

durch das Kohlenoxyd bei Abwesenheit von Kohle bei 850–900° zum Natriumsulfid nicht reduziert wird. Ein Zusatz von Kohle zu dem Natriumsulfat (2:1) gab bei 850° eine Ausbeute an Schwefelnatrium in der Schmelze von nur 42,0%. Beim Zusatz von Nickel zum Natriumsulfat in Abwesenheit von Kohle wird Natriumsulfid nicht erhalten. Beim Zufügen von Kohle aber, in Gegenwart von Nickel, erreicht die Ausbeute 44,5%. Das Sulfat im Gemisch mit Nickelchlorid, ohne Kohle, ergibt eine Ausbeute an Schwefelnatrium in der Schmelze von 18,4%.

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 15 angegeben.

Tabelle 15.

Versuch	Einwage von Sulfat	Einwage von Kohle	Ni-Menge	NiCl <sub>2</sub> -Menge	Das wirkende Gas	Schmelzdauer	Temperatur	Titrierte Lösungsmenge	Zur Titration verbrauchte ammon. AgNO <sub>3</sub> -Lösung	Ausbeute an Na <sub>2</sub> S	
Nr.	g	g	0/0	0/0		Min.	Grad	ccm	ccm	g	0/0
1*)	0,5	—	—	—	CO	40	850—900	10	—	—	—
2**)	0,5	—	2,5	—	CO	40	850—900	10	—	—	—
3	0,5	—	—	2,5	CO	40	850	10	1,05	0,05	18,4
4	0,5	0,25	—	—	CO	40	850	10	1,20	0,115	42,0
5	0,5	0,25	20	—	CO	40	850	10	1,28	0,1224	44,5
6	0,5	0,25	20	—	CO	40	850	10	1,28	0,1224	44,5
7	0,5	0,25	—	2,5	CO	40	850	10	1,22	0,1162	42,2

\*) 5 Versuche.

\*\*) 3 Versuche.

Es ist erwähnenswert, daß ein Gasgemisch von CO + H<sub>2</sub> bei einer Temperatur von 850° im Verlaufe von 40 Minuten das Natriumsulfat zum Natriumsulfid in Abwesenheit von Kohle oder anderer Zusätze bei gewöhnlichem Druck auch nicht zu reduzieren vermag. Ein Zusatz von Nickel bzw. Nickelchlorür begünstigt die Reduktion.

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 16 enthalten.

Tabelle 16.

Versuch	Einwage v. Sulfat	Ni-Menge	NiCl <sub>2</sub> -Menge	Temperatur	Titrierte Lösungsmenge	Zur Titration verbrauchte ammon. Silbernitratlösung	Ausbeute an Na <sub>2</sub> S		Bemerkungen
Nr.	g	0/0	0/0	Grad	ccm	ccm	g	0/0	
1	0,5	—	—	850	10	—	—	—	—
2	0,5	—	10	850	10	1,27	0,0596	21,7	Schmelzen
3	0,5	—	10	1000	10	1,35	0,069	25,2	schwarz mit
4	0,5	10	—	850	10	0,9	0,046	16,8	weißlichen
5	0,5	10	—	1000	10	0,9	0,046	16,8	Flecken, porös.

Die Versuche der Darstellung von Schwefelnatrium durch Reduktion von Natriumsulfat mit Kohlenoxyd und einem Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff werden vom Verfasser als vorläufige betrachtet. Weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet sind im Gang und werden besonders veröffentlicht werden.

#### Zusammenfassung:

1. Die maximale Ausbeute an Schwefelnatrium in der Schmelze wird unter den erwähnten Bedingungen bei einem Verhältnis von Sulfat zu Kohle 2:1 bei Annahme eines reinen Sulfats, einer Temperatur von etwa 850° und einer Schmelzdauer von etwa 40 Minuten erreicht. Die unter diesen Bedingungen erhaltene Schmelze zeichnet sich durch ihre Porosität und fleischrote Färbung aus und ist gut auslaugbar.

2. Ein größerer Überschuß an Kohle ist nicht nur überflüssig, sondern erfordert eine höhere Temperatur und mehr Zeit und erhöht den Brennstoffverbrauch für den Reduktionsprozeß.

3. Eine längere Schmelzdauer ist schädlich, da sie die Ausbeute an Schwefelnatrium in der Schmelze herunderdrückt.

4. Die schädlichsten Zusätze, die die Ausbeute an Schwefelnatrium in der Schmelze herabsetzen, sind Calciumoxyd und Eisenoxyd.

