

LUEHR FILTER

Abscheidung gasförmiger Stoffe mit filternden Abscheidern

von
Dipl. - Ing. Rüdiger Margraf



HAUS DER TECHNIK e.V.
2. Fachtagung:
„Filteranlagentechnik – filternde und elektrische Partikelabscheidung“
29. – 30.05.2008 in Essen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Häufig verwendete Additive.....	4
2.1	Absorption	4
2.1.1	Ca(OH) ₂	4
2.1.2	NaHCO ₃	4
2.2	Adsorption.....	5
2.3	Ergänzender Hinweis	7
3.	Maßnahmen zur Reduzierung des Additivmittelverbrauches	7
3.1	Sorptionsverfahren unter Verwendung von Ca(OH) ₂ als Additiv	7
3.1.1	Basisvariante Trockensorptionsverfahren	7
3.1.2	Partikelrückführung und Gaskonditionierung	8
3.1.3	Chemisorption mit Partikelkonditionierung	10
3.2	Sorptionsverfahren unter Verwendung von NaHCO ₃ als Additiv	11
4	Resultierende Anforderungen an die eingesetzten filternden Abscheider.....	12
	aufgezeigt an Fallbeispielen.....	12
5	Wertung.....	15

1 Einleitung

Filternde Abscheider können generell nur Partikel aus einem Gas abscheiden. Zur Abscheidung gasförmiger Stoffe müssen diese Stoffe durch eine Reaktion mit zugegebenen Additiven in die Partikelform überführt werden (Absorption) oder an die innere Oberfläche geeigneter Additive angelagert werden (Adsorption).

Als Beispiele sind zu nennen:

- Absorption von sauren Schadgaskomponenten wie HF, HCl und SO_x durch Zugabe von Additiven auf Basis Ca- oder Na-Verbindungen
- Adsorption von Dioxinen/Furanen durch Zugabe von Additiven mit großer innerer Oberfläche, wie zum Beispiel Herdofenkoks, Aktivkohle oder spezielle Tonminerale
- Ab-/ Adsorption von gasförmigen Schwermetallverbindungen durch eines oder mehrere der vorgenannten Additive (zum Beispiel Hg- oder As-Verbindungen).

Diese Techniken finden sich häufig in einem Apparat zur simultanen Abscheidung von Partikeln und gasförmigen Stoffen. Sie stellen hohe Ansprüche an die Ausführungsform filternder Abscheider sowie Kenntnisse über die maßgeblichen Abscheidekriterien und –vorgänge zur Erzielung hoher Abscheidegrade bei gleichzeitig niedrigem Additivmittelverbrauch. Der Vortrag zeigt beachtenswerte Aspekte auf und diskutiert Praxisbeispiele.

2 Häufig verwendete Additive

2.1 Absorption

2.1.1 Ca(OH)₂

Als Additivmittel wird im allgemeinen handelsübliches Kalziumhydroxid Ca(OH)₂ mit einer spezifischen Oberfläche von ca. 18 – 20 m²/g in den Gasstrom vor Filter aufgegeben. In Sonderfällen werden Ca(OH)₂-Qualitäten von bis zu 40 m²/g bei gleichzeitig hohem Porenvolumen (> 0,2 cm³/g) verwendet. Die Reaktionsgleichungen sowie die Zugabe- und Reststoffmengen bei 100%iger Additivmittelumsetzung sind in Tabelle 1 angegeben.

In der Praxis muss zur gesicherten Unterschreitung der geforderten Reingaswerte das Additivmittel überstöchiometrisch (in der Regel 1,5 bis 3fach) zugegeben werden.

Reaktionsgleichungen	Ca(OH) ₂ -Zugabemenge bezogen auf Schadgas bei 100%iger Umsetzung (i=1)	Entstehende Reststoff- menge (mit Kristallwasser- anteil nach Erfahrung) be- zogen auf Schadgas
$2\text{HF} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,85 kg/kg	1,95 kg/kg
$2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,01 kg/kg	2,02 kg/kg
$\text{SO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	0,93 kg/kg	2,15 kg/kg
$\text{SO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1,16 kg/kg	2,02 kg/kg

Tab. 1: Ca(OH)₂ - Zugabe- und Reststoffmengen

2.1.2 NaHCO₃

Das Additiv wird in den Gasstrom vor Filter aufgegeben. Bei Gastemperaturen > 140°C kommt es zu einer thermischen Aktivierung des Natriumhydrogencarbonates. Es entsteht ein hochreaktives Natriumcarbonat. Die optimale Reaktionstemperatur liegt bei 180°C bis 240°C.

Tabelle 2 zeigt die chemischen Reaktionsgleichungen sowie die Zugabe- und Reststoffmengen bei 100%iger Additivmittelumsetzung. In der Regel lassen sich die geforderten Emissionsgrenzwerte bei richtiger Anlagenauslegung mit einem überstöchiometrischen Faktor von 1,2 bis 1,5 im Dauerbetrieb sicher einhalten.

Reaktionsgleichungen	NaHCO ₃ -Zugabemenge bezogen auf Schadgas bei 100%iger Umsetzung (i=1)	Entstehende Reststoff- menge bezogen auf Schadgas
$\text{HF} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaF} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	4,2 kg/kg	2,1 kg/kg
$\text{HCl} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	2,3 kg/kg	1,6 kg/kg
$\text{SO}_3 + 2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$	2,1 kg/kg	1,77 kg/kg
$\text{SO}_2 + 2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$	2,63 kg/kg	2,22 kg/kg

Thermische Aktivierung von NaHCO₃:

$$2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{T \geq 140^\circ\text{C}} \underbrace{\text{Na}_2\text{CO}_3}_{\text{hochreaktive, poröse Kristallstruktur}} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
Tab. 2: NaHCO₃- Zugabe- und Reststoffmengen

Üblicherweise wird das Additivmittel vor Zugabe in den Gasstrom in einer Sichertermühle zur Verbesserung der Aktivität aufgemahlen.

2.2 Adsorption

Verwendet werden pulverförmige Additive mit großer spezifischer Oberfläche. Eine Auswahl marktüblicher Qualitäten, die insbesondere zur Abscheidung von Dioxinen/ Furanen sowie Hg und Hg-Verbindungen einem Gas zugegeben werden, zeigt Abbildung 1.

