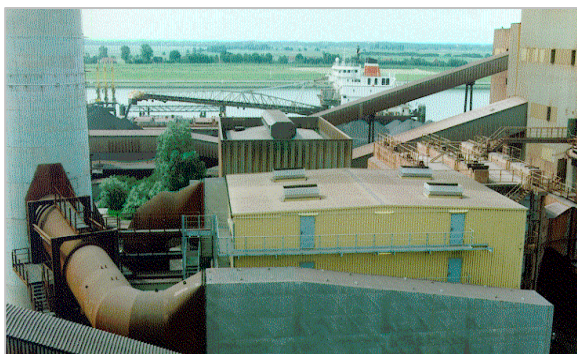


LÜHR FILTER

**Reduzierung der Staubemissionen von Partikeln
(Alkalien), Dioxine/ Furanen, SO_x, Schwermetalle hinter
Sinteranlagen mittels LÜHR - Flachschauchfilter**

von
Dipl. - Ing. Rüdiger Margraf



**3. International Meeting on Ironmaking
ABM workshop 22. – 26. September 2008 in Sao Luis/ Brasilien**

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1 Ausgangssituation	7
2 Sekundärmaßnahmen zur Emissionsminderung	8
2.1 Partikel/ Alkalien und partikelförmige Schwermetalle	8
2.1.1 LÜHR Kugelrotor-Umlaufverfahren	9
2.1.2 Betriebsergebnisse.....	10
2.2 Dioxine/ Furane.....	11
2.3 Saure Schadgaskomponenten HF, HCl, SO _x	12
2.3.1 Betriebsergebnisse	13
2.3.2 Vergleich zu alternativen Additiven.....	15
3 Integration der Feinreinigungsstufe in die Gesamtanlage	16
3.1 Anordnung zwischen elektrostatischem Abscheider und Hauptgebläse ..	17
3.1.1 Vorteile	17
3.1.2 Nachteile.....	17
3.2 Anordnung zwischen Hauptgebläse und Kamin mit geschlossenem	17
Bypass.....	17
3.2.1 Vorteile	17
3.2.2 Nachteile.....	17
3.3 Anordnung zwischen Hauptgebläse und Kamin mit.....	18
Gasrezirkulationsleitung	18
3.3.1 Vorteile	18
3.3.2 Nachteile.....	18
3.4 Wertung	18
4 Resümee	18

Zusammenfassung

Die heute für Gasreinigungen hinter Sinterbändern geforderten Emissionsgrenzwerte lassen sich häufig mit den derzeit installierten Systemen – in den meisten Fällen mehrstufige Elektrofilter – nur bedingt einhalten. Durch Integration einer weiteren Feinreinigungsstufe in die Abgasreinigung können die heute und in Zukunft notwendigen Abscheidegrade für Partikel/Alkalien, Schwermetalle, saure Schädgaskomponenten wie HF, HCl, SO_x und Dioxine/ Furane eingehalten werden. Dies gilt sowohl für bestehende Sinteranlagen als auch für Neuinstallationen. Ein bewährtes und erprobtes Verfahren hierzu ist das Kugelrotor-Umlaufverfahren der Firma LÜHR FILTER. Es besteht in der Basisvariante aus den Bauteilen Reaktor, Flachschauchfilter, Partikelrückführung und Additivmittelzugabe. Weitere Bauteile können den jeweiligen Erfordernissen entsprechend integriert werden. Das Kugelrotor-Umlaufverfahren scheidet die oben genannten Gasinhaltsstoffe simultan ab. Es zeichnet sich aus durch hohe Effizienz, eine gute Integrationsfähigkeit in die vorhandene Anlagentechnik, eine hohe Betriebssicherheit bei geringem Wartungsaufwand sowie niedrige Betriebskosten. Nach Voruntersuchungen mit einem Demonstrationsfilter wurde die erste großtechnische Anlage bereits 1993 installiert. Neben der Vorstellung des Verfahrens wird über die umfangreichen Betriebserfahrungen aus dieser seit nunmehr 15 Jahren in Betrieb befindlichen Anlage sowie weiteren realisierten Projekten berichtet. Die erreichbaren Abscheidegrade werden aufgezeigt.

Schlüsselwörter:

Sinterband – Emissionen – Rauchgasbehandlung

1 Ausgangssituation

Sinteranlagen sind zur Begrenzung der Staubemissionen üblicherweise ausgerüstet mit mehrstufigen Elektrofiltern oder in Ausnahmefällen Zyklonen. Die heute geforderten Grenzwerte für Partikel lassen sich mit diesen Abscheidern nur bedingt einhalten. Insbesondere die Alkalien begrenzen aufgrund ihrer adhäsiven Eigenschaften die Wirksamkeit der Elektrofilter.

Neben der Abscheidung von Staub werden ergänzend in der heutigen Zeit in zunehmendem Maße die Emissionsminderung weiterer Gasinhaltsstoffe wie Schwermetalle, saure Schadgaskomponenten (HF, HCl, SO_x) und/oder Dioxine/Furane gefordert.

Das von LÜHR FILTER entwickelte Kugelrotor-Umlaufverfahren kann die vorgenannten Komponenten simultan in einer Feinreinigungsstufe bis unter die geforderten Emissionsgrenzwerte abscheiden. Es besteht im Wesentlichen aus den Komponenten Flachschauchfilter mit vorgeschaltetem Umlenkreaktor sowie Partikelrezirkulation.



Bild 1: Beispiele ausgeführter Anlagen

Es wurde bereits mehrfach zur Feinreinigung hinter Sinterbändern installiert.

