

Der Einsatz von Sorbentien im gesamten System von Abgasreinigungsanlagen

**Lutz-Peter Nethe
LPN Consulting Potsdam**

1. Grundlagen
 - 1.1. Absorption
 - 1.2. Adsorption
 - 1.3. Wirkungsmechanismen
2. Absorbentien
3. Adsorbentien
 - 3.1. Kohlenstoffhaltige Adsorbentien
 - 3.2. Nichtbrennbare Adsorbentien
4. Inertmaterialien
5. Mischadsorbentien
6. Sorbenseinsatz in der Abgasreinigung
 - 6.1. Heißgasentstauber
 - 6.2. Sorptionsfilter
 - 6.2.1. Trockensorption
 - 6.2.2. Konditionierte Trockensorption
 - 6.3. Sprühtrockner
 - 6.4. Sprühsorption
 - 6.5. Nasswäscher
 - 6.6. Polzeifilter
 - 6.6.1. Flugstromadsorber
 - 6.6.2. Festbettadsorber
7. Additiver Sorbenseinsatz
 - 7.1. Feuerraum
 - 7.2. Precoatingmaterial
8. Zusammenfassung
9. 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.

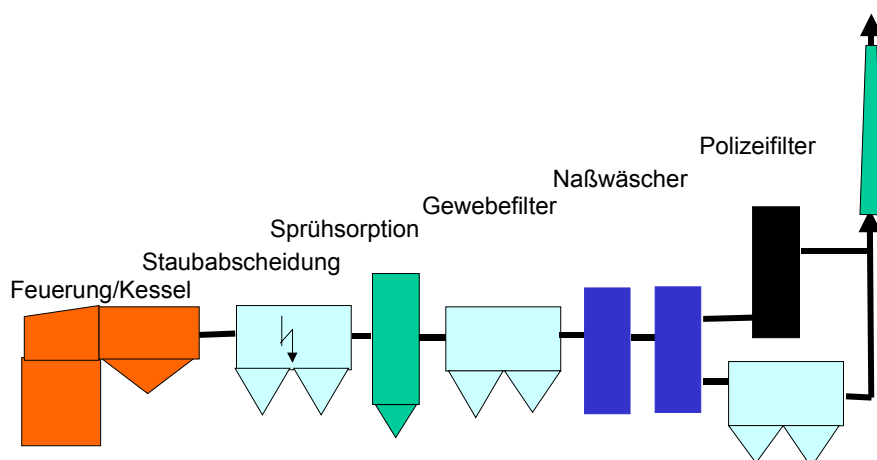


Bild 1: Abfallverbrennungsanlage mit mehrstufiger Rauchgasreinigung

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.

1.1 Absorption - Chemisorption

Bei der Chemisorption kommt es zu einer chemischen Reaktion zwischen den abzuscheidenden Gaskomponenten und dem Sorbens. Folgende Gaskomponenten können entfernt werden [3]:

- Schwefelverbindungen wie SO_2 , SO_3 , H_2S
- Halogenwasserstoffe wie HJ , HBr , HCl , HF
- kohlenstoffhaltige Verbindungen wie Cyanide, organische Säuren, Phenole, Formaldehyd, CO_2
- Schwermetalle wie Hg

1.2 Adsorption

Bei der Adsorption wird die abzuscheidende Komponente, das Sorptiv, an aktiven Zentren eines in der Regel porösen Feststoffes, des Sorbens, angelagert [4].

Dabei kann es sich sowohl um eine rein physikalische Anlagerung auf Grund von Van-der-Waals-Kräften an der Oberfläche als auch um eine Anlagerung mit gleichzeitiger chemischer Reaktion handeln. Folgende Gaskomponenten können entfernt werden [5]:

- Kohlenwasserstoffe,
- Schwefelverbindungen,
- Schwermetalle wie Hg ,
- organische Schadstoffe wie PCDD/PCDF.

1.3 Wirkungsmechanismen

Die Wirkungsweise der Chemisorption und auch der Adsorption hängt von der chemischen Zusammensetzung und von verschiedenen physikalischen Eigenschaften der Sorbentien ab.