Sofern kohlenstoffhaltige Produkte verwendet werden, sind projektbezogen Maßnahmen zur Vermeidung und Bekämpfung von Glimmbränden zu treffen sowie ggf. zusätzliche Maßnahmen zum Explosionsschutz. Informationen hierzu sind in Abbildung 2 zusammengefasst.

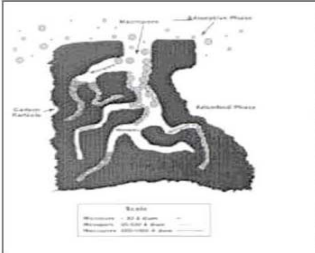
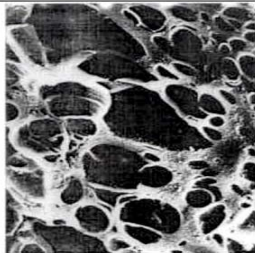

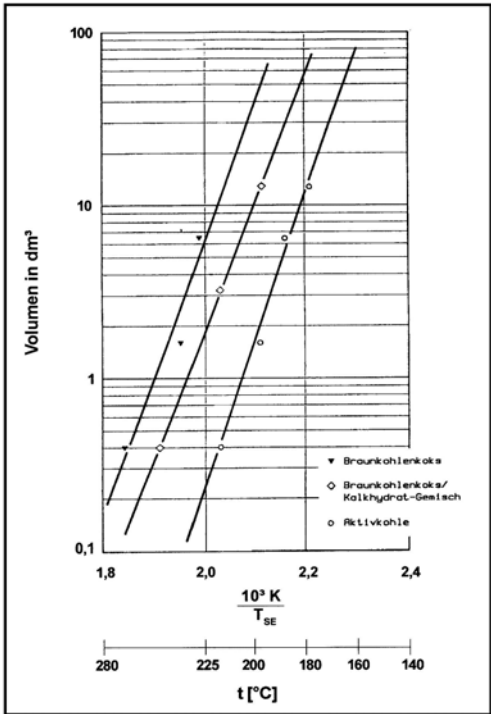
		Aktivkohle	Tonmineralien	
				
Additivmittelqualität	Herdofenkoks	Aktivkohle	Tonmineralien	
spezifische Oberfläche [m ² /g]	~ 300	600 - 1500	~ 90	
Brennbar / Selbstentzündungsgefahr	ja	ja	nein	
Explosionsgefahr	zu berücksichtigen	zu berücksichtigen	nein	
Kosten [EUR/t] Silofahrzeug ab Werk	~ 300 - 500	500 - 2500	~ 300 - 500	

Abb. 1: marktübliche Additivqualitäten

Sicherheitsanforderungen

- Explosionsgefahr**
 - C-Anteil < 35 % : keine Anforderungen (Es ist sicherzustellen, daß es zu keiner Entmischung kommt.)
 - C-Anteil > 35 % : Explosionsschutz erforderlich
- Brandgefahr**
 - Fremdzündungen vermeiden
 - Selbstentzündung → Grenztemperatur entspr. Diagramm VDI 975 (1992)

- Maßnahmen zur Vermeidung von Selbstentzündungen**
 - Temperatur möglichst < 150 °C
 - Vermeidung von zusätzlichem O₂-Eintrag
 - Vermeidung von Partikelablagerungen
 - Vermeidung punktueller Wärmezufuhr
- Maßnahmen zur Glühbranderkennung**
 - Füllstandskontrolle im Sammelrumpf
 - Temperaturmessungen z. B. im Sammelrumpf und Silo
 - Δ CO-Messung (nur in wenigen Ausnahmefällen)
- Maßnahme zur Brandbekämpfung**
 - N₂-Inertisierung (ca. 3-facher Volumenwechsel)
 - Filterunterteilung in einzelne Segmente



Quelle : VDI-Bericht 975 (1992)

Abb. 2: Sicherheitsanforderungen bei Verwendung kohlenstoffhaltiger Additive

2.3 Ergänzender Hinweis

Auf eine Diskussion der Vor- und Nachteile der einzelnen Additive wurde bewusst verzichtet. Hierzu sind Informationen zum Beispiel aus der Literatur von weiteren Fachveranstaltungen des HdT erhältlich.

3. Maßnahmen zur Reduzierung des Additivmittelverbrauches

Ziel einer projektbezogenen Planung ist es, das in Bezug auf

- Einhaltung der Emissionsgrenzwerte
- Gesamtkosten
- Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit
- Instandhaltung und Wartung

optimale Verfahren auszuwählen. Neben den verschiedenen Additivqualitäten stehen insbesondere für die Absorption eine Fülle von unterschiedlichen Verfahrensvarianten zur Verfügung. Nachfolgend werden häufig eingesetzte Varianten vorgestellt. Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

3.1 Sorptionsverfahren unter Verwendung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ als Additiv

3.1.1 Basisvariante Trockensorptionsverfahren

Das Basisverfahren für die Trockensorption mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ist in Abbildung 3 dargestellt. Es besteht im Wesentlichen aus den Bauteilen filternder Abscheider sowie Additivmittelzugabe.

