

SIMDES - Verfahrenstechnische Behandlung des Sorbens in einer Niedertemperaturrauchgasentschwefelungsanlage

Bönig, S., Klemp, E., Romann, M.

Ein mögliches Verfahren, um die SO_2 -Emissionen von Feuerungsanlagen zu reduzieren, ist das sog. Reaktionsverfahren im Niedertemperaturbereich. Hier wird dem schwefelhaltigen Abgas im Reaktionsraum ein calciumhaltiges basisches Sorbens in Abhängigkeit des zu erzielenden Entschwefelungsgrades zugegeben, wobei das SO_2 an der Oberfläche der Feststoffpartikel chemisch gebunden wird. Nach der Reaktion verlassen jedoch auch unreaktierte oder unvollständig reaktierte Partikel den Reaktor. Um die Sorbensmenge zu minimieren und damit auch die anfallenden Abfallprodukte zu verringern, sind verfahrenstechnische Maschinen erforderlich, die ein kontinuierliches Aufbereiten und Rückführen der noch reaktionsfähigen Sorbenspartikel ermöglichen. Forschungsergebnisse im Bereich der Feststoffbehandlung sind zum einen die Konstruktion eines geeigneten Staubabscheiders und zum anderen die Festlegung der Anforderungen an einen Sichter, der mit Hilfe von Analysen und Versuchen spezifiziert wurde.

A suitable chemical process to reduce SO_2 emissions efficiently in combustion plants is the process of low-temperature desulphurisation. The solid absorbent which is added to the exhaust gas in the reaction chamber in a definite relation to the concentration of sulphur dioxide does not react completely. Modified processing machines must follow the chemisorption in order to minimize the required absorbent as well as to avoid the accumulation of solid residual products. The result of this research is the construction of a dust collection unit which allows to recycle the unreacted particles continuously with defensible costs. Furthermore the requirements of the adjoining separation unit have been established after carrying out analysis and tests of the solid particles leaving the reaction chamber.

1 Einleitung

Bei Feuerungsanlagen sind aufgrund des im Brennstoff enthaltenen Schwefels die Schwefeldioxidemissionen nur mit einer zusätzlichen Entschwefelungsanlage zu reduzieren. Eine Vielzahl von prozeßnachgeschalteten Verfahren sind be-

reits mit unterschiedlichem Erfolg im Einsatz, um die vom Bundesimmissionsschutzgesetz vorgeschriebenen Grenzwerte bezüglich dieses für Mensch und Umwelt schädlichen Luftschadstoffes einhalten zu können.

Insbesondere bei kleinen Feuerungsanlagen spielen die Investitions- und Betriebskosten einer Entschwefelungsprozeßstufe gerade bei der Nachrüstung eine entscheidende Rolle. Ein mögliches Verfahren ist das sogenannte Reaktionsverfahren im Niedertemperaturbereich, bei dem das Schwefeldioxid des Abgases vorwiegend an der Oberfläche eines calciumhaltigen Sorbens bei Temperaturen unter 100°C durch Chemisorption eingebunden wird. Ein großer Vorteil dieses Verfahrens ist es, daß hohe Entschwefelungsgrade erreichbar sind und die bei kleinen Anlagen auftretenden Leistungsschwankungen rasch aufgefangen werden können. Das Verfahren arbeitet trocken, vermeidet aus diesem Grund eine teure Abwasserbehandlung und beansprucht daher auch wenig Bauraum. Desweiteren kann der Anfall von deponiebedürftigen Abfallprodukten durch ein Rezyklieren des Sorbens auf ein Minimum reduziert werden.

Bevor ein solches Verfahren erstmalig in dieser Form zum Einsatz kommen kann, muß zunächst die chemische Verfahrenstechnik optimiert sowie die notwendigen verfahrenstechnischen Maschinen entwickelt und erprobt werden.

Dieser Artikel gibt einen Überblick über die am IMW gefundenen Detaillösungen im Bereich der verfahrenstechnischen Weiterbehandlung des Sorbens im Anschluß an die Reaktionsstufe einer Versuchsanlage.