Wichtige Einflussgrößen sind [5]:

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

Betrachtet man zum Beispiel im so genannten Flugstromverfahren die unterschiedlichen Wirkungsmechanismen und die chemisorptiven und adsorptiven Möglichkeiten der verschiedenen Ab- und Adsorbentien an verschiedenen Punkten der Rauchgasreinigung, so sind signifikante Unterschiede festzustellen. Bei Versuchen zur Ab- und Adsorption wurden folgende Zusammenhänge gefunden:

	Chemisorption	Adsorption
	%	%
Rauchgasleitung	80	20
Filterschicht am Gewebefilter	20	80
Filterschicht an Niederschlags- elektrode eines Elektrofilters	10	15

Tabelle 1: Verhältnis von Chemisorption und Adsorption

Bereits nach wenigen Sekunden Kontaktzeit in der Flugstromphase ist die Chemisorption. das heißt die chemische Reaktion von Kalkhydrat mit HCl und SO₂ zum größten Teil abgeschlossen. Die restliche Chemisorption erfolgt an der Filterschicht durch eine chemische Reaktion zum Kern des Adsorbens hin [6].

Für die Adsorption sind die Vorgänge in einer ruhenden oder bewegten Schüttung maßgebend. Dabei müssen die Adsorptive durch die äußere hydrodynamische Grenzschicht des Adsorbens diffundieren [7], was aber nur möglich ist, wenn ein Unterschied in den Relativgeschwindigkeiten von Adsorbens und Schadstoffmolekül besteht.

Eine längere Verweilzeit des Adsorbens in der Filterschicht führt zu einer deutlich besseren Adsorption der Schadgasmoleküle. Die Verweilzeit in der Flugstromphase hat jedoch nur wenig Einfluss auf die Adsorption, da die Relativgeschwindigkeiten von Adsorbens und Schadstoffmolekül nahezu gleich sind.

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

2. Absorbentien

Absorbentien sind notwendig, um eine Reduzierung der sauren Schadstoffbestandteile des Rauchgases zu ermöglichen.

Weißkalkhydrat ist für die Abscheidung von sauren Schadstoffen aus Rauchgasen hinter thermischen Prozessen seit vielen Jahrzehnten im Einsatz. Je nach Einsatzfall können aber auch andere Kalkprodukte zum Einsatz kommen [8].

- Calciumcarbonat CaCO_3 - feinteilig
Einsatz in Anlagen mit niedrigen SO_2 - und HCl-Rohgaswerten oder als Additiv im Feuerraum
- Calciumoxid CaO – feinteilig
Einsatz in Sprühsorptionsanlagen mit eigener Löschanlage zur Kalkmilchproduktion
- Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - feinteilig
Einsatz in Anlagen, in denen Schadstoffe auch in hohen Konzentrationsbereichen vorliegen

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

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die wichtigsten Kenndaten verschiedener Absorbentien:

	Einheit	CaCO_3	CaO	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	NaHCO_3
Molekulargewicht	g/mol	100,08	56,08	74,09	84,02
Schüttdichte	kgldm ³	1,0 - 1,3	0,9 - 1,1	0,3 - 0,5	0,85-1,1
spez. Oberfläche BET	m ² /g	<1	1 - 3	15 - 45	-
Mittlere Korngröße	0<111	12	12	<8	80 -100

Tabelle 2: Kenndaten von Absorbentien [8]

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.

Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen spezifischen Oberflächen verschiedener Adsorbentien und Adsorbentien:

Absorbens/Adsorbens	Formel/Abkürzung	spezifische Oberfläche m ³ /g
Calciumoxid	CaO	1 - 3
Calciumhydroxid	Ca(OH) ₂	15 - 18
(Calciumhydroxid)	special	35 - 45
Aktivkoks	AC	300 - 400
Aktivkohle	AK	500 -1600
Zeolithe	Z	4 - 90

