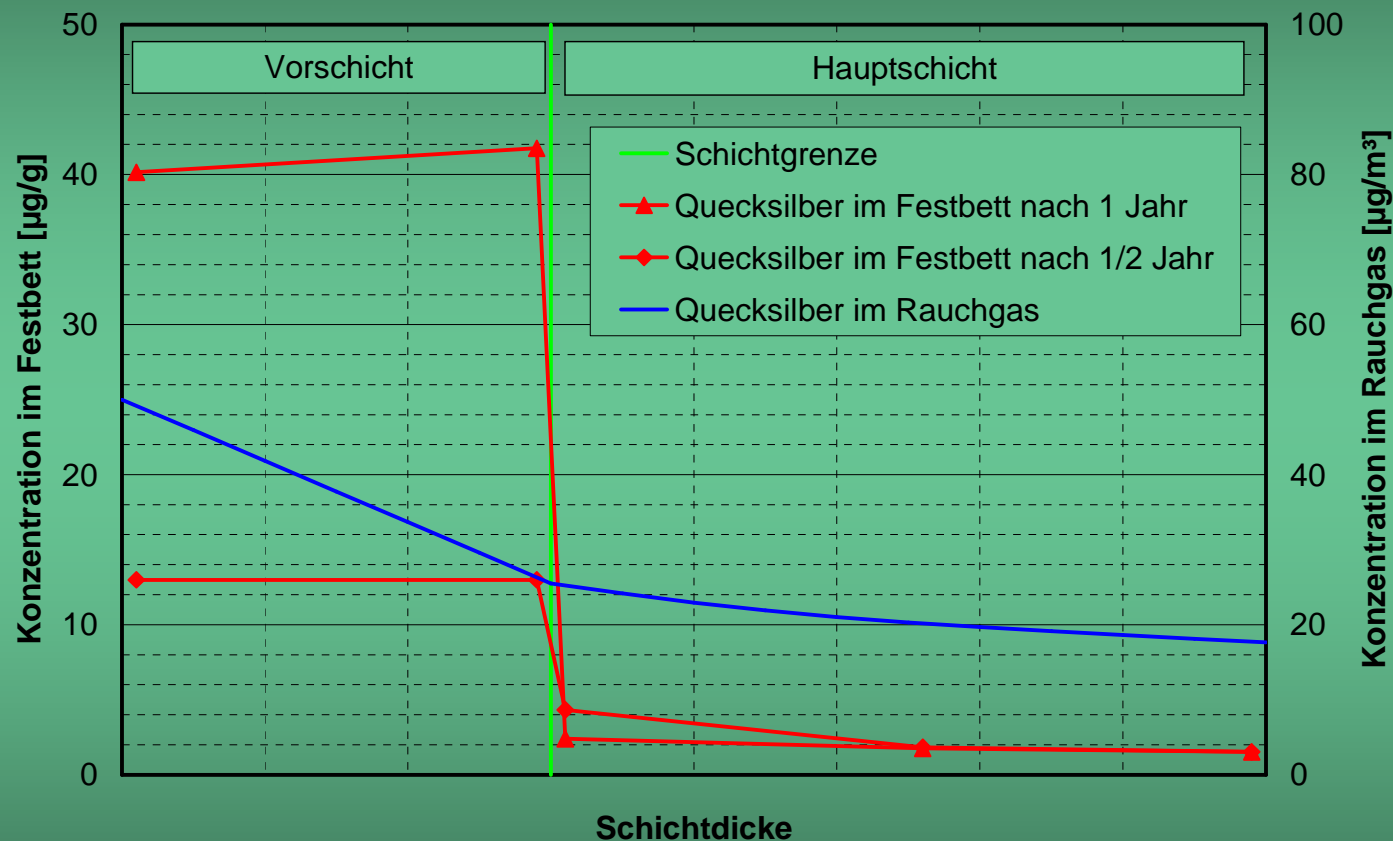
# 2-Schicht-Filter (Emission weiterer Schadstoffe)



