

Technischer Stand der Gewebestauber in Zementwerken*

Technical position with regard to fabric filters at cement works

Situation techniques des dépoussiérages à tissus dans les usines à ciment

Von H. Ihlefeldt, Lauffen a. N.

Einleitung

Neben der chemischen Industrie sind es die Zementwerke, die auf Grund ihrer Mahlprozesse und Ofenbetriebe einer der größten Erzeuger von staubfeinen Produkten sind. Für die modernen, wärmesparenden Ofenanlagen gibt es im allgemeinen sehr gut wirkende Entstauber, auf die später, soweit sie zu den Gewebestauber gehören, noch eingegangen wird. Für die älteren Ofenanlagen ist eine einwandfreie Entstaubung schwieriger, da meistens kein Platz für den zusätzlichen Einbau eines Entstaubers vorhanden ist, oder aber der entsprechende Entstauber mit gutem Wirkungsgrad noch nicht gefunden wurde. Die Altanlagen werden wegen ihrer hohen Betriebskosten immer mehr durch Neuanlagen ersetzt, so daß hierdurch der bisher übliche Staubauswurf erheblich verringert wird. Der Hauptstaubanfall tritt nun aber nicht bei den Ofenanlagen, sondern in den Abteilungen Trocknerei und Müllerei sowie beim Transport des Materials auf. Der hierbei anfallende Staub ist fertig aufbereitetes Rohmaterial, dessen Menge nach der Aufbereitungsart 3 bis 10 % betragen kann. Dieser Staub wird der Produktion wieder zugeführt, während der abgesetzte Staub aus den Ofenabgasen infolge der Alkalanreicherung häufig nicht wieder verwendbar ist. Die Rohstoffe Kalk und Mergel einschließlich der verschiedenen Zusätze, die für die Zementherstellung erforderlich sind sowie die Zwischenprodukte werden in mehreren aufeinanderfolgenden Aufbereitungsgängen in einem Umfange zerkleinert und vermahlen, der das dreifache des Gewichtes des fertig gepackten Zementes ausmacht. Während des Produktionsablaufes kommt das staubförmige Gut immer in innigste Berührung mit kalter Luft oder aufgeheizten Gasen, von denen es immer wieder getrennt werden muß, so daß für 1 kg Zement je nach Fabrikationsgang 10 bis 16 m³ Luft oder Abgas gereinigt werden muß.

Bei einer täglichen Erzeugung von 1000 t Zement rechnet man mit etwa 540 000 m³ Abgas oder Abluft, die zu entstauben sind. 60 bis 70 % hiervon stammen aus den Aufbereitungsanlagen, deren Hauptanteil eine Temperatur von 40 bis 120 °C hat, wofür deswegen vorwiegend Gewebestauber verwendet werden. Rund 35 % Abgas stammt aus den Ofenanlagen. Die Staubquellen der verschiedenen Betriebsabteilungen liegen nun verstreut über die gesamte Werksanlage, so daß eine gemeinsame Entstaubung nicht möglich ist. Daher hat ein mittleres Zementwerk bis zu 20 Gewebestauber mit Leistungen von 3000 bis 50 000 m³ Abgas je Stunde, die alle unter verschiedenen Bedingungen arbeiten.

Entwicklung der Gewebefilter

Für die Trennung der Feststoffe aus den Abgasen wurden schon in den Anfängen der Zementherstellung einfache Stoffschläuche verwendet, die an einer Seite verschlossen waren. Beim Durchgang des staubhaltigen Gases durch diese einfachen „Sackfilter“ blieben die Feststoffe an der inneren Wandung der Schläuche haften.

Dieser Ansatz mußte nun von Zeit zu Zeit abgeklopft werden.

Bei größeren Abgasmengen, z. B. hinter Trockentrommeln, wurden ganze Batterien dieser Schläuche — bis zu 200 Stück — in sogenannten „Sackhäusern“ aufgehängt. Die Rauchgase wurden durch ein Gebläse von unten in die schlauchartigen Säcke gedrückt. Die Schläuche waren mittels einer Schüttelvorrichtung an der Decke befestigt, die über eine Kette, die bis zum Fußboden reichte, von Hand betätigt werden konnte. Die Säcke hatten 30 cm Durchmesser und eine Länge bis zu 6 m. Die gereinigten Gase, die aus einer Ofenanlage mit angeschlossener Trockentrommel stammten, zogen nach Verlassen der Schläuche durch das zum Teil offene Dach des Ofenhauses. Eine solche Anlage war noch bis 1948 in einem Zementwerk mit Erfolg in Betrieb.

Viele Verbesserungsvorschläge sowohl für das Abklopfen des abgesetzten Staubes als auch für die Spülung und Abgasführung sind in den letzten 60 Jahren zum Patent angemeldet worden, aber nur wenige Ausführungen haben sich im Betrieb bewährt, wie eine rückschauende Betrachtung zeigt.