- Betrieb von Demonstrationsfilteranlagen bei Arcelor Mittal, Bremen (> 10.000 Betriebsstunden), HOESCH KRUPP STAHL, Dortmund (> 4.000 Betriebsstunden) und VOEST ALPINE STAHL, Donawitz (> 6.000 Betriebsstunden)

- Großtechnische Anlagen bei den Firmen Arcelor Mittal, Bremen (1993), VOEST ALPINE STAHL, Donawitz (2002), RDM/Brasilien (2006), Erweiterung der Anlage Arcelor Mittal, Bremen (2007),
- Trinecke/ Tschechien (2008), Siemens VAI Projekt DSC/Taiwan (in der Montage)

Nachfolgend wird über Erfahrungen aus dem Betrieb der vorgenannten Anlagen berichtet sowie das Verfahren selber vorgestellt.

2 Sekundärmaßnahmen zur Emissionsminderung

2.1 Partikel/ Alkalien und partikelförmige Schwermetalle

Bereits die ersten Untersuchungen mit einem Demonstrationsfilter im Jahr 1991 haben gezeigt, dass eine vielfache Rückführung der im Filter abgeschiedenen Partikel in den Gasstrom vor Filter verbunden mit einer ergänzenden Zugabe von Additiven vorteilhaft ist für die Aufrechterhaltung einer guten Regenerationsfähigkeit des Filtermaterials im Dauerbetrieb. Dies begründet sich zum Einen in der extremen Feinheit und den adhäsiven Eigenschaften der abzuscheidenden Alkalien. Darüber hinaus können ohne Partikelrezirkulation gasförmige Komponenten wie zum Beispiel C_xH_y zu irreversiblen Einlagerungen im Filtermaterial führen, die einen frühzeitigen Anstieg des Filterdifferenzdruckes verursachen.

Durch die Rezirkulation der Partikel und der zugegebenen Additive bildet sich auf den Filterschläuchen eine mobile Vorfilterschicht, an der sich die adhäsiven Primärpartikel anlagern (Bild 2). Auch gasförmige Komponenten wie C_xH_y werden an der mobilen Vorfilterschicht soweit notwendig abgeschieden. Die auf den Schläuchen befindliche Partikelschicht schützt das Filtermaterial.

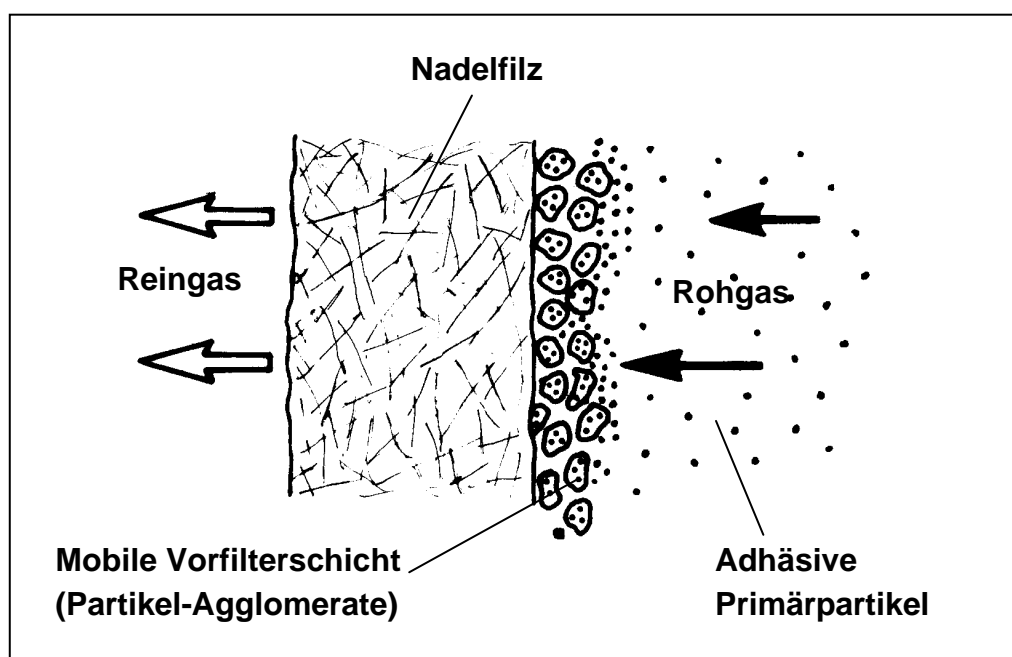


Bild 2: Mobile Vorfilterschicht zur Abscheidung feiner adhäsiver Partikel

Als Additiv wird in der Regel Ca(OH)₂ eingesetzt. Alternativ ist die Verwendung von CaCO₃ möglich. Beide Additive scheiden mit hoher Effizienz das SO₃ aus dem Gas ab und verhindern auf diese Weise Korrosionen in der Feinreinigungsstufe. SO₃ bestimmt wesentlich den Säuretaupunkt.

2.1.1 LÜHR Kugelrotor-Umlaufverfahren

Zur betriebs sicheren Realisierung der Rückführung im Filter abgeschiedener Partikel in den Rauchgasstrom vor Filter hat sich in vielen Anwendungsfällen das Kugelrotor-Umlaufverfahren (Bild 3) bewährt.