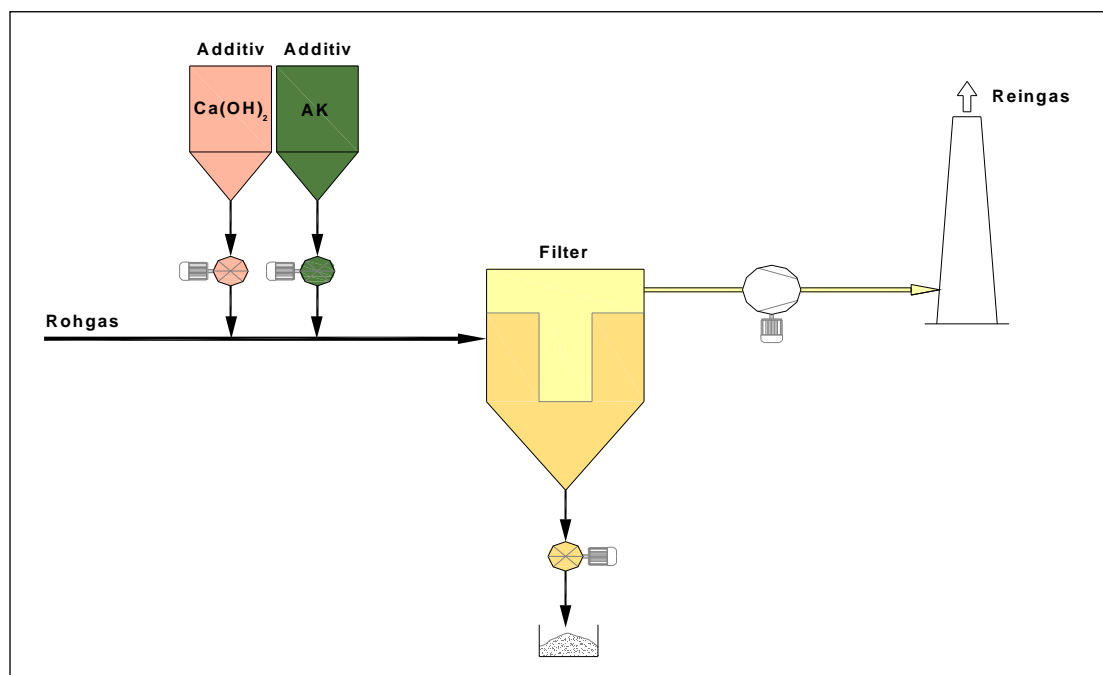


Abb. 3: Trockensorption mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$

3.1.2 Partikelrückführung und Gaskonditionierung

Zur Steigerung der Abscheideleistung und zur Reduzierung der Additivmittelkosten wird das Basisverfahren häufig ergänzt um die Bauteile Reaktor mit Partikelrückführung sowie Verdampfungskühler (Abbildung 4).

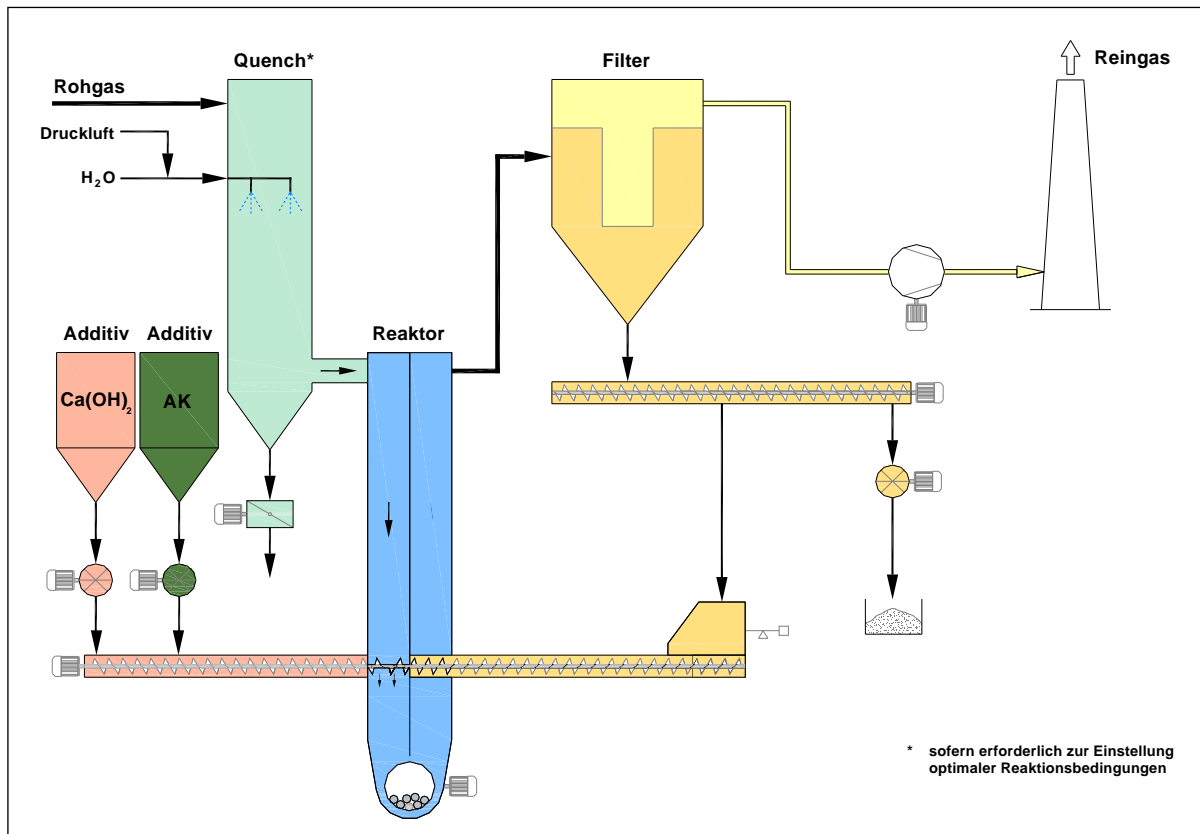


Abb. 4: Chemisorption mit Partikelrückführung und Gaskonditionierung

• Partikelrückführung

Die Partikelrückführung führt insbesondere bei Realisierung hoher Additivpartikelumlaufzeiten nachweislich zu einer deutlichen Verbesserung des Abscheidegrades für saure Schadgaskomponenten und/oder zu einer Reduzierung der Additivmittelzugabemenge.

- Die Aufenthaltszeit der Additivpartikel im System wird erhöht.
- Im Bereich des Reaktors vor Filter ergibt sich eine höhere Additivpartikeldichte (Reaktionszeit im Reaktor beträgt bis zu > 2 sec).
- Es wird eine häufige räumliche Neuorientierung bei Wiederanlagerung der rückgeführten Additivpartikel an das Filtermaterial erreicht.

Aufgrund der geforderten notwendigen hohen Partikelumlaufzeiten ist zur Sicherstellung einer optimalen Additivmittelausnutzung der Einsatz von Rückführsystemen erforderlich, die betriebssicher große Umlaufmengen darstellen können – auch dann, wenn problematische Partikel wie CaCl_2 in größeren Mengen im Partikelspektrum vorhanden sind.

