

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 85/86 (1925)
Heft: 17

Artikel: Ueber die Abscheidung feiner Teilchen aus Gasen und Flüssigkeiten durch Elektrizität
Autor: Dornhecker, K.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40111>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Ueber die Abscheidung feiner Teilchen aus Gasen und Flüssigkeiten durch Elektrizität. — Ueber Axe und Symmetrie. — Die geodätischen Grundlagen der Vermessungen im Kanton Thurgau. — Von der Schweizer Mustermesse Basel 1925. — Miscellanea: Schweizerisches Luftverkehrswesen. Zur Rheinregulierung zwischen Strassburg und Basel. Schwebbahn mit Propellerantrieb in Paris. Wasservorhang als Feuer-

schutz von Gebäuden. Elektrische Verkehrsmittel in Shanghai. Untergrundbahn in Madrid. Eine neue schweizerische Verordnung betreffend Aufstellung und Betrieb von Dampfkesseln und Dampfgefässen. — Konkurrenzen: Zum neuen Kasinoplatz in Bern. — Literatur. — Eidg. Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. — Vereinsnachrichten: Schweizer. Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 85.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 17

Ueber die Abscheidung feiner Teilchen aus Gasen und Flüssigkeiten durch Elektrizität.

Von Dr. Ing. K. DORNHECKER, Schaffhausen.

Es ist eine bekannte Gewittererscheinung, dass auf Blitz und Donnerschlag, nach kurzer Pause, rauschender Regen herniederfällt. Warum aber fällt der Regen erst nach der elektrischen Entladung?

In einer umfassenden Arbeit weist R. Durrer¹⁾ auf Ausführungen von *Hohlfeld* aus dem Jahre 1824 hin, der die Ursache für den fallenden Regen, der sich bei besonders starken Schlägen wolkenbruchartig verstärkt, der Gewitterentladung zuschreibt. Dass nicht der „Donner“, sondern der Blitz selbst die Ursache ist, bewies er durch elektrische Entladungen in einer mit Dampf gefüllten Flasche: nach diesen war der Dampf verschwunden und auf dem Boden der Flasche befand sich Wasser.

Der Gedanke der technischen Ausnutzung dieser Naturerscheinung, bei der durch elektrische Entladung in Suspension befindliche feine Teilchen niedergeschlagen werden, führte 1884 zu weiteren Versuchen zur Abscheidung von Staub und Rauch durch *O. J. Lodge* (Liverpool). In einer mit Rauch gefüllten Flasche entsteht bei Einführung von Elektrizität sofort eine starke Wirbelung; der Rauch ballt sich zusammen und schlägt sich in kurzer Zeit besonders an den Wandungen der Flasche nieder. Bald darauf gelangten praktische Versuche zur Niederschlagung der Bleidämpfe aus dem Schmelzbetrieb in einer Bleihütte der englischen Firma Walker, Parker & Co. zur Ausführung. Die Zuleitung der in einer Voss-Induktionsmaschine erzeugten Elektrizität in den Rauchkanal erfolgte durch einen Kupferstab von 6 mm Durchmesser, der zur Abhaltung des Rauches auf seiner ganzen Länge, ausser am untersten Ende, mit einer Glasröhre von 16 mm Durchmesser umgeben war. Am untersten, freibleibenden Ende der Stange, in mittlerer Kanalhöhe, waren Ringe und Stäbe mit Spitzen zur Elektrizität-Ausströmung angebracht. Unter der Wirkung der Elektrizität trat sofort ein Zusammenballen des Bleirauches ein, sodass die Flocken nach dem Austritt aus dem Kanal bald zur Erde sanken.

