

## Einiges über Staubexplosionen.

Von Obering. G. BAUER, Frankfurt a. M.  
(Eingeg. 27.8. 1917.)

Überall da, wo durch Zerkleinerung von brennbaren Stoffen Staubpartikelchen erzeugt werden, die mit der Luft in Verbindung kommen, tritt die Gefahr von Bränden und Explosionen auf. Die Intensität derartiger plötzlicher Verbrennungen ist abhängig von der chemischen Zusammensetzung, dem Feinheitsgrad des Staubes und dem Mischungsverhältnis desselben mit der ihn umgebenden Luftschicht. — Mit zunehmender Temperatur vergrößert sich die Wirkung der Explosionen.

Die Ursache kann verschiedener Natur sein, doch ist stets zu berücksichtigen, daß nicht die Staubteilchen selbst, sondern lediglich ihre Gase eine Entzündung gestatten und dieselben weiterleiten. Es genügt jedoch eine geringe Wärmezufuhr, um ein Staubpartikelchen in Gasform umzusetzen, welches, durch chemische, elektrische oder mechanische Einwirkung zur Verbrennung gebracht, in einem gewissen Umkreis die benachbarten Staubteilchen vergast und entzündet.

Denkt man sich einen mit Staubpartikelchen gleichmäßig geschwängerten Luftraum, in welchem sich die Staubteilchen im Abstande  $A$  (siehe Fig. 1) voneinander befinden, so würde die Erwärmungszone  $w$  nicht ausreichen, die im Abstand  $A$  befindlichen Staubteilchen zu vergasen bzw. zu entzünden, um so die plötzliche

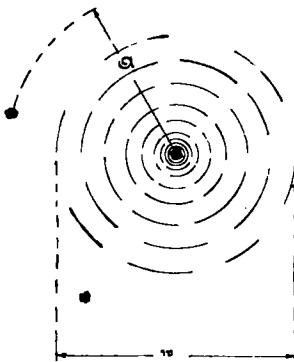


Fig. 1.

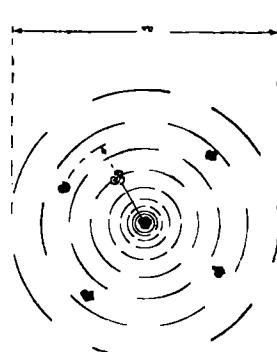


Fig. 2.

Ausbreitung und explosionsartige Verbrennung der gesamten Staubmasse in dem Raum herbeizuführen. — Anders verhält es sich bei Figur 2, wo die Staubteilchen nur im Abstand  $B$  gelagert sind, und die Entzündung eines Partikelchens eine genügende Wärmeübertragung auf die benachbarten Teile und somit eine Explosion zur Folge haben würde. — Aus dieser Erkenntnis lassen sich bestimmte Folgerungen zur Verhütung von Bränden und Staubexplosionen ziehen.

Wenn man vom hygienischen Moment, welches z. B. in Arbeitsräumen das Vorhandensein von Staubluft überhaupt verbietet, absicht, so ist in erster Linie danach zu trachten, den Abstand  $A$  nicht auf  $B$  gelangen zu lassen, oder, mit anderen Worten, ein Mischungsverhältnis von Staubteilchen und Luft aufrecht zu erhalten, welches eine Feuerentwicklung unterbindet. — Für jede Staubart kommt je nach seiner Feinheit und einer Reihe sonstiger Faktoren ein bestimmtes Mischungsverhältnis in Frage, welches durch eingehende Versuche gefunden werden kann. — Für Aluminiumstaub habe ich unter Zuhilfenahme des unten bezeichneten Apparates die Explosionsgrenze festgestellt. Die Veranlassung hierzu gab eine große Explosion, die sich im Jahre 1905 in dem Aluminium- & Bronzwerk der Frankfurter Bronzefarben- und Blattmetall-Fabrik, Julius Schopflocher, ereignete und verschiedene Menschenleben forderte. — Die Konzession für den Wiederaufbau wurde mit den schwersten Bedingungen der Verwendung ausreichender Sicherheitsvorrichtungen verknüpft; insbesondere wurde die Aufgabe gestellt, den beim Stampfen von Aluminiumabfällen sich bildenden explosiven Staub zu beseitigen, so daß er nicht in die Arbeitsräume gelangen kann. — Durch ausgedehnte Versuche an im Betriebe befindlichen Stampfwerken kam ich zu dem Resultat, den gesamten beim Zerkleinern sich bildenden Bronzestaub bestimmter Feinheit aus dem Stampfkessel auf pneumatischem Wege abzuführen. — Diese Möglichkeit wurde dadurch erreicht, daß ich die früher stets verschlossenen Stampfgefäße mit zwei beiderseits angeordneten Rohrstützen aus-