Abbildung 5 zeigt ein seit vielen Jahren erfolgreich für unterschiedlichste Anwendungsfälle eingesetztes Verfahren. Es zeichnet sich neben der hohen Betriebssicherheit durch eine homogene Verteilung der rückgeführten Partikel im Rauchgasstrom vor Filter aus. Auf die Verwendung häufig störanfälliger pneumatischer Fördersysteme wird komplett verzichtet.

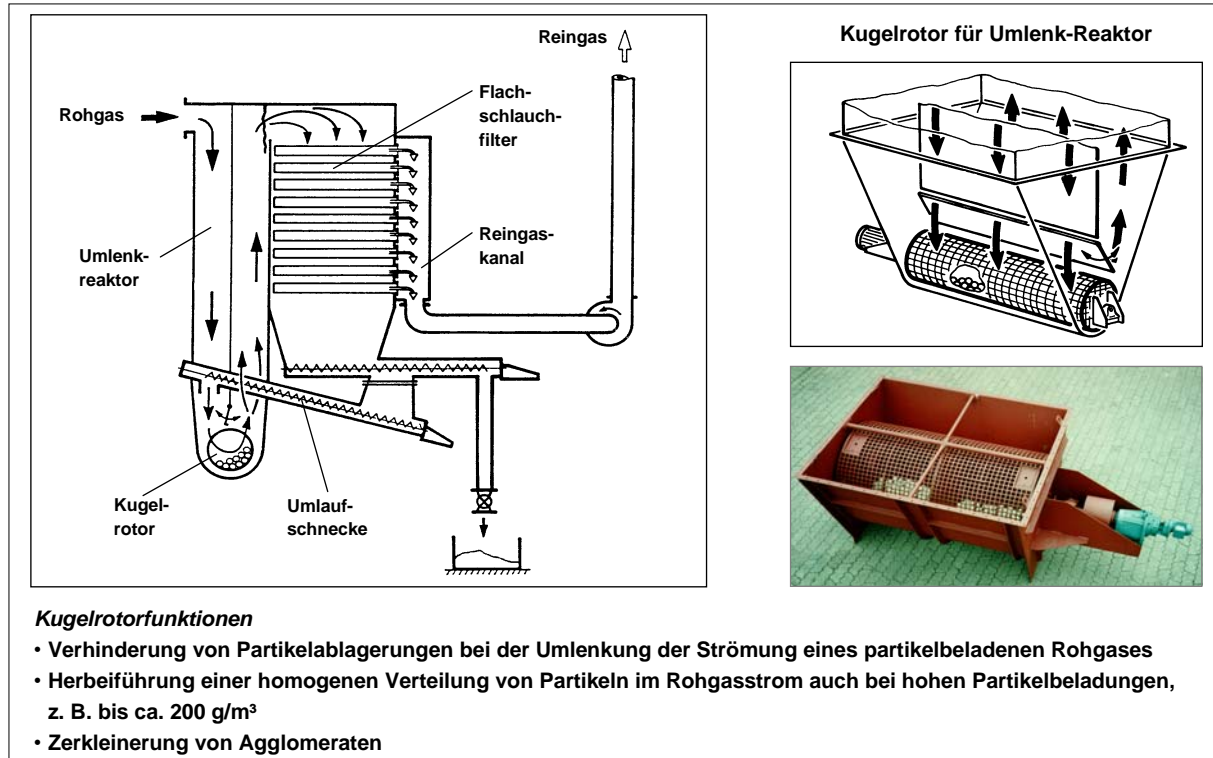
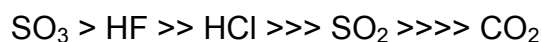


Abb. 5: Kugelrotor-Umlaufverfahren (KUV)

Eine vielfache Partikelrückführung wirkt sich auch positiv auf die Verbrauchsmenge für Additive aus, die ggf. ergänzend zum Beispiel zur Abscheidung von Dioxinen/ Furanen oder Hg-Verbindungen zugegeben werden müssen.

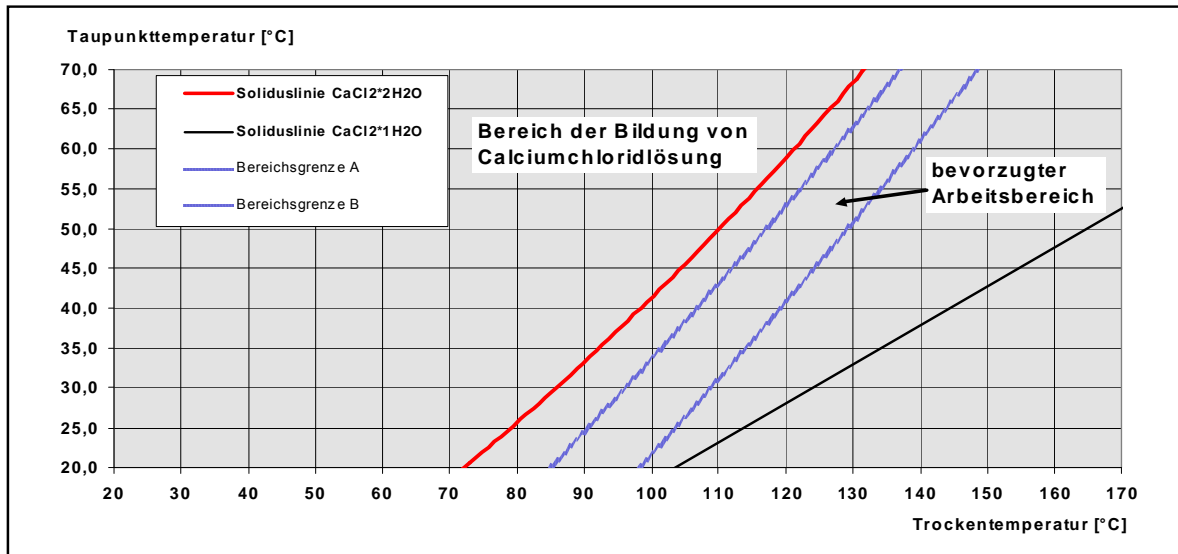
• Verdampfungskühler

In dem für filternde Abscheider üblichen Temperaturbereich zwischen 100 und 220°C ergibt sich folgende Reaktivitätsreihenfolge bei Verwendung von Ca(OH)₂ als Additiv:



