

11. Holzenergie-Symposium

*Potenzial und Technik zur Holzenergie-Nutzung
am 17. September 2010 in der ETH Zürich*

*W. Schulteß: „Vermeidung von Fehlauslegungen
und Mängeln bei der Planung von
Abgasreinigungsanlagen“*



THEMENÜBERSICHT

TEIL I: Für die Abgasreinigung beachtenswerte Randbedingungen von Biomasse-Feuerungsanlagen

TEIL II: Stand der Abgasreinigungstechnik für Biomasse-Feuerungsanlagen

TEIL III: Typische Schadensfälle bei Festbrennstoff-Feuerungen, insbesondere Biomasse-Feuerungen

TEIL IV: Empfehlungen für die Planung und Ausführung von Abgasreinigungsanlagen

TEIL I: Einflussgrößen auf die Abgasreinigung

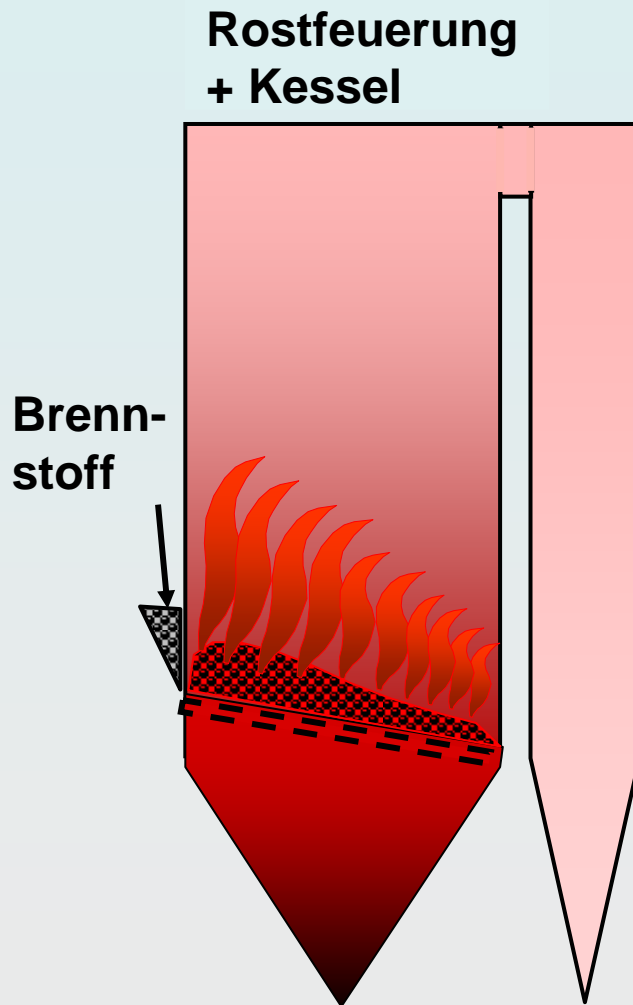
1. Zusammensetzung / Eigenschaften von Biomasse / Holz, insbesondere:

- Anteile und Art der nichtbrennbaren Bestandteile
- Konzentrationen von Schwefel, Chlor und Stickstoff
- Feuchtigkeit des Brennstoffes
- holzfremde Beimischungen, Verunreinigungen

2. Verbrennungstechnische Einflüsse, zum Beispiel:

- Feuerungsart und Feuerungsführung (z.B.: Schlummerbetrieb)
- An- und Abfahrhäufigkeit
- Lastwechselintensität und -häufigkeit

Teil I: Herkunft der Emissionen bei Holzfeuerungen



Schadstoffe aus den Brennstoffen:

- Asche, unverbrennliche Brennstoffbestandteile
- Ascheinhaltsstoffe, Metallverbindungen
- Schwefeloxide (SO_x)
- Chlorwasserstoff (HCl)
- Fluorwasserstoff (HF)
- Brennstoff-NO_x

Schadstoffe aus der Verbrennung:

- Unverbranntes, teilverkokter Brennstoff, Russ
- Kohlenmonoxid
- Thermisches NO_x
- Σ Kohlenwasserstoffe
- Dioxine / Furane, Benzo(a)pyren

TEIL II: Stand der Technik: Abgasreinigung für Biomasse-Feuerungen

Aufgabenstellung: vorrangig die Flugascheabscheidung

	Vorteile	Nachteile
EGR, einfeldrig	hochverfügbar niedrige Betriebsk. praxisbewährt	Defizite der Feinstaubabscheidung und der simultanen Abscheidung anderer Schadgase (HCl, SO _x)
Filterabscheider	leistungsstarker u. ab- scheidet sicher auch im Feinstaubbereich, geeignet für die simul- tane Abscheidung von HCl, SO _x , Hg, PDDF u. anderen Schadstoffen	nicht so verfügbar wie die EGR höhere Betriebskosten als bei der EGR höherer Bedienungs-, Wartungs- und Instandhaltungsaufwand

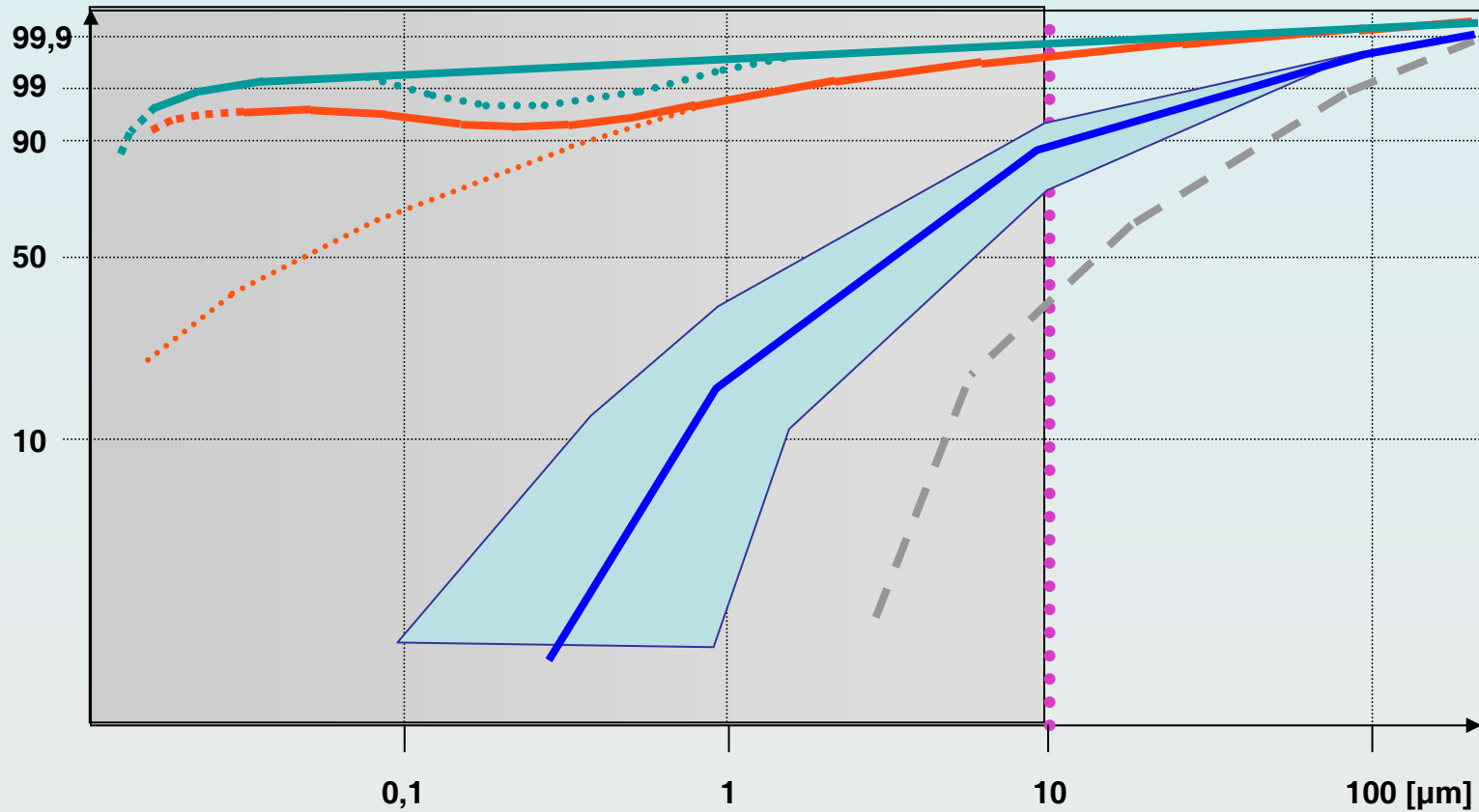
Nassmechanische Abscheider (Wäscher):

Mechanische Abscheider (z. B. Zyklone):

für Biomasse-Feuerungen nicht
mehr Stand der Abgasreinigung !
(siehe nachfolgendes Bild)

Fraktionsabscheidekennlinien der vier Partikel-Abscheideverfahren

η [%]



- Filternder Abscheider
- Elektrofilter, dreifeldrig
- ⋯ E-Filter, einfeldrig
- diverse Wäscherbauarten
- - - Tangentialzyklon

TEIL III: MÄNGEL: 15 häufige Mängel oder Schadensfälle der Abgasreinigung, überwiegend hinter Biomassefeuerungen