Während bei diesem Verfahren die Reinigung ausschliesslich durch die Wirkung der Elektrizität angestrebt wurde, benutzte sie *K. Möller* (Brackwede) nur als Hilfs-

¹⁾ R. Durrer: Die elektrische Ausscheidung von festen und flüssigen Teilchen aus Gasen. „Stahl und Eisen“, 1919, Nr. 46, 47, 49, 50. Die Arbeit enthält auch eine sehr umfangreiche Literatursammlung.

mittel zur Ladung von rohrförmigen Filtern. Bei praktischen Versuchen in einem Hochofenwerk diente Drahtgewebe als Elektrodenfilterstoff. Auch *Hempel* hatte bei Versuchen vollen Erfolg: er liess Rauch zwischen einander gegenüber angeordneten Spitzen durchstreichen, die als Zu- und Ableiter der Elektrizität dienten. *B. H. Thwaite* und *Fr. L. Gardener* erreichten ebenfalls ihr Ziel bei Versuchen im Jahre 1896 mit Stromleitern in Form rüttelbarer Siebe zur Entfernung des niedergeschlagenen Staubes. Die Ursache für das Versagen sämtlicher Methoden bei der endgültigen Einführung in die Praxis waren die ungenügende Leistungsfähigkeit der Reibungs- und Influenzmaschinen, Schwierigkeiten bei der Isolierung der Stromleiter, gleichartige Form der Elektrizitätsleiter usw.

Bahnbrechend waren dann die 1906 beginnenden Arbeiten von *Dr. F. G. Cottrell* (U. S. A.), dem die praktische Verwertung der Ideen von Lodge durch Ausnutzung der inzwischen erzielten technischen Fortschritte gelang. Abbildung 1 zeigt die Einrichtung einer nach ihm erstellten Anlage. Cottrell fand, dass sowohl Wechsel- wie Gleichstrom verwendbar ist, dass aber die Wirkung der beiden Stromarten in Abhängigkeit von den herrschenden Bedingungen verschieden ist. Der Wechselstrom ballt die feinen Teilchen nur zusammen. So vereinigen sich die als Nebel feinst verteilten Wassertröpfchen zu grossen Tropfen, die schnell zu Boden sinken. Das gleiche geschieht mit den im Rohöl suspendierten Wassertröpfchen. Da der Abscheidung ein Zusammenballen vorausgehen muss, kommt Wechselstrom besonders bei ruhigen oder nur mässig bewegten Medien in Frage. Bei der Ermittlung der Bedingungen für stark bewegte Medien ging Cottrell davon aus, dass der Zwischenraum zwischen einer metallischen Spitze einerseits und einer metallischen Platte andererseits, beide in Verbindung mit dem entgegengesetzten Pol einer Gleichstromquelle, augenblicklich die Ladung der Spitze annimmt, die sich ebenfalls jedem in dem Raum befindlichen Gegenstand mitteilt. Ist dieser beweglich, so wandert er zu der entgegengesetzt geladenen Platte mit einer Geschwindigkeit, die proportional ist dem Potentialgefälle und der Ladung und umgekehrt proportional der Masse des Körpers. Nicht nur schwebende Teilchen verhalten sich so, sondern auch Gasmoleküle wandern, was sich an dem dabei entstehenden Wind bemerkbar macht.

Den erforderlichen Gleichstrom von 20000 bis 30000 Volt erzeugte Cottrell unmittelbar aus dem Wechselstrom durch einen rotierenden Umformer. Die Niederschlags-Elektrode hatte glatte Fläche. Als Auflade-Elektrode verwendete er einen mit Baumwolle unwickelten Draht, der der Niederschlags-Elektrode möglichst genähert wird, ohne dass direkte Entladung eintritt. Bei heissen und chemisch wirksamen Dämpfen und Gasen ersetzte er die Baumwolle durch Asbest oder Glimmer, die elektrisch ähnlich wirken.