Emissionen  
weiterer  
Schadstoffe

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

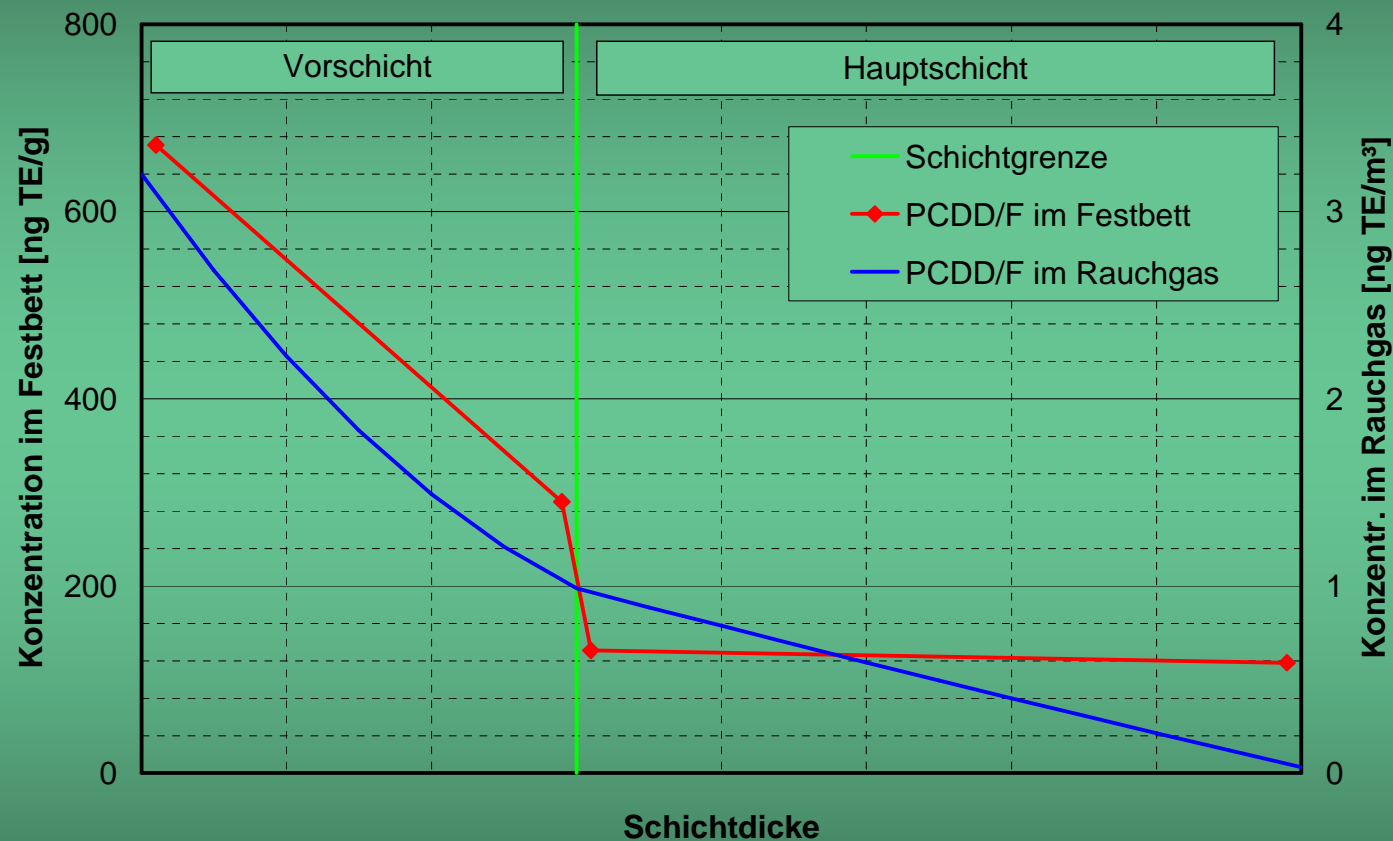
# 2-Schicht-Filter (Hg-Beladung und -Konzentration)



Beladung der Schicht mit Hg und Rauchgaskonzentration

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# 2-Schicht-Filter (PCDD/F-Beladung und -Konzentration)