- 1. Fehler bei der Grundlagenberechnung** (z. B. NE- oder Filterfläche)
- 2. falsche Wahl der Verfahrenstechnik** (z. B. EGR für Altholzverbrenng.)
- 3. Verwendung ungeeigneten Materials** (z. B. für den Korrosionsschutz)
- 4. zu klein ausgelegte Abscheider**
- 5. zu kleine oder ungeeignete Nebenaggregate**
(z. B. Zyklone, Austragsschleusen u. Förderschnecken)
- 6. ungeeignete Konstruktionen, z. B. Versteifungen im Rohgasraum, Wandneigung von Staubwannen**
- 7. ungenügend oder falch ausgelegte Rohrleitungen und Kanäle** (zu hohe oder zu geringe Abgasgeschwindigkeit, mangelnder Verschleißschutz, aerodynamische Defizite)
- 8. mangelnder Wärmeschutz, fehlende Beheizung des Filterunterteils und/oder der Staubaustrags- und Förder-Aggregate**

TEIL III: Allgemeine, nicht branchenspezifische Mängel / Schäden **- Fortsetzung - (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)**

- 9. Fehler bei der Auslegung und Position des Ventilators**
- 10. Aerodynamische Mängel der Filterdurchströmung**
- 11. Aerodynamische Mängel der Abreinigungs konstruktion**
- 12. Staubab- oder -anlagerung an diversen Anlagenteilen**
- 13. Mangel an Abdichtung gegen Falschlufteintritt**
- 14. Fehlender oder ungeeigneter Korrosionsschutz**
- 15. Hot-spot-Bildung, Glimmbrände, offene Brände**

Die Mängel 9 – 15. werden auch durch Bilder bzw. Schemata erläutert.

Schadensformen und Folgen als Folge der vorgenannten Mängel am Beispiel der filternden Abscheidung

- Abnahme der Absaugleistung bis zum Zusammenbruch derselben
- Überschreitung des Emissionsgrenzwertes
- zu kurze Standzeit von Filtermedien,
- zu hoher Druckluftverbrauch
- zu kurze Standzeit anderer Anlagenteile
- Verringerte Anlagenverfügbarkeit
durch eingeschränkte Nutzbarkeit
oder durch vollständigen Anlagenstillstand
- **Wertverlust oder Unbrauchbarkeit der Anlage**
- **Erhöhte, z.T. außergewöhnliche Kostenbelastungen**

Bilder zur Veranschaulichung des Themas überwiegend aus der Gutachtertätigkeit des Autors

Ventilatoranordnung

Zyklonmängel

„Kondensationswäscher“

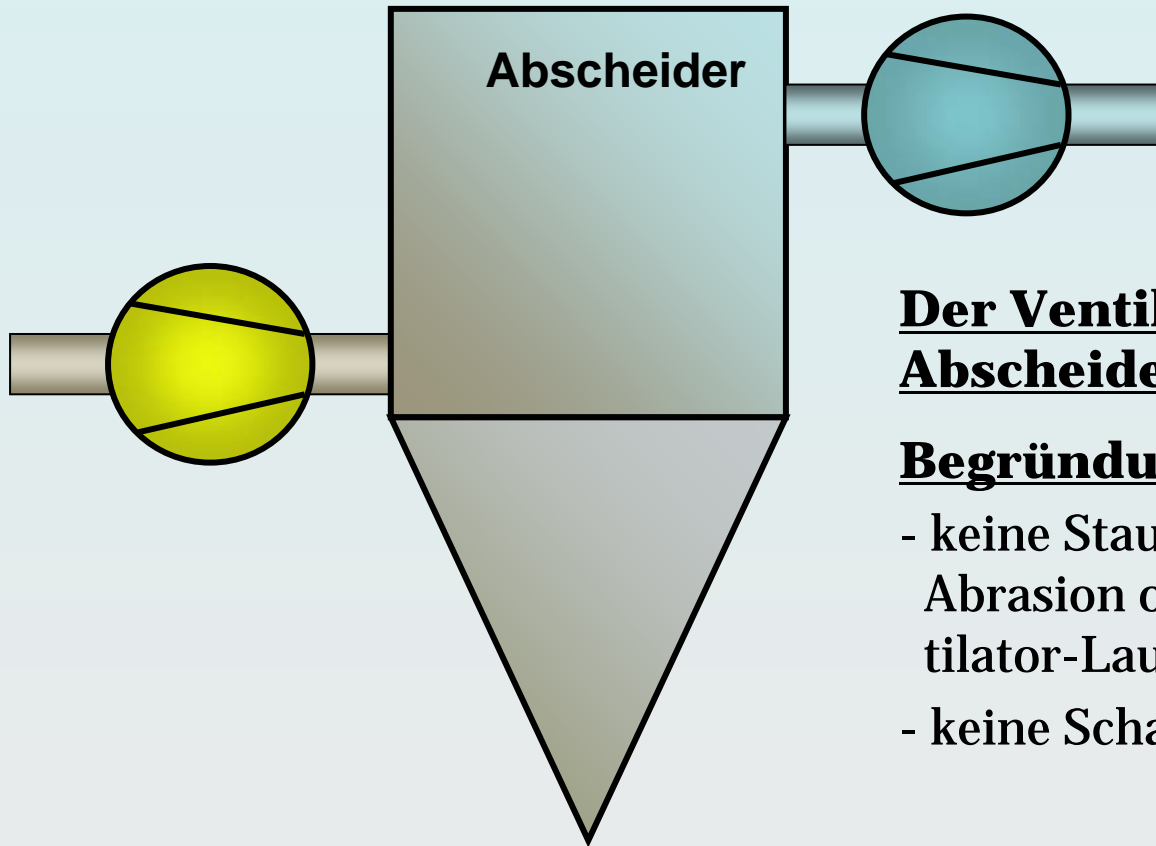
Staubablagerungen in Rohrleitungen

E-Filtermängel

Mängel von Filterabscheidern

- **Aerodynamische Mängel**
 - **der Filterdurchströmung**
 - **der Abreinigungs konstruktion**
 - **Staubablagerungen**
 - **Hot-spots**
 - **Korrosionen**

Falsche Ventilatoranordnung



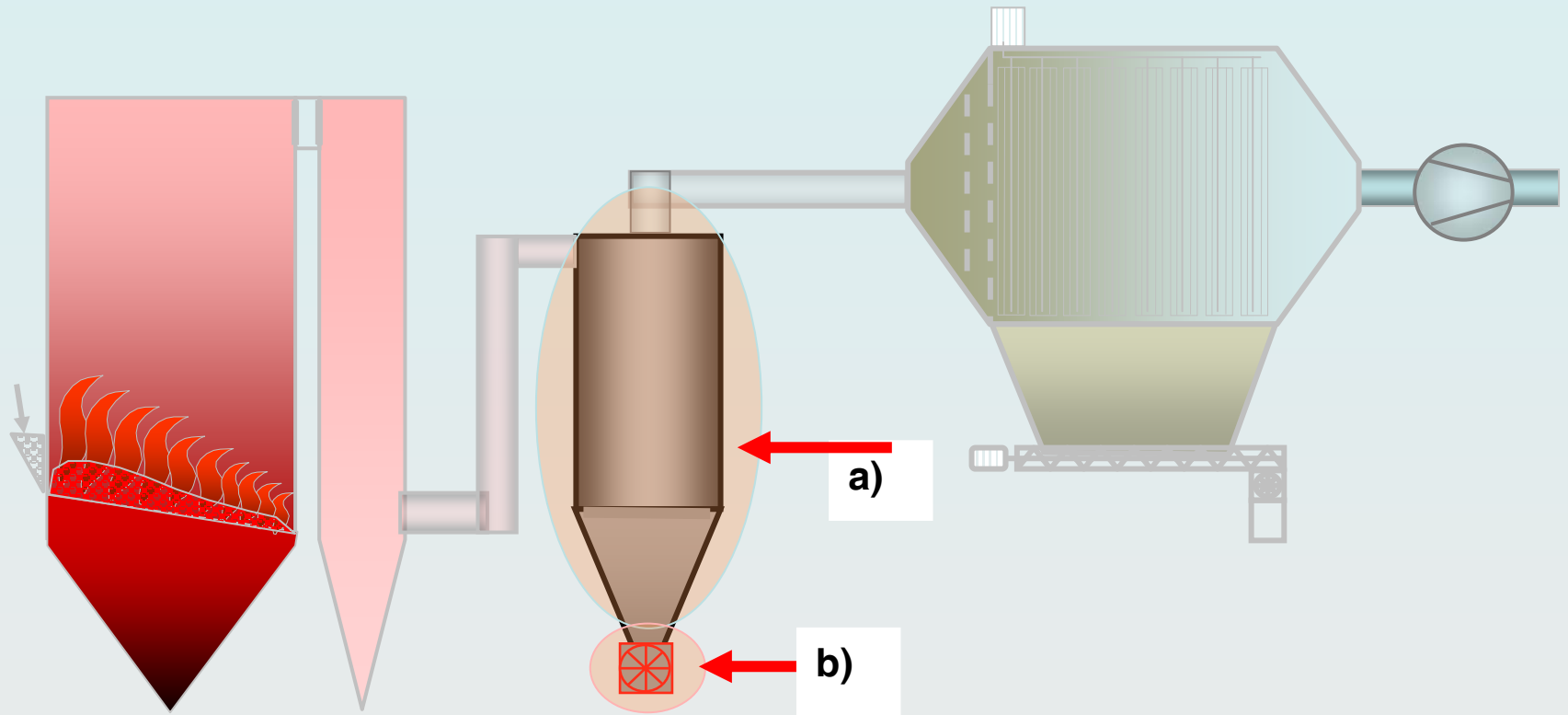
Der Ventilator sollte hinter dem Abscheider angeordnet sein !