Die Erfolge Cottrells wurden möglich durch die Anwendung des unmittelbar durch rotierenden Umformer aus Wechselstrom erzielten hochgespannten, pulsierenden Gleichstroms, ferner durch die Gegenüberstellung der flaumartigen Sprüh-Elek-

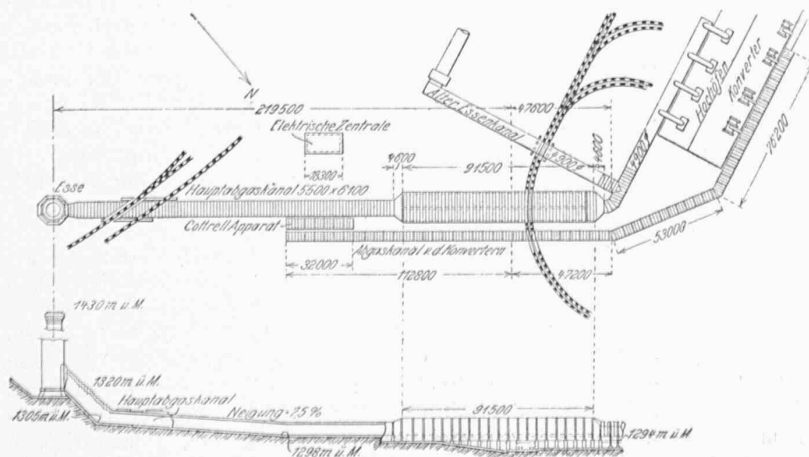


Abb. 1. Uebersichtsplan der neuen Anlage in Garfield, Utah, zur Reinigung der Hochofen- und Konvertergase. (Cliché aus „Stahl und Eisen“.)

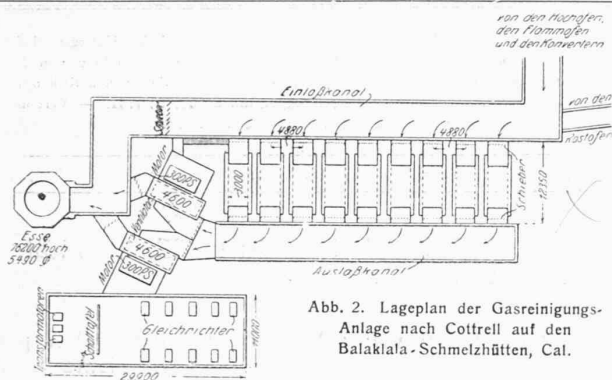


Abb. 2. Lageplan der Gasreinigungs-Anlage nach Cottrell auf den Balaklala-Schmelzhütten, Cal.

trode gegenüber der flachen, glatten Niederschlags-Elektrode, wodurch die praktisch schwer erfüllbare Forderung überall gleichen Abstandes zwischen glatter Lade- und glatter Niederschlags-Elektrode umgangen wurde.

Bei einer Versuchsanlage in einem nach dem Schwefelsäurekontaktverfahren arbeitenden Betriebe, in dem das Schwefelsäureanhydrid (4 %) durch Einleiten von Wasserdampf in Schwefelsäure übergeführt wurde, war der Erfolg derartig, dass man 1908 im Grossen zu arbeiten begann, und zwar zur Abscheidung von Schwebeteilchen in drei Schornsteinen einer Bleihütte bei San Francisco. Die Staubabscheidung in den Abgasen aus den Bleihochöfen gelang im ersten Kamin ohne weiteres durch die üblichen Filteranlagen aus Stoff. Dagegen wurden die Filtersäcke für den zweiten Kamin, der mindestens 1400 m³ saure Abgase mit Schwefelsäure, Arsen- und Bleisalzen bewältigte, bald zerfressen. Bei dem dritten Kamin mit einer minutlichen Abgasmenge von 140 m³ an schwefelsauren Dämpfen aus der Silberscheide hatte Cottrell nach längeren Versuchen vollen Erfolg. In einem mit Bleiplatten (120 cm lang, 10 cm hoch und 10 cm dick) ausgekleideten Kasten (120 · 120 cm) wurden zwischen den Bleiplatten verbleite Eisenstangen aufgehängt, die mit Asbest oder Glimmer umwickelt waren. Der Werkstrom von 460 V, 60 Per wurde auf 17000 V umgeformt und gleichgerichtet. Die Leistung betrug einschliesslich des Synchronmotors 2 kW. Während der ersten Jahre waren die Unkosten monatlich 20 \$, die durch den Wert der geschiedenen Stoffe mehrfach eingebracht wurden.

