

# **Abfallverbrennung**

## **Emissionsminderung durch Sekundärmaßnahmen**

**Dipl.-Ing. Lutz-Peter Nethe  
Texocon GbR**

**August-Bebel-Str. 85  
14482 Potsdam  
Tel. 0331/2374 601  
Fax 0331/2374 602  
e-mail: [LPN@Texocon.de](mailto:LPN@Texocon.de)**

- 1. Grundlagen**
- 2. Sorbenseinsatz in der Abgasreinigung**
- 3. Einzelkomponenten**
  - 3.1. Heißgasentstauber**
  - 3.2. Sorptionsfilter**
    - 3.2.1. Trockensorption**
    - 3.2.2. Konditionierte Trockensorption**
  - 3.3. Sprühtrockner**
  - 3.4. Sprühsorption**
  - 3.5. Nasswäscher**
  - 3.6. Polzeifilter**
    - 3.6.1. Flugstromadsorber**
    - 3.6.2. Festbettadsorber**
- 4. Entstickung**
  - 4.1 SCR Technologie**
  - 4.2 SNCR Technologie**
- 5. Additiver Sorbenseinsatz**
  - 5.1. Feuerraum**
  - 5.2. Precoatingmaterial**
- 6. Zusammenfassung**
- 7. Literatur**

Um Krankheitserreger im Abfall vollkommen zu zerstören, ging 1876 in Manchester die erste Müllverbrennungsanlage in Betrieb. Bis 1900 folgte auch in Deutschland der Bau der ersten Anlagen. Diese ersten Öfen wurden noch mit Hand beschickt und entschlackt, wodurch die Arbeiter den Emissionen ausgesetzt waren. Im Zuge der Industrialisierung wurden diese Missstände nach und nach beseitigt. Doch erst in den siebziger Jahren wurden die ersten Abgasreinigungstechniken zur Minimierung der Schadstoffemissionen eingeführt [1].

Beginnend mit den ersten Regelungen des Schadstoffausstoßes aus Verbrennungsanlagen bis heute wurden die Grenzwerte immer weiter verschärft.

Die Industrie hat mit erheblichem Aufwand neue Technologien entwickelt und eingeführt, was zwar einerseits aus umweltpolitischer Sicht sinnvoll war, andererseits aber immense Kosten beim Bau von Verbrennungsanlagen verursacht hat.

Hatte man zu Beginn der neunziger Jahre noch die Idee, Rauchgasreinigungen durch mehrere nacheinander geschaltete Stufen immer effektiver zu gestalten, geht der Trend heute wieder zu einfachen, aber wirkungsvollen Technologien der Rauchgasreinigung [2].

Im Zuge weiterer Grenzwertverschärfungen und des Entstehens von dezentralen kleineren Verbrennungseinheiten wird nun ein Kosten optimierter und technisch sinnvoller Weg gesucht.

Eine Lösung für dieses Problem ist der maßgeschneiderte Einsatz von Additiven in unterschiedlichen Stufen und Systemen der Rauchgasreinigung.

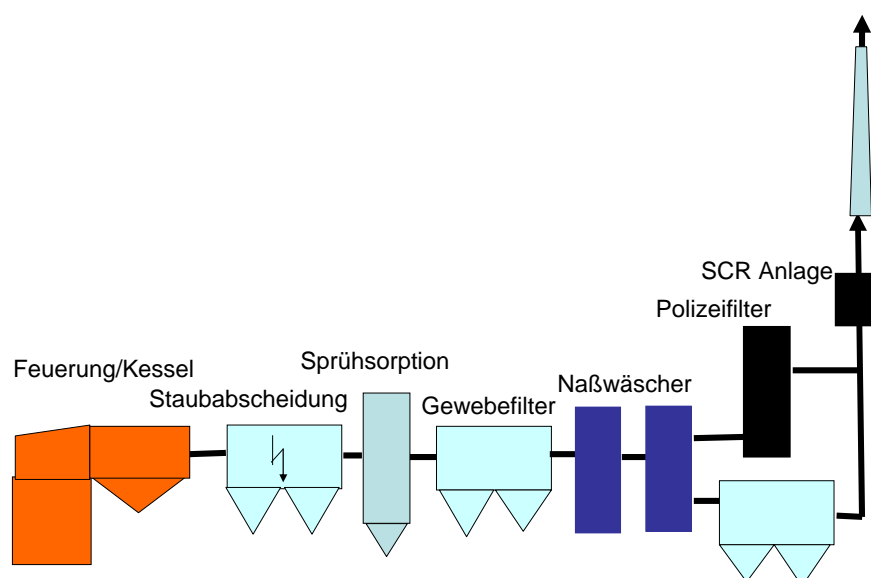


Bild 1: Abfallverbrennungsanlage mit mehrstufiger Rauchgasreinigung

## 1. Grundlagen

Der Einsatz von unterschiedlichsten Stoffen in der Rauchgasreinigung erfolgt in allen Systemen durch Zuführung eines Absorbens und/oder eines Adsorbens und bewirkt eine Kombination von chemisorptiven und adsorptiven Prozessen. Dabei besteht für jede Stufe in der Rauchgasreinigung die Notwendigkeit, ein speziell auf die jeweiligen Anforderungen und auf die entsprechende Gaszusammensetzung abgestimmtes Ab- oder Adsorbens auszuwählen und einzusetzen oder auch eine Kombination verschiedener Ab- oder Adsorbentien auszuwählen.