2 Die Versuchsanlage

In einer Versuchsanlage, die am Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik der TU Clausthal installiert ist, wird ein feuchtes schwefelhaltiges Abgas erzeugt, das mit dem Reaktionsverfahren entschwefelt wird, siehe **Bild 1**.

Zur Erzeugung der realen Rauchgase kommt ein 30 KW Erdgasbrenner zum Einsatz, dessen Abgas nach Passieren von zwei Wärmetauschern mit Was-

serdampf konditioniert wird, bevor SO_2 mit einer Dosiereinrichtung zugegeben wird. Nachdem auf diese Weise feuchte Rauchgase von Feuerungsanlagen simuliert wurde, wird das calciumhaltige Sorbens mit einem definierten Massenstrom mittels einer Dosier- und Dispergiereinheit zugegeben und mit einer Düse mit dem Abgas vermischt.

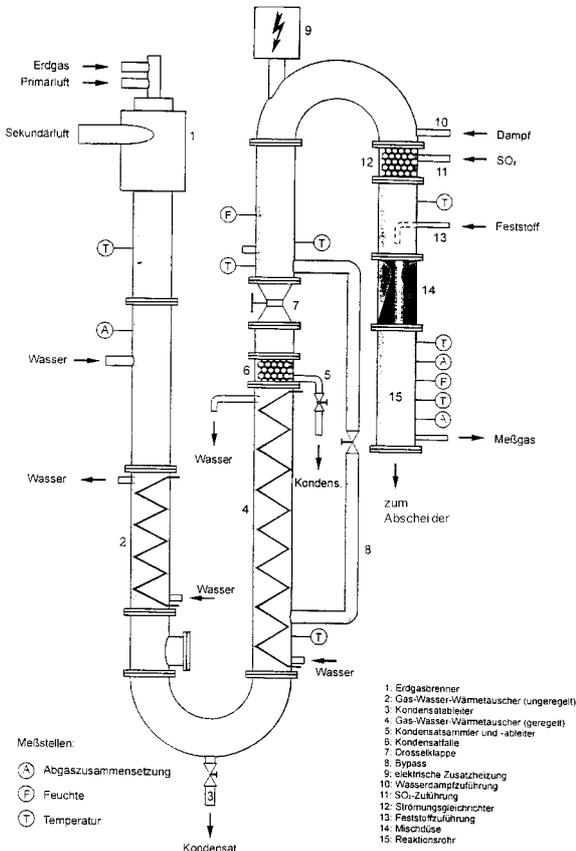


Bild 1: Versuchsanlage /1/

Im Reaktionsraum findet die Chemisorption statt, bei der das SO_2 an der Oberfläche des Feststoffs gebunden wird, so daß das Abgas weitgehend entschwefelt die Anlage verlassen kann. Der Feststoff wird mit einem kontinuierlichen Abscheider vom Abgas abgetrennt, um das nur teilweise durchreagierte Sorbens nach einer Aufbereitung wieder zurückzuführen. Die Auslegung und Konstruktion der Aufbereitungseinheit des Feststoffes, die aus Abscheider, Sieber und Fördereinheit besteht, erfolgt am IMW u.a. durch begleitende Analysen und Versuche in Zusammenarbeit mit dem Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik und dem Institut für Mechanische Verfahrenstechnik.

3 Stand der Forschungen am IMW

3.1 Auswahl und Konstruktion eines Abscheiders

Das im Abgas dispergierte schwefelhaltige Sorbens soll nach Verlassen der Reaktionsstufe vollständig

und kontinuierlich von der gasförmigen Phase getrennt werden.

Zu diesem Zweck stehen verschiedene Abscheider mit unterschiedlichen physikalischen Wirkprinzipien zur Verfügung. Nach Festlegung der Anforderungen und einer vergleichenden Analyse zeigt sich, daß filternde Abscheider am besten geeignet sind, diese Trennaufgabe zu erfüllen: Mit Hilfe von Schlauchfiltern, die bei Bedarf im pulse-jet Verfahren abgereinigt werden, kann der Feststoff kontinuierlich aus dem Abgas entfernt werden, wobei sehr hohe Abscheidegrade erreicht werden. Sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten sind bei dieser Bauweise gering. Ein weiterer Vorteil dieses Abscheiders ist es, daß an der Oberfläche des Filtermediums die Entschwefelungsreaktion noch immer anhält, denn das Abgas muß den Filterkuchen mit den z. T. noch reaktionsfähigen Partikeln durchströmen.