Während die Abscheidung von SO₃ und HF in dem genannten Temperaturbereich unproblematisch ist, hat die Trockentemperatur sowie die absolute und relative Feuchte einen wesentlichen Einfluss auf die HCl- und SO₂-Abscheidung. Zur Additivmitteleinsparung ist es deshalb häufig sinnvoll, die Gastemperatur vor Reaktor mittels rekuperativem Wärmetausch oder bevorzugt durch Einsatz eines Verdampfungskühlers auf optimale Reaktionstemperaturen abzusenken. Die minimal zulässige Betriebstemperatur muss so gewählt werden, dass Anbackungen und Verstopfungen, insbesondere aufgrund der hygroskopischen Eigenschaften der

CaCl_2 -Partikel, in der Anlage vermieden werden. Den bevorzugten Arbeitsbereich in Abhängigkeit der Taupunkttemperatur zeigt Abbildung 6.



Quelle: Dr. Mosch, Karpf

Abb. 6: Zustandsdiagramm $\text{CaCl}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$

Den niedrigen Additivmittelkosten stehen höhere Investitionskosten sowie die zusätzlichen Betriebskosten für die Druckluft zur Verdüsung des Wassers im Verdampfungskühler gegenüber. Der apparative Aufwand ist im Vergleich zu der Basisvariante größer.

3.1.3 Chemisorption mit Partikelkonditionierung

Wie zuvor ausgeführt, hat die Gaskonditionierung durch Anhebung der absoluten und relativen Feuchte im Gas einen positiven Einfluss auf das Sorptionsergebnis. Jedoch lassen sich gute Additivmittelausnutzungen insbesondere für die SO_2 -Abscheidung nur dann erreichen, wenn zumindest zeitweise der Wasserdampfpartialdruck in unmittelbarer Nähe der Umlaufpartikel nahe dem Sättigungsdampfdruck liegt. Dies wird bei Einsatz der konditionierten Trockensorption erreicht (Abbildung 7).

Bei diesem Verfahren werden die Umlaufpartikel vor erneuter Zugabe in den Reaktor angefeuchtet. Die Befeuchtung bewirkt eine Erhöhung des Wasserdampfgehaltes an der Oberfläche der Additivpartikel und verbessert damit die Reaktivität gegenüber den sauren Schadgaskomponenten.

Aufgrund der begrenzten prozentualen Anfeuchtung der Umlaufpartikel kann es abhängig von der Gastemperatur vor Reaktor sinnvoll sein, zur Einstellung der optimalen Reaktionsbedingungen dem Reaktor einen Verdampfungskühler vorzuschalten.

Dieses hocheffiziente Verfahren zeichnet sich gegenüber den anderen bisher vorgestellten Verfahren durch eine hervorragende Additivmittelausnutzung und die

besonders sichere Einhaltung der Emissionsgrenzwerte auch bei höheren Schadgasgehalten im Abgas aus. Eine Abhängigkeit der Abscheideleistung gegenüber dem Verhältnis HCl/SO_2 besteht nicht. Allerdings sind im Vergleich zu anderen Verfahren die höheren Investitionskosten und der größere apparative Aufwand zu bewerten.

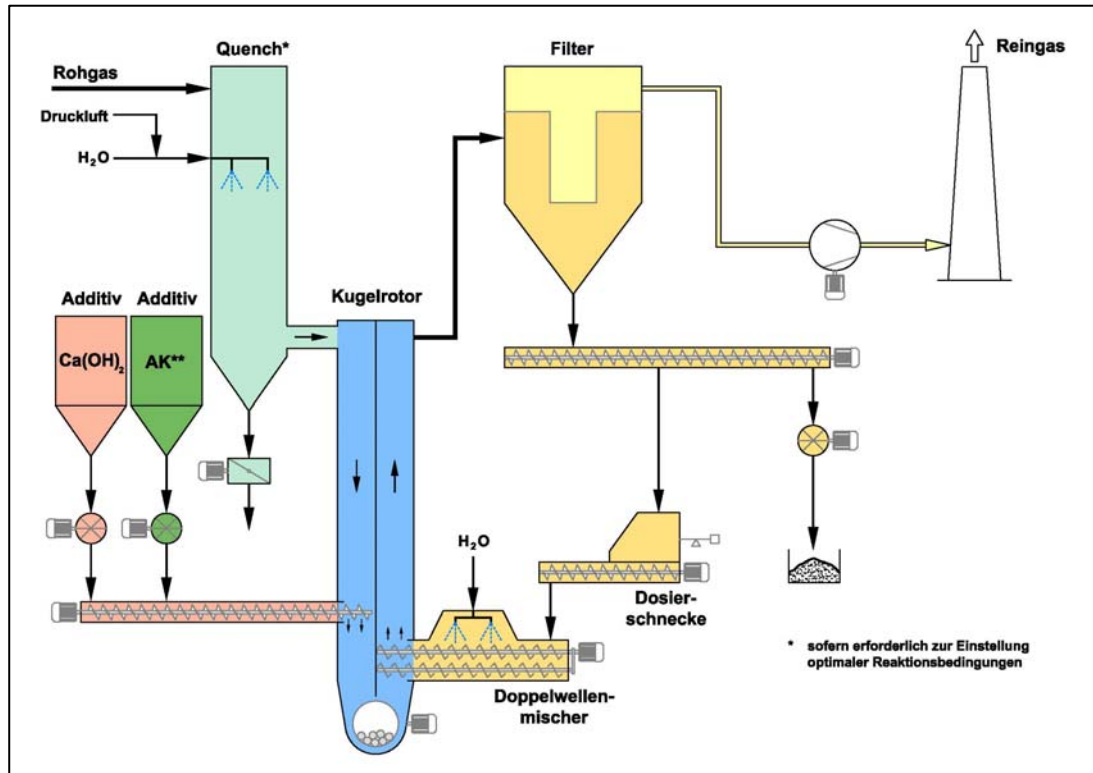


Abb. 7: Chemisorption mit Partikel- und Gaskonditionierung

3.2 Sorptionsverfahren unter Verwendung von NaHCO_3 als Additiv

Dieses vom Aufbau her sehr einfache Verfahren ist in Abbildung 8 dargestellt.