Im Bild 1 ist eine der ersten Mühlentstaubungen wiedergegeben. Um ein gleichmäßiges Mahlprodukt zu erzielen, mußten die Mahlgänge, mit denen damals feingemahlen wurde, belüftet werden, wobei ein Teil des Fertigproduktes verloren ging. Durch den Einbau eines Taschenfilters in den oberen Teil des Mahlganggehäuses

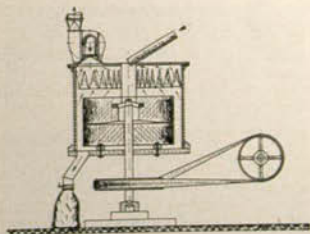


Bild 1: Mahlgangentstaubung

konnte der Staub zurückgehalten werden. Das offene Druckschlauchfilter aus der damaligen Zeit (Bild 2) zeigt eine Weiterentwicklung der Sackhäuser. Es besteht aus einem oberen Kasten, in den durch eine Rohrleitung die Staubluft eingeblasen wird. Im unteren Kasten wird der Staub gesammelt, der durch Einschnüren der Schläuche abgelöst wird. Das Einschnüren geschieht durch Auf- und Niedergehen des in dem Bild in der Mitte der Schläuche erkennbaren Rahmens, der mit einem großmaschigen Drahtnetz überspannt ist. Ähnliche Rahmen werden auch heute wieder zum Abreinigen von Schläuchen verwendet. Zur Schonung des Gewebes erfolgt das Einschnüren der Schläuche nun nicht mehr mechanisch, sondern durch Druckluft, die aus einem Düsenring, der ebenfalls auf- und abgleitet, austritt. Ein derartiger Blasdüsenrahmen ist im Bild 3 wiedergegeben.

* Geringfügig gekürzte Fassung eines Vortrags, gehalten anlässlich der Tagung der VDI-Fachgruppe „Staubtechnik“ am 27. April 1961 in Aachen. Im Original erschienen in der Beirichtausgabe der Zeitschrift „Staub“ 21 (1961), Heft 9, S. 448-453.

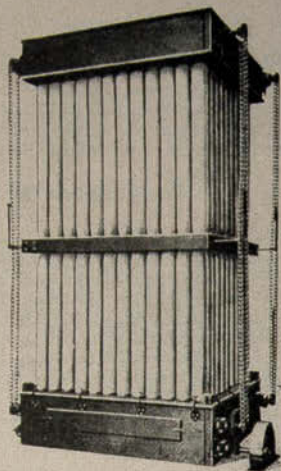


Bild 2: Druckschlauchfilter

Eine weitere interessante Konstruktion ist der Perfection-Staubsaugler (Bild 4) aus Amerika, der dort, wie auch in Europa, mit gutem Erfolg eingesetzt worden ist. Der Staubsaugler ist ein Druckfilter, in das die von den Staubquellen abgesaugte Staubluft eingblasen wird. Die Trommel wird intermittierend gedreht. Jeweils die oberste Reihe Filterschläuche wird durch Klopfen mit Hämmern, die auf die Schlauchreihe herunterfallen, gereinigt, wobei Gegenluft strömt. Etwa alle Viertelstunde wird eine jede Schlauchreihe gereinigt, so daß mehr als 95% der Filterschläuche laufend den Staub abscheiden. Diese Maschine konnte bis zu 140 m² Filterfläche ausgeführt werden.

Das Bild 5 zeigt eine Entstaubungseinrichtung, die im Prinzip auch heute noch modern ist. Dieses Zyklonfilter aus dem Jahre 1910 sah damals schon eine zweimalige Reinigung der Luft vor.

Die Staubluft wird durch einen tangential angeschlossenen Stutzen in den durch den Mantel und die erste Zwischenwand gebildeten äußeren Raum eingeblasen, und die größeren Staubteilchen sollen sich infolge der Fliehkraftwirkung im unteren Zyklon ausscheiden. Die Luft tritt durch Öffnungen in die im mittleren Raum angeordneten sechs Kammern, von denen jeweils nur fünf für den Luftstrom zugänglich sind und gelangt in die mit den geöffneten Kammern in Verbindung stehenden 15 Filterschläuche, um dort von dem feinen Staub befreit und ins

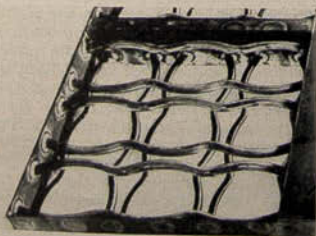


Bild 3: Blasdüsenrahmen

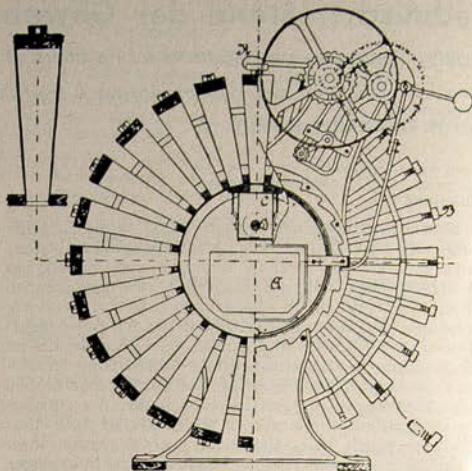


Bild 4: „Perfection“ Staubsaugler

Freie abgeführt zu werden. Die sechste Kammer und die an diese angeschlossenen drei Filterschläuche werden während dieser Zeit gereinigt.

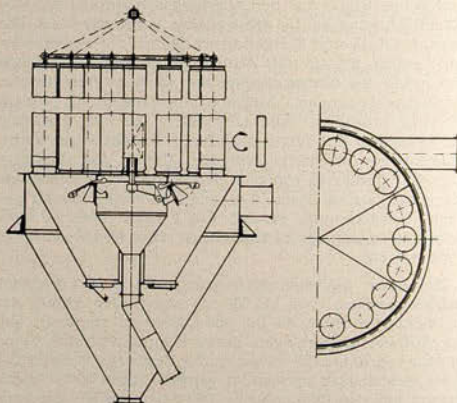


Bild 5: Zyklonfilter um 1920

Diese Entstaubungseinrichtung hat den Nachteil, daß die Spülluft nicht in der Lage ist, den Staubbelag an der Innenseite des Stofffilters restlos abzustößen. Eine weitere Abreinigung durch Schütteln der Schläuche ist wirkungsvoller, so wie dies bei den heutigen Rundfiltern der Fall ist.