Wichtige Einflussgrößen sind [3]:

- Partikelgröße und Partikelgrößenverteilung
- spezifische innere Oberfläche
- Porenvolumen und Porenradienverteilung
- chemische Eigenschaften
- Partikeldichte, Schüttdichte
- prozessrelevante Eigenschaften
- Änderung der Partikeleigenschaften infolge von Sorptionsvorgängen

Entscheidend für die Wirkungsweise der Rauchgasreinigung ist jedoch auch die richtige Auswahl der notwendigen Absorbentien und Adsorbentien bezogen auf die abzuscheidenden Schadstoffe.

### Absorptionskomponenten

- Calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$  - feinteilig  
Einsatz in Anlagen mit niedrigen  $\text{SO}_2$ - und HCl-Rohgaswerten oder als Additiv im Feuerraum
- Calciumoxid  $\text{CaO}$  – feinteilig  
Einsatz in Sprühsorptionsanlagen mit eigener Löschanlage zur Kalkmilchproduktion
- Calciumhydroxid  $\text{Ca(OH)}_2$  - feinteilig  
Einsatz in Anlagen, in denen Schadstoffe auch in hohen Konzentrationsbereichen vorliegen

Natriumverbindungen sind insbesondere bei Temperaturen um 200 °C wesentlich reaktiver als Calciumverbindungen.

Jedes dieser Produkte ist für einen bestimmten Einsatzfall geeignet, wobei als Kriterien für die Auswahl der Produkte neben der Konzentration der sauren Schadstoffe auch die jeweilige Rauchgastemperatur und damit die jeweilige Reaktivität - Stöchiometrie - eine Rolle spielt.

## **Adsorptionskomponenten**

Die Adsorbentien lassen sich unterteilen in die - brennbaren - kohlenstoffhaltigen Adsorbentien und die - nichtbrennbaren – mineralischen Adsorbentien.

### **Kohlenstoffhaltige Adsorbentien**

- Aktivkohle
- Aktivkoks
- Regenerate

Bei der Auswahl der kohlenstoffhaltigen Adsorbentien werden vor allen Dingen die spezifische Oberfläche (BET) und die Porenradienverteilung betrachtet.

Je nach Schadstoffmolekülgröße werden unterschiedliche Porenradien benötigt, um eine Adsorption zu ermöglichen. In der Regel werden möglichst hohe Oberflächen angestrebt. Hohe spezifische Oberflächen sind aber mit kleinen Poren, den Mikroporen, gekoppelt. Sollen sehr große Moleküle adsorbiert werden, müssen zusätzlich zu den Mikroporen auch Meso- und Makroporen vorhanden sein. Daher ist nicht nur die spezifische Oberfläche, sondern auch die Porenstruktur für den Adsorptionsprozess von großer Bedeutung und damit für die Auswahl entsprechender Adsorbentien [4].

### **Mineralische Adsorbentien**

- Zeolithe
- Bentonite

Dem Einsatz von Kohlenstoffen sind bei hohen Rauchgastemperaturen aus Sicherheitsgründen Grenzen gesetzt. Da im Zuge der Installation von einfachen Rauchgasreinigungssystemen ohne Wärmenutzung Rauchgastemperaturen von mehr als 200 °C erreicht werden, müssen nichtbrennbare Adsorbentien eingesetzt werden.

### **Inertmaterialien**

- Trass

In bestimmten Einsatzfällen ist es notwendig, neben den Ab- und Adsorbentien Inertmaterialien einzusetzen, die das Abscheideverhalten deutlich verbessern können oder überhaupt erst einen Einsatz in bestimmten Stufen der Rauchgasreinigung ermöglichen.

Für die Eindämmung des Risikos eines Glimmbrandes insbesondere in Festbettfiltern, aber auch in Gewebefiltern, kann der Zusatz eines inerten Materials zur kohlenstoffhaltigen Komponente erfolgen. [5]

## **Mischadsorbentien**

Jedes einzelne Adsorbens oder Absorbens hat eine spezielle Aufgabe im Bereich der Rauchgasreinigung zu erfüllen. Für jede dieser Aufgaben könnte eine eigene Stufe innerhalb des Systems errichtet werden, um somit jeden Schadstoff einzeln und gezielt aus dem Rauchgas entfernen zu können.

Da jedoch im Rauchgas nicht einzelne Schadstoffe, sondern Schadstoffgemische vorliegen, ist es nahe liegend, auch Gemische aus Absorbentien und Adsorbentien für unterschiedliche Einsatzzwecke auszulegen und herzustellen, diese in einer einzigen Stufe der Rauchgasreinigung einzusetzen und damit die Vorteile der jeweiligen Einzelkomponenten kombiniert zu nutzen [6].

## **2. Sorbenseinsatz in der Abgasreinigung**

Bei der Betrachtung der Möglichkeiten des Einsatzes unterschiedlicher Sorbentien in der Abgasreinigung ist einerseits das eingesetzte Abgasreinigungsaggregat und andererseits die dem Aggregat zugeordnete Funktion zu berücksichtigen. So kann eine Filteranlage einmal als reiner Entstauber eingesetzt werden, aber in einem anderen System, an der gleichen Stelle angeordnet, ein Entstauber mit zusätzlicher Sorptionsfunktion sein.

Es können aber auch unterschiedliche Aggregate für die gleiche Aufgabe eingesetzt werden. So kann die Funktion eines Polzeifilters sowohl von einem Flugstromadsorber als auch von einem Festbettadsorber erfüllt werden.

Grundsätzlich sind folgende Verfahren im Einsatz:

- Trockensorption
- konditionierte Trockensorption
- Sprühsorption
- Nasswäscher
- Rauchgasentstickung
- Polzeifilter

Jedes dieser Verfahren besteht aus einer Reihe von Einzelkomponenten, die den Einsatz unterschiedlicher Additive, Absorbentien und/oder Adsorbentien, erforderlich machen.