Begründung:

- keine Staubanbackungen, keine Abrasion oder Unwucht des Ventilator-Laufrades
- keine Schadgasaustritt

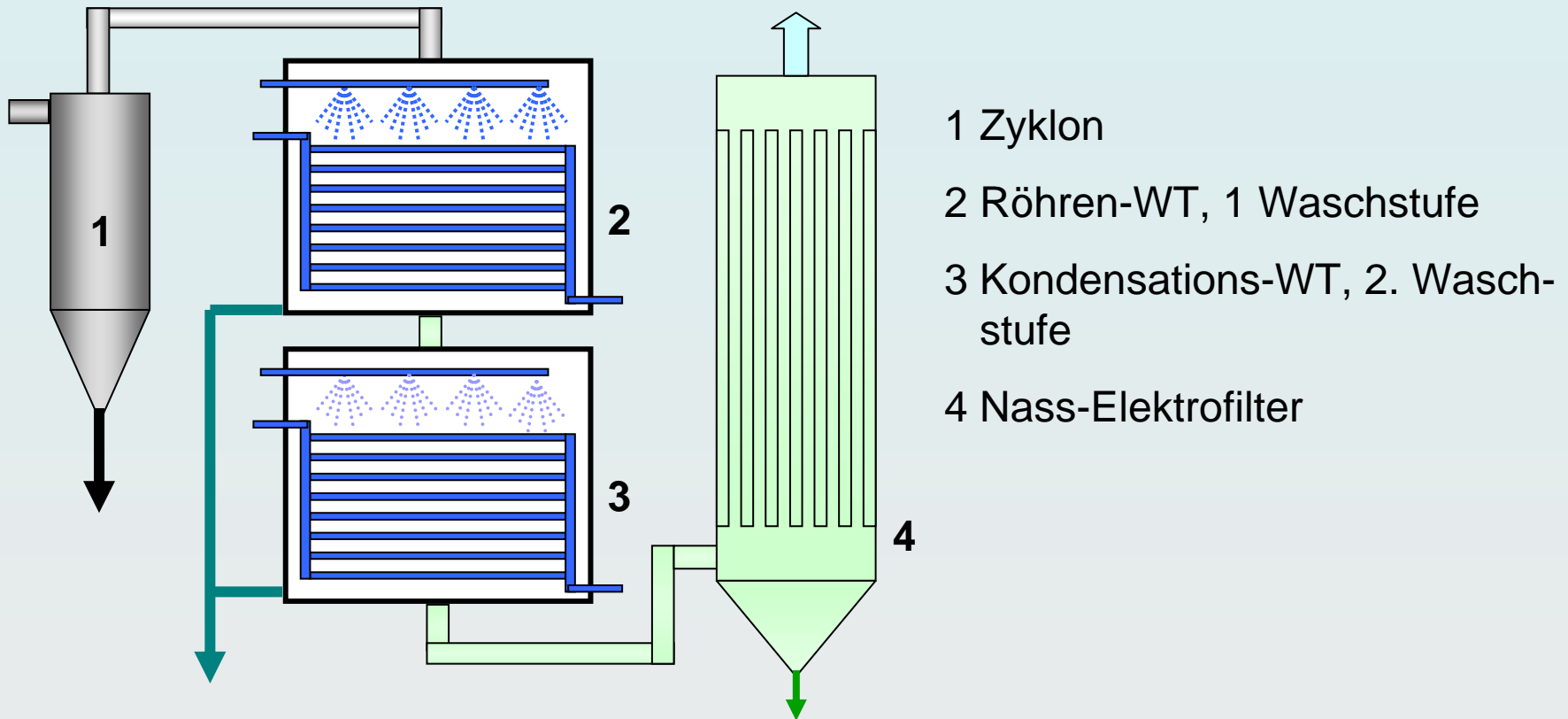
Schnittstellenproblematik: Der Ventilator sollte als ein wichtiges Aggregat der Abgasreinigungsanlage zum Lieferumfang des Anlagenherstellers der Abgasreinigungsanlage gehören.

Probleme mit Vorabscheide-Zyklonen



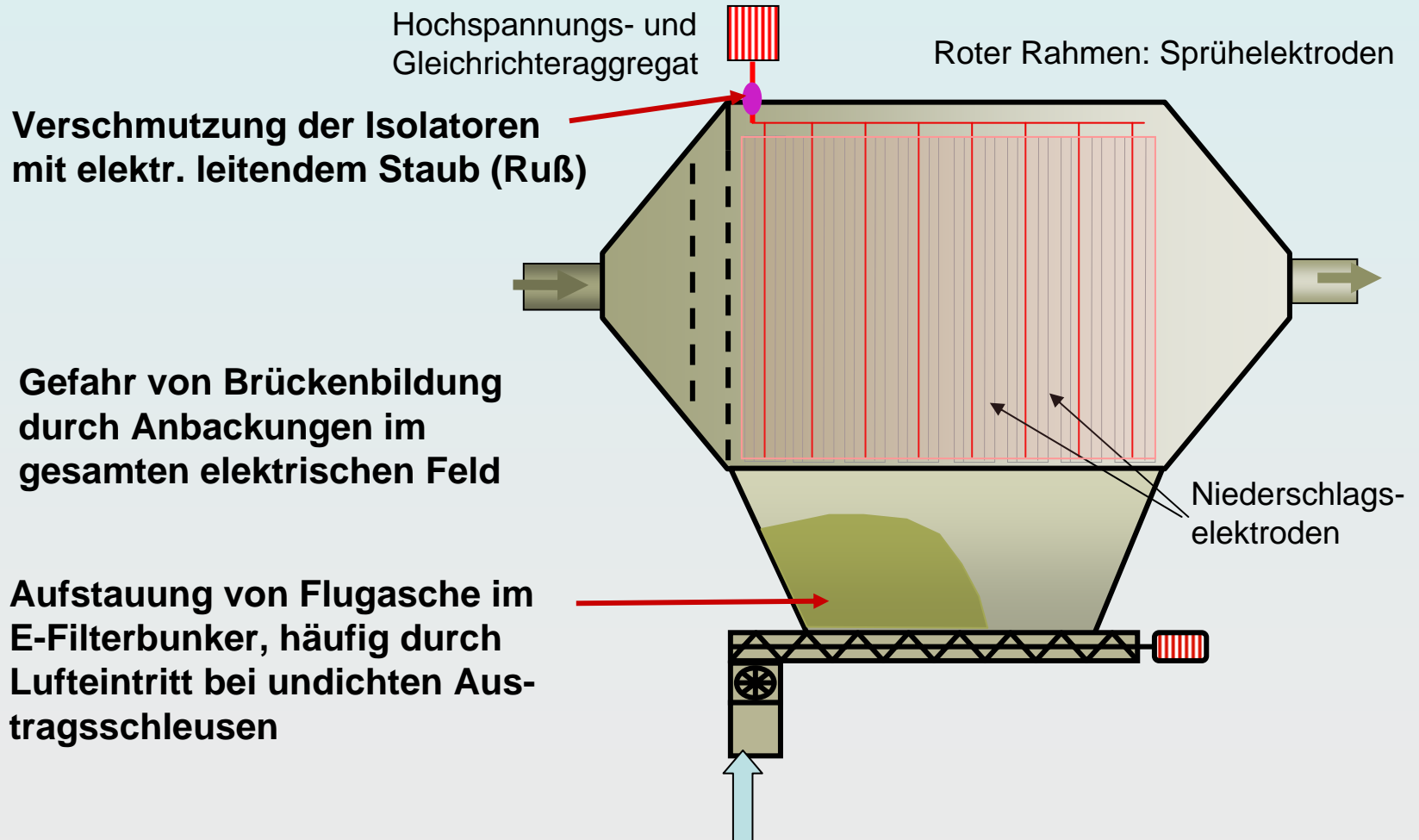
- a) Abrasionen, Wandverschleiß durch grobe oder abrasive Flugasche
- b) Austragsprobleme durch zu enge Auslässe oder Undichtigkeit der Schleuse