rüstete, die den Querschnitt regulierende Deckel erhielten. — Die Regulierfähigkeit war nötig, um einen stärkeren oder schwächeren Luftstrom durch die Kessel leiten zu können, der den fertigen Aluminiumstaub durch eine an der Decke der Kessel angeordnete Düse beförderte. — Es sei noch bemerkt, daß die durch Primär- und Sekundärluftstutzen eintretenden Luftströme am gemeinsamen Rohrstrang eine konstante Luftgeschwindigkeit ergeben müssen, eine Bedingung, die von seiten der bedienenden Arbeiter durch umgekehrte proportionale Einstellung der beiden Drehschieber bequem aufrechterhalten werden kann.

Der Verlauf des ganzen Vorganges ist aus der schematischen Darstellung (Fig. 3) zu ersehen. — Die durch den Primärluftstutzen  $b$

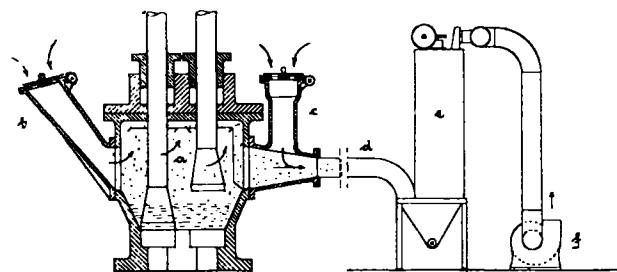


Fig. 3.

und Sekundärluftstutzen  $c$  des Stampfkessels  $a$  eintretenden Luftströme führen den feinen Aluminiumstaub durch die Leitung  $d$  dem automatisch arbeitenden Filter  $e$  zu, wo in bekannter Weise die Trennung von Staub und Luft erfolgt. Der an letzter Stelle geschaltete Exhaustor  $f$  fördert die gereinigte Luft ins Freie.

Nach Lösung der Frage des Prinzips der absoluten Beseitigung des Staubes, der in diesem Falle gleichzeitig als Fertigprodukt anzusehen ist, ergab sich die Schwierigkeit der Bestimmung der Rohrquerschnitte und derjenigen Luftgeschwindigkeit, die mit bestimmter Sicherheit eine Ablagerung des etwas fettigen Produktes in der Förderleitung ausschließt. — Ganz besonders mußte aber dem Umstande Rechnung getragen werden, daß etwa auftretendes Feuer keine Fortpflanzung in den Leitungen finden durfte. — Diese Bedingung konnte nur durch Einsetzung eines großen Sicherheitsfaktors in die Berechnung erfüllt werden.

Zur Bestimmung der Explosionsgrenze, d. h. derjenigen Mischung zwischen Aluminiumstaub und Luft, welche unter Einführung eines

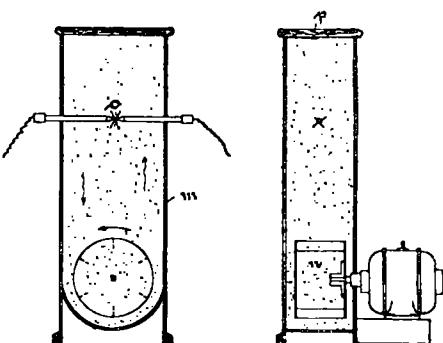


Fig. 4.

Funkens eine explosionsartige Verbrennung zuläßt, diente die anfänglich bemerkte Einrichtung, bestehend aus einem senkrecht stehenden Behälter  $m$ , einem durch einen Elektromotor betriebenen Flügelwerk  $n$ , dem Fernzünder  $o$  und einem lose aufliegenden Deckel  $p$  (Fig. 4). Nach Aufgabe einer kleinen bestimmten Menge Aluminiumstaub wurde der Motor in Betrieb gesetzt und darauf mit kurzen Unterbrechungen der Fernzünder getätig. — Diese Versuche wurden mit steter Vergrößerung der Aluminiumstaubmengen so lange fortgesetzt, bis sich bei einem Mischungsverhältnis von  $0,0416 \text{ kg Luft zu } 0,01387 \text{ kg Aluminiumstaub}$  die erste Explosion ergab. Öfters wiederholte Versuche brachten stets dasselbe Ergebnis hervor. — Auf Grund dieser Resultate konnte die Luftmenge zur Förderung des gesamten Aluminiumstaubes berechnet werden. — In Rücksicht auf die absolute Betriebssicherheit, wie auch auf die wirtschaftliche Gestaltung der Gesamtanlage wurde bei Dimensionierung der Förderleitung der Sicherheitsfaktor 15 ermittelt und dadurch ein Verhältnis

von Aluminiumstaub wie 1: 45 geschaffen. — Die Staubpartikelchen schwimmen somit im Luftstrom in einem 15 fachen Abstand, wie der in Figur 2 mit *B* bezeichnete.