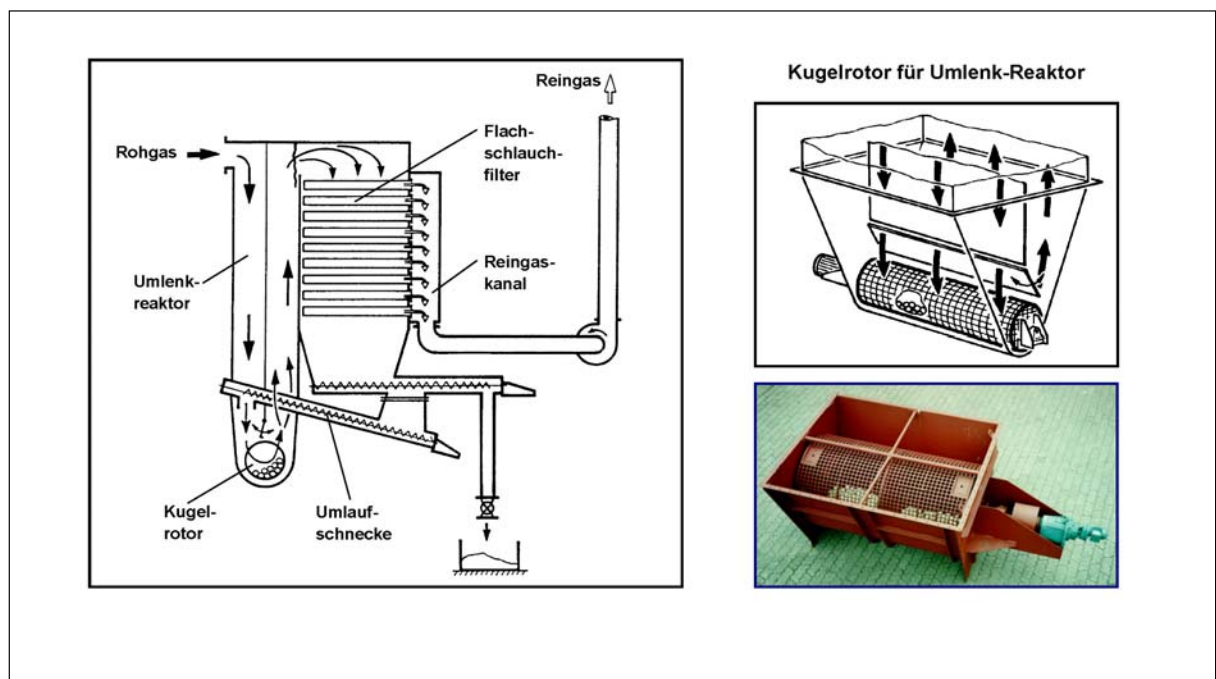


Bild 3: Schematische Darstellung des Kugelrotor-Umlaufverfahrens

Der Kugelrotor ist ein Hohlzylinder, dessen Mantelfläche aus Lochblech mit ca. 30 x 30 mm großen Öffnungen besteht. Bis zu 10 % seines Volumens ist der Hohlzylinder mit Kugeln aus hitzebeständigem und verschleißfestem keramischen Werkstoff gefüllt. Der Rotor wird durch einen Getriebemotor mit ca. einer Umdrehung/min kontinuierlich in Drehung versetzt. Dabei führen die Kugeln Relativbewegungen zueinander und gegenüber der gelochten Trommelwandung aus. Die Trommel wird im unteren Umlenkpunkt des dem Filter vorgeschalteten Reaktors vom Gas durchströmt.

Als wesentliche Funktion des Kugelrotors sind zu nennen:

- Verhinderung von Partikelablagerungen bei der Umlenkung der Strömung eines partikelbeladenen Rohgases
- Herbeiführung einer homogenen Verteilung von Partikeln im Rohgasstrom, auch bei hohen Partikelbelastungen, zum Beispiel bis zu mehreren 100 g/m³
- Zerkleinerung von zu großen Agglomeraten

Die im Filter abgeschiedenen Partikel werden über eine Förderschnecke vor deren Auslösung vielfach in den Reaktor zurückgeführt. Die Partikelumlaufmenge ist einstellbar und kann bei Bedarf zum Beispiel in Abhängigkeit von der aktuellen Gasmenge geregelt werden.

Gegenüber Alternativen, zum Beispiel pneumatisch arbeitenden Rückführsystemen, weist das Kugelrotor-Umlaufverfahren vorteilhafte Besonderheiten auf. Unter anderem:

- Partikeltransport erfolgt mechanisch über betriebssichere Schneckenförderer.
- Eine Ausschleusung und ggf. Zwischenspeicherung der Umlaufpartikel ist nicht notwendig.
- Durch Einsatz des Kugelrotors ist bei der Zugabe der Umlaufpartikel im Rohgasstrom eine homogene Verteilung sichergestellt.
- Hohe Betriebssicherheit.

2.1.2 Betriebsergebnisse

An der im Jahre 1993 errichteten Feinreinigungsstufe bei Arcelor Mittal in Bremen wurden umfangreiche Messungen zur Ermittlung der Abscheidegrade für Partikel und partikelförmige Schwermetalle durchgeführt. Bild 4 zeigt die Ergebnisse am Beispiel der Partikelabscheidung. Für partikelförmige Schwermetalle wurden ähnlich gute Abscheidegrade erreicht. Diese guten Ergebnisse konnten auch bei allen anderen von LÜHR FILTER hinter Sinterbändern errichteten Anlagen nachgewiesen werden.