Tabelle 3: Spezifische Oberflächen verschiedener Produkte

3. Adsorbentien

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

3.1 Kohlenstoffhaltige Adsorbentien

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

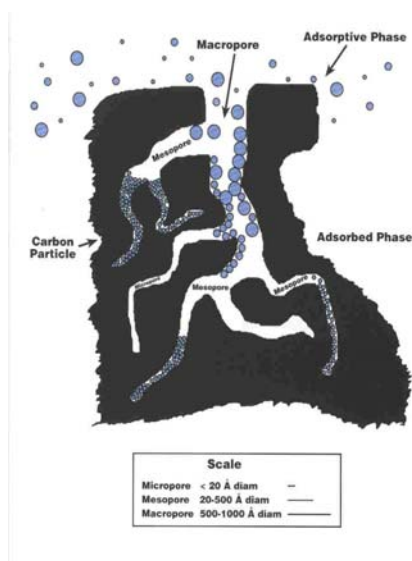


Bild 2: Porenstruktur von Aktivkohle

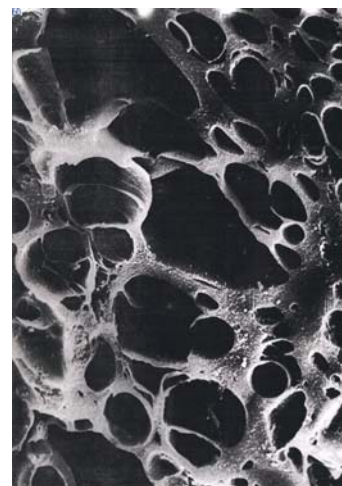


Bild 3: REM-Aufnahme von Aktivkohle

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 [7].

3.2 Mineralische Adsorbentien - Zeolithe

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, wie z.B. Zeolithe und Bentonite.

Typisch für Zeolithe ist das Vorhandensein von regelmäßig angeordneten Hohlräumen, die in Form von Käfigen und/oder Kanälen verschiedener Größe auftreten können. Je nach Größe der Poren- bzw. Kanalöffnungen können nur Moleküle ganz bestimmter Dimensionen in den Hohlräumen adsorbiert und desorbiert werden [9].

4. Inertmaterialien

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.

Eines dieser Inertmaterialien ist Trass (Suevit).

Die bemerkenswerten Eigenschaften von Trass können in der Rauchgasreinigung mit pulverförmigem Trassmehl allein, aber insbesondere auch in Mischprodukten genutzt werden. So ermöglicht der Einsatz von Trass die Adsorption von langkettigen Kohlenwasserstoffen z.B. zur Rauchgasentfärbung oder zur Geruchsminimierung.

Im Bereich der Verbrennungsanlagen ermöglicht ein Anteil von Trassmehl durch das hohe Wasseraufnahmevermögen eine taupunktnahe Fahrweise, ohne dass es zu Verbackungen und Verklumpungen am Filter kommt [10].

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 [11].

Grundsätzlich sind folgende Parameter bei der Auswahl der Einzelkomponenten zu berücksichtigen:

- Rauchgasreinigungstechnologie
- Rauchgaszusammensetzung
- Rauchgasvolumenstrom
- Rauchgastemperatur

Aus den sich somit ergebenden Bedingungen lassen sich Einzelprodukte auswählen, Mischungsverhältnisse bestimmen und Einsatzmengen berechnen. Nicht zuletzt wird damit auch der Preis der jeweiligen Ab- oder Adsorbentien bestimmt [11].

Aber auch technologische Randbedingungen ergeben sich aus dieser Betrachtung:

- Das Rauchgasreinigungsverfahren bestimmt die Form des Adsorbens, Pulver oder Granulat
- Die Verbrauchsmenge bestimmt die Größe von Adsorber, Silo oder Dosiereinrichtung.
- Die erzielbaren Beladungen bestimmen die Rezirkulationsmöglichkeit.
- Die Reaktionsprodukte haben Einfluss auf die Auswahl von Filtermedien, Werkstoffen und die jeweiligen Entsorgungs- oder Verwertungsmöglichkeiten.

Die letztendlich ausgewählten Mischprodukte haben gegenüber den Einzelkomponenten folgende Vorteile:

- Vorhandene Lager-, Förder- und Dosiereinrichtungen können bei Nachrüstungen gegebenenfalls genutzt werden, womit keine zusätzlichen Investitionskosten notwendig sind.
- Im Falle der separaten Dosierung der einzelnen Ab- oder Adsorbentien ist es, wie z.B. im Falle der Aktivkohle, nicht möglich, Kleinstmengen eines Adsorbens kontinuierlich und homogen zu dosieren. In Mischadsorbentien können durch den Einsatz von effizienten Mischanlagen Kleinstmengen bis 1 % homogen in der Gesamtmenge verteilt werden.
- Sicherheitseinrichtungen können auf ein Mindestmaß reduziert werden.
- Die Zusammensetzung richtet sich nach der Rohgaszusammensetzung und Rauchgastemperatur.
Zwei und mehr Komponenten sind möglich.
- Auf eine Veränderung der Schadstoffzusammensetzung des Rauchgases kann durch eine Veränderung der Mischungsverhältnisse, der Einzelkomponenten oder der Einsatzmenge jederzeit reagiert werden.