5. Die Kohle in Stickstoffatmosphäre besitzt nicht das Vermögen, das Natriumsulfat zu Schwefelnatrium bei einer Temperatur von 750—900° zu reduzieren.

6. Kohlenoxyd sowie das Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff reduzieren das Natriumsulfat in Abwesenheit von Kohle zu Schwefelnatrium nicht.

7. Die Darstellung von Schwefelnatrium durch Reduktion mit Kohle bei hoher Temperatur kann nicht als rationell betrachtet werden. Weitere Versuche sollen in der Richtung des Suchens von Katalysatoren eingeschlagen werden, welche diese Reduktion bei niedriger Temperatur der Reduktionsgase durchzuführen gestatten.

Es sei an dieser Stelle Dipl.-Ing. N. Lapschin für seinen wertvollen Beistand Dank ausgesprochen.

[A. 163.]

## Die Gewinnung von streubarem Dünger aus aktiviertem Schlamm in Milwaukee

von Prof. Dr. H. HAUPT, Bautzen.

Vorgetragen in der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Kiel 1926, Fachgruppe für Wasserchemie.

(Eingeg. 10. Juni 1926.)

Es muß — heute mehr als je zuvor — das Ziel jeder Wirtschaft sein, die Abfallstoffe und Nebenprodukte nicht nur zu beseitigen, sondern möglichst nutzbringend wieder zu verwerten. Dieser Satz gilt in hohem Maße auch für die in den Haus- und Industrieabwässern enthaltenen Dungstoffe oder sonst verwertbaren Stoffe.

Die natürliche biologische Reinigung der Abwässer auf Rieselfeldern oder vermöge des ausgezeichneten Hoferschen Fischteichklärverfahrens stellen bislang die günstigsten Lösungen der Abwasserbeseitigung nach dieser Richtung hin dar, aber beide Verfahren beanspruchen weite Landstrecken und besondere Geländeverhältnisse für ihre rationelle Durchführung und das ist ein Mangel, der in dicht bevölkerten Gegenden schwer ins Gewicht fällt.

Das neue, in Amerika in vierzehnjähriger Arbeit aufgebaute Verfahren der Abwasserreinigung mit „aktiviertem“, „belebtem“ Schlamm reinigt nun nicht nur das Abwasser bis zur Fäulnisunfähigkeit, sondern in Milwaukee scheinen J. Ch. Hatton und seine Mitarbeiter Copeland und Wilson auch die Schlammfrage — bekanntlich den Kernpunkt jeder städtischen Abwasserreinigung — einer befriedigenden Lösung zugeführt zu haben, indem sie den Schlamm restlos in streubaren Dünger überführen.

Fraglich erscheint es zur Zeit nur noch, ob die nach den ausgedehnten Vorversuchen zweifellos erfolgreiche Gewinnung von streubarem Düngepulver aus dem Abwasserschlamme auch auf die Dauer wirtschaftlich arbeitet. Da die gewaltige Kläranlage der Stadt Milwaukee bis jetzt die einzige nach dem Belebtschlammverfahren in so großem Maßstabe arbeitende Anlage mit gleichzeitiger Schlamm Trocknung ist — und da diese Anlage erst im September 1925 in Betrieb kam, läßt sich meines Erachtens die Rentabilität des Verfahrens noch nicht mit

voller Sicherheit übersehen. Trotzdem aber verlohnt es sich wohl schon heute, sich mit dem Problem der Gewinnung eines streubaren Düngers aus den städtischen und industriellen Abwässern näher zu befassen, denn es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Wiedergewinnung eines erheblichen Teils der der Wirtschaft mit den Fäkalien und Spülwässern der Großstädte verloren gehenden Dungwerte gerade für die alte Welt, mit ihrem nicht mehr jungfräulichen Boden, von nicht zu unterschätzender Bedeutung werden kann.

Gerade die Gewinnung eines trockenen Endproduktes, d. i. eines streubaren Düngemittels, das eine gewisse Lagerbeständigkeit zeigt und daher zu beliebiger, geeigneter Zeit von der Landwirtschaft verwendet werden kann, ist die wirtschaftlich vorteilhafteste Verwertungsform. Sie vermeidet die Mängel der extensiven Reinigungsverfahren — also des Rieseltbetriebes oder des Fischteichklärverfahrens — deren Werte zeitweilig nicht voll ausgenützt werden können.