Zyklon, **Kondensations-“Wäscher“**, (besser -„Reku“), Nasselektrofilter

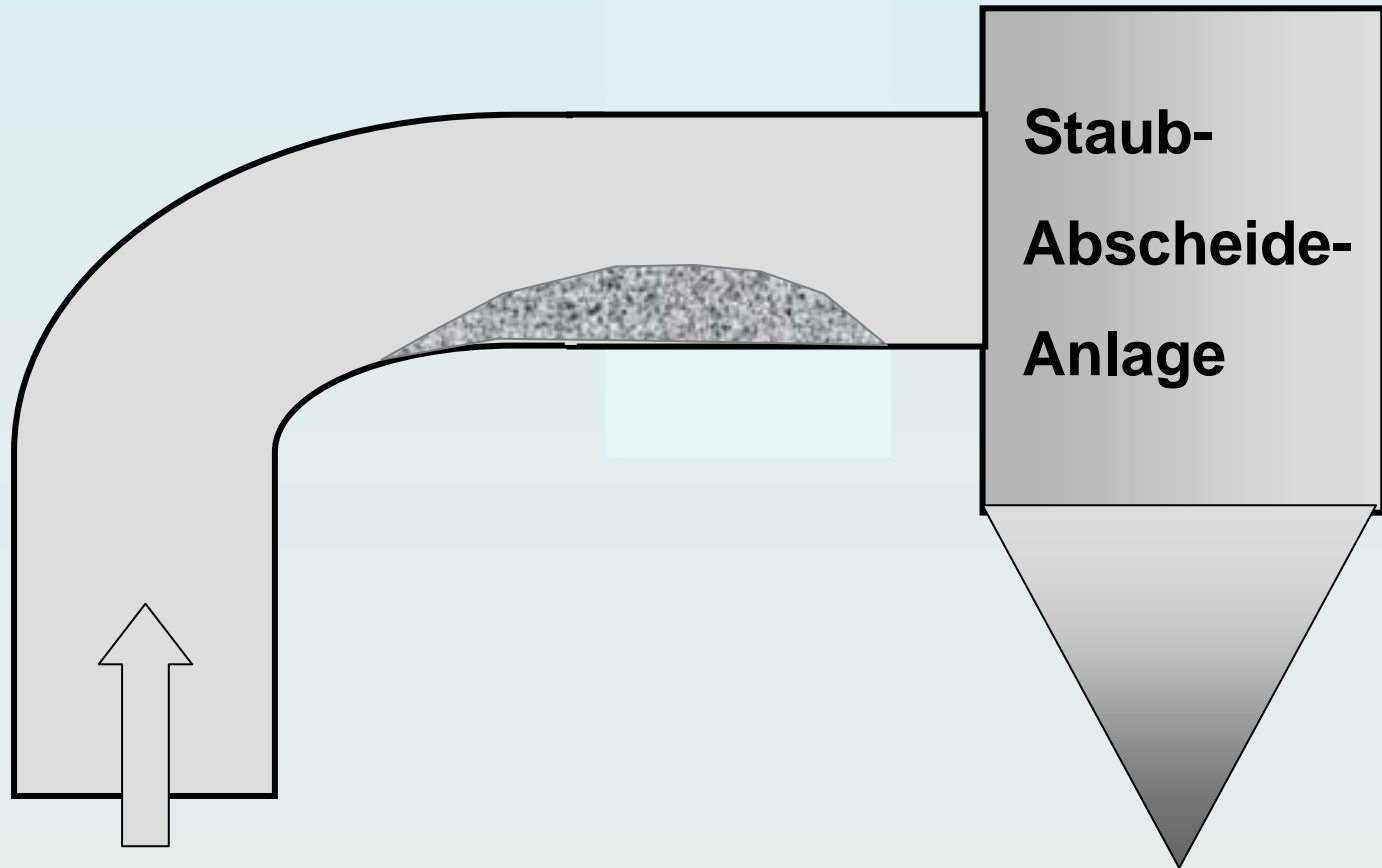


Die mangelnde Abscheideleistung des Zyklons führt zu irreversiblen Verschmutzungen der nachgeschalteten Waschstufen, die vorrangig für die Restwärmenutzung – nicht zur Abgasreinigung - eingesetzt werden.

Probleme mit Trocken-Elektrofiltern, Beispiel: einfeldriges E-Filter



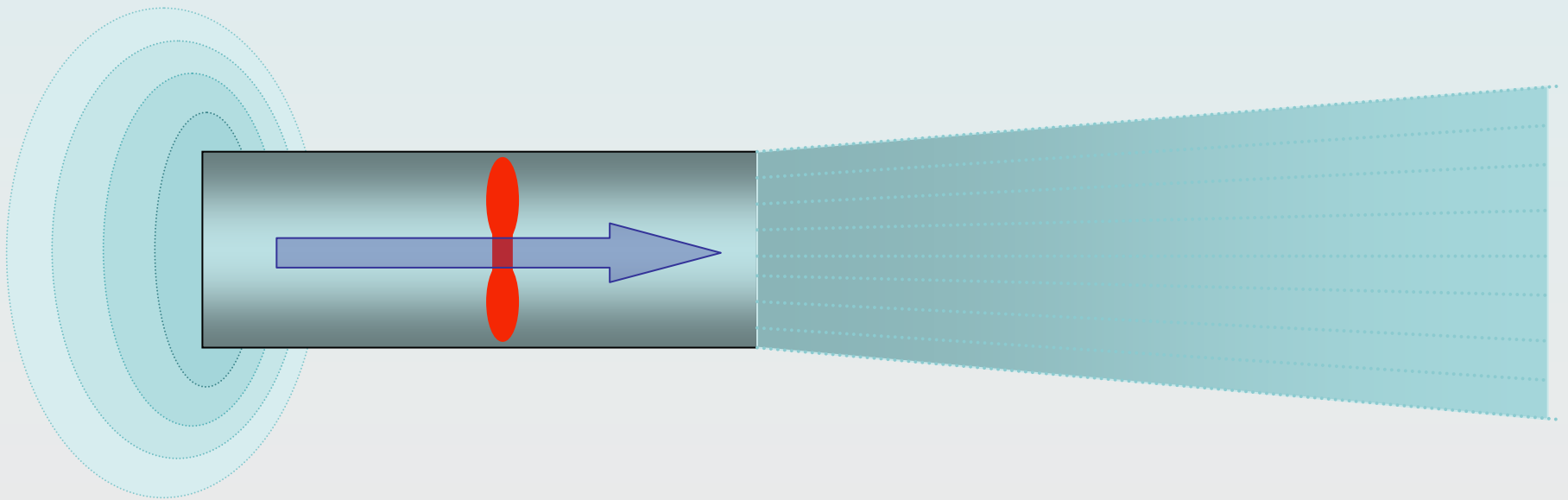
Staubablagerungen in Rohrleitungen nach Bögen oder Strömungshindernissen



Aerodynamischer Grundlagen und Gesetzmäßigkeiten

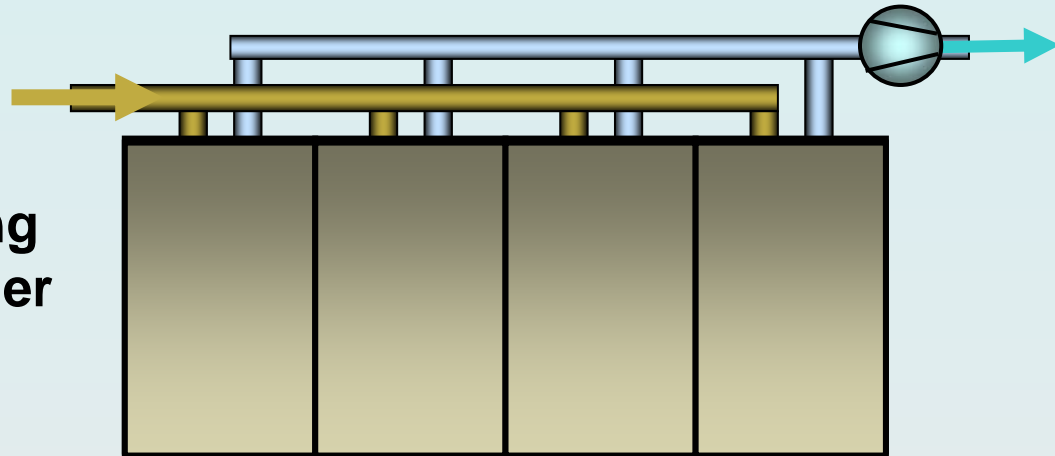
Selbst erfahrene Hersteller von Abgasreinigungsanlagen beachten oft nicht,

- dass Abgase eine Masse haben und damit den Trägheitsgesetzen unterliegen
- dass strömende Abgase zusätzlich eine dynamische Kraft besitzen
- dass sich Abgase stets in Richtung des Potentialgefälles bewegen.
Sie suchen dabei den Weg des geringsten Strömungswiderstandes.