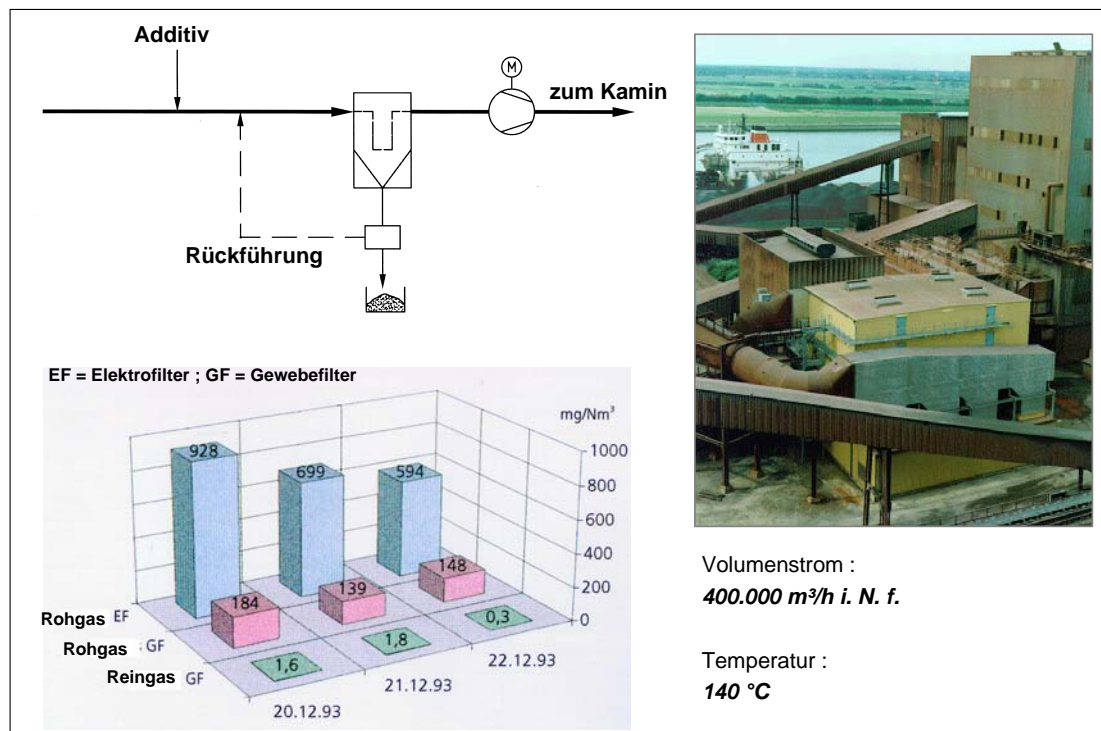


Bild 4: Simultane Partikelmessung vor und nach Elektrofilter sowie nach Feinreinigungsstufe

2.2 Dioxine/ Furane

Zur Abscheidung gasförmiger Dioxine/ Furane wird dem Rauchgas vor dem filternden Abscheider ein pulverförmiges Additiv mit großer Oberfläche zugegeben. Die partikelförmigen und die adsorptiv an den Additiven angelagerten Dioxine/ Furane werden am Filtermaterial abgeschieden. Eine vielfache Rückführung der im Filter abgeschiedenen Partikel hat einen positiven Einfluss auf die erreichbaren Abscheidegrade bzw. führt zur Reduzierung der Betriebskosten in Bezug auf die Additivmittelver- und Entsorgung. Die Rückführung bewirkt unter anderem:

- Verbesserte Kontaktchancen Additivpartikel/Schadgase bereits in der Flugphase.
- Eine weitgehend homogene Verteilung der Additive auf den Filterschläuchen.
- Den schnellen Aufbau von additivmittelhaltigen Schichten auf dem Filterschlauch unabhängig von der aktuellen Frischadsorbenszugabe (besonders wichtig nach jeder Abreinigung).

Als Additive werden in den meisten Fällen Aktivkoks bzw. Aktivkohle mit einer spezifischen Oberfläche von ca. 350 bis > 1.000 m²/g eingesetzt. Da es sich um kohlenstoffhaltige Additive handelt, sind Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung von Staubexplosionen und Glimmbränden im Filter erforderlich. Sofern eine Mischung aus Inertmaterial (mindestens 70 Gew.-%) und Aktivkoks (maximal 30 Gew.-%) verwendet wird, sind Staubexplosionen ausgeschlossen. Als Inertmaterial dient das bereits für die Partikelabscheidung zum Schutz des Filters zugegebene Additiv. In Bezug auf Glimmbrände ist durch konstruktive Maßnahmen sicherzustellen, dass größere Partikelablagerungen im Filter vermieden werden. Darüber hinaus sollte die Gastemperatur < 160°C betragen.

Bild 5 zeigt beispielhaft für die ausgeführten Anlagen die Messergebnisse für die Feinreinigungsstufe bei Arcelor Mittal, Bremen.