Wir wissen nun zwar, daß alle früheren Versuche, aus den aufgespeicherten Fäkalien einen konzentrierten Trockendünger zu fabrizieren, an den technischen Schwierigkeiten und vor allem an der Kostenfrage immer wieder völlig gescheitert sind, und man sollte daher von vornherein erwarten, daß es noch viel weniger rentabel sein kann, aus dem städtischen Spülklosett-Abwasser, das doch die Dungstoffe zunächst in so großer Verdünnung enthält, diese Stoffe wiederzugewinnen. Aber die Anreicherung der meisten in dem Abwasser gelöst und kolloidal verteilten, den Düngewert darstellenden, Verunreinigungen durch die Bildung des aktivierten Schlammes war der erste Schritt — und die Umwandlung dieses nach dem Absitzenlassen noch immer 98 % Wasser enthaltenden Schlammes durch stufenweise Wasserentziehung in ein trockenes Pulver mit 6–7 % Wassergehalt, der zweite Schritt auf dem arbeitsreichen Wege, der schließlich die amerikanischen Gesundheits-Ingenieure und Chemiker nach 14 Jahren zum Ziele führte.

Die Entwicklung des Verfahrens ist an die Namen Clark, Adams, Hatton, Hurd und deren Mitarbeiter geknüpft. Es galt, außerordentliche technische Schwierigkeiten zu überwinden, — der zähen Ausdauer der genannten Forscher ward schließlich der Sieg, wobei ihnen freilich die reichen Mittel, dank deren sie jede Einzelheit des Verfahrens erst in Laboratoriumsversuchen, dann in größeren, den tatsächlichen praktischen Verhältnissen schon nahe angepaßten, Ausmaßen nach verschiedenen Richtungen hin erproben konnten, sehr zu statten kamen.

#### Der Reinigungsvorgang.

Das „biologische Schlammverfahren“<sup>1)</sup> selbst, das in der Zukunft auch in Deutschland die bisher geübten natürlichen und künstlichen biologischen Reinigungsverfahren allmählich verdrängen wird, umfaßt, so wie es in Milwaukee ausgeübt wird, kurz skizziert folgende Vorgänge:

Das Rohabwasser (Fäkalabwasser und industrielle Abwässer aller Art — in Milwaukee namentlich auch solche aus Gerbereien) — geht zunächst über Gittergrob-rechen, die das grösste sperrige Material von den Pumpen zurückhalten. Es gelangt hierauf auf einen etwas feineren Rechen, der kleinere Holzstückchen, Hautstücke von Schlächtereien, Kleiderfetzen und dergleichen abfängt und

<sup>1)</sup> Für „activated sludge“ hat sich im allgemeinen die sachlich treffende Verdeutschung „belebter Schlamm“ eingebürgert. Ebenso zutreffend wird das Verfahren „biologisches Schlammverfahren“ genannt. Auch „Belebtschlammverfahren“, „A-Schlamm- und „A-Schlammverfahren“ sind gebräuchlich.

alsdann in einen ausgedehnten, aus acht Langbecken bestehenden Sandfang. Von hier fließt es auf mit feinem Bronzedraht überspannte rotierende Siebtrommeln, wodurch etwa 30 % aller Sink- und Schwebestoffe zurückgehalten werden. Durch diese weitgehende Vorreinigung wird zugleich die Menge des ausfallenden aktivierten Schlammes um 40 % vermindert, es wird an Preßluft gespart und es treten keine Schwierigkeiten durch Ansetzen fester Substanzen in den Rohrleitungen und an den Filterplatten auf.

Nun werden dem Abwasser 10–15 % aktivierter Schlamm zugesetzt und innigst mit dem Abwasser gemischt. Zu diesem Zwecke ist der Boden der Mischkammer mit porösen Platten ausgelegt. Durch diese wird Preßluft mit etwa 15 Atm. Druck in das mit aktiviertem Schlamm beimpfte Abwasser eingepreßt, bis eine völlige Durchmischung erreicht ist.

Das so durchweg beimpfte Rohwasser — das stets etwa 0,3 % feste Bestandteile enthalten soll — gelangt nun auf die eigentlichen ausgedehnten Lüftungskammern, in welchen ein durch poröse Filterplatten aufs feinste verteilter, beständiger Preßluftstrom von etwa 7 Atm. Druck sechs Stunden lang einwirkt. Nach dieser Zeit sind 95 % der organischen Substanz des Rohwassers niedergeschlagen, d. h. an den neu erzeugten aktivierten Schlamm gebunden.