Alle heute bekannten Gewebeatstauber gehen auf die grundlegende Konstruktion des Ing. Beth in Lübeck zurück, dem im Jahre 1886 ein deutsches Reichspatent auf ein Gewebefilter erteilt wurde. Das Prinzip der Trockenstaubabscheidung mit Filtergeweben hat sich seitdem grundlegend nicht mehr geändert.

Das Bild 6 zeigt diesen Gewebeatstauber, dessen Gehäuse aus Holz gefertigt ist. Zu einer Einheit gehörten wenigstens zwei Kammern, die von einem gemeinsamen Schaltmechanismus bedient wurden. Im wesentlichen bestand dieser aus einem Schneckentrieb, dessen Rad Kur-

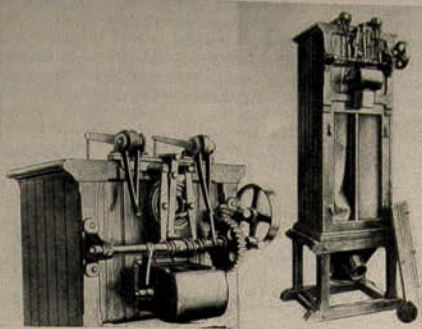


Bild 6: Erster Gewebeerstauber von Beth

veinschnitte besaß, die das Abklopfen der Schläuche zum Zwecke der Reinigung von Zeit zu Zeit einleiteten.

Gleichzeitig mit diesem Abklopfen öffnete sich ein Spülflüssigkeitsausströmer an der Stirnseite des Filtergehäuses. Die Schläuche waren in Arbeitsstellung mehr oder weniger straff gespannt. Das Abklopfen der Schläuche erfolgte durch ruckartiges Spannen und Entspannen der Schlauchaufhängung. Das Holzgehäuse konnte auf die Dauer nicht befriedigen, da beim Austrocknen des Holzes viele Spalten entstanden, durch die Falschlucht gesaugt wurde. Wie das Bild erkennen läßt, waren die Schläuche groß im Durchmesser, wovon man aber bald abging, weil mit kleineren Schläuchen in einer gleich großen Kammer erheblich mehr Filterfläche unterzubringen ist. Außerdem ist die Beanspruchung in der Längsrichtung der Schläuche bei kleinerem Schlauchdurchmesser geringer.

Die Beth'sche Konstruktion wurde in den nachfolgenden Jahrzehnten in vielen Einzelheiten verbessert. Das Gehäuse wurde bald aus Stahlblech hergestellt und aus dem primitiven Abklopfmechanismus wurden betriebssichere und unempfindliche Triebwerke entwickelt. Hinzu kam die laufende Verbesserung der Gewebe, die am Anfang nur aus Naturfasern bestanden.

Nach 1945 bauten fast alle Zementwerke ihre mehr oder weniger zerstörten Werke zunächst wieder auf. Neue Maschinenanlagen, auch Entstauber, waren nur schwer zu bekommen. Besonders große Schwierigkeiten bereitete die Beschaffung von brauchbarem Gewebe, und so war es kein Wunder, daß die Gewebeerstauber schlecht arbeiteten, zumal auch die Fachkräfte fehlten, die die Reparatur dieser sonst bewährten Entstaubungseinrichtungen sachkundig durchführen.

So ergab es sich von selbst, daß man auf mechanische Entstauber zurückgriff, deren Neuentwicklungen mit erstaunlichen Wirkungsgraden überall angeboten und die hinter vielen Trocknungsanlagen aufgestellt wurden. Leider zeigte sich jedoch bald, daß der Staubauswurf nicht befriedigte. Zwar wurden die garantierten Entstaubungsgrade von 97 bis 99% erreicht, doch die Klagen der Nachbarschaft hörten nicht auf.

Bei dem hohen Rohgasstaubgehalt, wie er bei Trockentrommel üblich ist, bleibt auch bei 98% Entstaubungsgrad der Reingasstaubgehalt zu hoch.

Unter diesen Umständen mußten derartige mechanische Entstauber wieder gegen Gewebeerstauber ausgetauscht werden, für die neben den Geweben aus Naturfasern, inzwischen solche aus Kunststoff mit verbesserten Eigenschaften zur Verfügung standen.

Die neueren Gewebefilter

Bild 7 gibt den bekannten Aufbau und die Wirkungsweise eines Saugschlauchfilters mit vier Schlauchkammern

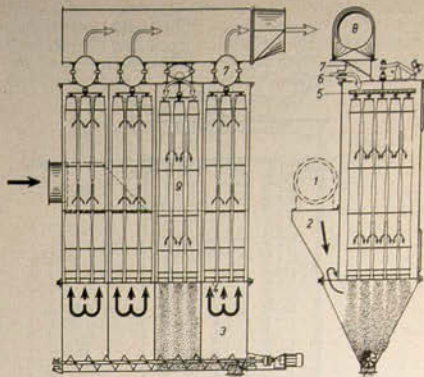


Bild 7: Schema eines Saugschlauchfilters

wieder. Die staubhaltige Luft tritt durch das Sammelrohr (1) ein und verteilt sich auf die in Arbeitsstellung befindlichen Filterabteilungen (3). An der Innenwand der Schläuche wird der Staub zurückgehalten, während die gereinigte Luft durch das Gewebe hindurchtritt und von einem hinter der Entstaubungseinrichtung stehenden Ventilator über die Rohrleitung (8) abgesaugt wird. Von vier Kammern ist stets eine auf Abreinigung geschaltet.