Beladung der Schicht mit PCDD/F und RG-Konzentration

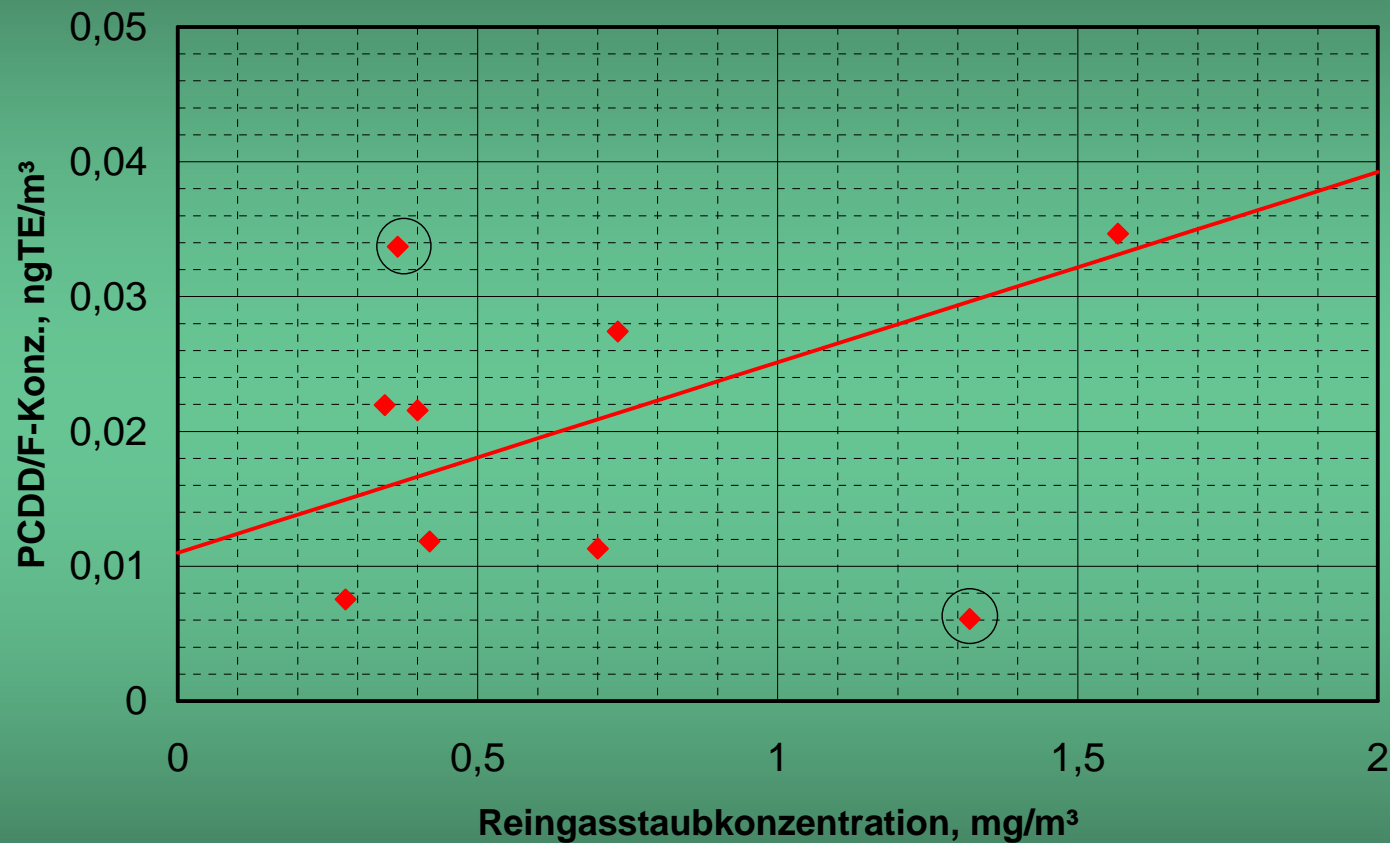
W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

## 2-Schicht-Filter (Vorteile)

- Betriebssicherheit durch unbrennbare Schüttschichten
- Kostensenkung Wegfall Überwachung/Inertisierung
- erhebliche Einsparung Adsorbens/Entsorgung
- geringerer Druckverlust (Schichtdicke, Körnung)
- lange Standzeit des Festbetts
- Abscheidung von Feinstaub, sauren Schadgasen und Quecksilber
- geringer Wartungs- und Bedienungsaufwand
- ökologisch günstig (Energieeinsparung, Verminderung der Abfallmenge, Abscheidecharakteristik)