Das Abwasser gelangt nunmehr in Absitzbecken, in denen sich innerhalb 30 Minuten ein anfangs flockiger, später feinkörniger Schlamm zu Boden setzt, während das nun ausreichend gereinigte, äußerlich vom Trinkwasser kaum zu unterscheidende Abwasser dem Vorfluter übergeben wird. Dieses hat in bezug auf seinen Sink- und Schwebestoffgehalt bei dem beschriebenen Reinigungsvorgang 95 % verloren. Die Keimzahl ist um 90 % zurückgegangen und das gereinigte Abwasser fault während 72 stündiger Bebrütung nicht nach.

Die Schlammmenge, mit der man bei dem neuen Reinigungsverfahren zu rechnen hat, ist erheblich größer als bei der bisher üblichen lediglich mechanischen Vorreinigung, denn die kolloidalen Eigenschaften des Belebtschlammes bewirken seine größere Wasserbindungsfähigkeit. Von diesem, 98 % Wasser enthaltenden Schlamm vom Grunde der Absitzbecken von den Dorr-Eindickern<sup>2)</sup> gelangen nun etwa 90 % als Impfmateriel zurück zu dem mechanisch vorgereinigten Abwasser, d. h. also, sie werden wieder in den Kreislauf eingeführt und nur 10 % — der sogenannte Überschussschlamm — werden für die Trocknung weiter verarbeitet.

#### Die Schlammmentwässerung.

Es trat bei dem Versuch, den aktivierten Schlamm zu entwässern, sofort der Übelstand zutage, daß sich diese Art Schlamm außerordentlich schwer entwässern läßt. Durch eine Reihe ausgezeichnete Versuche von W. R. Copeland und J. A. Wilson — die der ganzen Schlammmentwässerungsfrage überhaupt zugute kommen werden — ergab sich, daß der Widerstand, den aktivierter Schlamm auf den Vakuumtrommelfiltern der Entwässerung entgegengesetzt, einzig und allein von seinem verschiedenen kolloidalen Charakter abhängt. Für den Dispersionsgrad der Schlammkolloide sind zwei Faktoren entscheidend, nämlich einmal die Wasserstoff-Ionen-Konzentration und zweitens vor allem die Temperatur. Beide spielen eine ausschlaggebende Rolle bei der Überwindung der Schwierigkeiten, die sich namentlich

<sup>2)</sup> Den Voitschen Kratzern, die in der Papierindustrie gebraucht werden, ähnliche Maschinen, neuerdings auch Dorr-Klärapparate genannt.

der Herabsetzung des Wassergehaltes von etwa 98 % auf ungefähr 80 % — besonders während des Winters — entgegenstellen.

Die Einstellung der Wasserstoff-Ionen-Konzentration erfolgte in Milwaukee anfangs mit Hilfe von Aluminiumsulfat und Schwefelsäure. Man fügte zu dem Schlamm aus 1000 cbm Abwasser 30 kg Aluminiumsulfat hinzu und stellte nun durch weiteren Schwefelsäurezusatz auf den  $p_H$ -Wert von 4,4 ein.

In der Praxis hat es sich dann aber — namentlich im Winter — als vorteilhafter erwiesen, mit Schwefelsäure allein den richtigen  $p_H$ -Wert einzustellen, da diese zugleich auf einen Teil der im Schlamm vorhandenen Stickstoffverbindungen aufschließend wirkt und dabei die Keimzahl weiter herabsetzt als Aluminiumsulfat. Man gibt daher den Schlamm, der von den Dorr-Eindickern kommt — zunächst in kleine Mischbecken, die ihn 30 Minuten lang beherbergen können. Zwecks Durchblasen von Luft — zur guten Durchmischung mit der zugefügten Schwefelsäure — sind diese Mischbehälter am Grunde mit Filterplatten ausgerüstet. Man läßt dann während der Durchmischung aus einem Behälter ständig so viel Schwefelsäure zufließen, daß der  $p_H$ -Wert 3,37 im Filterlauf so nahe als möglich eingehalten wird. Da sich bei längerer Aufbewahrung des Schlammes die Wasserstoff-Ionen-Konzentration wieder ändert, wird der angesäuerte Schlamm dann möglichst bald auf 71° erhitzt — falls die Jahreszeit das Erhitzen angezeigt erscheinen läßt, was etwa während fünf Monaten im Jahr der Fall ist — und dann sofort zu den Entwässerungsmaschinen geführt.

Von gleicher Bedeutung für die Erleichterung der Wasserentziehung ist die Temperatur des zu pressenden Schlammes, weil ja die Wärme zur grobflockigen Abscheidung der Kolloide wesentlich beiträgt.