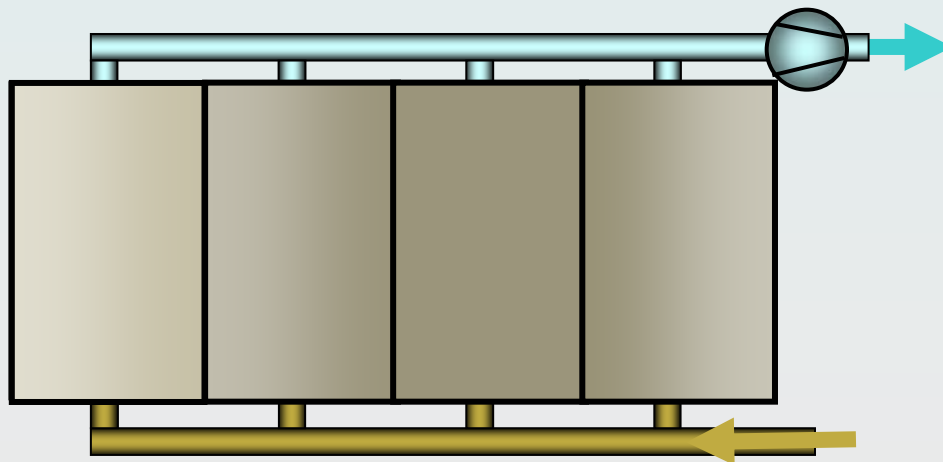


Aerodynamische Defizite der Durchströmung eines Schlauchfilters

Zu- und Abströmung
der Abgase von einer
Filterseite



Zu- und Abströmung
der Abgase aus der
gleichen Richtung

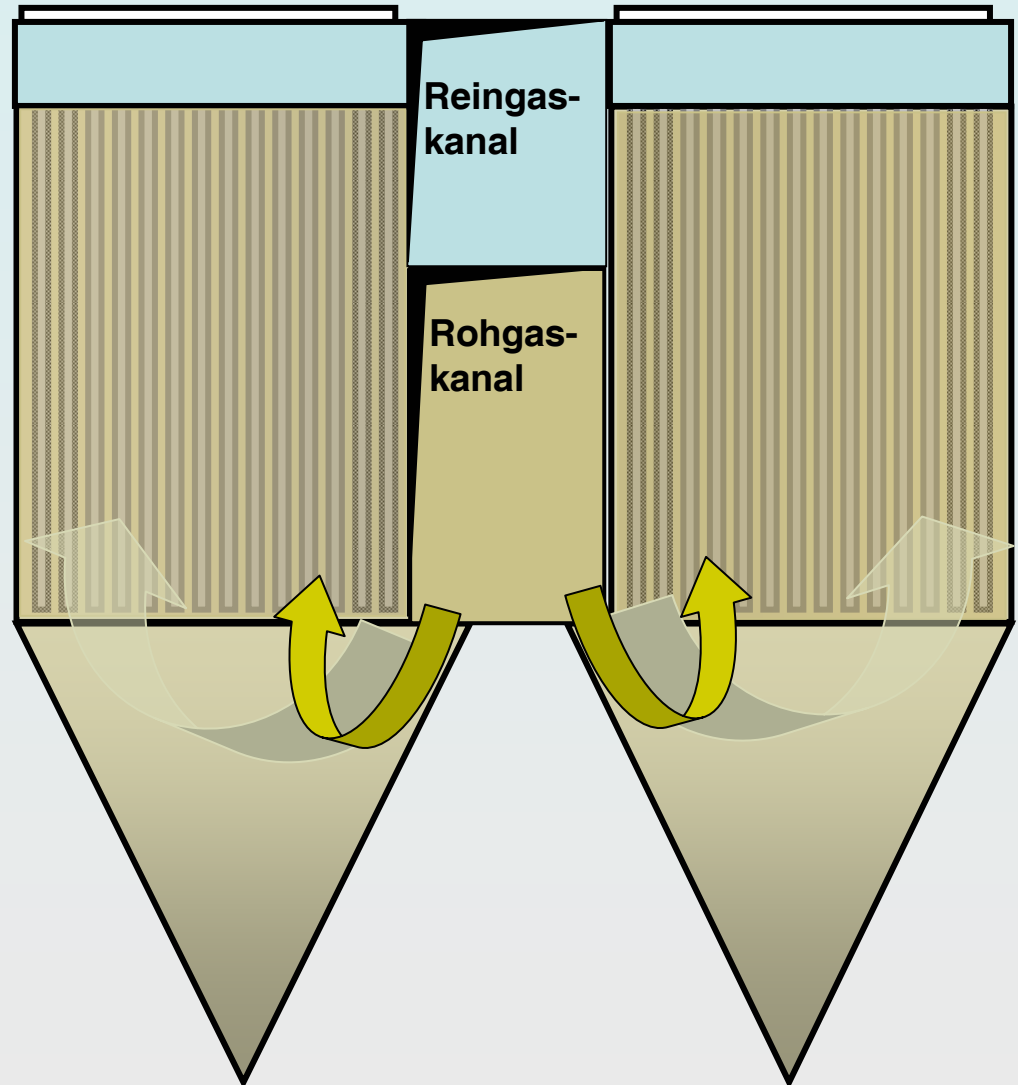


Durchströmungsdefizite bei einer Großfilteranlage - übliche Bauweise

Die Abgase suchen sich im Filter den widerstandsärmsten, hier den kürzesten Weg zum Unterdruck im Reingaskanal.

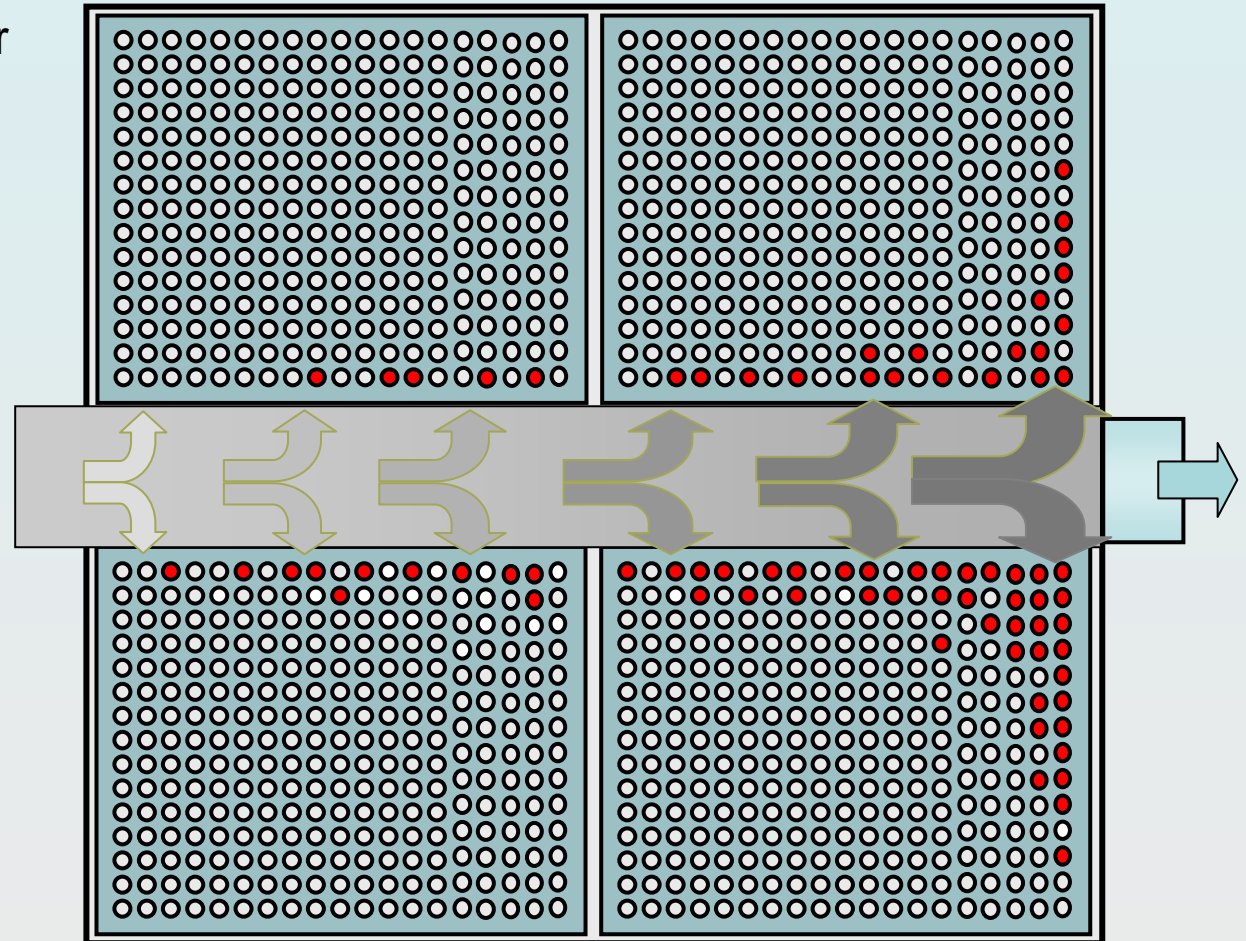
Da der Roh- und der Reingaskanal in der Mitte übereinander liegen (platzsparende Bauweise), erfolgt das Maximum der Filterdurchströmung im zentralen Bereich des Filters. Die Außenpartien werden weniger stark durchströmt.

Probleme: erhöhter Filterwiderstand, Ungleichbelastung der Filterschläuche, Nachteile für die Schlauchstandzeiten, Abkühlung / Kondensation an den Außenwänden) vor allem bei sehr breit bauenden Filtern



Aerodynamische Probleme durch die Trägheit der Abgase beim Einströmen in ein Filter

Die am hinteren Ende der Einströmung liegenden und die Innen liegenden Filterschläuche werden stärker angeströmt und verschleißen dadurch schneller.