Aus den Abgasen der Röstöfen mussten flüssige und feste Teilchen abgeschieden werden, sodass das Ergebnis eine breiige Masse war. Die Ueberführung der gasförmigen Schwefelsäure in den flüssigen und des Arsens in den festen Zustand wurde erreicht durch Abkühlung auf 150° durch Einspritzen von Wasser vor den Abscheide-Elektroden. Da die Verwendung von nicht verbleiten Eisenteilen sich als nicht möglich erwiesen hatte, wurden die gleichen Einrichtungen getroffen wie bei dem kleinen Kamin, doch konnten sie auf Grund der gewonnenen Erfahrungen erheblich kleiner ausgeführt werden. In einem mit Blei ausgeschlagenen Kanal von 9,8 m Länge und 1,8 · 1,8 m Querschnitt sind 38 Reihen von je 16 Bleiplatten von 1,8 m Länge und 1,2 m Höhe angeordnet. Zwischen zwei dieser Platten befindet sich immer eine Entlade-Elektrode (Leistung 10 bis 15 kW). Die abgeschiedene schlammige Masse konnte bei ausgeschaltetem Strom und geöffneten Kammern von einem Arbeiter alle 4 bis 6 Stunden entfernt werden.

Die nächste grosse Aufgabe erstreckte sich auf die Behandlung der Rauchmengen, die den Schornsteinen der nach dem Pyritschmelzverfahren arbeitenden Balaklala-Kupferhütten im Tale des Sacramento River entströmten und die zur Vernichtung des Waldbestandes geführt hatten. Zwar hatten die Filterverfahren vereinzelt dort zum Ziele geführt, wo die sauren Bestandteile der Abgase gerade durch vorhandenes Zinkoxyd neutralisiert wurden. Die 1000 t Erz mit 30 % Schwefel täglich verarbeitenden Balaklala Smelter stellten eingehende Vergleichversuche an mit einem Filterhaus, einem Cottrell-Apparat und einem rotierenden Reinigungszyylinder. Im Werk wurden sämtliche Abgase durch einen Sammelkanal von 5,5 · 6,1 m Quer-

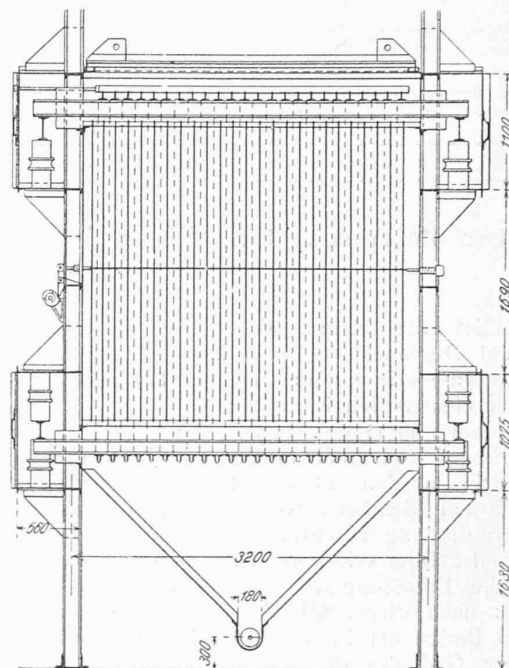


Abb. 3. Schnitt durch eine Abscheidungskammer der Gasreinigungsanlage auf den Balaklala-Werken. (Clichés zu den Abb. 2 bis 5 aus „Stahl u. Eisen“.)