### 3. Einzelkomponenten

#### 3.1 Heißgasentstauber

Partikelförmige Verunreinigungen werden durch die Rauchgasentstaubung, also die Abscheidung von Stoffen in fester oder flüssiger Form, die im Rauchgas dispergiert sind, entfernt. Zur Entstaubung werden elektrostatische Entstauber oder filternde Entstauber eingesetzt. Die Temperatur ist auf 250 °C begrenzt. Zum Schutz vor Übertemperatur kann ein Verdampfungskühler vorgeschaltet sein [7].

Als einziges mögliches Additiv kann hierbei Wasser im Verdampfungskühler zum Einsatz kommen.

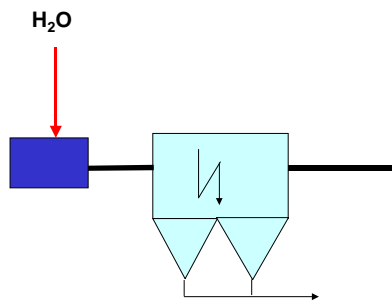


Bild 2: Heißgasentstauber

#### 3.2 Sorptionsfilter

Im Folgenden wird der Einsatz von Additiven in der Trockensorption sowie in der konditionierten Trockensorption beschrieben.

##### 3.2.1 Trockensorption

Der als Heißgasentstauber eingesetzte filternde Abscheider wird durch den Einsatz von Sorbentien zur Abscheidung unterschiedlichster Gasbestandteile zum Trockensorptionsreaktor, wobei hierbei die Temperatur auf maximal 220 °C begrenzt wird.

Typ	Produkt	Abzuscheidende Schadstoffe
Absorbentien	Kalkhydrat, Natriumbicarbonat	HF, HCl, SO <sub>2</sub>
Adsorbentien	Aktivkohle, Aktivkoks, Zeolithe	Organika, Schwermetalle
Mischadsorbens	Kalkhydrat/AC oder AK oder Zeolithe	HF, HCl, SO <sub>2</sub> Organika, Schwermetalle

Tabelle 1: Absorbentien und Adsorbentien für die Trockensorption

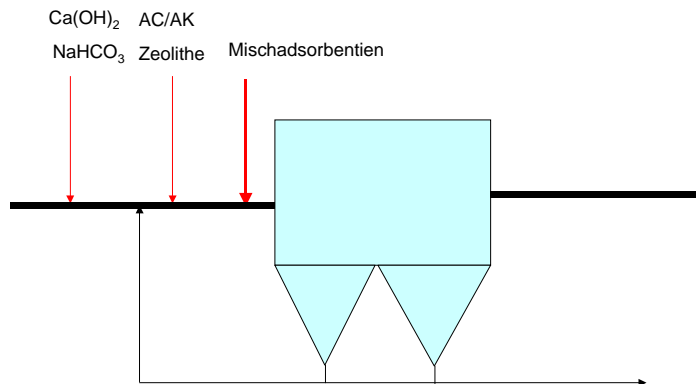


Bild 3: Sorptionsfilter in der Trockensorption

### 3.2.2 Konditionierte Trockensorption

Durch den zusätzlichen Einsatz eines Verdampfungskühlers bzw. den Einsatz eines Reaktors zur Eindüsung von Wasser wird einerseits die Temperatur des Abgases gesenkt, andererseits aber auch eine deutlich verbesserte Abscheidung der sauren Schadgaskomponenten erreicht.

Die Temperatur wird durch die Feuchteregelung in einem definierten Abstand oberhalb der Sättigungslinie von  $\text{CaCl}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  geführt, wobei sich in der Regel eine Temperatur von  $135\text{ °C}$  bis  $150\text{ °C}$  einstellt [8].

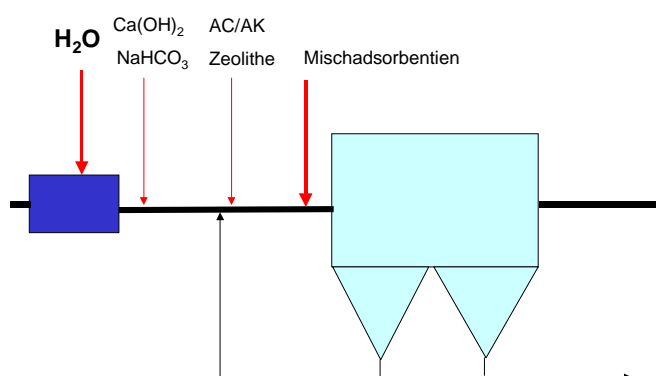


Bild 4: Sorptionsfilter in der konditionierten Trockensorption



### 3.3 Sprühtrockner

Der Sprühtrockner dient der Eindampfung der in einem nachfolgenden Wäscher neutralisierten Waschwasser, so dass eine externe Verdampfungsanlage entfallen kann. Das Restprodukt fällt als trockenes Salzgemisch an und wird in einem nachfolgenden Entstauber aus dem Gasstrom abgeschieden. Zur additiven Abscheidung von Schwermetallen, insbesondere Quecksilber, besteht die Möglichkeit, Aktivkohle oder Herdofenkoks in den Sprühtrockner einzudüsen [9].