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

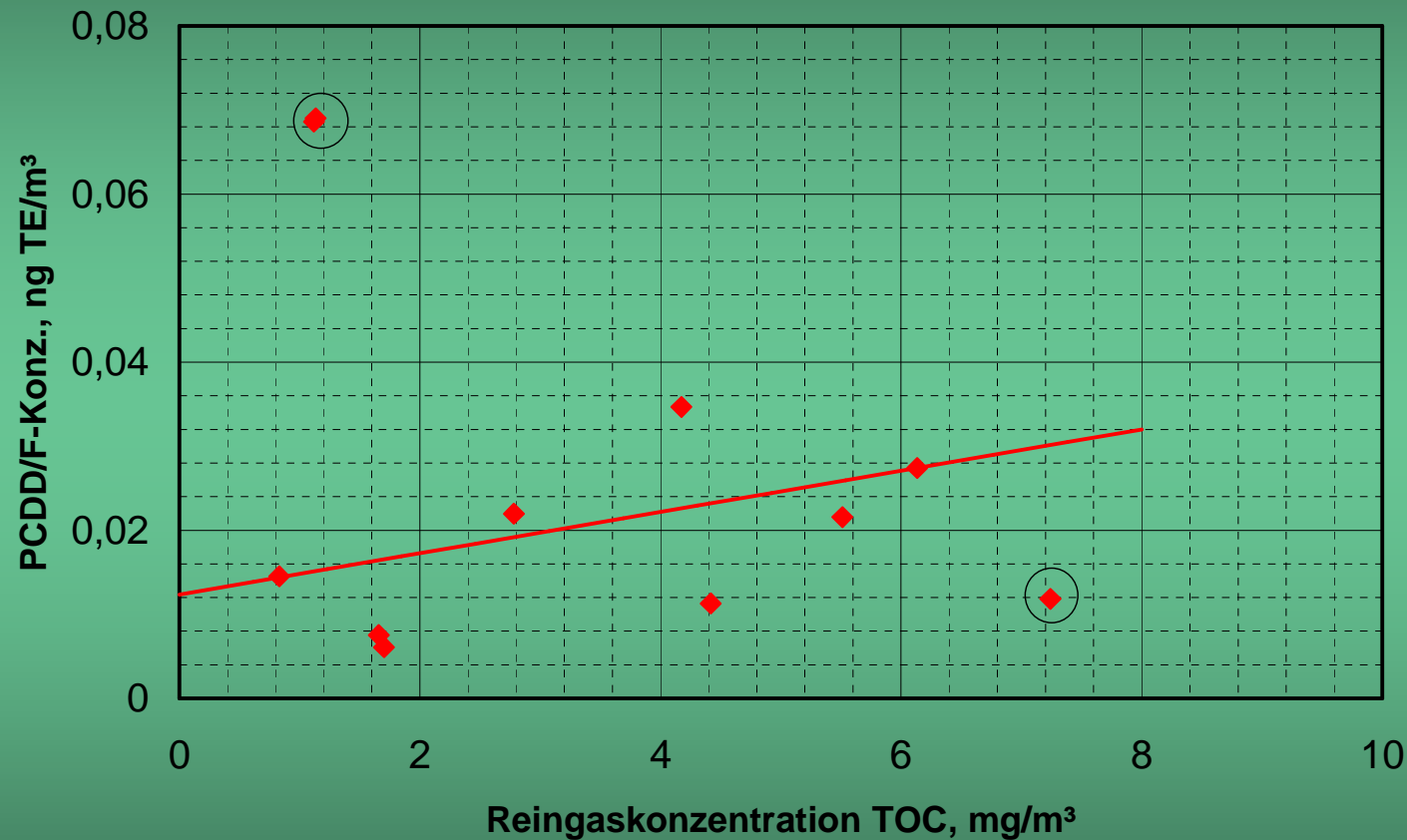
# PCDD/F-Emissionsverhalten (Staub)