schnitt abgeführt in einer minutlichen Menge von 7000 bis 14000 m³, entsprechend einer Strömungsgeschwindigkeit von 3,5 bis 7 m/sek. Der Versuchsapparat bewältigte 1 % dieser Gasmenge mit derartig verblüffendem Erfolg, dass 1910 die elektrische Einrichtung für die gesamte Anlage durchgeführt wurde. Abbildung 2 zeigt die Anlage schematisch, Abbildung 3 den Schnitt durch eine Kammer; die ausgezogenen Vertikal-Linien sind die Sammel-Elektroden aus 2,6 mm dickem Eisenblech, 3050 mm hoch und 150 mm breit, die gestrichelten Linien die Lade-Elektroden, die aus zwei Eisendrahtlitzen bestehen, zwischen denen Asbest oder Glimmer gespannt ist. Jede Kammer enthält 24 Reihen von je 24 Elektroden bei einem Abstand von 120 mm zwischen zwei gleichnamigen Elektroden. Die Sammel-Elektroden sind leitend mit den Kammerwänden verbunden, die Sprüh-Elektroden sind dagegen isoliert aufgehängt. Die in einem besondern Raum untergebrachten Isolatoren werden durch einen schwachen Windstrom staubfrei gehalten. Die wagrechte Mittellinie entspricht der Rüttelvorrichtung, die später nicht mehr nötig war, da Erschütterung der Elektroden von Hand zur Staubentfernung genügte. Eine mechanische Fördereinrichtung sorgt für die Staubabfuhr vom Boden. Die Gasmenge beträgt 5600 bis 8500 m³/min bei 100 bis 150°, die elektrische Leistung 150 kW; die Kosten belaufen sich auf 110 000 \$; als Gesamt-Arbeiterzahl sind vier Mann pro Schicht erforderlich.

Eine der anfänglichen Schwierigkeiten beim Cottrell-Verfahren war die Erhaltung der Leitfähigkeit der flaumartigen Substanz auf den Entlade-Elektroden, die bei einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt der Gase von selbst erzielt wurde. Eine Abnahme der Leitfähigkeit bedingt eine Verminderung der Niederschlagsleistung. Auch die Abscheidung gasförmiger Bestandteile war nicht möglich, sodass das Verfahren teilweise wieder ausser Betrieb kam.

Die weitere Ausarbeitung des Cottrell-Verfahrens geschah dann durch die Research Corporation, die schon 1917 über ein Kapital von 120 000 \$ verfügte.

Unabhängig von Cottrell beschrift E. Möller in Brackwede 1909 den von seinem Vater begonnenen Weg von neuem, unter weitgehender Verstärkung des elektrischen Feldes und der mittleren Stromdichte zwischen den Elektroden bei Anwendung von homogenen, symmetrischen und stabilen Strom- und Spannungsfeldern. Auch fand er, dass die Elektrisierung der Schwebekörper am günstigsten

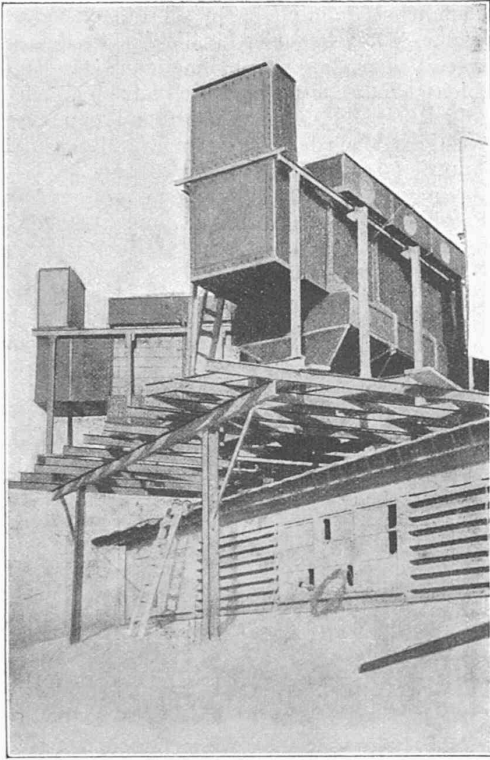


Abb. 4. Versuchsanlage der Riverside Portland Cement Co.

in starken Feldern bei hoher Strömungsgeschwindigkeit erfolgt, die Ausscheidung dagegen bei schwächeren Feldern und geringerer Strömungsgeschwindigkeit.