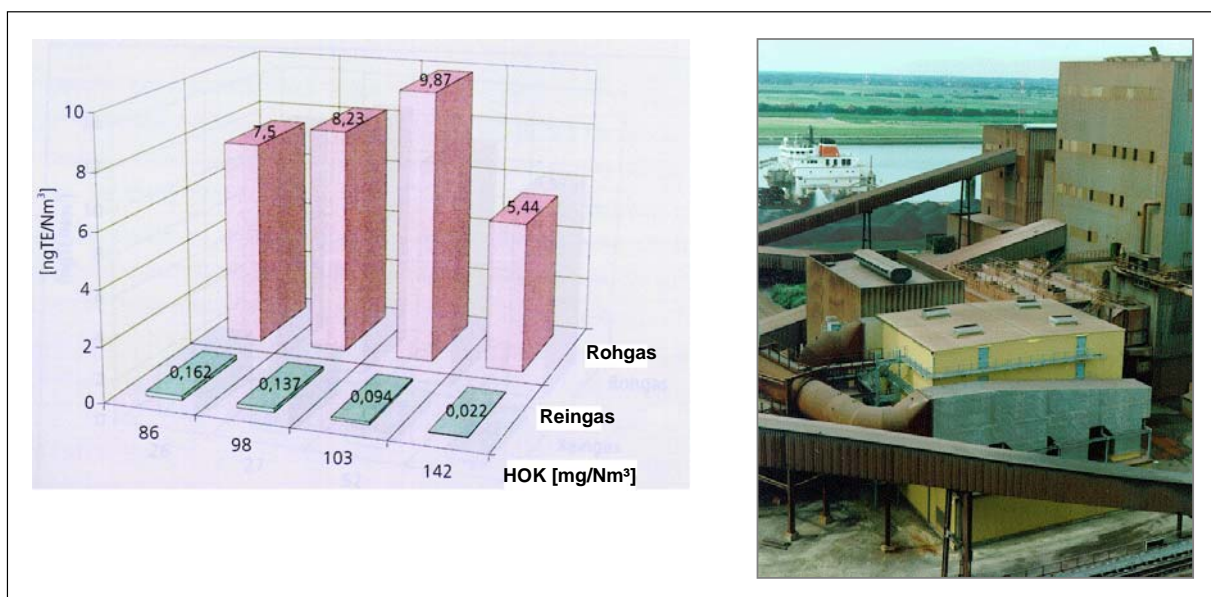


Bild 5: Messergebnisse Dioxin-/ Furanabscheidung

2.3 Saure Schadgaskomponenten HF, HCl, SO_x

Zur Abscheidung saurer Schadgaskomponenten wird im Allgemeinen handelsübliches Kalziumhydroxid Ca(OH)₂ mit einer spezifischen Oberfläche von ca. 15 bis 20 m²/g in den Gasstrom vor dem Filter aufgegeben. 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 bezogen auf die abgeschiedene Menge) 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
2HF + Ca(OH) ₂ ξ CaF ₂ + 2H ₂ O	1,85 kg/kg	1,95 kg/kg
2HCl + Ca(OH) ₂ ξ CaCl ₂ + 2H ₂ O	1,01 kg/kg	2,02 kg/kg
SO ₃ + Ca(OH) ₂ ξ CaSO ₄ + H ₂ O	0,93 kg/kg	2,15 kg/kg
SO ₂ + Ca(OH) ₂ ξ CaSO ₃ + H ₂ O	1,16 kg/kg	2,02 kg/kg

Tabelle 1: Reaktionsgleichungen für Ca(OH)₂

Das Kugelrotor-Umlaufverfahren 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 ca. 2 bis 4 sec).
- Es wird eine häufige räumliche Neuorientierung bei Wiederanlagerung der rückgeführten Additivpartikel an das Filtermaterial erreicht.

In dem für filternde Abscheider üblichen Temperaturbereich zwischen 100 und 220 °C ergibt sich folgende Reihenfolge für die Reaktionsgeschwindigkeit zwischen den einzelnen Schadgaskomponenten und dem Ca(OH)₂.



Während die Abscheidung von SO₃, HF und HCl in dem für Sinterbänder üblichen Temperaturbereich unproblematisch ist, lassen sich ausreichende Abscheidegrade bei guter Additivmittelausnutzung für SO₂ nur dann erreichen, wenn mindestens zeitweise der Wasserdampfpartialdruck in unmittelbarer Nähe der Umlaufpartikel nahe dem Sättigungsdampfdruck liegt. Dies wird bei Einsatz der konditionierten Trockensorption mittels Kugelrotor-Umlaufverfahren erreicht (Bild 6). Bei diesem Verfahren werden die Umlaufpartikel vor erneuter Zugabe im Reaktor angefeuchtet.

Die Befeuchtung bewirkt eine Erhöhung des Wasserdampfgehaltes an der Oberfläche der Additivpartikel und verbessert damit die Reaktivität gegenüber den sauren Schadgaskomponenten. Abscheidegrade für SO_2 sowie selbstverständlich auch alle weiteren sauren Schadgaskomponenten sind bis zu $> 90\%$ bei Einsatz dieser Verfahrensvariante möglich.

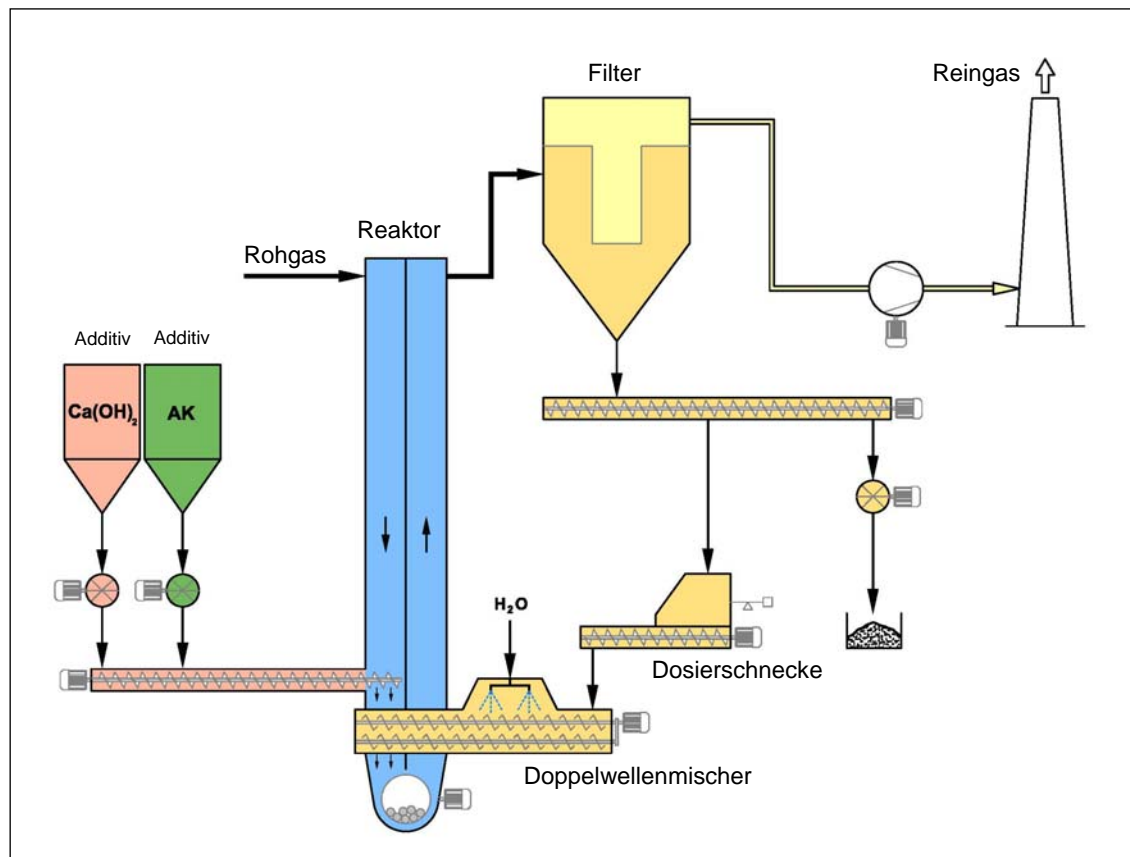


Bild 6: Kugelrotor-Umlaufverfahren mit Partikelkonditionierung

2.3.1 Betriebsergebnisse

Messungen an von LÜHR FILTER installierten Feinreinigungsstufen hinter Sinterbändern bestätigen die vorgenannten Ausführungen. Die Anlage Arcelor Mittal in Bremen wurde ausgerüstet mit einer reinen Trockensorption. Die erreichbaren Abscheidegrade für HF und HCl sind ausreichend, jedoch lassen sich für SO_2 nur geringe Abscheidegrade erreichen (Bild 7).