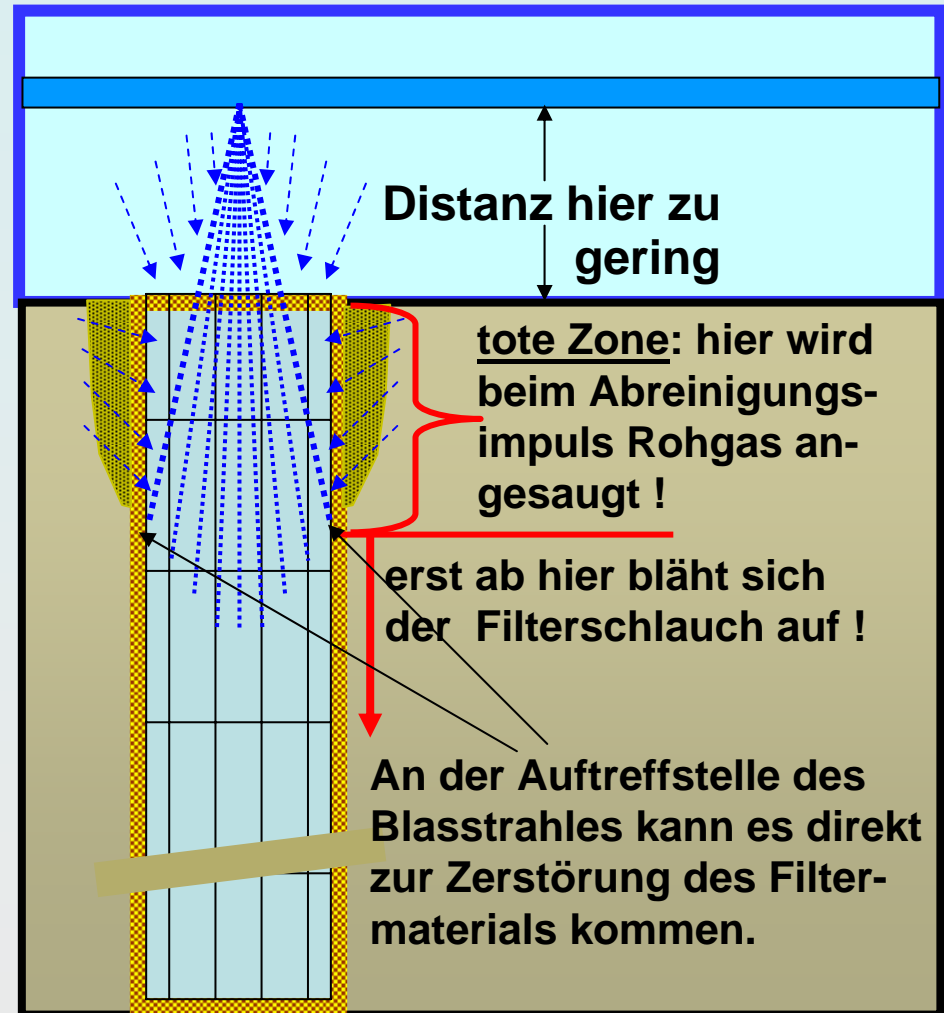


Die rot markierten Filterschläuche erreichen im Mittel nur 50% der Standzeit wie der Rest der Filterschläuche.

Aerodynamischer Mangel der Abreinigungsstruktur

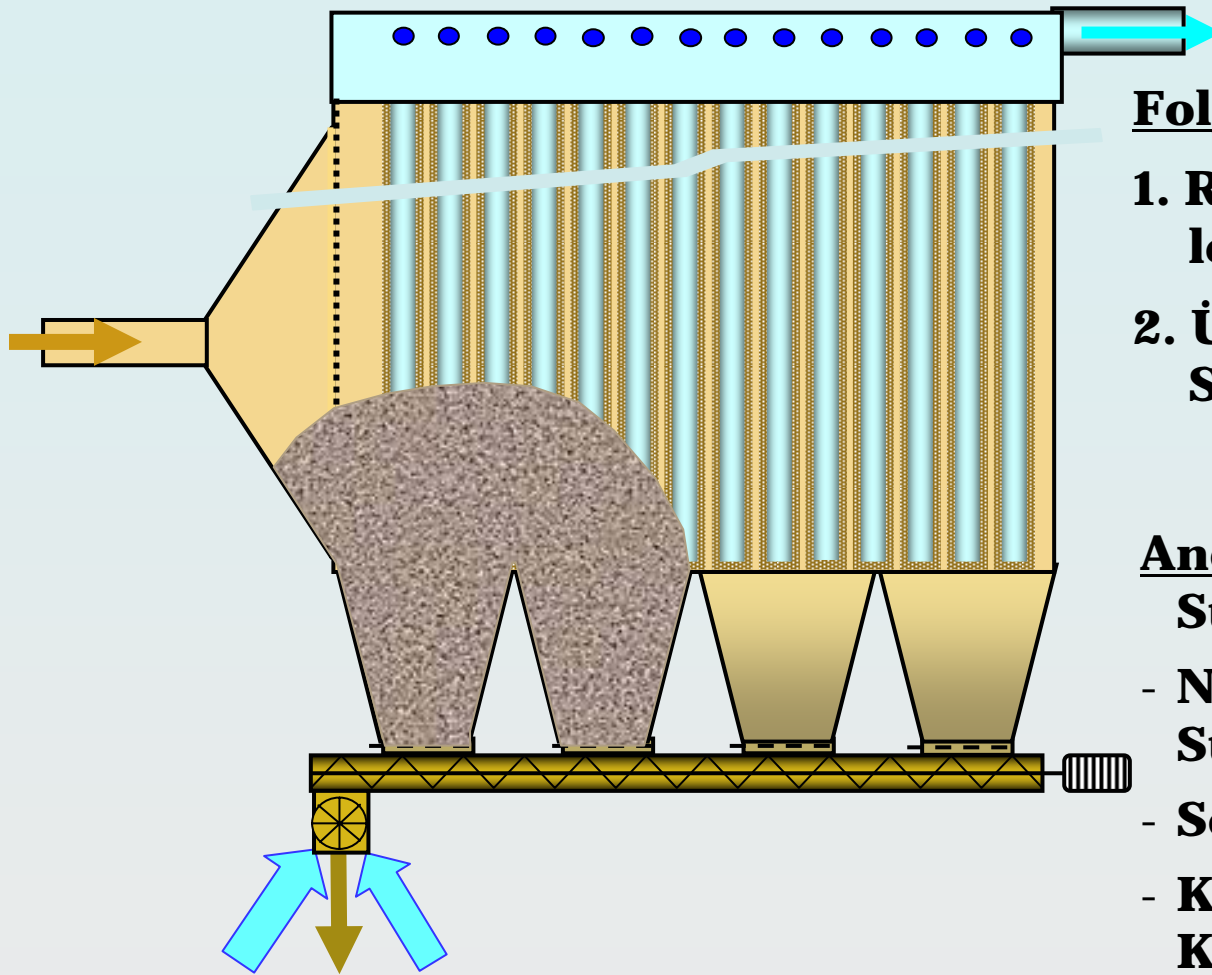
Folgen:

- Der Filter-Schlauch wird beim Abreinigungsimpuls nicht ausreichend vom Unterdruck des Reingasraumes getrennt.
- irreversiblen Staubanlagerungen am Filterschlauchoberteil
- höhere Filterflächenbelastung, geringere Abreinigungsleistung, erhöhtes Δp
- vorzeitiger Verschleiß der Filterschläuche





Staub-Aufstauung in den Staubspitzen des Filters



Folgen:

1. Rückgang der Absaugleistung
2. Überschreitung des Staubgrenzwertes

Andere Ursachen für die Staub-Aufstauung:

- Neigungswinkel der Staubspitzen
- Schneckendurchmesser
- Kondensatbildung durch Kältebrücken
- Wandkorrosion

Verursachung: undichte Austragsschleuse !
Der Staubaustrag wird be- oder verhindert.

Hot-Spot-Ausbildung, Glimmbrände, offene Brände

Entstehung: Wenn es zu **Ablagerungen** oder **Aufstauungen** von Staub im Anlagenbereich kommt und wenn in diesen Staubansammlungen eine ausreichend große **Brandlast** vorhanden ist.

Die Brandlast besteht bei Biofeuerungsanlagen fast ausnahmslos aus unverbranntem **verkoktem Brennstoff** oder noch häufiger aus **Ruß**.

Bei Luftabschluss kommt es zu Erwärmungen (Hot-Spots) oder Glimmbränden.

Funken sind dabei in der Regel nicht beteiligt, wenn dem Abscheider ein funktionierender Zyklon vorgeschaltet ist.

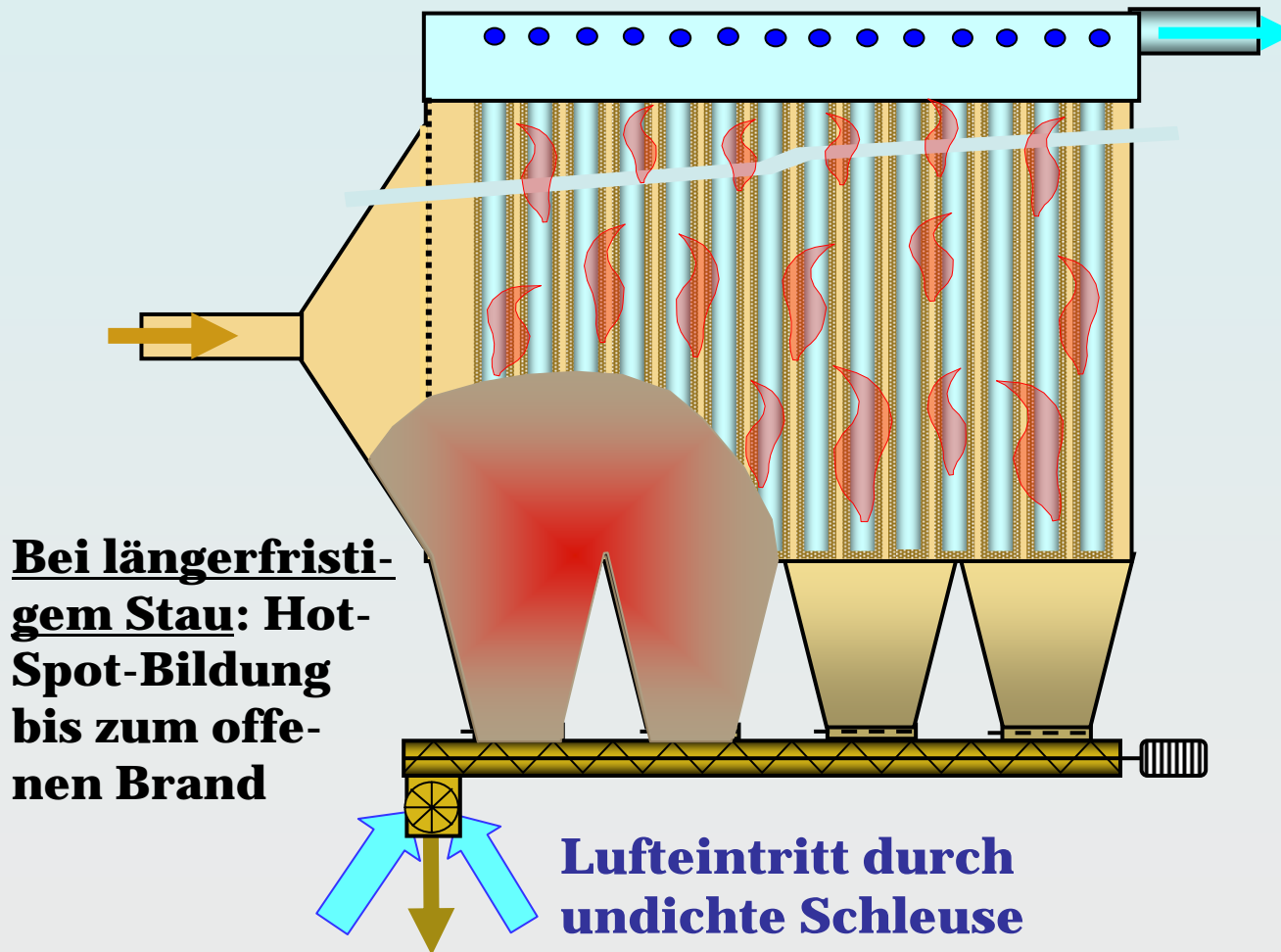
Wenn die glimmenden Bereiche mit Luftsauerstoff in Kontakt kommen, entstehen offene Brände.