Typ	Produkt	Abzuscheidende Schadstoffe
Adsorbentien	Aktivkohle, Aktivkoks	Organika, Schwermetalle

Tabelle 2: Adsorbentien für die Sprühtrocknung

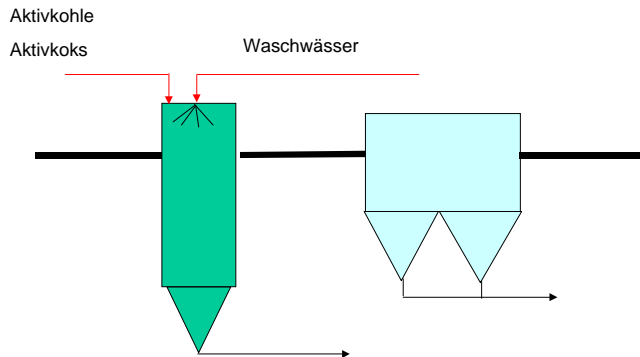


Bild 5: Sprühtrockner mit filterndem Abscheider

### 3.4 Sprühsorption

Der Sprühtrockner wird durch den Einsatz von Sorbentien zum Sprühabsorber.

Dabei wird eine aus Weißfeinkalk oder Kalkhydrat angesetzte Kalkmilch fein verdüst und vollständig verdampft. Während des Verdampfungsprozesses reagiert das Kalkhydrat mit den sauren Bestandteilen des Abgases. Rauchgas und Tropfennebel werden intensiv durchmischt. Die infolge der Wasserverdampfung und der Chemisorption gebildeten Salzpartikel werden in einem filternden Abscheider aus dem Gasstrom abgeschieden, wobei es beim Einsatz eines Gewebefilters zu einer Nachreaktion in der Feststoffschicht auf den Gewebefilterschläuchen kommt [10].

Durch die zusätzliche Eindüsung eines oberflächenaktiven Adsorbens, wie Aktivkohle oder Aktivkoks, kann eine simultane Reduktion weiterer Gaskomponenten erfolgen.

Typ	Produkt	Abzuscheidende Schadstoffe
<b>Absorbentien</b>	Weißfeinkalk/Kalkhydrat	HF, HCl, SO <sub>2</sub>
<b>Adsorbentien</b>	Aktivkohle, Aktivkoks	Organika, Schwermetalle
<b>Mischadsorbens</b>	Kalk/AC oder AK	HF, HCl, SO <sub>2</sub> Organika, Schwermetalle

Tabelle 3: Absorbentien und Adsorbentien für die Sprühsorption

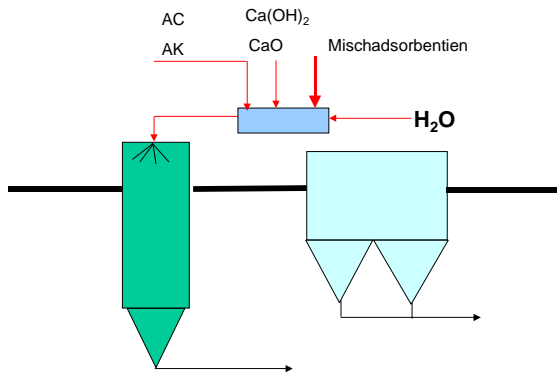


Bild 6: Sprühabsorber mit filterndem Abscheider

### 3.5 Nasswäscher

Waschflüssigkeit wird mit den zu reinigenden Abgasen in innigen Kontakt gebracht, so dass ein Stofftransport von der Gasphase in die flüssige Phase stattfindet. Der Absorptionsvorgang wird hauptsächlich von der zur Verfügung gestellten Austauschfläche und deren ständiger Erneuerung, der Verweilzeit im Absorptionsraum und von der Waschflüssigkeit beeinflusst.

Vor der Abscheidung der Schadgase HF, HCl und SO<sub>2</sub> muss der Rauchgasstrom konditioniert werden, um die Verdampfung im Wäscher zu verhindern. Durch Eindüsung von Wasser in einen Sättiger werden die Rauchgase auf Sättigungstemperatur abgekühlt [11].

Die sauren Bestandteile werden in zwei Stufen abgeschieden.

Erste Wäscherstufe		
Typ	Produkt	Abzuscheidende Schadstoffe
<b>Absorbentien</b>	Wasser	HF, HCl, Hg-Verbindungen
Zweite Wäscherstufe		
Typ	Produkt	Abzuscheidende Schadstoffe
<b>Absorbentien</b>	Kalksteinmehl/Kalkmilch	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>
	Natronlauge	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>
	Altadsorbens aus Polzeifilter	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>
<b>Fällungshilfsmittel</b>	TMT15	Hg-Verbindungen

Tabelle 4: Absorbentien, Adsorbentien und Fällungshilfsmittel für die Nasswäsche

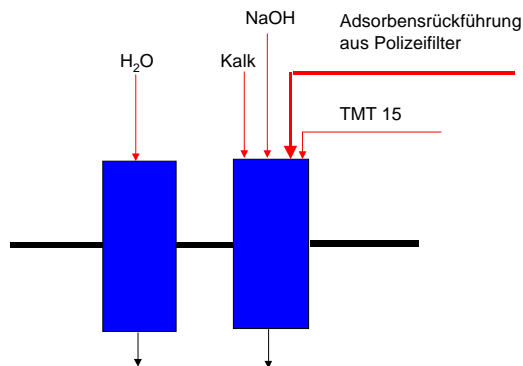


Bild 7: Zweistufiger Nasswäscher

Die Rückführung verbrauchten Adsorbens aus einem nachfolgenden Polzeifilter - Flugstromverfahren - ermöglicht die bessere Ausnutzung nicht umgesetzten Kalkhydrates und Einsparung von Frischadsorbens in der zweiten Wäscherstufe.