Eine mehrfache Rückführung der im Filter abgeschiedenen Partikel in den Rauchgasstrom vor Filter kann vorteilhaft sein. Die Installation eines Verdampfungskühlers empfiehlt sich nur dann, wenn die Temperatur vor Filter größer der zulässigen Dauertemperatur liegt (240°C) oder die simultane Abscheidung anderer Komponenten wie zum Beispiel Hg-Verbindungen eine Temperaturabsenkung zwingend erfordern.

Als wesentliche Vorteile des Verfahrens sind zu nennen:

- Hohe Reaktivität des Additivmittels
- Einfacher Anlagenaufbau
- Reststoffmenge verringert sich gegenüber der Additivmittelzugabe (Vorteil bei hohen Entsorgungskosten)
- Geringere Hygroskopie der entstehenden Salze

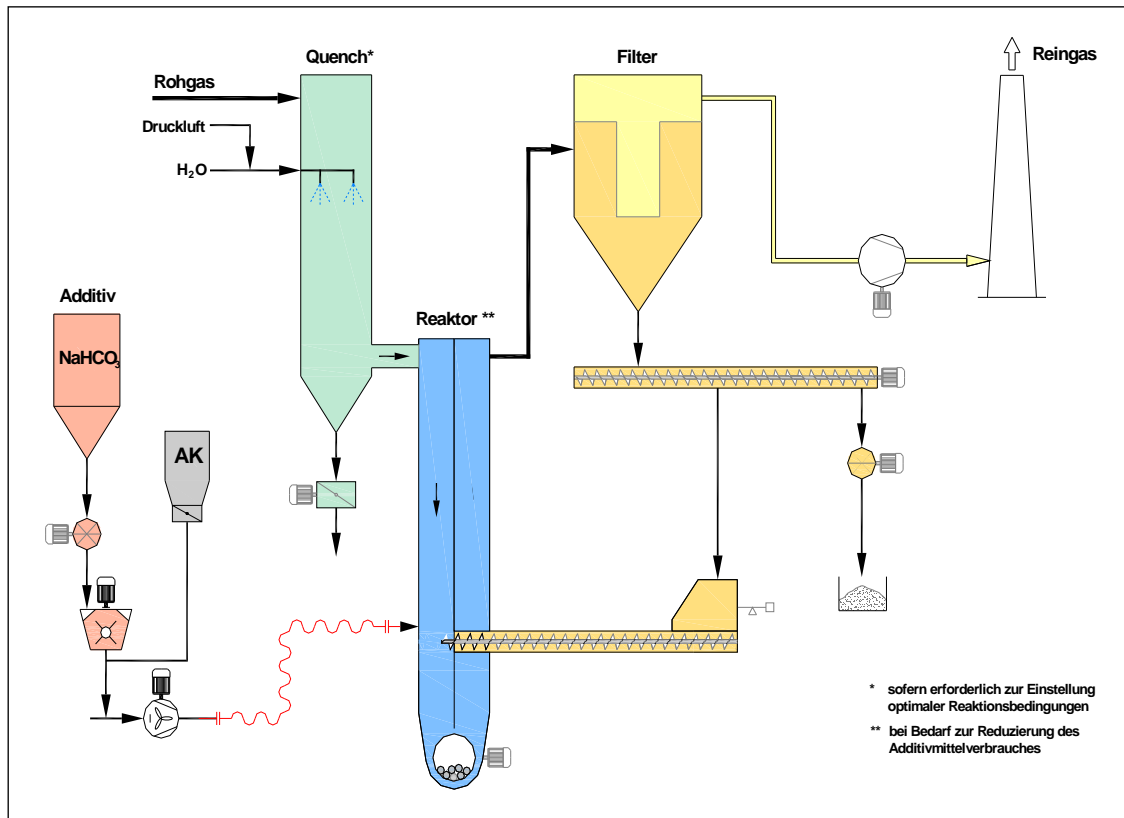


Abb. 8: Verfahrensschema

Dem stehen als Nachteile gegenüber:

- Ungünstiges Massenverhältnis Additiv zu Schadgas
- Aufmahlung des Additives vor Zugabe in den Abgasstrom notwendig
- Hohe spezifische Beschaffungskosten des Additivmittels

4 Resultierende Anforderungen an die eingesetzten filternden Abscheider aufgezeigt an Fallbeispielen

Ab- und Adsorption stellen hohe Ansprüche an die Effizienz filternder Abscheider. So lassen sich ausreichende Abscheidegrade nur dann erzielen, wenn

- ein Kontakt zwischen Schadgasmolekül und Additivpartikel sichergestellt ist (homogene Partikelverteilung) und
- die Additivpartikel weitestgehend am Filtermaterial zurückgehalten werden und nicht auf die Reingasseite des Filters gelangen.

Nachfolgend werden zwei unterschiedliche Anwendungsbeispiele diskutiert.

• Anwendungsbeispiel Dioxinabscheidung

Sehr anschaulich verdeutlicht die Abscheidung von Dioxinen/ Furanen die Anforderungen an die Konstruktion der filternden Abscheider. Abbildung 9 zeigt hierzu als Fallbeispiel eine Sinterbandfeinreinigungsstufe. Die Dioxin-/ Furan-Konzentration im Gas vor dem Filter beträgt ca. 5 – 10 ng/m³ i. N.. Der geforderte Reingaswert liegt bei < 0,4 ng/m³ i. N..