Adsorption und Hot-Spot-Bildung am Beispiel einer Rußflocke



Quelle: VDI Nachrichten Nr. 33 (18. 08. 2006), M. Ebert/Umweltmineralogie der TU Darmstadt

Hot-Spot-Bildung in Filterbunkern durch Ablagerung von teilweise brennbarem Staub mit **ausreichend großer Brandlast**



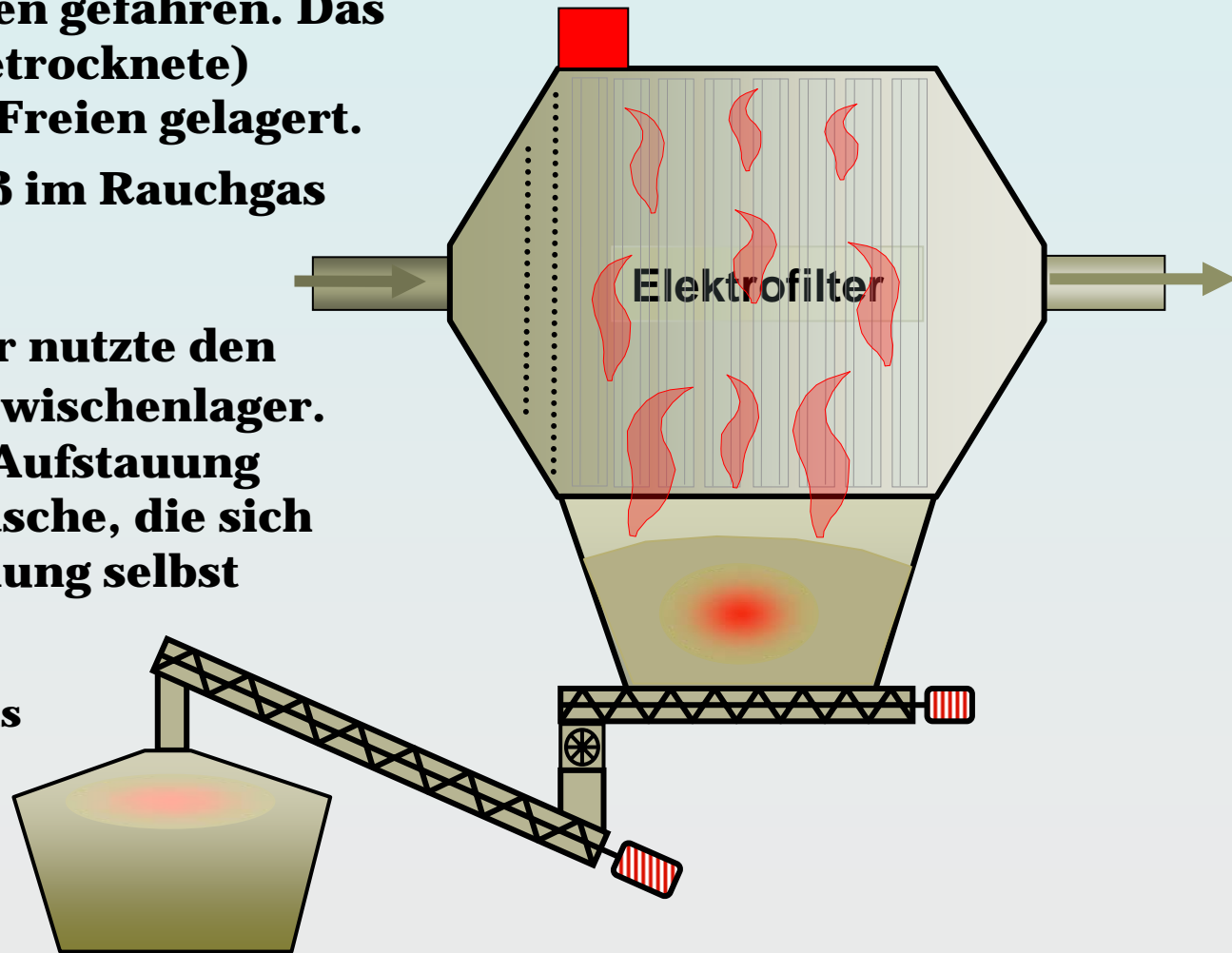
Brand in einem Elektrofilter eines Biomasseheizkraftwerkes

Die Feuerungsanlage wurde mit starken Lastschwankungen gefahren. Das naturbelassene (ungetrocknete) Brennholz wurde im Freien gelagert.

Folge: relativ viel Ruß im Rauchgas

Der Anlagenbetreiber nutzte den E-Filter-Bunker als Zwischenlager. Dadurch kam es zur Aufstauung von rußreicher Flugasche, die sich mangels Durchströmung selbst entzündete.

Der Brand setzte sich als Glimmbrand nach dem Staubaustrag bis in den Staubsammelbehälter fort.



Hot-spots im Reststoff-Silo einer Schlauchfilteranlage eines Biomasseheizwerkes während der Inbetriebnahmephase

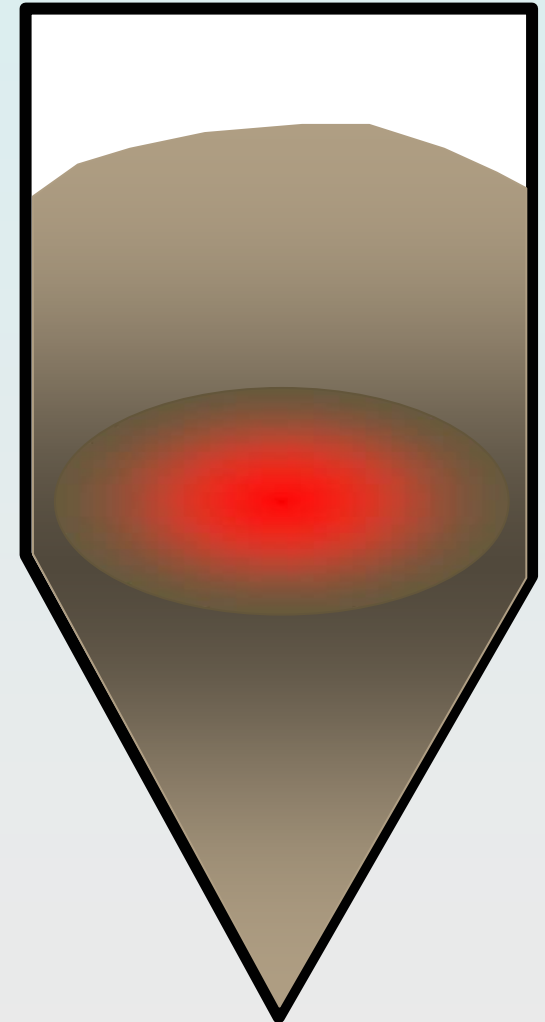
Störungen an den Rußbläsern: Hot-spot im Reststoffsilo