### 3.6 Polzeifilter

Im so genannten Polzeifilter werden restliche saure Bestandteile nochmals reduziert und alle anderen ökotoxischen Schadstoffe – Schwermetalle, Dioxine usw. - durch Adsorption minimiert. Als Polzeifilter kommen Flugstrom- und Festbettadsorber zum Einsatz.

#### 3.6.1 Flugstromadsorber

Flugstromadsorber als letzte Stufe einer Abgasbehandlungsanlage sind nicht als Totalabscheider für saure Gasbestandteile ausgelegt, da diese Funktion der vorgeschaltete Nasswäscher übernimmt, sondern dienen der Reduzierung der restlichen sauren Bestandteile und anderer ökotoxischer Schadstoffe.

Die aus dem Wäscher austretenden Rauchgase werden in einem Wärmetauscher auf etwa 110 °C auf geheizt. Unterschiedlichste auf den Abscheideeffekt ausgelegte Additive werden in den Rauchgasstrom eingedüst und am nachfolgenden Gewebefilter abgeschieden. Um das eingesetzte Additiv optimal auszunutzen, wird ein Großteil des Additivs rezirkuliert und dem Abgasstrom erneut zugegeben [12].

Zum Einsatz kommen dabei sowohl Absorbentien als auch Adsorbentien.

Das verbrauchte Material kann bei Einsatz von Kalkhydrat in die zweite Wäscherstufe zurückgeführt werden oder aber bei Einsatz von Inertstoffen als Kohlenstoffträger in den heißen Teil der Flamme der Müllverbrennung zurückgeführt werden. Damit kann ein Polzeifilter nach dem Flugstromverfahren rückstandsfrei betrieben werden.

Typ	Produkt	Abzuscheidende Schadstoffe
<b>Absorbentien</b>	Kalkhydrat	HF, HCl, SO <sub>2</sub>
<b>Adsorbentien</b>	Aktivkohle, Aktivkoks, Zeolithe	Organika, Schwermetalle
<b>Inerte Träger</b>	Trass	Feuchtigkeit
<b>Mischadsorbens</b>	Kalkhydrat/AC oder AK/Trass	HF, HCl, SO <sub>2</sub> Organika, Schwermetalle

Tabelle 5: Additive für das Flugstromverfahren

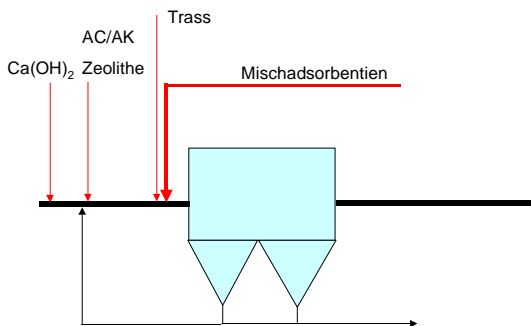


Bild 8: Polzeifilter Flugstromverfahren

### 3.6.2 Festbettadsorber

Als Endstufe zur Restschadstoffabscheidung, insbesondere aber zur Abscheidung der Schwermetalle und Dioxine, eignet sich das so genannte Festbettverfahren unter Einsatz kohlenstoffhaltiger Adsorbentien. Zum Einsatz kommen sowohl Ein-Kammer-Systeme mit Füllungen von Aktivkoks oder Aktivkohle als auch Mehr-Kammer-Systeme mit unterschiedlichen Adsorptionsmaterialien. Mischungen der Kohlenstoffkomponente mit inerten Trägern verhindern die in reinen Kohlenstoff-Füllungen auftretenden Glimmbrände (zum Beispiel KOMBISORBON<sup>®</sup> Verfahren) [13].

Typ	Produkt	Abzuscheidende Schadstoffe
<b>Adsorbentien</b>	Aktivkohle, Aktivkoks	Organika, Schwermetalle
<b>Inerte Träger</b>	Trass, Bims, Kalkhydrat	Feuchtigkeit
<b>Mischadsorbens</b>	Kalk/AC oder AK-Granulate	Organika, Schwermetalle
	Bims/Aktivkohle/Schwefel	Organika, Schwermetalle

Tabelle 6: Additive für das Festbettverfahren

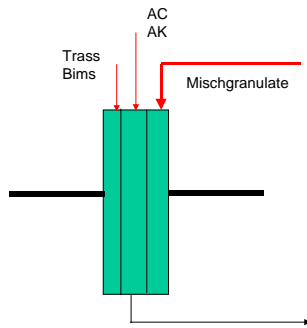


Bild 9: Polzeifilter Festbettadsorber

## 4. Entstickung

Die in Diskussion befindliche 37. BImSchV. fordert für NO<sub>x</sub> Grenzwerte von < 200 mg/m<sup>3</sup> bei Zementwerken bzw. < 100 mg/m<sup>3</sup> bei Anlagen zur Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen bei einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 50 MW. Zusätzlich geraten dabei Sekundäremissionen wie das NH<sub>3</sub> in den Focus der Betrachtung, wie z.B. der Wert von <10 mg/m<sup>3</sup> bei Müllverbrennungsanlagen.