Möller benutzte den sogenannten Korona-Effekt. Als Sprüh-Elektroden verwendete er durch Gewichte oder Federn axial in den Niederschlagsrohren gespannte glatte, hinreichend dünne Drähte. Sehr günstig erwies sich die Aufteilung des Gasstromes in mehrere Teilströme durch Anwendung des Viel-Röhrensystems.

Im Jahre 1911 erfolgte die Verschmelzung der Verfahren Cottrell und Möller. In Deutschland wurde das Verfahren dann von der Metallbank und Metallurgischen Gesellschaft, Frankfurt a/M. verwertet. Die Fortschritte in der praktischen Anwendung folgten sich nun schneller, vor allem bei der Reinigung der Abgase in Zementwerken. Diese Frage war besonders in Kalifornien dringend geworden durch die schädliche Wirkung des Staubes in den Plantagen. In einem dortigen Werke wurden die Abgase durch zehn Kamine mit minutlich 1400 m^3 einzeln behandelt. Ein Abscheidungsapparat (Abbildung 4) besteht aus Kanälen in Eisenkonstruktion von 7 m Länge und 3,7 bis $4,9 \text{ m}^2$ Querschnitt, in die die Elektroden in Abständen von 150 mm eingebaut werden. Jeder Kamin hat zwei Apparate, die ständig im Betrieb sind und die nur zur Reinigung kurz abgeschaltet werden. Die gereinigten Gase treten durch einen Blechschlot aus. Das Abrütteln des auf der Niederschlags-Elektrode sitzenden Staubes erfolgt automatisch. Jeder Apparat erfordert 7,5 bis 10 kW, bei 40000 später 60000 Volt Spannung. Stündlich werden pro Schornstein 320 kg Staub niedergeschlagen, automatisch abgeführt und in Gefässe gefüllt. Er enthält viel wasserlösliche Kalisalze, sodass er als Dünger gut verwendet werden kann. Im allgemeinen ist eine derartige Ausnutzung des Staubes abhängig von der im Rohstoff enthaltenen Kalimenge. Im Betrieb wurde festgestellt, dass die Trockenheit der mit 450° eintretenden Abgase die Gleichmässigkeit der elektrischen Entladungen nicht nur nicht nachteilig beeinflusst, sondern sogar zu begünstigen scheint.

Eine weitere Anwendung erfolgte zur Gewinnung des Bleies aus Konverter-Abgasen in der Kupferschmelzerei in Garfield. Die Gasmenge betrug pro Konverter $1400 \text{ m}^3/\text{min}$,

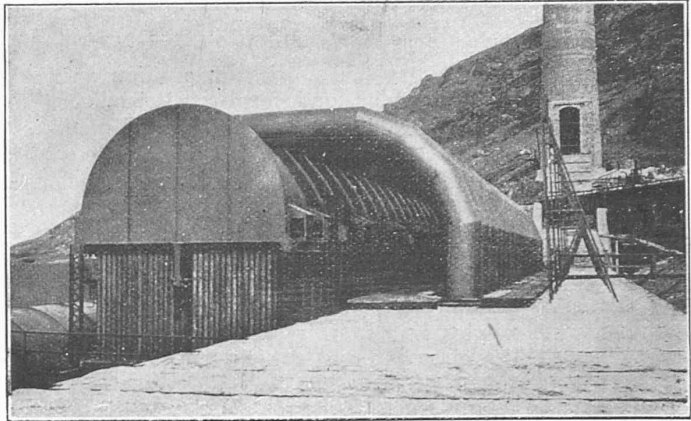


Abb. 5. Ansicht der elektrischen Bleiabscheidungsanlage in Garfield (vergl. Abb. 1).