6. 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.

6.1 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 [12].

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

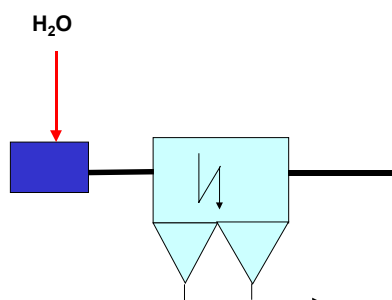


Bild 4: Heißgasentstauber

6.2 Sorptionsfilter

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

6.2.1 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 ₂
Adsorbentien	Aktivkohle, Aktivkoks, Zeolithe	Organika, Schwermetalle
Mischadsorbens	Kalkhydrat/AC oder AK oder Zeolithe	HF, HCl, SO ₂ Organika, Schwermetalle

Tabelle 4: Absorbentien und Adsorbentien für die Trockensorption

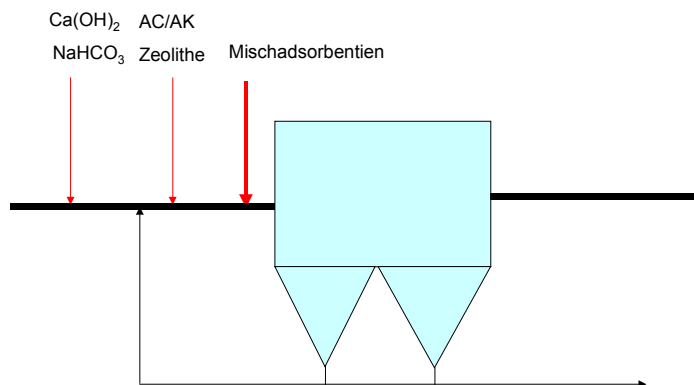


Bild 5: Sorptionsfilter in der Trockensorption

6.2.2 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 Feuchteregeleung in einem definierten Abstand oberhalb der Sättigungslinie von CaCl₂ und H₂O geführt, wobei sich in der Regel eine Temperatur von 135 °C bis 150 °C einstellt [13].

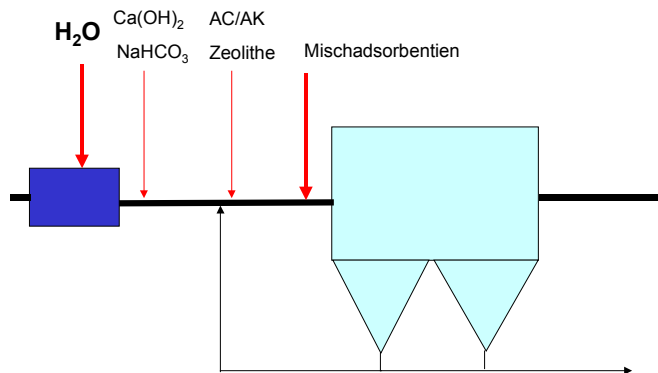


Bild 6: Sorptionsfilter in der konditionierten Trockensorption

6.3 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 [14].

Typ	Produkt	Abzuscheidende Schadstoffe
Adsorbentien	Aktivkohle, Aktivkoks	Organika, Schwermetalle

Tabelle 5: Adsorbentien für die Sprühtrocknung

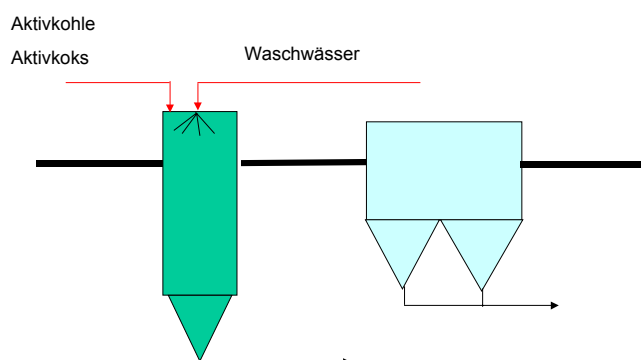


Bild 7: Sprühtrockner mit filterndem Abscheider

6.4 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 [15].