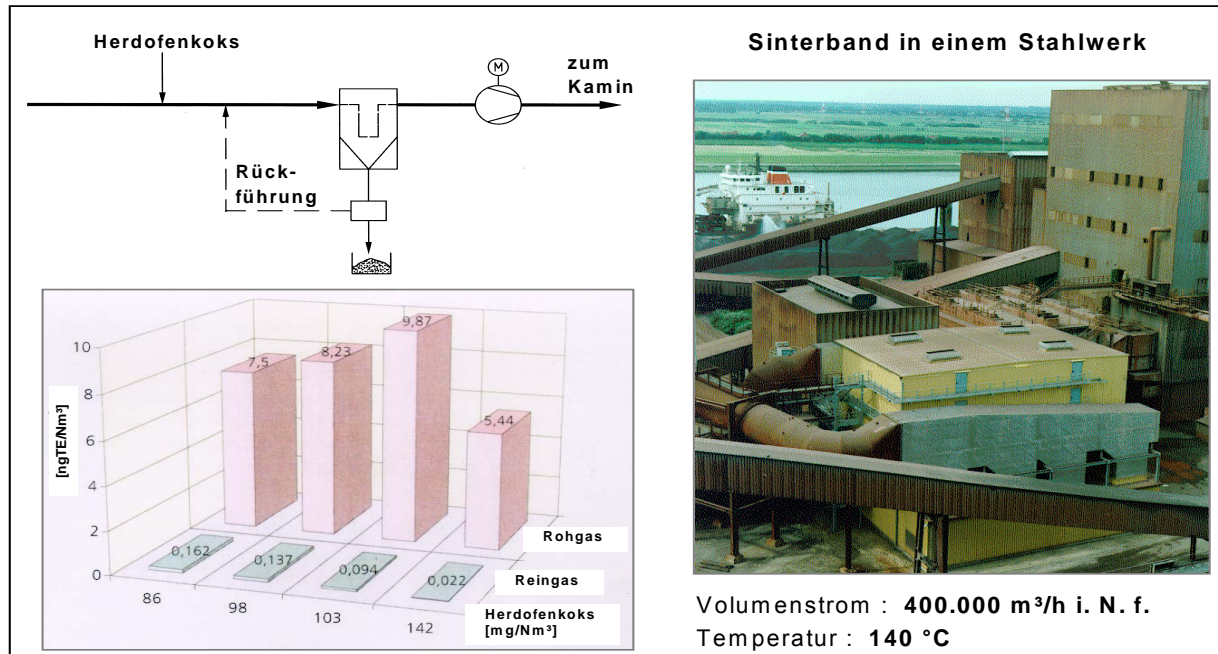


Abb. 9: Anwendungsbeispiel zur Dioxin-/ Furanabscheidung

Durch Messungen wurde nachgewiesen, dass über 95 % der Dioxin-/ Furan-Verbindungen bei diesem Anwendungsfall gasförmig vorliegen und nur durch Zugabe eines Additives mit großer innerer Oberfläche abzuscheiden sind. Der Restpartikelgehalt im Reingas betrug während der Messungen $\leq 1 \text{ mg/m}^3$ i. N..

Der notwendige Abscheidegrad für Dioxine/ Furane liegt mit 92 % – 96 % im Vergleich zu üblichen Anforderungen für einen filternden Abscheider relativ niedrig. Betrachtet man jedoch die gegebenen Konzentrationen der abzuscheidenden Dioxin-/ Furan-Verbindungen wird die Schwierigkeit dieser Aufgabenstellung deutlich. Der Reingaswert von $0,4 \text{ ng/m}^3$ i. N. entspricht einem Wert von $0,000.000.000.4 \text{ g/m}^3$ i. N.. Es ist verständlich, dass eine Reduzierung der Dioxine/Furane auf einen solch niedrigen Wert nur dann erreicht werden kann, wenn die Additivmittel im Filter homogen verteilt sind und der Restpartikelgehalt im Reingas deutlich niedriger als die üblicherweise geforderten Werte liegt. Eine zusätzliche Partikelrezirkulation unterstützt die Abscheidung im Flugstrom vor dem Filtermaterial durch Anhebung der Additivmitteldichte.

- **Anwendungsbeispiel Hausmüllverbrennung**

Am Beispiel einer Gasreinigung hinter einer Rostfeuerung mit nachgeschaltetem Kessel zur Verbrennung von Hausmüll lässt sich die universelle Einsetzbarkeit des filternden Abscheiders zur Abtrennung gas- und partikelförmiger Komponenten aus Gasen verdeutlichen. Abbildung 10 zeigt den Anlagenaufbau und Tabelle 3 die Roh- und Reingaswerte sowie die geforderten Abscheidegrade.