Nach Rücksprache mit verschiedenen Filter- und Faserherstellern konnte ein geeignetes Filtermaterial ausgewählt werden, das selbst bei dem vorliegenden feuchten und stark zum Verkleben neigenden Sorbens ein Zusetzen des Filters verhindert. Am IMW wurde eine Modellfilterkammer aufgebaut, in der eine Reihe von Filtrations- und Abreinigungsversuchen mit diesem Filtermaterial durchgeführt wurden, siehe **Bild 2**.

Da die in der Versuchsanlage herrschenden Betriebsbedingungen in der Modellfilterkammer fast vollständig simuliert werden konnten, wie z.B. Temperatur, relative Feuchtigkeit, spezifische Filterbelastung sowie chemische Zusammensetzung des Feststoffes, sind die Resultate auf die Versuchsanlage übertragbar. Anhand der so festgelegten Betriebs- und Auslegungsparameter wurde eine Filterkammer für den Einsatz an der Technikumsanlage konstruiert, deren Filterfläche von $0,9\text{m}^2$ auf sechs Filterschläuche verteilt vorliegt /2/.

Während des Filtrationsprozesses werden die Feststoffpartikel, die den Reaktor mit dem Abgas unter definierten Bedingungen verlassen, an der Oberfläche des Filterschlauches in Form einer zusammenhängenden Schicht abgeschieden. Schwere Partikel können aufgrund ihrer Trägheit dem umgelenkten Abgasstrom nicht folgen und sedimentieren direkt in den trichterförmigen Staubunker, siehe **Bild 3** und **Bild 4**.

Beim Abreinigungsprozeß wird der Filterkuchen online bei jeweils drei Filterelementen mit Hilfe eines rückwärtigen Druckluftimpulses entfernt. Der Abreinigungsimpuls wird ausgelöst, wenn der Druckver-

lust zwischen Rohgas- und Reingasseite den Wert von 100mbar überschreitet.



Bild 2: Modellfilterkammer

Nach jedem Abreinigungsstoß schaltet eine Elektronik zwischen den Membranventilen um, so daß jeweils drei Filterelemente abwechselnd abgereinigt werden. Das abgereinigte Material fällt in Form von Schülpfen (Platten) vom Filter und sedimentiert auf den Bunkerboden. Dabei werden die anderen drei Filterelemente, die weiterhin filtrieren, nur geringfügig belastet. Eine Zentralschleuse befördert zuletzt den Feststoff aus dem geschlossenen Filterapparat.

3.2 Trocknen des Feststoffes

Nach der vollständigen Abtrennung der Partikel aus dem Abgasstrom liegt der Feststoff im feuchten, agglomerierten Zustand vor und kann in dieser Form nur schlecht verfahrenstechnisch weiterverarbeitet werden. Verbleibt der Feststoff noch eine bestimmte Zeit im Bunker des Filterapparates und wird dieser dort aufgeheizt, so verdampft ein großer Teil des Wassers und gelangt durch Stoffaustauschvorgänge ins Abgas, mit dem es ausgetragen wird. Aufgrund der Kammergeometrie befindet sich der abgereinigte Feststoff in einer Zone lang-

samer Strömung, so daß zwar einerseits das verdampfte Wasser abtransportiert wird, aber andererseits kein Feststoff erneut auf die Filterelemente gelangt.