entsprechend durchschnittlich $5600 \text{ m}^3/\text{min}$ bei vier Konvertern. Versuche ergaben eine erhebliche Ueberlegenheit des Röhrensystems mit gespannten Draht-Elektroden gegenüber den Platten- und Flaum-Elektroden. Die günstigste Spannung ergab sich bei einer Gasgeschwindigkeit von $4,5 \text{ m}/\text{sek}$ mit 30000 Volt und einer Rohrlänge von nur 3 m bei einem Durchmesser von 127 mm. Der Apparat für einen Konverter bestand aus 608 Rohren. Sobald der SO_3 -Gehalt der Abgase in gewissen Betriebsperioden unter ein bestimmtes Mass sank, erwies sich zur Erhaltung des Stromflusses durch den auf der Niederschlags-Elektrode befindlichen Staub hindurch die Zufuhr von Feuchtigkeit als nötig. Dies ist natürlich nicht der Fall, wenn die Abgase von allen Konvertern in einem gemeinsamen Sammelkanal behandelt werden, da ein Ausgleich der Gasbeschaffenheit automatisch eintritt. Der Drahtdurchmesser von anfangs 0,7 mm wurde später mit Rücksicht auf die Beschädigung durch hie und da entstehende Lichtbogen auf 2 mm verstärkt. Niederschlagen wurden 97,25 % Staub mit 41 % Blei, grösstenteils als Sulfid. Die Bleihofofengase werden zur Staubabsaugungskammer von 91,5 m Länge und 85 m^2 Querschnitt geleitet, wo die Entstaubung durch aufgehängte Stahldrähte in einer Länge von 30 m erfolgt. Die Konvertergase gelangen in einen 300 m langen Blechkanal von $19,5 \text{ m}^2$ Querschnitt, wo das Kupfer abgeschieden wird, und dann zu dem Cottrell-Apparat (Abbildung 5), wo die Bleiabscheidung erfolgt. Dann treten sämtliche Gase in den Sammelkanal aus Backstein ein. Die Cottrell-Anlage besteht aus 2520 Röhren von 3 m Länge und 127 mm Durchmesser, unterteilt in sieben Abteilungen. Die Entlade-Elektroden werden gebildet durch Drähte von 3,25 mm Durchmesser. Die minutliche Gasmenge ist 7000 m^3 , die Gasgeschwindigkeit in den Rohren $3,7 \text{ m}/\text{sek}$, der Energiebedarf beläuft sich auf 60 bis 80 kW. Täglich werden einige Tonnen Staub abgeschieden mit 50 % Blei, Edelmetallgehalt usw.

Das Verfahren eignet sich auch zur fraktionierten Abscheidung durch Hintereinanderschalten mehrerer Apparate. Im ersten Apparat werden beispielsweise aus den Röstgasen 95 % der suspendierten Stoffe bei 125° in trockenem Zustande abgeschieden und im zweiten weitere 4 % bei 70° in fließendem Schlammzustande. Unter Verwendung nur eines Apparates würde in diesem Falle ein zäher, schwer entfernbare Schlamm entstehen.

Bei gut leitendem, von Zeit zu Zeit herunterfallendem Staub können Lichtbogen entstehen, die zur Beschädigung der Anlage führen. In diesem Falle werden automatische Stromausschalter mit Alarmvorrichtung angeordnet.

Die Abscheidung von Chlorgas wurde ermöglicht durch Einblasen von Kalkstaub vor der elektrischen Behandlung, sodass Chlorkalk zur Abscheidung gelangte. Die Schwierigkeit besteht hierbei einerseits in der Nichtleitfähigkeit des Chlorkalkes, andererseits in der Einführung des Kalkstaubes.

(Schluss folgt.)