Zusammenhang Staub-/PCDD/F-Konzentration

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

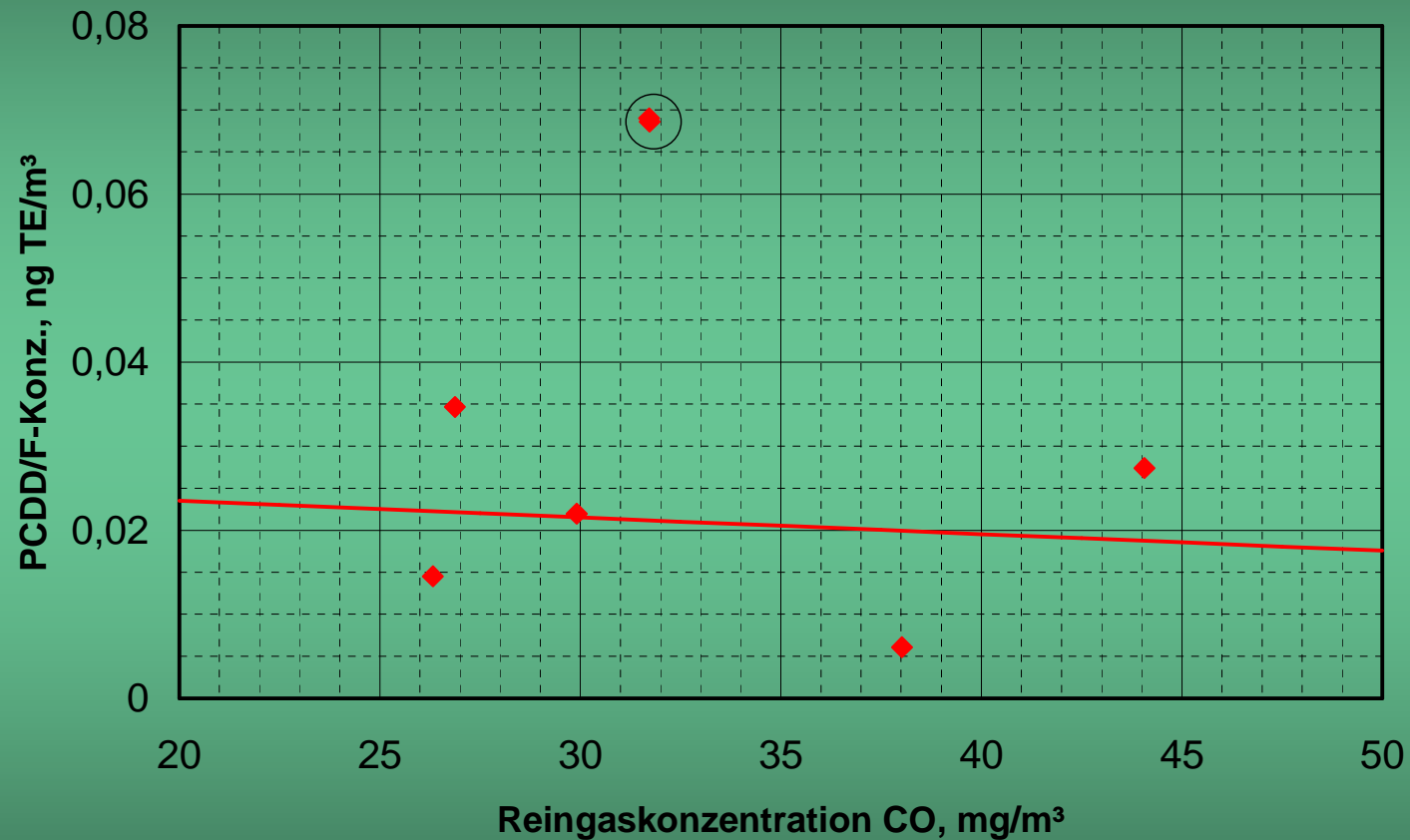
# PCDD/F-Emissionsverhalten (TOC)



Zusammenhang Staub-/TOC-Konzentration

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV

# PCDD/F-Emissionsverhalten (CO)



## Zusammenhang Staub-/CO-Konzentration

W. Föhlisch, S. List: Minderung der Feinstaub-/Schadstoffemission bei Anlagen nach der 27. BImSchV