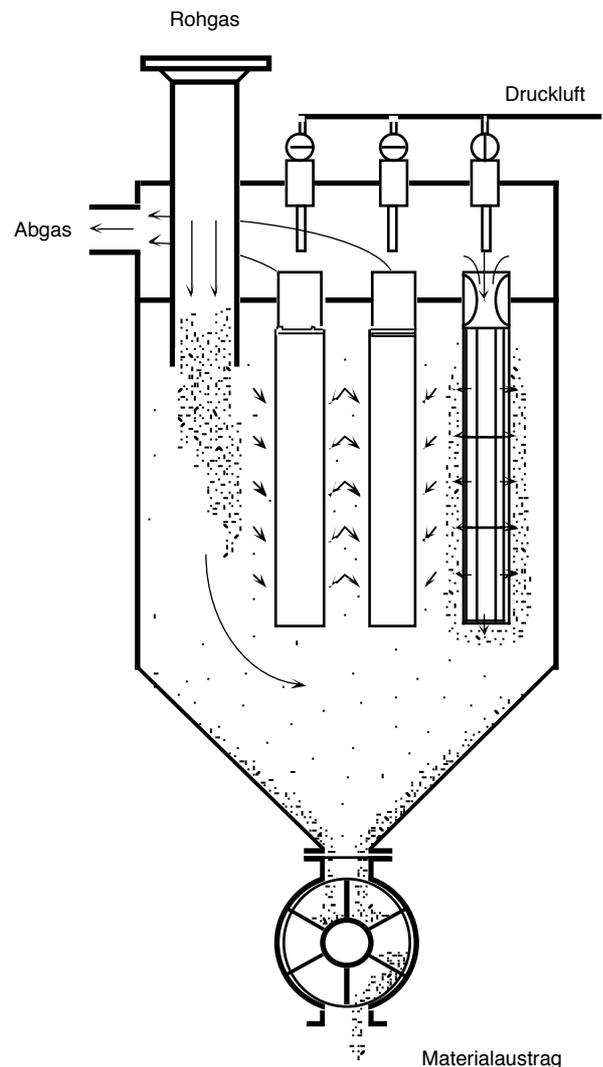


Bild 3: Schema der Filterkammer

Auf diese Art ist es möglich, den Feststoff noch im Filterapparat teilweise zu trocknen und erst dann aus dem Filterapparat zu entnehmen.

3.3 Zusätzliche Experimente

Um festzustellen, wie die Partikel für ihre weitere Verwendung aufbereitet werden können, wurde an der Technikschanze ein Experiment durchgeführt, welches Aussagen über die Partikelverteilung bezüglich des Schwefelgehaltes und der Sinkgeschwindigkeit aufgrund des unterschiedlichen Absetzverhaltens ermöglicht. Hierzu wurde der senkrechte Rohrreaktor der Entschwefelung um einen 2 m langen, waagerechten Kanal verlängert, in dem das Abgas mit 0,1 m/s strömt und sich die Partikel teilweise absetzen. Die Analyse zeigt, daß die mittlere Korngröße der Partikelverteilungen vom Ein-

lauf des Kanals zu dessen Ende hin leicht abnimmt und der Schwefelgehalt der Partikel zunimmt. Der Schwefelgehalt der Partikel, die sich nicht im Kanal abgesetzt haben, sondern in den angrenzenden Filter gelangt sind, ist am geringsten von allen. Das heißt, daß die Entschwefelungsreaktion nur einen geringen Einfluß auf die Korngröße der Partikel hat, daß aber reagierte Partikel eine erheblich höhere Dichte aufweisen.