Die beschriebene umfangreiche Anlage wurde von der auf diesem Gebiet bekannten Maschinenfabrik & Mühlenbau-Anstalt Hugo Greffenuis, vorm. Simon, Bühler & Baumann, Frankfurt a. M., ausgeführt und befindet sich heute noch mit großem Erfolg im Betriebe.

Was in diesem Aufsatz über Staub gesagt wird, gilt auch für explosive Gase.

**Zusammenfassung:** Um explosive Staubteilchen pneumatisch befördern zu können, ist zuvor die Explosionsgrenze festzustellen und zur Berechnung der betreffenden Anlagen ein explosionssicheres Verhältnis von Material zu Luft anzunehmen. [A. 92.]

## Die Bestimmung des Metallgehaltes in pulverförmigen Metallen.

Von Dr. F. HODES, Frankfurt a. M.

(Eingeg. 20./8. 1917.)

Vor einiger Zeit wies L. W. Winkler<sup>1)</sup> auf eine im ungarischen Arzneibuch enthaltene Vorschrift hin, die auf einfache Art eine Bestimmung des Metallgehaltes in Ferrum reductum aus dem bei der Oxydation aufnehmbaren Sauerstoff gestattet. Ohne daß mir diese Angabe bekannt war, was, wie Winkler wohl mit Recht vermutet, bei den meisten reichsdeutschen Fachgenossen der Fall sein dürfte, habe ich schon vor etwa zehn Jahren in einer früheren Stellung dieses Verfahren angewandt, und zwar handelte es sich dabei um die Bestimmung des Gehaltes von durch Reduktion mit Kohle gewonnenem Wolfram. Es ist mir nicht bekannt, ob dies Metall gegenwärtig in einer reineren Form auf andere Art, z. B. mit Wasserstoff, erhalten wird, immerhin halte ich meine damals gesammelten Erfahrungen, nachdem ich sie hierselbst<sup>2)</sup> nochmals nachgeprüft habe, der Mitteilung wert.

Erhitzt man eine abgewogene Menge von 1—1 $\frac{1}{2}$  g des Metalls im Tiegel, so tritt nach kurzer Zeit Erlühen ein, und unter starker Volumzunahme bildet sich  $WO_3$ , das jedoch nicht rein gelb, sondern, wahrscheinlich durch niedere Oxyde, stellenweise grünlich gefärbt ist. Ein weiteres bloßes Erhitzen, auch Einleiten von Sauerstoff unter Anwendung eines Rose'schen Deckels bewirkt kaum eine Veränderung. Erst durch zeitweiliges Umrühren mit einem glatten Platindraht läßt sich Oxydation bis zur Gewichtskonstanz erreichen, die nach ungefähr 3/4—1 Stunde eintritt. Auf diese Art erhielt ich bei einer Probe aus der Berechnung des aufgenommenen Sauerstoffs: 92,29; 92,23; 92,17; 92,22; i. M. 92,23% W. Da sich bei der Bestimmung des spezifischen Gewichts zeigte, daß auch geringe Mengen Kohle im Untersuchungsmaterial enthalten waren, so konnte diese Methode, die ja ohnedies schon den nicht zu umgehenden Fehler besitzt, daß etwa ursprünglich vorhandene geringe Mengen niederer Oxyde das Resultat herabdrücken können, noch nicht als genügend betrachtet werden. Ich versuchte daher, durch Erhitzen im Sauerstoffstrom die Oxydation zu erreichen unter gleichzeitiger Bestimmung des Kohlenstoffs. Hierbei ergab sich, daß auch noch eine geringe Menge Feuchtigkeit im Metall enthalten war, außerdem trat aber der oben erwähnte Mißstand der ungenügenden Oxydation noch stärker in Erscheinung, während die Bestimmung von Kohlenstoff und Feuchtigkeit genau war. Aus diesem Grunde mußten die Teilergebnisse beider Methoden, Glühen im offenen Tiegel und Glühen im Sauerstoffstrom, vereinigt werden.

Es wurde eine abgewogene Menge Metall (a) wie oben angegeben in  $WO_3$  übergeführt (b). Aus einer zweiten Menge wurde durch Glühen im Sauerstoffstrom der Prozentgehalt an Wasser und Kohlenstoff ermittelt und hieraus die in der angewandten Menge (a) enthaltene Summe an Wasser (c) und Kohlenstoff (d) errechnet. Durch Subtraktion der Summe (c+d) von (a) ergibt sich das in (a) enthaltene oxydierbare Metall (e), durch dessen Subtraktion von (b) der aufgenommene Sauerstoff, aus dem durch Umrechnung auf Metall schließlich der Prozentgehalt in (a) ermittelt wird. Ein Beispiel möge dies kurz erläutern:

1,3905 g ergab im Tiegel 1,7259 g Oxyd

1,3441 g „ „ „ 1,6675 g „

2,7346 g (a) erg. im Tiegel 3,3925 g (b)

<sup>1)</sup> Angew. Chem. 30, I, 64 [1917].