Sinterstück aus einem Havarie-Silo

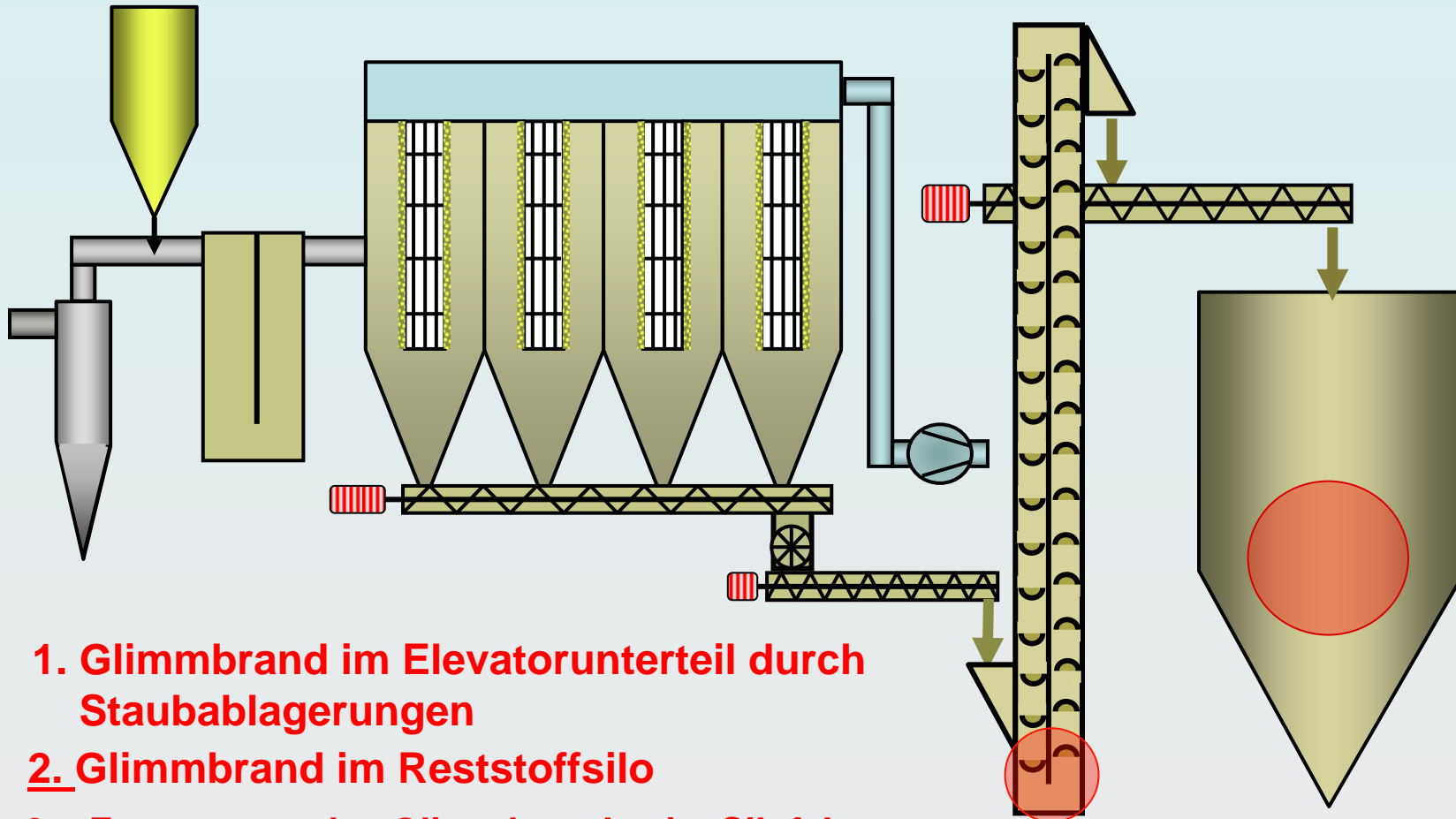


200 mm

24 18:48

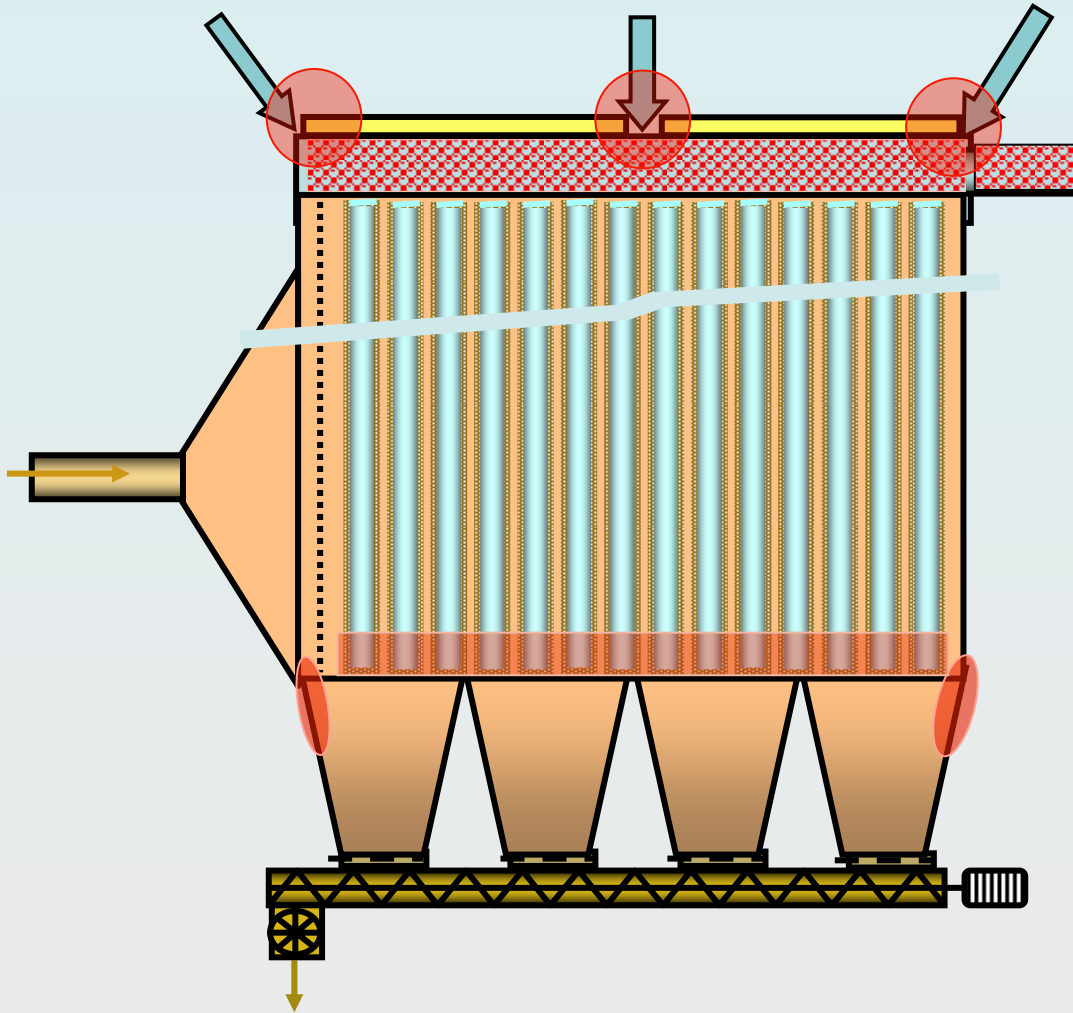


Stationen von Hot-spots in der Filteranlage eines Biomasseheizwerkes durch wiederholte Störungen beim Rußblasen



1. Glimmbrand im Elevatorunterteil durch Staubablagerungen
2. Glimmbrand im Reststoffsilo
3. Fortsetzung des Glimmbrandes im Silofahrzeug.
4. Beim Entleeren des Silofahrzeuges in ein Reststoff-Silo des Entsorgers brannte dann das Siloaufsatzfilter ab.

Korrosionen in einem Schlauchfilter einer Biomasse-Feuerungsanlage



Wenn nur Spuren von **Chloriden** im Reingas vorhanden sind – und dies ist bei allen Biomassefeuerungen fast unvermeidlich – so wird es bei Kaltluft einbruch und Kondensatbildung in **ungeschützten Reingasräumen** zu **Korrosionen** kommen.

Weitere Filterbereiche, in denen Korrosionen häufiger auftreten:

- **die Wetterseiten**
- der Übergang in den zylindrischen Teil
- die Unterteile von Filterkörben

TEIL IV: Empfehlungen für die Planung und Ausführung von Abgasreinigungsanlagen

Die Erfordernisse einer sorgfältigen und fachlich kompetenten Planung ergeben sich zum Teil aus den vorstehend dargestellten Mängeln und Defiziten der Abgasreinigungstechnik, die keineswegs vollständig waren.

Planungen für die Abgasreinigung von Biomassefeuerungsanlagen sollten funktionell durch **einschlägig erfahrene, lieferneutrale und unabhängige Fachplaner** ausgeführt werden, die ihre Kenntnisse und Praxiserfahrungen nachweisen sollten.

5 Gründe für eine fachlich kompetente, lieferneutrale Planung von Abgasreinigungsanlagen für Biomasse-Feuerungen

- 1. Weil die Abgasreinigung eine relativ neue, eigenständige Disziplin der Verfahrenstechnik ist, die mit der Verbrennungs- oder Kesseltechnik wenig Gemeinsamkeiten hat.**
- 2. Weil die zahlreichen bereits aufgetretenen Mängel und Defizite von Abgasreinigungsanlagen auf den hohen technischen Anspruch der Abgasreinigungstechnik hinweisen.**
- 3. Weil die Verfügbarkeit der Abgasreinigungsanlage bei der heutigen Gesetzgebung auch die Verfügbarkeit der Feuerungsanlage mitbestimmt.**
 - Weil nur wenige erfahrene Lieferfirmen ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen für diese relativ neue Aufgabenstellung haben.**
 - Weil die unternehmerische Motivation zur Installation und den Betrieb einer Abgasreinigungsanlage i.d.R. gering ist, da mit dieser Anlage kein ökonomischer Nutzen für das Unternehmen verbunden ist.**

**„Alles sollte so einfach wie möglich sein,
aber nicht einfacher.“**

Albert Einstein

***Sachverständigenbüro Dr.-Ing. W. Schulteß
- Abluft & Abgastechnik -
Schilling-von-Canstatt-Str. 27, D-76228 Karlsruhe
Tel.: 0721 / 47 686 – 40, Fax.: 0721 / 47 686 -39
Funk: 0172 / 721 10 60, e-mail: buero@schultess-w.de***