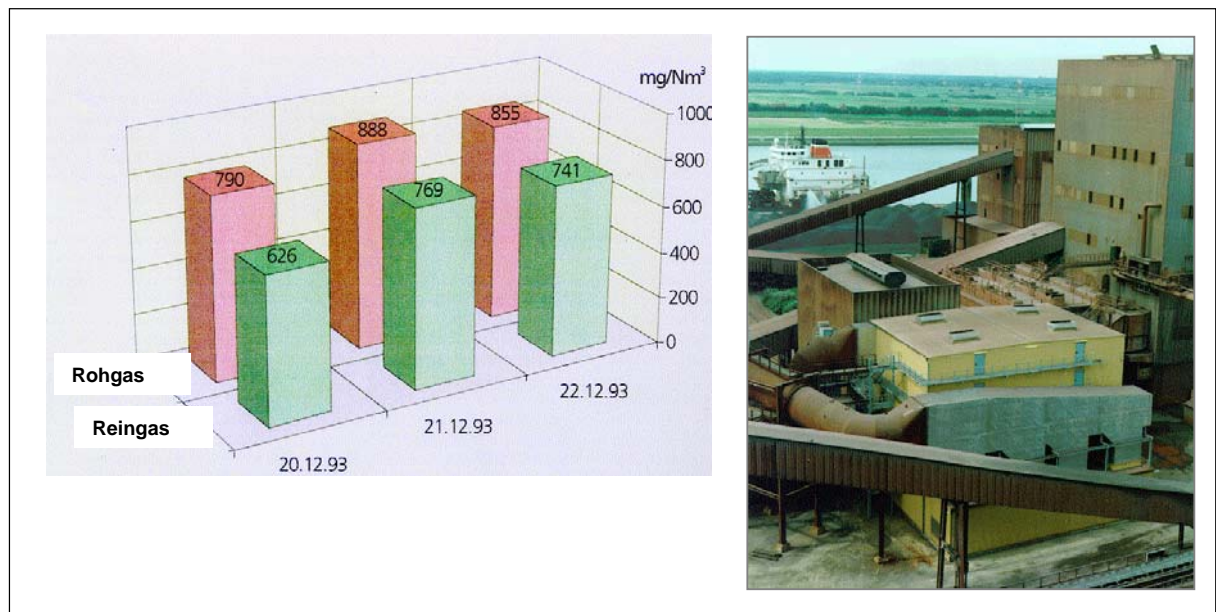


Bild 7: Simultane Messung der SO₂-Konzentration (Anlage Arcelor Mittal, Bremen)

Dem gegenüber wurde die Anlage bei VOEST ALPINE STAHL in Donawitz/ Österreich ausgerüstet mit dem Kugelrotor-Umlaufverfahren einschl. Partikelkonditionierung. In Bild 8 ist der Einfluss der Partikelkonditionierung deutlich zu erkennen. Vor Einschaltung der Wasserzugabe im Anfeuchtmischer wurden trotz einer Partikelrezirkulationsrate von ca. 150 g/m³ i. N. nur Abscheidegrade in der Größenordnung von 5 bis max. 10 % erreicht. Erst mit Anfeuchtung der Rezirkulationspartikel können bei vertretbarem Additivmitteleinsatz die geforderten Emissionswerte < 500 mg/m³ i. N. tr. gesichert im Dauerbetrieb eingehalten werden.