Grundsätzlich kommen folgende Verfahren zur NO<sub>x</sub>- Emissionsminderung von stationären Verbrennungsanlagen in Betracht:

- Primärmaßnahmen
- selektive katalytische Reduktion (SCR)
- selektive nicht katalytische Reduktion (SNCR)

### 4.1 SCR Technologie

Für die SCR Technologie und damit den Einsatz von Katalysatoren zeichnen sich 3 unterschiedliche Einsatzgebiete ab:

- Entstickung auf der „kalten“ Seite (Reingas-Schaltung)
- Einsatz von Niedertemperatur Katalysatoren
- Entstickung auf der „heißen“ Seite (Rohgas-Schaltung)

Bei Entstickung auf der „kalten“ Seite (Reingas-Schaltung) wird am Ende der Rauchgasreinigung, nach Elektrofilter / Aktivkohlefilter / Polzeifilter ein SCR-Katalysator platziert. Eine Wiederaufheizung der Rauchgase auf die Reaktionstemperatur der Katalysatoren ist bedingt nötig. [14]

Um diesen Nachteil des Energieverbrauches zu reduzieren erfolgt der Einsatz von Niedertemperatur Katalysatoren mit folgenden Vorteilen:

- Niedrigere Investitionskosten:
- Kosten für eine weitgehende Wiederaufheizung der Abgase entfallen
- Energetische Gründen: geringe Betriebskosten

Diese Anwendung ist aber begrenzt, da die Einsatztemperatur von der  $\text{SO}_3$  Konzentration im Abgas abhängig ist. Die Abscheideeffizienz der vorgeschalteten Abgasreinigung ist damit von großer Bedeutung.

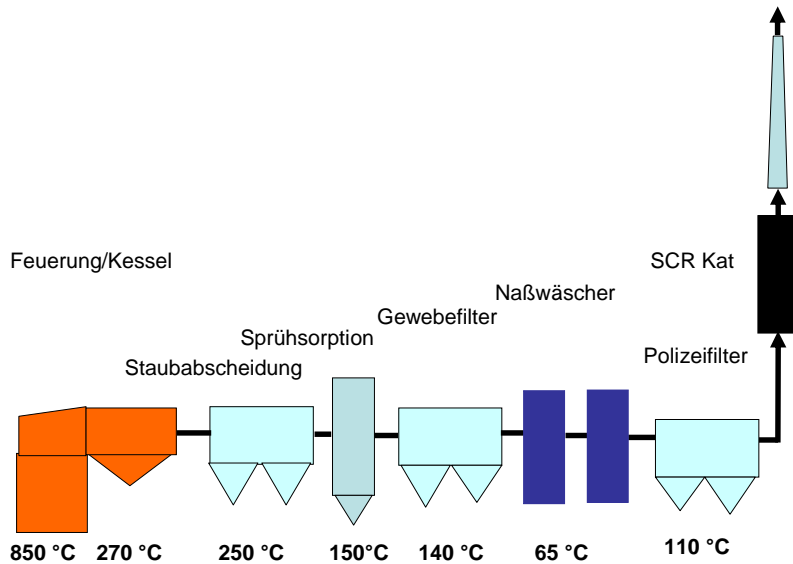


Bild 10: SCR Technologie, Reingas-Schaltung

Alternativ zur Entstickung auf der „kalten Seite“ ist die Entstickung auf der „heißen“ Seite (Rohgas-Schaltung)

Die Rauchgase werden entweder unmittelbar nach dem Kessel in einem Elektrofilter vorentstaubt bevor sie die SCR-Anlage passieren oder die SCR Anlage wird direkt in den Kessel integriert (High Dust). Der Vorteil besteht im geringeren Energieverbrauch, da eine Wiederaufheizung der Rauchgase entfällt und die Rauchgastemperatur ausreichend für die katalytische Reduktion ist.

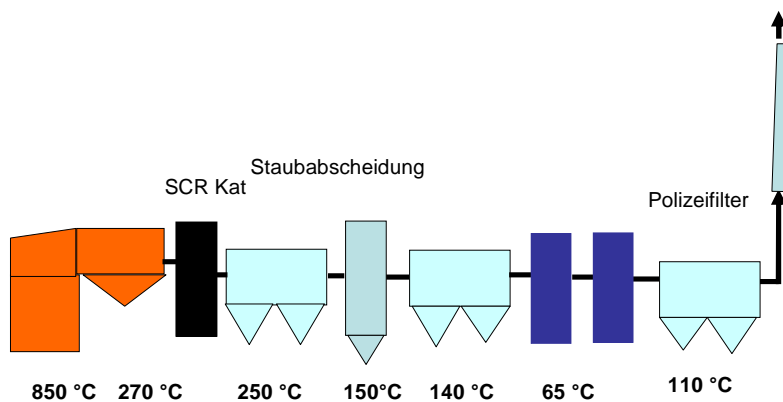


Bild 11: SCR Technologie, Rohgas-Schaltung

## 4.2 SNCR Technologie

Das SNCR Verfahren basiert auf der Einbringung eines Reduktionsmittels in den heißen Abgasstrom, über welches ein selektiver NO-Abbau herbeigeführt wird. [15]  
Folgende Reduktionsmittel könne eingesetzt werden [16]:

- Ammoniakgas
- Ammoniakwasser
- Harnstofflösungen
- Satamin, Carbamin (dotierte Harnstofflösungen)
- sonstige Verbindungen, die Ammoniak abspalten

Die Eindüsung des Reduktionsmittels erfolgt üblicherweise erst in einem Temperaturbereich, in dem der Brennstoff bereits mehr oder weniger vollständig umgesetzt ist. Dieses Temperaturfenster liegt für Ammoniak zwischen 800 °C und 1050 °C mit einer optimalen Temperatur bei 900 °C - 950 °C. Für Harnstoff liegt es um ca. 50 °C bis 100 °C höher. [15]