Wurde das gesamte Rohabwasser durch künstliche Wärmezufuhr auf der sommerlichen Temperaturhöhe von 21°\*) gehalten — was natürlich in der Praxis viel zu kostspielig sein würde —, so erhielt man von Anfang an einen Schlamm, der so leicht weiter zu entwässern war, wie das allgemein bei dem im Sommer anfallenden Schlamm üblich ist. Als unzureichend erwies sich hingegen die nur schwache Anwärmung des einmal bei niedriger Temperatur gebildeten Schlammes. Wenn man also z. B. versucht, den höchstens 27° warmen Schlamm — wie er im Monat Dezember anfällt — zunächst durch Säurezusatz auf den geeignetsten  $p_H$ -Wert zu bringen, ihn dann aber in kaltem Zustand auf den Oliver-vakuumtrommeln abzusaugen, bedarf man zur Verwandlung von 500 ccm Rohschlamm mit 98 % Wassergehalt in einen Schlammkuchen von etwa 81 % Feuchtigkeitsgehalt volle 60 Minuten, während man Ende Juni und im Juli nur etwa 8–10 Minuten zur gleichen Leistung benötigte. Es würde also ohne künstliche Wärmezufuhr zum Schlamm im Winter eine mindestens sechsfache, ja bis zwanzigfach größere Entwässerungsapparatur nötig sein, was unwirtschaftlich wäre.

In Milwaukee wird daher während der Wintermonate der Schlamm erhitzt, bevor er auf die Entwässerungsmaschinen gelangt. Das Optimum der Temperatur liegt bei 71–82°. Der angesäuerte Schlamm kommt mit 10–27° zu den Wärmeaustauschern, die ihn auf etwa 50° erwärmen. Dies geschieht, indem man an der Außenseite der Heizrohre im Gegenstrom das warme, abgepreßte Abwasser von den Vakuumfilterpressen vorbeiführt. Dieses Preßwasser tritt in Menge von 400 cbm

stündlich mit 71° in die Austauscher ein und verläßt diese mit 21°.

In besonderen Erhitzern, die den Turbinenabdampf von den Hauptkraftmaschinen der Kläranlage verwerten, wird dann die Schlammtemperatur weiter gesteigert auf 72°, ja bis zu 100°, wenn es nötig erscheinen sollte. Es muß besonders betont werden, daß nur durch die Verwendung des Turbinenabdampfes sich die Kosten der Schlammwärmerung in erträglichen Grenzen halten lassen, während sie sonst prohibitiv wirken würden.

Jeder Fachmann dürfte zunächst gegenüber diesen praktisch durchgeführten Forschungsergebnissen das grundsätzliche Bedenken hegen, daß durch eine so ausgiebige Vorbereitung des aktivierten Schlammes, die ohnehin hohen Kosten der Schlamm Trocknung sich so stark erhöhen könnten, daß allein schon hierdurch das Verfahren unrentabel werden kann. Die Amerikaner teilen diese Bedenken nicht. Sie wenden die Kosten für Ansäuerung und für die Erwärmung des Schlammes auf, denn sie erkannten, daß die Möglichkeit, beständig auch in der Zeiteinheit die größte Ausbeute an entwässertem Schlammkuchen zu erlangen, ganz von dieser Vorbereitung des Schlammes abhängt. Nur hierdurch konnte die tägliche Schlammmenge, die 4500–10 000 cbm beträgt, mit mäßigen Kosten bewältigt werden.

#### Die Vakuumtrommelfilter.

Der vorgewärmte Schlamm wird nun durch gußeiserne Rohre den Trommelfiltern zugeführt.

Andere Hilfsmittel zur Entwässerung, z. B. Filterpressen, können nur bei dem sommerlichen Schlamm mit Erfolg angewendet werden, während der Winterschlamm so hochgradig dispers ist, daß er die Filtertücher der Rahmenpressen bald völlig verschmiert.

Ebenso wenig Erfolg zeigten die zahlreichen Versuche, durch Zentrifugieren mit hoher Tourenzahl den Schlamm zu entwässern. Man bekam zwar hierdurch aus einem Teil desselben einen Schlammkuchen, aber das ablaufende Abwasser enthielt noch so große Mengen feinst verteilter Suspensa, daß es abermals in den Kreislauf des zu reinigenden Rohwassers zurückgeführt werden mußte. Geschah das aber, so zeigten sich die in diesem Abpreßwasser nunmehr enthaltenen Kolloide durch das Zentrifugieren derartig hochgradig dispers, daß sie in den Belüftungsbecken den neugebildeten aktivierten Schlamm in seiner Fähigkeit, entwässert zu werden, sehr ungünstig beeinflussten und den ganzen Betrieb störten.