Durch entgegengesetzt strömende Spülflüssigkeit und gleichzeitiges Abklopfen der Schläuche fällt der Staub ab und wird durch eine Förderschnecke über eine Luftschleuse ausgetragen.

Für große Luftmengen werden Doppelreihenfilter (Bild 8) gebaut, die eine gemeinsame Steuerung der Abreinigung besitzen.

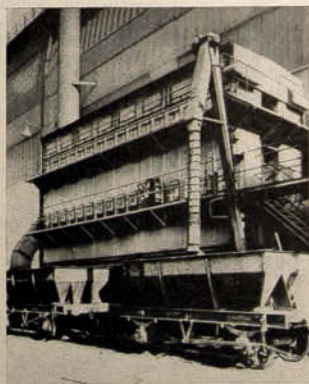


Bild 8: Doppel-Reihenfilter

Die Abreinigung von Filterschläuchen durch ruckartiges Entspannen und Spannen ergibt einen verhältnismäßig hohen Gewebeertrag an den unteren Enden der Schläuche. Man geht daher immer mehr dazu über, straffgespannte Schläuche durch Vibration zu reinigen. Bei dem Reihenfilter (Bild 9) schlagen z. B. Hämmer auf elastisch gelagerte Traversen und versetzen diese ein-

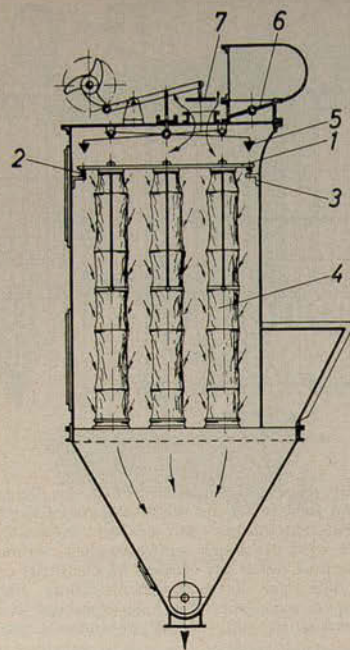


Bild 9: Gewebefilter-Abreinigung durch Vibration

schließlich der daran befestigten Schläuche in Schwingungen.

Bild 10 zeigt zwei verschiedene Ausführungsbeispiele für moderne Rundfilter. Das Staubluftgemisch tritt in den Raum unter den Filterschläuchen ein, der als Zyklon ausgebildet ist und als Vorabscheider dienen soll. Der Wirkungsgrad des Zyklons kann nicht besonders gut sein, da durch den wechselnden Eintritt von Spülluft und durch die verschiedenen Einbauten ungeordnete Luftströmungen den Abscheidegrad beeinflussen.

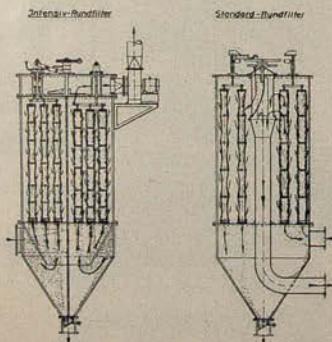


Bild 10: Rundfilter

Der Aufbau eines Flächenfilters ist im Bild 11 zu sehen. Die Stoffspannungen werden wie Taschen über Rahmen aus Profilstahl aufgezogen. Die Abdichtung zur Rückwand (Reinigungsseite) erfolgt über Klemmleisten. Der Staub sammelt sich auf der Außenseite der Gewebe an, während die

Reinluft durch das Gewebe und durch einen Schlitz an der Rückwand des Filterelements in den Reinluftsammlerkanal abgesaugt wird. Dieser Schlitz dient gleichzeitig als Eintrittsöffnung für die Spülluft, die durch eine bewegliche Düse stoßweise in die Filterelemente eingeblasen wird, wobei sich der Staubsatz auf dem Gewebe löst und abfällt.

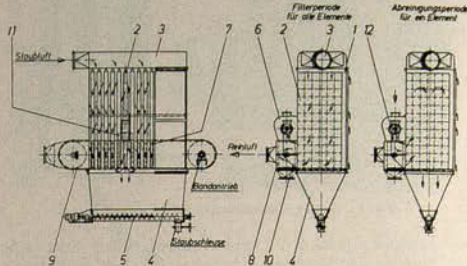


Bild 11: Flächenfilter

Kiesbettfilter

Eine Neuentwicklung stellt das „Schlauchlose MB Filter“ (Bild 12) dar, das vorwiegend Kies mit verschiedener Körnung als Filterbett verwendet. Damit ist jedoch nicht gesagt, daß Kies für alle Entstaubungsvorgänge das ideale Mittel ist.