Die SNCR- Technologie ist zuverlässig und leistungsstark und kann wie die SCR eine Reduktion von NO<sub>x</sub> auf < 70 mg/m<sup>3</sup> bei einen Ammoniakschlupf von < 10 mg/m<sup>3</sup> erreichen. Sie ist geeignet für Anlagen mit einer Leistung von 1 bis 120 MW und hat im Vergleich zur SCR (low dust) geringere Betriebskosten. [16]

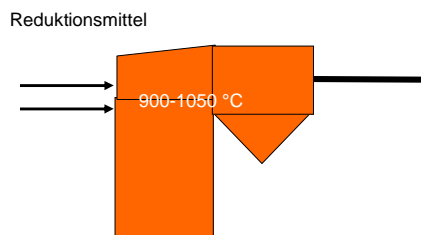


Bild 12: SNCR Technologie

## 5. Additiver Sorbenseinsatz

Sorbentien können ebenfalls zum Korrosionsschutz im Feuerraum sowie als Precoatingmaterial beim Anfahrbetrieb eingesetzt werden.

### 5.1 Feuerraum

Durch das Eindüsen von pulverförmigem Korrosionsschutzmaterial in den Feuerraum von Verbrennungsanlagen erfolgt eine sichere Versiegelung der Oberflächen. Diese Versiegelung ist stabil und ergänzt durch seine rasche Kinetik das Feuerfestmaterial. Damit wird Anbackungen wirksam vorgebeugt, da die sich bildende Versiegelungsschicht eine glatte, abweisende Oberfläche schafft.

Da diese Oberfläche durch Abrasionsprozesse permanent geschädigt wird, ist ein ständiger Neuaufbau der Schutzschicht unumgänglich, was durch die permanente Zuführung des Korrosionsschutzmaterials erfolgt. Über die Zeit bildet sich ein Gleichgewicht zwischen Abrasion und Neuaufbau heraus und damit ein dauerhafter Schutz der Oberflächen. Damit wird die Reisezeit der gesamten Anlage deutlich erhöht [17].

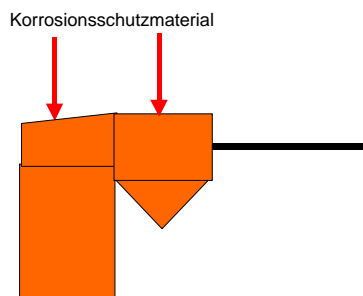


Bild 12: Korrosionsschutz in Feuerraum und Kessel

### 5.2 Precoatingmaterial

Precoatingmaterialien bauen den ersten schützenden Filterkuchen auf den Schläuchen von Gewebefiltern auf, was für den weiteren Filtrationsverlauf wesentlich ist. Gleichzeitig können bestimmte Additive saure Rauchgasbestandteile binden und von den Filtermaterialien fern halten und diese somit vor chemischen Angriffen schützen [18].



Zur Vermeidung von PCDD/F-Einträgen in die Rauchgasreinigung beim Anfahrbetrieb wird bei Anfahrvorgängen nach Revisionen ein Additiv mit hohem Inertstoffanteil bereits bei Beginn des Ölbrennerbetriebes dosiert. Eine optimale Abscheideleistung setzt eine regelmäßige Zudosierung während des gesamten Anfahrvorganges bis zur Müllaufgabe voraus. Dadurch kann eine nachhaltige Kontamination der nachfolgenden Rauchgasreinigungskomponenten und damit ein nennenswertes Durchschlagen erhöhter PCDD/F -Einträge ins Reingas verhindert werden [19].

Typ	Produkt	Aufgabe
<b>Inertmaterial</b>	Suevit (Trass) Konservierung	Feuchtigkeitsreduktion
	Kalksteinmehl	Filtrationshilfe
<b>Adsorbens</b>	Trass	Kohlenwasserstoffreduzierung
	Kalkhydrat	Reduzierung saurer Gasbestandteile
<b>Mischadsorbens</b>	Trass/AC/Zeolithe	PCDD/F-Reduzierung

Tabelle 7: Additive zum Precoating

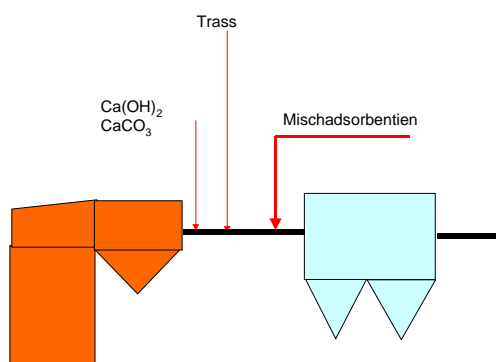


Bild 13: Precoatingeinsatz

## 6. Zusammenfassung

Mit den beschriebenen Abgasreinigungsstufen und dem Einsatz von Sorbentien werden auch bei extremen Rohgasbeladungen die gesetzlichen Bestimmungen gesichert eingehalten oder deutlich unterschritten. Im ungestörten Betrieb bewegen sich die Schadstoffemissionen im Abgasstrom nahe der Nachweisgrenze.

Sorbentien werden entsprechend den jeweiligen Anforderungen maßgeschneidert eingesetzt und können selektiv einzelne Schadstoffe gezielt aus dem Abgas entfernen, aber auch ganze Schadstoffgruppen minimieren.