Wollte man versuchen, auf die teure Entwässerung des Schlammes überhaupt zu verzichten und den Schlamm auf Land ausbreiten, so würden in Milwaukee allein täglich 100 Eisenbahntankwagen zum Abtransport erforderlich sein. Es erschien bei den in Milwaukee herrschenden Verhältnissen ohne weiteres klar, daß man auf diesem Wege die beim aktivierten Schlammverfahren anfallenden Mengen nassen Schlammes nicht dauernd in wirtschaftlicher Weise bewältigen kann. Ob man bei uns Heideflächen mit Hilfe dieses Schlammes allmählich in fruchtbaren Acker- und Wiesenboden verwandeln könnte, müßte noch praktisch geprüft werden.

Die von Imhoff in London 1924 gemachten Vorschläge, den Schlamm in getrennten Schlammbecken ausfallen zu lassen, wie es in großem Maßstabe zum Teil in Baltimore geschieht, fanden in Milwaukee keine Zustimmung. Dort sind nach dem günstigen Abschluß der vielen Vorversuche vielmehr dreißig drehbare Dauertrommelfilter (geliefert von der Oliver continous Filter Co. in San Francisco) aufgestellt worden, deren jedes 3,50 m lang ist. Die Umdrehung erfolgt gleichmäßig durch einen 5 PS starken, feuchtigkeitssicher montierten Elektromotor.

\*) Wie stets in unserer Zeitschrift betreffen die Temperaturangaben Grade Celsius.

Für gewöhnlich macht die in den Schlamm teilweise eintauchende Trommel in 15 Minuten eine Umdrehung, in dessen kann man je nach Bedarf die Umdrehungszeit auf 11, ja auf 8 Minuten steigern. Die Trommelsiebteile sind so angeordnet, daß sie zwei Vakua tragen, eines zu 2,80 m und eines zu 5,60 m Vakuum. Für die Wintermonate bleibt letzteres reserviert. Der Dampf oder die Luft wird immer nur zu einem Sektor der Trommel zugeführt, um den Schlammkuchen von dem Filtertuch zu lösen, ehe die Trommel wieder in den mit flüssigen Schlamm gefüllten Behälter eintaucht.

Über die Siebtrommel der Oliverfilter ist ein Baumwolltuch gespannt, das mit Draht befestigt ist.

Jede Maschine besitzt außerdem eine Schrubberbürste, um je nach Bedarf das Filtertuch rein bürsten zu können. Diese Bürste wird mechanisch betätigt und ist mit einem Wasserspritzer versehen, der Wasser, Dampf oder Natronlauge auf das Tuch aufspritzt, während die Bürste arbeitet. Man hat es also mit einer ähnlichen Maschine zu tun, wie sie in der Papierindustrie bei uns üblich ist und wie sie in Gestalt der Zellenfilter durch die Firma Wolf, Aschersleben, im Jahre 1925 auf der „Achema“ in Nürnberg gezeigt wurde.

Von jedem dieser dreißig Oliver-Trommelfilter fällt nun der jetzt schon teilweise entwässerte Schlammkuchen in einen Conveyor, der ihn zu einer Haupttransportrinne und auf dieser in das Trocknerhaus führt. Jedes Trommelfilter kann mindestens 11 250 kg Schlammkuchen mit 80 % Feuchtigkeitsgehalt in 24 Stunden erzeugen, wobei vorausgesetzt wird, daß es gemäß der von der Herstellerfirma übernommenen Garantie 9 Stunden ohne Betätigung der Filtertuchbürsten arbeitet. Bei einem Abwasseranfall von insgesamt 292 500 cbm, die eine Schlammmenge von 11,6 cbm (gedacht mit 98 % Wassergehalt) für je 1000 cbm Abwasser täglich ergeben, genügen diese dreißig Entwässerungstrommeln selbst wenn einmal der Schlamm nicht ganz die günstigsten Vorbedingungen für seine Entwässerung haben sollte und so die Leistungsfähigkeit der Filter herabgesetzt sein würde.

#### Die Trocknung des Schlammes.

Diese erfolgt in einem zweistöckigen mit Gleisanschluß versehenen Trockenhaus, dessen oberes Stockwerk zum Lagern des fertigen Düngepulvers dient. Im unteren Stockwerk befinden sich sechs rotierende *Atlas-trockner*, die so eingemauert sind, daß die Hitze rund um die mit einer Geschwindigkeit von 6 r in der Minute sich drehenden Trockentrommeln schlägt. Die Feuerungsabgase werden unter dem langen Trockenkessel völlig ausgenutzt. Vorn, an der Aufnahmeöffnung für den feuchten Schlamm (80 % Wassergehalt) und hinten sind die Trockner offen. Zur Wärmeregulierung bei der Trocknung kann vorgewärmte Luft zugeführt werden.