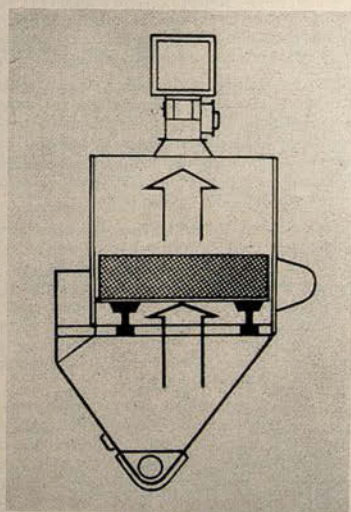


Bild 12: Schlauchloses MB-Filter bzw. Kiesbettfilter

Der Aufbau dieser Entstaubungseinrichtung gleicht dem Gewebefilter bzw. dem Flächenfilter. Das Rohgas gelangt durch den Eintrittskanal in den Filterrumpf und tritt in die horizontal angeordneten Filterkästen ein, die mit feinem Kies angefüllt sind. Die Kästen sind schwingungsfähig aufgehängt und gegen die Kammerwände abgedichtet. Im Kiesbett wird der Staub zurückgehalten, und das gereinigte Gas verläßt durch die Luftabsperreklappen und den Absaugkanal das Filter. In der Reinigungsperiode wird die Luftabsperreklappe oberhalb der jeweiligen Filterkammer geschlossen und dann der Filterkasten in Schwingungen versetzt, wodurch

der angesammelte Staub in die im Filterumpf befindliche Transportschnecke fällt. Jede Filterkammer hat Einzelantrieb und wird periodisch von angesammeltem Staub gereinigt. Die Steuerung der Reinigungsvorgänge erfolgt durch ein Programmschaltwerk. Der Entstauber besitzt gegenüber dem Gewebefilter den Vorteil, daß er auch bei höheren Gastemperaturen verwendet werden kann, so daß er also auch für die Entstaubung von Zementofenabgasen eingesetzt werden könnte. Diesem Filter schadet es nicht, wenn gelegentlich der Taupunkt der Abgase unterschritten wird, denn die mechanische Reibung des Filtermittels zerstört und zerkleinert jede angesetzte und getrocknete Kruste aus Staub.

Die bisher größte Entstaubungsanlage hinter einer Mahltrocknungsmühle für Rohmaterial wurde für 65 000 m³/h geliefert, wobei mit Kieskörnungen von 3 mm gearbeitet wird und ein Reingasstaubgehalt unter 150 mg je m³ gefunden wurde. Der Staubauswurf von weniger als 10 kg/h ist in der Abgasfahne nicht mehr zu erkennen. Die Bestwerte lagen bei 40 mg je m³.

Filtergebläse

Bei Betriebserweiterungen innerhalb bestehender Anlagen ist oft neben einem neu aufzustellenden Gewebefilter kein Platz mehr für den Ventilator vorhanden. Dann kann man Luttengebläse direkt in die Reingasleitung hinter dem Gewebefilter anordnen. Diese Axialgebläse (Bild 13), lassen sich ohne Fundament auch bei beschränkten Raumverhältnissen direkt in die senkrechte Abluftleitung einbauen, wodurch sich die Rohrleitungsführung vereinfacht. Das Gebläse hat auf Grund der durchgebildeten Schaufelform einen guten Wirkungsgrad.

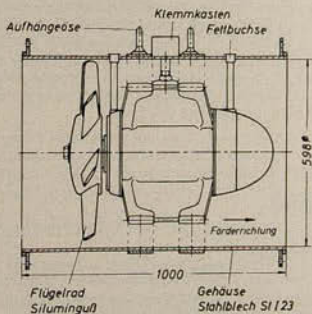


Bild 13: Axialgebläse mit Motor

Abgase aus Trocknern mit Temperaturen zwischen 80 und 100 °C schaden dem elektrischen Motor auch auf die Dauer nicht. Wichtig ist nur, daß die Lager regelmäßig mit dem vorgeschriebenen Fett geschmiert werden. Die Luttengebläse werden für Rohrleitungen von 300 bis 700 mm Durchmesser serienmäßig gebaut und sind für Gasströme von 1500 bis 22 000 m³/h ausgelegt. Die Einheiten besitzen Flanschverbindungen und können leicht aus- und eingebaut werden.

Entstaubung von Kohlenmahlanlagen

Auch für die Entstaubung von Kohlenmahlanlagen, in denen die Rohkohle gleichzeitig getrocknet wird, hat sich das Gewebefilter bewährt, wenn die gesamte Anlage automatisch geregelt wird und mit Sicherheitseinrichtungen ausgerüstet ist. In der Luftstrommühle nach Bild 14 wird der gemahlene und getrocknete Kohlenstaub mit den zur Trocknung erforderlichen Heißgasen aus der

Mühle herausgesaugt. Der in der Abluft mitgeführte Kohlenstaub wird nun in einem nachgeschalteten Zyklon abgeschieden und einem Bunker zugeführt. Die Trennung der Gase vom Reststaub — rund 20 bis 30 gr/m³ — erfolgt in dem dahinter angeordneten Gewebefilter.