Nachrüstungen lassen sich über den Einsatz zusätzlicher oder aktiverer Sorbentien in jeder Stufe der Rauchgasreinigung realisieren. Damit sind Nachrüstungskonzepte gegeben, die einerseits auf die vorhandene Anlage aufbauen, aber andererseits die sichere Einhaltung neuer Grenzwerte ohne wesentliche Betriebsbeeinträchtigungen erlauben

Im Zuge dieser Entwicklungen haben sich 2 Systeme der Abgasreinigung für Abfallverbrennungsanlagen als derzeitigen Stand der Technik ergeben:

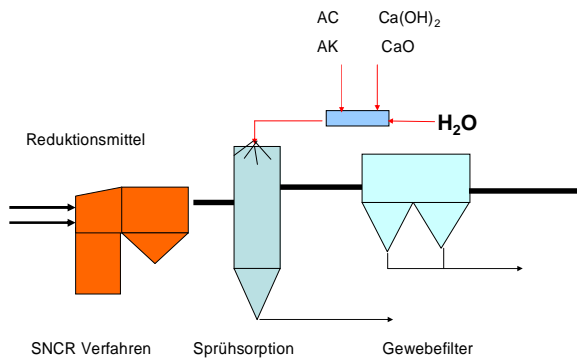


Bild 14: SNCR, Sprühsorption (Konditionierung der Rauchgase), Gewebefilter

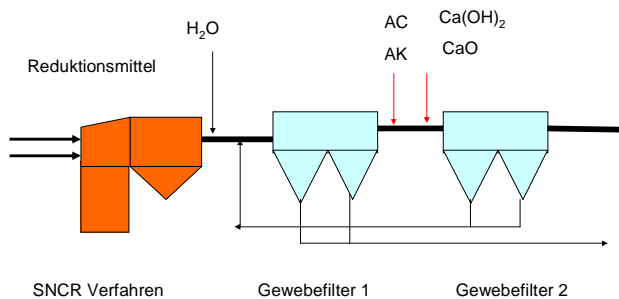


Bild 14: SNCR, 2 Gewebefilter mit internen Rezirkulationen

Mit diesen einfachen Verfahren lässt sich unter Einbeziehung von optimal ausgesuchten Sorbentien eine optimale Energieeffizienz bei optimalen Investitionsvolumen und geringen Betriebskosten erreichen.

Insbesondere für die Ausrüstung kleinerer Anlagen für die Biomasseverbrennung, Abfallmitverbrennung und dezentraler Klarschlammverbrennung ist mit dieser einfachen Technologie die Einhaltung aller gesetzlichen Vorschriften sicher gewährleistet.

## 7. Literatur

- [1] ISA Initiative sichere Abfallbehandlung, Februar 1998
- [2] Nethe, L. - P., Zwick, R.  
Renaissance alter Rauchgasreinigungstechnologien durch den Einsatz neu entwickelter Additive, VDI Bildungswerk 43-59-08 München 1996
- [3] Peukert, W.  
Grundlagen der Trockensorption, VDI Bildungswerk 41-33-02 Düsseldorf 1998
- [4] Nethe, L. - P., Rüsse, W.  
Sorbalit Combi - Neues Sorptionsmittel zur kombinierten Dioxin und Quecksilberabscheidung im Flugstromverfahren, Umwelt/Technologie/Aktuell, 5. Jahrgang, 3/94, S. 281/283, GIT Verlag Darmstadt
- [5] Nethe, L. - P.  
Neutralisationsmittel für die trockene und quasitrockene Rauchgasreinigung im Vergleich, VDI Bildungswerk 43-59-12 München 2000
- [6] Nethe, L. - P.  
Die Bedeutung von Additiven in der Rauchgasreinigung von thermischen Prozessen, VDI Bildungswerk 43-59-14 München 2002
- [7] Schebdat, K.  
Stand der Entwicklungstendenzen in der Gasreinigung hinter Müllverbrennungsanlagen, Abfallwirtschaftsseminar der TU Berlin 1978
- [8] ABB Umwelttechnik GmbH, Report (1993) 28
- [9] Keller-Reinspach, H. W.: Verfahren der S-H-L zur Rauchgasreinigung nach Müllverbrennungsanlagen, EF-Verlag Berlin 1983
- [10] Deutsche Babcock Anlagen AG, Firmenschrift
- [11] Quittek, C.  
Nasse Rauchgasreinigung hinter Müllverbrennungsanlagen, EF -Verlag Berlin 1983
- [12] Brunner, M. Von Roll Rauchgasreinigungssysteme, VDI Bildungswerk 43-59-02 München 1992
- [13] Petzold, O., Fell, J.  
Kombinierte aktivkohlehaltige Adsorbentien zur Rauchgas-Feinreinigung, VDI Bildungswerk 43-59-08 München 1996
- [14] Bennende, V.  
Selektive katalytische Reduktionstechnologie der NO<sub>x</sub> Reduktion  
2. Fachtagung Trockene Rauchgasreinigung für Abfall-, EBS-, Biomasse- und andere Festbrennstoff-Feuerungen, 16. -17. November 2006 in Essen
- [15] Bodendieck, N.  
NO<sub>x</sub> Minderung durch gestufte Verbrennung und deren Wechselwirkung mit dem SNCR Verfahren bei Vorcalcineranlagen der Zementindustrie  
Dissertation TU Clausthal 2004
- [16] Pachaly, R.  
Fachtagung Optimierungen in der thermischen Abfall- und Reststoffbehandlung  
22. – 23. Februar 2007 Potsdam
- [17] Firmenschrift Donau Carbon Frankfurt 2001

- [18] Harfmann, P.  
Precoatisierung von Filterschäuchen,  
5. Unabhängiges Symposium Stand der Technik Rauchgasreinigung, Stuttgart März 2002
- [19] Lüder, K., Gass, H.  
Dioxinbelastung der RGR während des Anfahrbetriebes nach Kurz- und Langzeitrevisionen  
einer thermischen Abfallverwertungsanlage,  
VDI Bildungswerk 43-59-14 München 2002