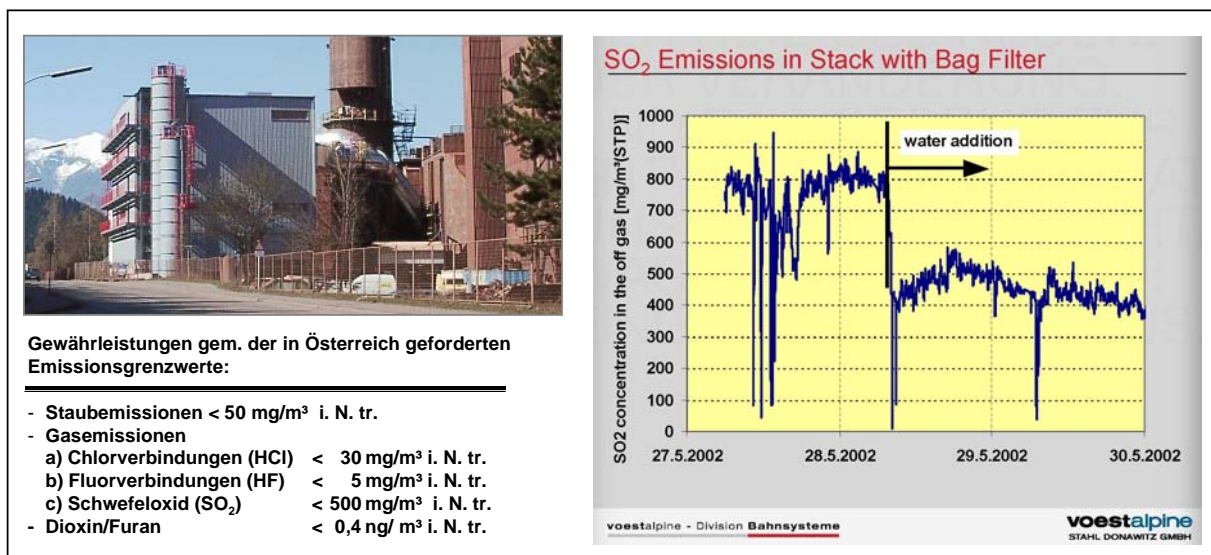


Bild 8: SO₂-Konzentration mit und ohne Partikelkonditionierung

Das Kugelrotor-Umlaufverfahren mit Partikelkonditionierung ist deshalb so effizient, weil es im Bereich des Reaktors die notwendigen Reaktionspartner Schadgasmolekül – Additivpartikel – Wasser direkt zusammenführt. Das Wasser ist bei Zugabe in den Reaktor bereits an das Additiv angelagert. Dies unterscheidet das Verfahren von Alternativen, bei denen das Wasser getrennt in den Reaktor aufgegeben wird. Zur Verdeutlichung der Effizienz des Verfahrens sei angemerkt, dass für das derzeit in der Montage befindliche Projekt DSC in Taiwan ein SO₂-Abscheidegrad > 80 % gewährleistet wurde.

2.3.2 Vergleich zu alternativen Additiven

Grundsätzlich kann alternativ zu Ca(OH)₂ auch Natriumhydrogencarbonat NaHCO₃ als Additiv zur Abscheidung saurer Schadgaskomponenten eingesetzt werden. Nach Zugabe dieses Additives in den Gasstrom kommt es bei Temperaturen > 140 °C zu einer thermischen Aktivierung des Additives. Es entsteht ein hoch reaktives Natriumcarbonat. Tabelle 2 zeigt die chemischen Reaktionsgleichungen sowie die Zugabe- und Reststoffmengen bei 100%iger Additivumsetzung. In der Regel lassen sich die geforderten Emissionsgrenzwerte mit einem überstöchiometrischen Faktor von 1,2 bis 1,5 bezogen auf die abgeschiedene Menge im Dauerbetrieb einhalten. Eine mehrfache Rückführung der im Filter abgeschiedenen Partikel in dem Gasstrom vor Filter kann vorteilhaft sein. Aufgrund der hohen Reaktivität des Additives kann auf eine Partikelkonditionierung verzichtet werden.

Reaktionsgleichungen	NaHCO ₃ -Zugabemenge bezogen auf Schadgas bei 100%iger Umsetzung (i=1)	Entstehende Reststoffmenge 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:

$$2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{T \geq 140 \text{ }^\circ\text{C}} \underbrace{\text{Na}_2\text{CO}_3}_{\text{hochreaktive, poröse Kristallstruktur}} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

Tabelle 2: Reaktionsgleichungen für NaHCO₃

Allerdings weist dieses Verfahren erhebliche Nachteile auf.

- Ungünstiges Massenverhältnis Additiv zu Schadgas.
- Aufmahlung des Additives vor Zugabe in den Gasstrom notwendig.
- Hohe spezifische Beschaffungskosten des Additivmittels im Vergleich zu Ca(OH)₂.

- Versorgung mit Additiven nicht flächendeckend sichergestellt.
- Die Gastemperatur sollte > 140 °C betragen.

Aufgrund der vorgenannten Nachteile ist dieses Verfahren für die Feinreinigung hinter Sinterbändern aus Sicht des Autors nur eingeschränkt zu empfehlen.

3 Integration der Feinreinigungsstufe in die Gesamtanlage

Grundsätzlich gibt es drei verschiedene Möglichkeiten die Feinreinigungsstufe in die Gesamtanlage zu integrieren. Bild 9 zeigt die drei Varianten als Schemadarstellung. Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Lösungsmöglichkeiten aufgeführt.