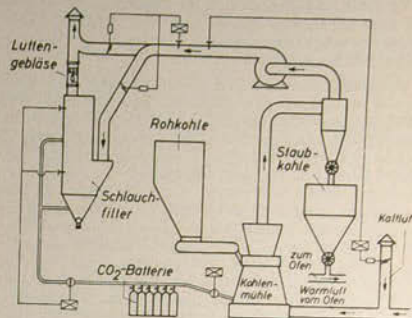


Bild 14: Entstaubung Kohlenmahlanlage

Für den Betrieb einer derartigen Anlage ist es wichtig, daß die Temperatur der zu reinigenden Abgase nicht über 90 °C — entsprechend der Temperaturbeständigkeit des Filtergewebes — ansteigt, weil sonst das Gewebe darunter leiden würde. Die Temperatur soll aber auch nicht unter 70 °C fallen, da sonst die Gefahr besteht, daß das bei der Trocknung ausgetriebene Wasser im Gewebe kondensiert und die Schläuche verschmiert. Die sich bildenden Krusten fallen beim Abreinigungsvorgang nicht ab und vermindern die Luftdurchlässigkeit. Um das Überschreiten dieser kritischen Temperaturen zu vermeiden, muß eine Regelstrecke eingebaut werden, die z. B. auf einen Sollwert von 80 °C eingestellt wird. Ein proportional-integral Regler gibt vom Istwert des Thermometers, das hinter der Mahltrocknungsanlage in der Gasleitung sitzt, einen Impuls, der eine Kaltluftklappe verstellt, die mehr oder weniger kalte Luft zu den heißen Gasen, die in diesem Fall aus einer Ofenanlage abgezogen werden, hinzugibt. Hat die Mühle eine eigene Feuerungsanlage, so muß die Regelung den Brennstoff dosieren, wozu sich Kohlenstaub, Gas oder Öl am besten eignet. Bei einer Rostfeuerung ist eine Regelung kaum möglich, da die Temperaturänderung zu träge ist.

Die gezeigte Anlage trocknet mit aufgeheizter Luft, die dem Kühler des Zementdrehofens entnommen wird. Sie hat also normalen Luftsauerstoffgehalt. Inertgas steht nicht zur Verfügung, und so blieb für die Sicherheit gegen die Selbstentzündung des Kohlenstaubs nichts anderes übrig, als eine automatisch arbeitende Löscheinrichtung einzubauen. Die Entzündung findet immer dort statt, wo sich Kohlenstaub abgelagert, was im normalen Gewebefilter leicht der Fall ist.

Sollte nun eine Selbstentzündung im Filter eintreten, dann steigt dort sofort die Temperatur an. Zwei Kontaktthermometer im unteren und oberen Teil des Filters öffnen, sobald die eingestellte Temperatur von z. B. 100 °C erreicht ist, das Ventil einer Kohlenäure-Löschbatterie, die sofort das gesamte Filter unter CO₂ setzt. Gleichzeitig wird die gesamte Anlage außer Betrieb gesetzt.

Eine ähnliche Sicherheitseinrichtung ist bei der Kohlenmühle selbst vorgesehen, bei der Verpuffungen beim Abstellen der Mühle eintreten können. Wenn diese unerwünschten Störungen bei ordnungsgemäßer Wartung auch kaum vorkommen, so müssen diese Regelstrecken täglich kontrolliert werden.

In dem Schema ist noch eine dritte Sicherheitseinrichtung für das Gewebefilter vorgesehen, die sich bestens bewährt. Sollte die Abgastemperatur vor dem Filter trotz Regelung mit Kaltluft über 100°C steigen, dann öffnet ein weiteres Kontaktthermometer eine Umgehungslleitung und schließt die Klappe zum Gewebefilter, damit die zu hohe Abgastemperatur die Gewebe nicht zerstört und setzt gleichzeitig die Anlage außer Betrieb. Neben diesen Sicherheitseinrichtungen sind noch die üblichen Explosionsklappen angebracht.

Entstaubungsanlagen für hochentzündliche Kohlen, wie z. B. Braunkohle oder hochgasaltige Steinkohle, sind gefährdet, wenn sich innerhalb des Filtergehäuses Staub ablagert, der immer zur Selbstentzündung und zum Ausbrennen des Filters führt. Bei Gewebefiltern der normalen Bauart kann sich auf den Schlauchböden zwischen den Schläuchen Staub ansammeln, wenn die Filterschläuche beschädigt sind oder durch ein poröses Gewebe Staub auf die Reinluftseite gelangt. Deswegen wurden Sonderkonstruktionen entwickelt, deren Aufbau und Wirkungsweise der normalen Gewebefilterkonstruktion entspricht. Bei diesem Filter (Bild 15) werden die Schlauchstützen jeder Schlauchreihe auf schmalen dachförmigen Sätteln aufgebaut. Durch den Spalt zwischen den Sätteln kann der sich auf der Reinluftseite der Filterkammern absetzende Staub in einen benachbarten unterhalb der Kammern angeordneten Sammelkanal fallen, aus der er über eine Staubschleuse durch eine Schnecke ausgetragen wird. Diese Konstruktion ist natürlich wesentlich teurer als ein normales Schlauchfilter, rechtfertigt sich aber für leicht entzündliche Kohlen, die in Filtern normaler Bauart Selbstentzündungen befürchten lassen. Eine ähnliche Schutzvorrichtung ist auch bei den Flächenfiltern möglich.