<sup>2)</sup> Chem.-Techn.-hyg. Inst. Prof. Dr. Becker, Frankfurt a. M.

1,2270 g ergab im Rohr 0,36%  $H_2O$  und 0,14% C

1,2163 g „ „ „ 0,36%  $H_2O$  „ 0,15% C

2,4433 g ergab im Rohr 0,36%  $H_2O$  und 0,145% C,

mithin sind enthalten in a: 0,0098 (c) + 0,0040 (d) = 0,0138 g flüchtige Teile, sowie 2,7208 g oxydierbares Metall (e). Der bei der Oxydation aufgenommene Sauerstoff ergibt sich aus b — e = 3,3925 — 2,7208 = 0,6717 g. Hieraus berechnet sich, da 3 At. Sauerstoff

1 At. Wolfram entsprechen, nach  $\frac{184 \cdot 0,6717}{48}$  für (a): 2,5749 Wolfram = 94,16%.

Versuche, in dem Untersuchungsmaterial den Gehalt an niederen Oxyden durch Erhitzen im Wasserstoffstrom festzustellen, hatten kein Ergebnis. [A. 99.]

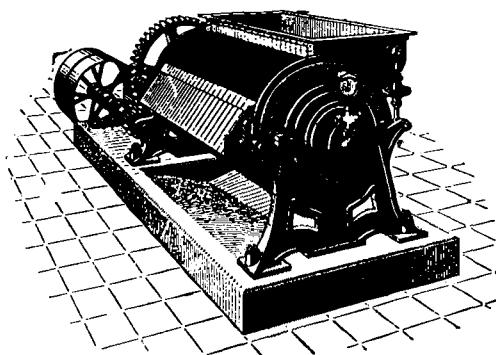
## Saugtrockner zur Schlammwäscherung

der FRANZ MÉGUIN & Co. A.-G., Dillingen a. Saar.

Die bisher bekannten Apparate zur mechanischen Absonderung fester Stoffe aus flüssigen Materialien wie Filterpressen, Nutschen, Kammerfiltern, Zentrifugen usw. arbeiten durchweg periodisch und erfordern mehr oder weniger Handarbeit. Außerdem ist bei den meisten dieser Apparate ein großer Verschleiß der Filtertücher unvermeidlich.

Diese Mängel machen sich jetzt im Krieg besonders stark bemerkbar. Das Bestreben, dieselben zu überwinden, führte zur Konstruktion des Saugtrockners.

Auch beim Saugtrockner erfolgt die Filtration wie bei den Nutschen in der Weise, daß die festen Stoffe auf dem Filtertuch zurückbleiben, während das Wasser durch Vakuum abgesaugt wird. Um einen fortlaufenden Betrieb zu erzielen, wird an Stelle der einfachen planliegenden Filterfläche eine rotierende Trommel aus säurefestem Guß verwandt, die als Träger der Filterfläche dient.



Die Trommel taucht in einen Aufgabetrog, dem die zu filtrierende Flüssigkeit dauernd zufließt. Das Innere der Trommel steht unter Vakuum. Hierdurch wird die im Trog befindliche Flüssigkeit aufgesaugt, das freie Wasser dringt in das Innere der Trommel und wird mit dem durch eine Luftpumpe erzeugten Luftstrom abgeführt, während sich die festen Stoffe auf der Filterfläche am Trommelumfang absetzen. Die Trommel ist je nach Beschaffenheit des Materials mit gelochtem Blech, Metallgewebe oder Tuch bespannt. Das entwässerte Material wird durch Messer ununterbrochen abgenommen. Die Messer sind genau einstellbar, weil in den meisten Fällen eine dünne Schicht dauernd auf dem Trommelmantel bleibt und so die eigentliche Filterschicht bildet. Durch diese Anordnung werden Filtertücher nur noch für besondere feine Materialien erforderlich; ein Verschleiß findet so gut wie nicht statt.

Die besonderen Vorteile des Saugtrockners sind also:

Ununterbrochener Betrieb, einfache Bedienung unter Fortfall der teuren Handarbeit, Fortfall oder wesentliche Verminderung des Filtertuchverbrauches, größte Leistungsfähigkeit, daher geringster Platzbedarf. [A. 95.]