Die Befeuerung erfolgt mit Kettenrosten, die von einem über dem Hause gelegenen Kohlenbunker aus beschickt werden. Jede Kohlenaufgabe wird auf einer selbstschreibenden Wage gewogen, so daß sich der Kohlenverbrauch jedes einzelnen Trockners genau bestimmen läßt. Die im Trockner selbst entstehenden Abgase werden in einer Staubkammer entstaubt, bevor sie in die Atmosphäre gelangen. Ob sie vorher noch gewaschen werden müssen, wird die Zukunft lehren. Da die ganze Kläranlage 240 m von jeder Fabrik und jedem Wohnhaus entfernt ist, dürfte wahrscheinlich das Waschen der Abgase unnötig bleiben. Jedenfalls konnte ich im Vorjahre bei dem im Gang befindlichen Teil der Anlage keine Geruchsbelästigung bemerken.

Die Schlammkuchen gelangen also auf der Zuführungsrinne andauernd mit etwa 80 % Wassergehalt in die Trockner und müssen dort auf 10 % Wassergehalt herabgetrocknet werden, was im allgemeinen 40 Minuten er-

fordert. In Chicago, das dieselbe Art von Trocknung besitzt wie Milwaukee, hatte sich gezeigt, daß man nicht nur die Schlammkuchen selbst vor der Trocknung in kleine Stücke von 25 cm und weniger zerreißen muß, sondern daß man die beste Trockenwirkung erzielt, wenn man den Feuchtigkeitsgehalt des zu trocknenden Schlammes von vornherein noch herabsetzt.

Man hat daher vorgeschlagen, einen großen Teil des halb getrockneten Schlammes mit den nassen Schlammkuchen im Verhältnis von annähernd 4 : 1 zu mischen, um so eine Masse von etwa 50—60 % Feuchtigkeitsgehalt zu verarbeiten. Um dies zu erreichen, wird das feste Trockengut durch ein sich drehendes Sieb gegeben, das Maschen von 2,5 cm Weite hat. Das, was durchfällt, geht in eine Mühle, wo es zu grobem Pulver zerschroten wird, während die größeren Teile vom Siebe aus unmittelbar dem endlosen Bande wieder zugeführt werden, das den feuchten Schlamm zu den Trocknern trägt.

Jeder Trockner hat eine garantierte Leistungsfähigkeit von 907 kg pro Stunde, d. h. er schafft 907 kg streubaren Dünger aus Schlammkuchen, der 80 % Wasser enthielt, indem er stündlich 2700 l Wasser verdampft, was einer Menge von 10 kg Wasser auf jedes Kilogramm Brennstoffverbrauch entspricht.

Das trockne, grob gemahlene Fertigerzeugnis wird nun zum zweiten Stockwerk des Trockenhauses oder zu dem benachbarten Speicherhaus auf endlosem Band überführt und von dort nach Bedarf versandt. Hierfür ist Gleisanschluß und Schiffsverladungsmöglichkeit vorgesehen.

#### Zu verarbeitende Schlamm m e n g e n.

Nach den bisherigen Erfahrungen bei der jahrelang arbeitenden Versuchskläranlage fallen beim Belebtschlammverfahren durchschnittlich 12—15 cbm feuchter Schlamm auf jede 1000 cbm Abwasser an, wobei je nach der Jahreszeit Schwankungen von 5—20 cbm auf je 1000 cbm Rohabwasser vorkommen. Hierbei ist ein durchschnittlicher Wassergehalt des Schlammes von 98 % angenommen und ein täglich durchschnittlicher Gehalt von 300—325 g Sink- und Schwebestoffen auf einen Kubikmeter Wasser.

Während der Wintermonate fallen häufig bis zu 23 cbm Schlamm auf 1000 cbm Abwasser an, der dann sogar 99—99,5 % Wasser enthält.