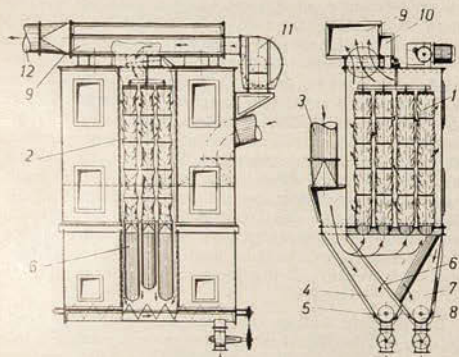


Bild 15: Gewebefilter mit schrägen Schlauchböden

Entstaubung von Zementbrennöfen

Bei zuverlässiger Wartung hat das Gewebefilter eine gute Abscheideleistung, weswegen immer wieder versucht wird, diese Entstauberart auch für Zementofenanlagen einzusetzen, besonders dort, wo mechanische oder elektrische Entstauber versagen. Gelingt es, die Ofenabgastemperatur auf rund 100°C im Dauerbetrieb herabzusetzen, so können die bekannten Gewebe, die aus chemischen Fasern hergestellt sind, verwendet werden. Liegt dagegen die Abgastemperatur höher, so kommt bis zu etwa 300°C als Filtermedium vorerst nur ein mit Silikon behandeltes Glasgewebe in Frage. Mit diesem Glasgewebe war es s. Zt. möglich, Drehöfen mit Schwebegaswärmetauscher von Humboldt erstmalig befriedigend zu entstauben. Die Zyklonentstaubungen versagten restlos und die elektrische Gasreinigung war damals noch nicht soweit entwickelt, um dieses Entstaubungsproblem zu lösen. Das wird verständlich, wenn man sich vergegen-

wärtigt, daß der Staub aus dieser Ofenanlage, verglichen mit den anderen Ofenarten in der Zementindustrie, den größten Gehalt an feinstem Staub hat. 90% liegt unter $5\ \mu$, bedingt durch die Verwendung der Zykloane als Wärmeaustauscher zwischen den heißen Ofenabgasen und dem kalten Rohmehl.

Entstaubung von Schachtföfen

Die Entstaubung von Zementeschachtföfen ist noch ein ungelöstes Problem. Hochwertige Zykloane können wohl den Staub über $20\ \mu$ zurückhalten, doch die charakteristische, auffallende Rauchfahne des Schachtofens mit dem Feinstanteil von Staub bleibt erhalten. Deshalb wurde 1958 hinter einem Hochleistungsschachtofen mit einer täglichen Leistung von $180\ \text{t}$ ein Flächenfilter für die Abgasmenge von $50\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ aufgestellt. Als Filterbelag wurde Diolen gewählt, weil sich das Glasgewebe damals für den Dauerbetrieb noch nicht bewährt hatte.

Bei der Verwendung von Diolen ist es erforderlich, die Temperatur der Schachtofenabgase, die häufig zwischen 60 und 250°C schwankt, konstant zu halten. Die Brennzonen des Schachtofens liegt im oberen Teil. Bei nicht abgedecktem Feuer steigt die Abgastemperatur an. Es wurde nun versucht, durch Regelung der Aufgabemenge des zu brennenden Gutes eine gleichmäßige Abdeckung des Feuers und damit eine gleichbleibende Abgastemperatur von etwa 100°C zu erreichen. Als Sollwert für die Regelung diente die angestrebte Abgastemperatur von 100°C . Bei Überschreiten der Temperatur wird mehr aufgegeben, bei Unterschreiten kommt die Aufgabe vorübergehend zum Stillstand. Das Gewebefilter arbeitete für etwa 12 Stunden einwandfrei, selbst die Alkalien wurden abgeschieden, doch nahmen sie bei zu niedriger Abgastemperatur, die nicht immer ausgeregelt werden konnte, begierig Feuchtigkeit aus den Abgasen auf. Die alkalihaltige Staubschicht blieb trotz der Abreinigung am Gewebe hängen und wurde schließlich so dicht, daß der Ventilator den Widerstand nicht mehr schaffen konnte. Der Belag mußte nun bei Stillstand der Anlage in stundenlangender Arbeit von Hand entfernt werden.

Es kommt nun darauf an, ein geeignetes Filtermedium zu finden, welches eine Abreinigung der alkalihaltigen zusammenbackenden Staubschicht zuläßt. Vielleicht ist das Kiesbettfilter hier besser geeignet, Versuche sind bereits eingeleitet.

Schlußbemerkungen

Diese wenigen Beispiele lassen schon erkennen, daß es nicht allein genügt, einen Gewebentstauber zur Besetzung einer Staubquelle zu bestellen, sondern es müssen auch die Bedingungen geschaffen werden, unter denen das Filter am besten arbeitet. Dazu gehört, daß die Wartung einer solchen Anlage regelmäßig durchgeführt wird.

Bei verhältnismäßig niedrigen Anschaffungskosten weisen diese Entstauber einen Abscheidungsgrad von nahezu 100% auf. Reingasmessungen bei einwandfreien Schläuchen ergeben einen Staubgehalt von unter $30\ \text{mg}/\text{m}^3$ Abgas. Bei $30\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ Abgas beträgt dann der Staubauswurf nur rund $0,9\ \text{kg}/\text{h}$. Die im Vergleich zu anderen Entstaubertypen höheren Unterhaltungskosten, insbesondere für die Filtergewebe, dürften durch die neuen, die Gewebe schonenden Abreinigungsmethoden und die Verwendung von Geweben aus hochverschleißfesten synthetischen Fasern eine merkbare Senkung erwarten lassen.

Zum Schluß sei noch auf den Erfahrungsaustausch zwischen den Verbrauchern und den Herstellern von Filtern und Filtergeweben hingewiesen. Um die Entwicklung der Gewebentstauber voranzutreiben und Neuerungen erproben zu können, wurde innerhalb des Staubausschusses des Vereins Deutscher Zementwerke e. V. ein

Arbeitskreis für Gewebeeinstaub gegründet. Dieser Arbeitskreis führt in verschiedenen Zementwerken Großversuche an Neuentwicklungen, sei es auf dem Gebiete der Gewebe, der Abreinigung, der Spülung usw., unter tatsächlichen Betriebsbedingungen durch.