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

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

Tabelle 6: Absorbentien und Adsorbentien für die Sprühsorption

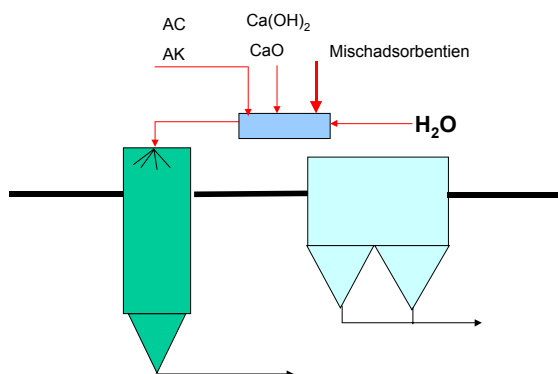


Bild 8: Sprühabsorber mit filterndem Abscheider

6.5 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 SO₂ 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 [16].

Die sauren Bestandteile werden in zwei Stufen abgeschieden.

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

Tabelle 7: Absorbentien, Adsorbentien und Fällungshilfsmittel für die Nasswäsche

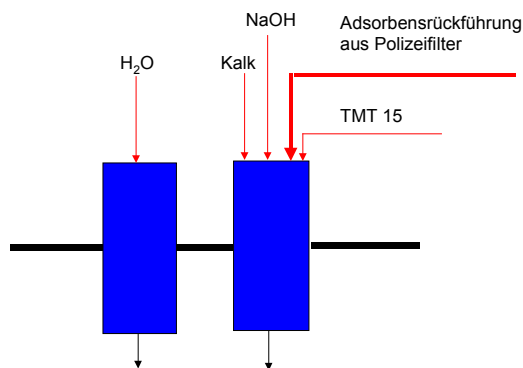


Bild 9: Zweistufiger Nasswäscher

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

6.6 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.

6.6.1 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 [17].

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
Absorbentien	Kalkhydrat	HF, HCl, SO ₂
Adsorbentien	Aktivkohle, Aktivkoks, Zeolithe	Organika, Schwermetalle
Inerte Träger	Trass	Feuchtigkeit
Mischadsorbens	Kalkhydrat/AC oder AK/Trass	HF, HCl, SO ₂ Organika, Schwermetalle

Tabelle 8: Additive für das Flugstromverfahren

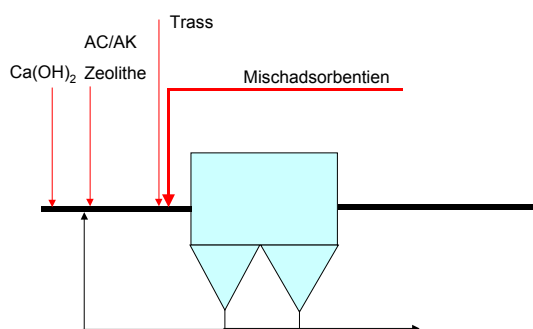


Bild 10: Polzeifilter Flugstromverfahren

6.6.2 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® Verfahren) [18].

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

Tabelle 9: Additive für das Festbettverfahren

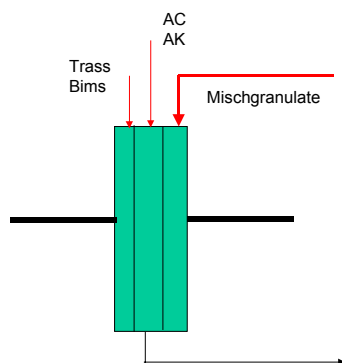


Bild 11: Polzeifilter Festbettadsorber

7. Additiver Sorbenseinsatz

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

7.1 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 [19].

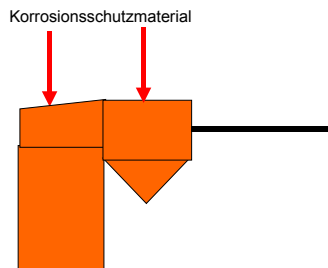


Bild 12: Korrosionsschutz in Feuerraum und Kessel

7.2 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 [20].

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 [21].