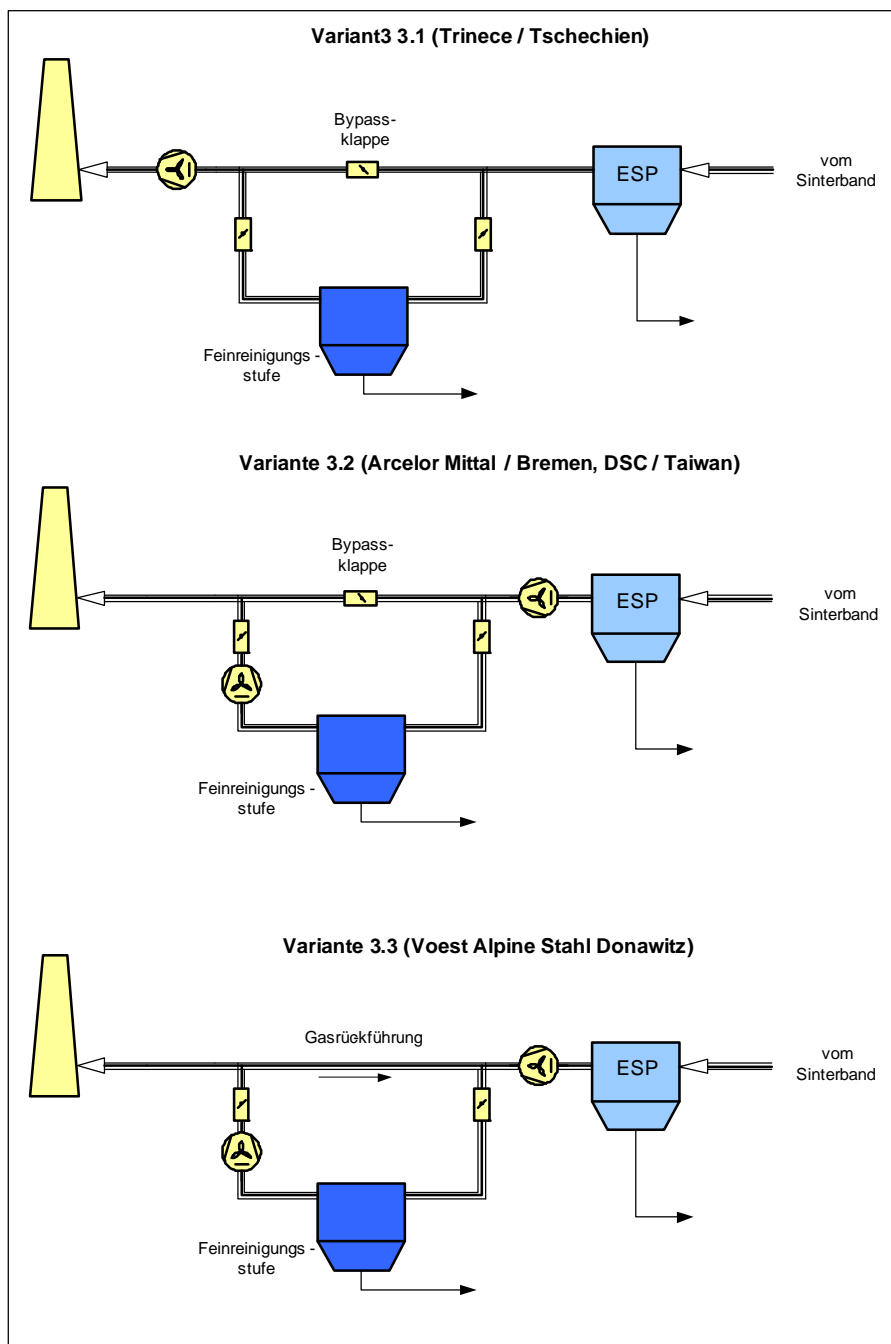


Bild 9: Integration der Feinreinigungsstufe in die Gesamtanlage

3.1 Anordnung zwischen elektrostatischem Abscheider und Hauptgebläse

3.1.1 Vorteile

- Kein zweites Gebläse erforderlich.
- Schutz des Hauptgebläses vor Verschleiß durch gute Partikelabscheidung.

3.1.2 Nachteile

- Konstruktive Ausführung der Feinreinigungsstufe unter Berücksichtigung des max. Unterdruckes des Hauptgebläses.
- Erhöhung des Betriebsvolumenstromes durch den hohen Unterdruck und damit verbunden die Installation einer größeren Filterfläche.
- Ausführung der Bypass-Klappen 100 % dicht.
- Online maintenance aufgrund des hohen Unterdruckes schwierig.
- Die fehlende Temperaturerhöhung durch das Hauptgebläse kann zu Taupunktproblemen bei zu kaltem Gas führen.
- Bei Integration in bestehende Systeme ist zu prüfen, inwieweit der zusätzliche Differenzdruck zu Leistungseinbußen führt.

3.2 Anordnung zwischen Hauptgebläse und Kamin mit geschlossenem Bypass

3.2.1 Vorteile

- Nahezu atmosphärischer Druck an der Übernahmestelle (geringer Aufwand für Versteifung der Bauteile sowie kleinere Filterfläche).
- Temperaturanhebung durch Durchströmen des vorgeschalteten Hauptgebläses kann helfen, Taupunktprobleme und Kondensationen im Filter zu vermeiden.
- Online maintenance problemlos realisierbar.
- Einfachere Integration in bestehende Systeme gegenüber Variante 3.1.

3.2.2 Nachteile

- Kein Verschleißschutz des Hauptgebläses.
- Ausführung des Bypasses 100 % dicht.
- Zweites Gebläse erforderlich.

3.3 Anordnung zwischen Hauptgebläse und Kamin mit Gasrezirkulationsleitung

3.3.1 Vorteile

- Extrem hohe Flexibilität bei der Beherrschung aller Betriebszustände, auch beim An- oder Abfahren der Sinteranlage.
- Nahezu atmosphärischer Druck.
- Keine Bypass-Klappen erforderlich.
- Die Temperaturanhebung bei Durchströmung des vorgeschalteten Hauptgebläses kann helfen, Taupunktprobleme und Kondensationen im Filter zu vermeiden.
- Online maintenance problemlos realisierbar.
- Einfache Integration in bestehende Anlagen.

3.3.2 Nachteile

- Gesamtmenge ca. 5 % höher als Variante 3.2.
- Kein Verschleißschutz des Hauptgebläses.
- Zweites Gebläse erforderlich.

3.4 Wertung

Aufgrund der bisherigen Betriebserfahrungen empfiehlt der Autor die Variante 3.3. Der besondere Vorteil liegt in der sehr hohen Flexibilität bei Beherrschung aller möglichen Betriebszustände. Die Feinreinigungsstufe kann vollkommen unabhängig von der Gesamtanlage betrieben werden. Dies wiegt die aus der geringfügig niedrigeren Gasmenge entstehenden Nachteile mehr als auf.

4 Resümee

Es liegen mit dem Kugelrotor-Umlaufverfahren seit mehr als fünfzehn Jahren Betriebserfahrungen bei dem Einsatz als Feinreinigungsstufe hinter Sinterbändern vor. Das Verfahren ermöglicht die simultane Abscheidung von Partikeln/Alkalien, sauren Schadgaskomponenten wie HF, HCl und SO_x sowie Schwermetallen und Dioxinen/ Furanen in einem weiten Temperaturbereich. Die installierten Anlagen zeichnen sich aus durch

- hohe Effizienz bei der Abscheidung der einzelnen Gasinhaltsstoffe,
- eine sehr hohe Verfügbarkeit verbunden mit geringem Wartungsaufwand,
- niedrige Betriebskosten durch Einsatz kostengünstiger Additive und guter Additivmittelausnutzung und
- einen abwasserfreien Betrieb.



Enzer Str. 26
31655 Stadthagen
DEUTSCHLAND

Tel.: +49 (0) 5721 708 - 200
Fax: +49 (0) 5721 708 - 154
E-Mail: info@luehr-filter.de

Internet: www.luehr-filter.de