Zusammenfassung

Bei einer täglichen Erzeugung von 1000 t Zement sind stündlich etwa 540 000 m³ Abgas zu entstauben. Für rund 70% der Abgase werden im Zementwerk vorwiegend Gewebeeinstauber verwendet, so daß in einem mittleren Betrieb bis zu 20 Gewebeeinstauber anzutreffen sind. Bei niedrigen Anschaffungskosten erreichen diese Entstauber einen Abscheidungsgrad von nahezu 100%. Reingasmessungen bei einwandfreien Schläuchen ergaben Reingastaubgehalte unter 30 mg/m³. Die im Vergleich zu anderen Entstaubertypen höheren Unterhaltungskosten dürften durch die neuen, die Gewebe schonenden Abreinigungsverfahren und die Verwendung von Geweben aus hochverschleißfesten synthetischen Fasern eine Senkung erwarten lassen.

Es genügt nicht allein, einen Gewebeeinstauber zur Beseitigung einer Staubquelle zu bestellen, es müssen auch die Bedingungen geschaffen werden, unter denen das Filter am besten arbeitet.

Ausführlich beschrieben wird das Filter einer Kohlenmahlanlage mit den dazugehörigen Sicherheitseinrichtungen und automatischer Feuerlöschrichtung.

Summary

For a cement production of 1000 tons per day, dust has to be removed from 540 000 m³ of waste gas per hour. For dealing with about 70 per cent of the waste gases fabric filters are chiefly employed at cement works, so that anything up to twenty such filters may be found in a medium-sized undertaking. The initial outlay in respect of these filters is low, and they achieve a well-nigh 100 per cent degree of dust extraction. Measurements of the

dust content of the filtered gas showed this to be under 30 mg per m³ with first-rate filter tubes. Maintenance costs, which are higher than with other types of dust collection plant, are likely to be reduced by the introduction of new filter-cleaning methods, which do not maltreat the fabric, and by the use of fabrics made from highly wear-resistant synthetic fibres.

To stop the emission of dust from any particular source, it is not enough merely to order a fabric filter: it is necessary also to create the optimum conditions for operating the filter.

A detailed description is given of the filter of a coal grinding plant with its safety devices and automatic fire-extinguishing equipment.

Résumé

Pour une production journalière de 1000 t de ciment, il faut dépoussiérer environ 540 000 m³ de gaz par heure. Pour environ 70 % des gaz on emploie dans les usines à ciment surtout des dépoussiérages à tissu. Dans une usine moyenne on rencontre donc jusqu'à 20 de ces dépoussiérages. Ils sont peu coûteux et atteignent un degré de dépoussiérage de presque 100 %. Des mesures aux gaz purifiés ont donné au-dessous de 30 mg de poussière par m³, si les manches sont en état irréprochable. Le coût plus élevé de l'entretien, comparé avec d'autres systèmes de dépoussiérage, peut être abaissé si l'on emploie les nouvelles méthodes pour nettoyer les filtres, plus ménagantes, ainsi que des tissus synthétiques, très résistants à l'usure.

Il ne suffit pas de commander simplement une installation de dépoussiérage à tissus, il faut également créer les conditions dans lesquelles le filtre peut travailler le mieux.

On décrit en détail le filtre d'un moulin à charbon, ses installations de sécurité et celle, automatique, pour l'extinction du feu.

Grundsätzliche Fragen zur Anwendung der Röntgen-Phasenanalyse in der Zementchemie

Fundamental problems relating to the application of X-ray phase analysis to cement chemistry

Quelques questions principales sur l'utilisation de l'analyse des phases aux rayons X

Von H.-G. Smolczyk, Forschungsinstitut für Hochofenschlacke, Rheinhausen

Qualitative Analyse

Die Anwendung von Röntgenstrahlen definierter Wellenlänge zur qualitativen und quantitativen Bestimmung von Mineralgemischen findet immer weitere Verbreitung und hat besonders in einigen Zweigen der Silikatchemie, z. B. bei der Untersuchung von Tonmineralen und feuerfesten Produkten und in der Zementforschung und Aufklärung verschiedener Probleme mit beigetragen.

Hier soll allein der röntgenographische Nachweis kristalliner Stoffe besprochen werden. Die Möglichkeit einer zunächst qualitativen Bestimmung ist gegeben durch die Eigenschaft der kristallinen Materie, an den Netzebenen ihrer Atom- oder Ionen-Gitter die Röntgenstrahlen zu beugen bzw. zu reflektieren. Hierbei sind die möglichen Reflexionswinkel gegeben durch die Bragg'sche Gleichung

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta \quad (I)$$

λ = Wellenlänge der Röntgenstrahlung,
 d = Abstand identischer Netzebenen
(d. h. parallele Netzebenen einer Netzebenenserie),
= Glanzwinkel (2θ = Beugungswinkel).

Diese Gleichung sagt aus, daß bei konstanter Wellenlänge λ jede parallele Netzebenenschar mit dem Identitätsabstand d das Röntgenstrahlenbündel nur unter ganz bestimmten, diskreten Winkeln reflektieren kann. Es treten hierbei meßbare Interferenzen auf, deren Gangunterschied gleich $n \cdot \lambda$, einem ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge, sein muß. Die Stärke oder Intensität jeder einzelnen Interferenz ist abhängig von dem gesamten feinstrukturellen Aufbau des Kristalles. Wenn mehrere Interferenzen gleichzeitig die Gleichung (I) er-