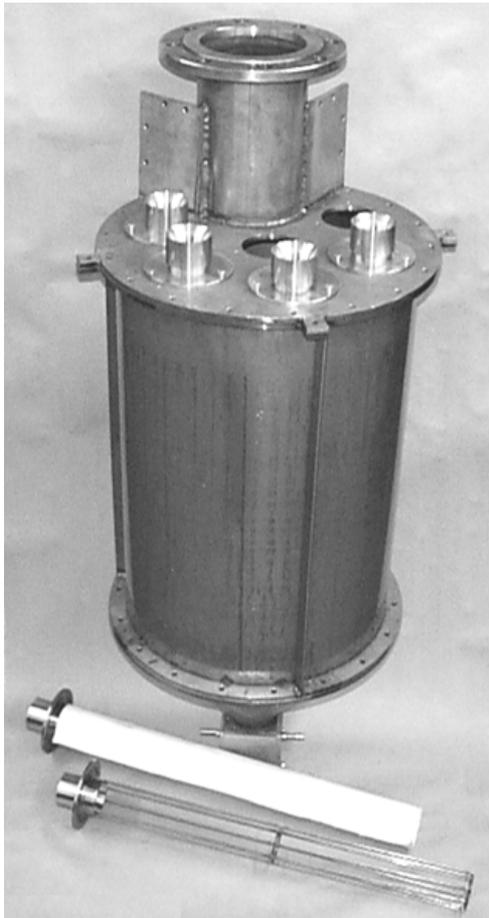


Bild 4: Geöffnete Filterkammer mit Filterelement und Stützkorb

Diese Partikeleigenschaften zeigen, daß die Hauptaufgabe der Aufbereitung nicht auf einer Zerkleinerung der Partikel beruht, sondern daß es auch aufgrund der geforderten wirtschaftlichen Betriebsweise der Aufbereitungsstufe ausreicht, die Partikel zu desagglomerieren und zu sichten.

4 Weitere Forschungen: Aufbereitung des Feststoffes durch Sichtung

Der entscheidende Verfahrensschritt zum Schließen der Partikelrückführung ist das Sichten der nicht ausreagierten Partikel. Wie die Ergebnisse aus dem Versuch mit dem waagerechten Strömungskanal gezeigt haben, weist die Partikelver-

teilung mit der geringsten Sinkgeschwindigkeit den geringsten Schwefelgehalt auf.

Eine Sichtung dieser Partikel ist nur möglich, wenn diese trocken und desagglomeriert vorliegen. Da der Feststoff stets zum Agglomerieren neigt, ist es günstig, die Verfahrensschritte Trocknen, Desagglomerieren und Sichten räumlich in einem verfahrenstechnischen Apparat zusammenzulegen.

Beispielsweise können die Partikel in einem Sichter mit umlaufendem Trommelsieb desagglomeriert und gleichzeitig in zwei Fraktionen getrennt werden.

Die Aufgabe des Trommelsiebes, das von trockener Transportluft durchströmt wird, besteht darin, die Feststoffpartikel ausreichend zu desagglomerieren, wobei der Einsatz von Mahlkörpern diesen Vorgang unterstützt. Durch Wahl einer geeigneten Mimik, wie z.B. einer Bürste, kann das Belegen der Siebaußenseite mit Partikeln verhindert werden.

Bei der Sichtung sollen die schweren schwefelhaltigen Partikel von den leichteren noch reaktionsfähigen Partikeln getrennt werden. Eine genaue Festlegung der erforderlichen Trenngrenze des Sichters ist allerdings aus zwei Gründen nicht möglich: Einerseits muß die Massenbilanz eingehalten werden, um eine Anreicherung des Feststoffes im Kreislauf zu vermeiden, andererseits hängt die Partikelgrößenverteilung von der Entschwefelungsleistung der Anlage bzw. der ursprünglichen SO_2 -Konzentration im Abgas sowie der zudosierten Sorbensmenge ab.

Mit Hilfe einer intelligenten Steuerung, wie sie bereits in der Institutsmitteilung Nr. 19 von 1994 ausführlich vorgestellt wurde, ist es möglich, diesen Teil der Anlage in dem jeweils optimalen Betriebspunkt zu betreiben.

Beim Verfahrensschritt Sichten sollen die Partikel, die der Strömung nicht zu folgen vermögen, in den Grobgutaustrag (Zellradschleuse) gelangen. Partikel, deren Sinkgeschwindigkeit kleiner als die geforderte Sinkgeschwindigkeit ist, passieren die Trennzone und werden mit der trockenen Transportluft in den oberen Teil des Apparates und anschließend bis zurück zum Reaktor befördert.

Ziele weiterer Forschungsarbeiten sind die Festlegung der Anforderungen an den Sichter sowie dessen Auslegung und Konstruktion.

5 Literatur

- /1/ SFB-Bericht 1996
- /2/ Puschmann, F.: Diplomarbeit, Institut für Maschinenwesen, 1997