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

Tabelle 10: Additive zum Precoating

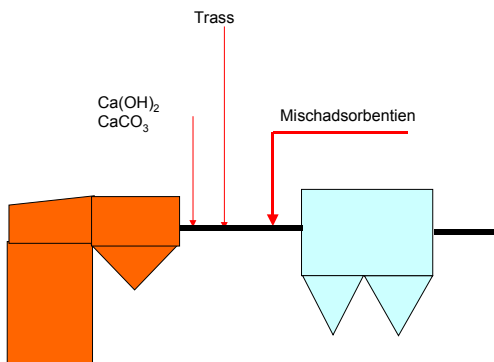


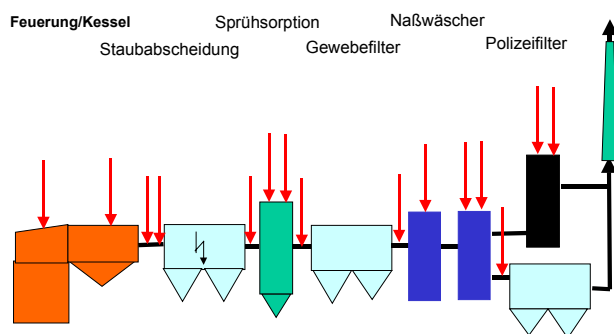
Bild 13: Precoatingeinsatz

8. 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.



9. 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] VDI 3928: Abgasreinigung durch Chemisorption, VDI/DIN Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd.6.1992
- [4] VDI 3674: Abgasreinigung durch Adsorption, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd.6, 1996
- [5] Peukert, W.
Grundlagen der Trockensorption, VDI Bildungswerk 41-33-02 Düsseldorf 1998
- [6] Hasler, P., Nussbaumer, T.
Optimierung des Abscheideverhaltens von HCl, SO₂ und PCDD/F in einem Gewebefilter nach einer Altholzfeuerung, Bundesamt für Energiewirtschaft, Zürich 1995
- [7] 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
- [8] Nethe, L. - P.
Neutralisationmittel für die trockene und quasitrockene Rauchgasreinigung im Vergleich, VDI Bildungswerk 43-59-12 München 2000
- [9] Nethe, L. - P., Schmitz, S.
Aktivkohle, Zeolithe und Mischadsorbentien in der Rauchgasreinigung, VDI Bildungswerk 43-59-13 München 2001
- [10] Nethe, L. - P.
Optimierte einfache Rauchgasreinigung für hohe Rauchgastemperaturen durch den Einsatz von nichtbrennbaren Adsorbentien im Flugstromverfahren, 7. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung, Berlin März 2002
- [11] Nethe, L. - P.
Die Bedeutung von Additiven in der Rauchgasreinigung von thermischen Prozessen, VDI Bildungswerk 43-59-14 München 2002
- [12] Schebdat, K.
Stand der Entwicklungstendenzen in der Gasreinigung hinter Müllverbrennungsanlagen, Abfallwirtschaftsseminar der TU Berlin 1978
- [13] ABB Umwelttechnik GmbH, Report (1993) 28
- [14] Keller-Reinspach, H. W.: Verfahren der S-H-L zur Rauchgasreinigung nach Müllverbrennungsanlagen, EF-Verlag Berlin 1983
- [15] Deutsche Babcock Anlagen AG, Firmenschrift
- [16] Quittek, C.
Nasse Rauchgasreinigung hinter Müllverbrennungsanlagen, EF -Verlag Berlin 1983

- [17] Brunner, M. Von Roll Rauchgasreinigungssysteme,
VDI Bildungswerk 43-59-02 München 1992
- [18] Petzold, O., Fell, J.
Kombinierte aktivkohlehaltige Adsorbentien zur Rauchgas-Feinreinigung,
VDI Bildungswerk 43-59-08 München 1996
- [19] Firmenschrift Donau Carbon Frankfurt 2001
- [20] Harfmann, P.
Precoatisierung von Filterschäuchen,
5. Unabhängiges Symposium Stand der Technik Rauchgasreinigung, Stuttgart März 2002
- [21] Lüder, K., Gass, H.
Dioxinbelastung der RGR während des Anfahrbetriebes nach Kurz- und Langzeitrevisionen
einer thermischen Abfallverwertungsanlage,
VDI Bildungswerk 43-59-14 München 2002