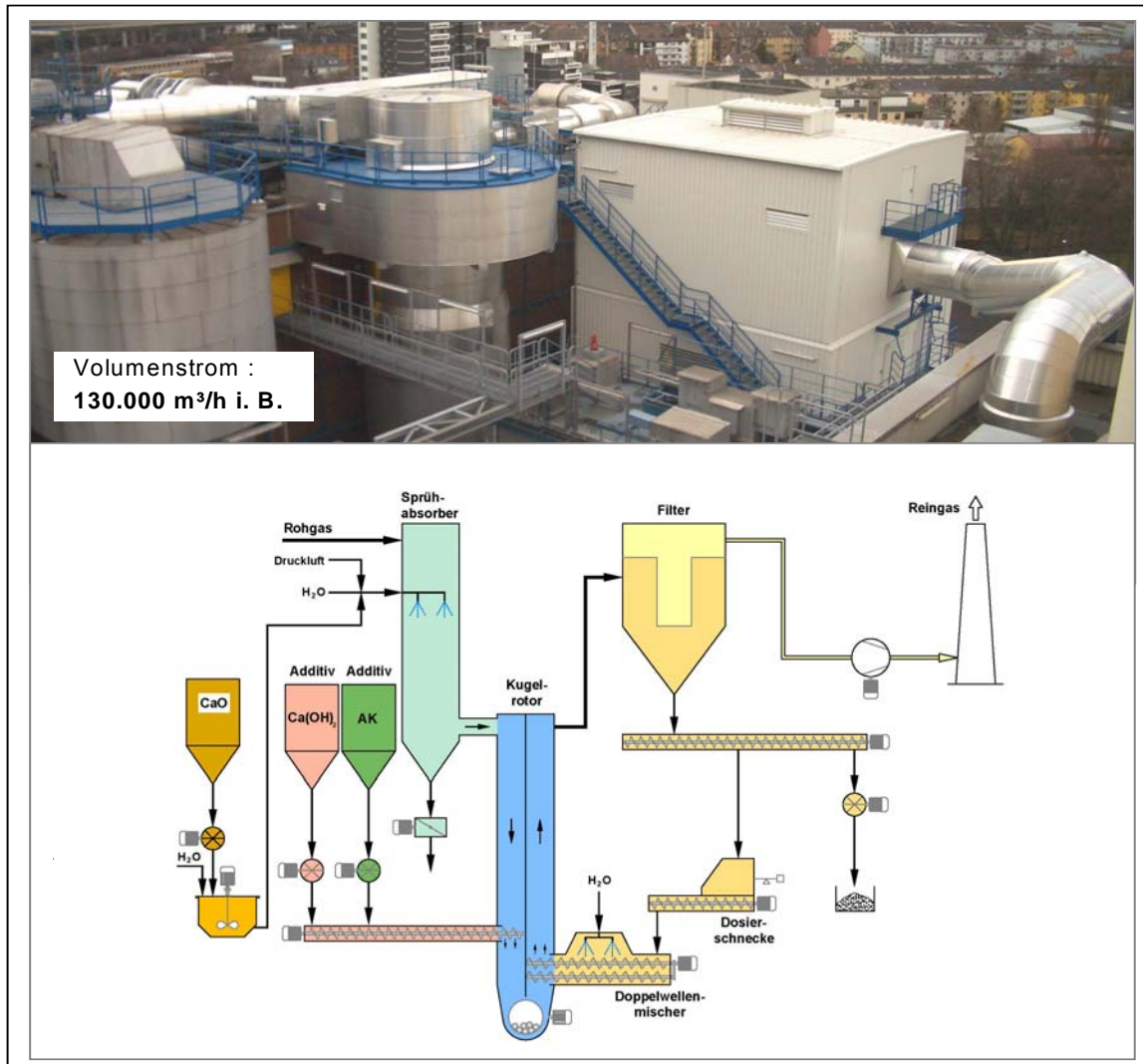


Abb. 10: Anwendungsbeispiel Hausmüllverbrennung

Erwähnenswert ist, dass zur Effizienzsteigerung bei der Abscheidung der gasförmigen Stoffe die im Filter abgeschiedenen Partikel vielfach in den Gasstrom vor das Filter zurückgeführt werden. Der Partikelgehalt vor Filter beträgt durch diese Rückführung ca. 250 g/m³ i. N.. Damit ergibt sich der tatsächlich notwendige Partikelabscheidegrad zur Einhaltung der geforderten Emissionsgrenzwerte zu > 99,996 %.

		Gasübernahme		Emissionsgrenzwerte		Abscheidegrad [%]	
		TMW *	HMW **	TMW	HMW	TMW	HMW
Gesamtstaub	[mg/m ³ i. N. tr.]	1.600	5.000	10	20	> 99,4	> 99,6
HCL	[mg/m ³ i. N. tr.]	1.000	2.000	10	60	> 99	> 97
HF	[mg/m ³ i. N. tr.]	15	30	1	4	> 93,3	> 86,7
SO₂	[mg/m ³ i. N. tr.]	400	600	25	150	> 93,8	> 75
Hg	[mg/m ³ i. N. tr.]	0,3	0,3	0,015	0,03	> 95	> 90
Cd + Tl	[mg/m ³ i. N. tr.]	1,0	3,0	0,05 ***		> 95	> 98,3
Σ (Sb, As, Pb, Cr, Mn, Ni, V, Sn)	[mg/m ³ i. N. tr.]	20	50	0,5 ***		> 97,5	> 99
Dioxin / Furan	[ngTE/m ³ i. N. tr.]	3,0	5,0	0,1 ***		> 96,7	> 98

* Tagesmittelwert ** Halbstundenmittelwert *** Mittelwert über die Probenahmezeit

Tab. 3: Anforderungen an einen filternden Abscheider am Beispiel einer Hausmüllverbrennung

Die Standzeitgewährleistung für das Filtermaterial und damit auch für die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte beträgt bei solchen Aufgabenstellungen üblicherweise 3 bis 5 Jahre. Solche Gewährleistungszusagen setzen eine bewährte und konstruktiv durchdachte Filterkonstruktion voraus.

5 Wertung

Filternde Abscheider sind grundsätzlich in der Lage, die heutigen und zukünftigen Anforderungen hinsichtlich der geforderten Abscheidegrade nicht nur für Partikel, sondern auch für andere gasförmige Komponenten gesichert im Dauerbetrieb zu erfüllen. Bei Konstruktion von Sorptionsanlagen sind nachfolgende Anforderungen konsequent umzusetzen:

- homogene Verteilung der zugegebenen Additivpartikel im Gasstrom (bei Bedarf auch unter Nutzung einer Computersimulation)
- gleichmäßige Verteilung der Additivpartikel auf das Filtermaterial, zum Beispiel durch Vorschaltung einer Zuströmkammer mit Verteileinbauten
- Sicherstellung einer weitgehend homogenen Partikelbeladung auf dem Filtermaterial durch eine intelligente Abreinigungssteuerung
- Auswahl einer Filterkonstruktion, die auch über mehrere Jahre eine Abscheidung hoher Partikelkonzentrationen auf niedrige Restpartikelgehalte im Reingas sicherstellt
- projektbezogene Auswahl eines Additives und eines Sorptionsverfahrens unter Berücksichtigung mindestens folgender Kriterien:
 - Gesicherte Einhaltung der Emissionswerte
 - Investitions- und Betriebskosten
 - Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit

Die vorliegenden Praxiserfahrungen aus vielen realisierten Anlagen haben gezeigt, dass filternde Abscheider einschließlich weiterer dem Filter vorgeschalteter Bauteile wie zum Beispiel Reaktor und/oder Verdampfungskühler heute in der Lage sind, partikel- und gasförmige Stoffe simultan in einer einstufigen Anlage abzuscheiden. Kostenintensive mehrstufige Verfahren, zum Beispiel unter Verwendung von Nasswäschern, sind heute nicht mehr notwendig. Filternde Abscheider zählen auch bei der Abscheidung von gasförmigen Stoffen aus Gasen heute zum Stand der Technik.



Enzer Straße 26
31655 Stadthagen
DEUTSCHLAND

Telefon: +49 5721 708 - 200
Telefax: +49 5721 708 – 154
E-Mail: info@luehr-filter.com

Internet: www.luehr-filter.com