#### Die nutzbaren Dungstoffe des trockenen Schlammes.

Bevor man zur Trocknung schritt, sind umfangreiche Untersuchungen hinsichtlich des wechselnden Gehaltes an Ammoniak in den nassen Preßkuchen durchgeführt worden. Rechnet man die hierbei erhaltenen Werte auf einen Feuchtigkeitsgehalt der Preßkuchen von 10 % um, so zeigte sich, daß der Stickstoffgehalt zwischen 5,1—8,1 % schwankte und daß er in den Wintermonaten höher war. Der in ausnutzbarer Form darin enthaltene Stickstoff betrug durchschnittlich 3,5—4 %, der Phosphorsäuregehalt 1—1,5 %, wovon die Hälfte zitronensäurelöslich ist. Der Kaligehalt beträgt etwa 0,15 %.

Da aber die Entwässerung in der Praxis meist weiter als auf 10 % getrieben wird, kann folgende Analyse als typisch für das in Milwaukee erzeugte stickstoffhaltige Düngepulver angeführt werden:

Feuchtigkeitsgehalt . . . . .	5,75%
Gesamtphosphorsäure . . . . .	2,34%
Kali (wasserlöslich) . . . . .	0,13%
Gesamtstickstoff als Ammoniak . . . . .	7,32%
Wasserunlöslicher Stickstoff als Ammoniak . . . . .	6,65%
Wasserlöslicher Stickstoff als Ammoniak . . . . .	0,67%
Aktiver wasserunlöslicher Stickstoff als Ammoniak . . . . .	3,94%
Insgesamt verwertbarer Stickstoff . . . . .	4,61%
Vom Gesamtammoniak sind ausnutzbar . . . . .	62,97%

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß der gemahlene Trockenschlamm eine gute stickstoffhaltige Grundlage für die Herstellung eines Volldüngemittels abgibt, das man durch Zumischung von Kali und Phosphat leicht herstellen kann. Ein solches Düngemittel wird dann zu M 168—200 für die Tonne (zu 907 kg), an den Landwirt verkauft.

Praktische Düngungsversuche sind bisher nur in verhältnismäßig geringem Umfange durchgeführt worden, wie K a d i s h auf der Internationalen Konferenz der Gesundheits-Ingenieure 1924 berichtete; aber sowohl die im Gewächshaus wie die im freien Felde durchgeführten Versuche waren erfolgversprechend. Die mit Trockenschlamm hergestellten Düngermischungen zeigten gleich günstige Erfolge, wie diejenigen, bei denen der Stickstoff in Form von getrocknetem Blut, von Ammonsulfat oder als Mischung von Ammon- und Natronsalpeter zugegeben worden war. Ganz besonders geeignet scheint der Schlamm für die Düngung von Wiesen, Parkgrasflächen und Golfplätzen zu sein. Über die Düngung von Obstbäumen auf sandigem Boden sind Versuche im Gange.

#### Zur Kostenfrage.

Über die so wichtige Rentabilitätsfrage der Schlamm-trocknung stehen mir auch nur verhältnismäßig wenig Angaben zur Verfügung<sup>3)</sup>.

Man erwartet in M i l w a u k e e, daß der Absatz des gemahlenden Trockendüngers die Kosten der Trocknung decken wird, nachdem man erst die Kreise der Landwirte genügend über den Düngewert desselben aufgeklärt haben wird. Das Düngepulver selbst wird für M 92,60 pro Tonne, das sind M 9,30 pro Doppelzentner verkauft. Da man mit 900—1000 dz täglicher Erzeugung rechnet, würde — guten Absatz vorausgesetzt — mit einer täglichen Bruttoeinnahme von M 8400—12600 zu rechnen sein.

Die Baukosten betragen bisher M 54,60 auf den Kopf der angeschlossenen Bevölkerung.

Man ist sich völlig klar darüber, daß sich die Verhältnisse von Milwaukee — einer Stadt mit etwa 600 000 Einwohnern mit vielen Gerbereien und sonstigen organischen Industrieabwässern, nicht ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragen lassen, wie denn überhaupt meines Erachtens alle Abwasserfragen nach den örtlichen Verhältnissen individuell zu behandeln sind. Es muß auch die Rentabilität der Schlamm-trocknung trotz der ganz außerordentlich eingehenden und sorgsamten Versuche auch dort erst noch in einem längeren Zeitraum geprüft werden. Andererseits ist aber auch für zahlreiche deutsche Großstädte die Möglichkeit einer rationellen Schlammbeseitigung die Kernfrage der ganzen Abwasserfrage. Stehen in solchem Falle genügende Wärmequellen, wie z. B. Turbinenabampf zur Verfügung, die die Vorwässerung des Schlammes erleichtern können, so sollte immerhin die Frage der Schlamm-trocknung einmal von seiten der zuständigen Ingenieurstellen rechnerisch genau durchgeprüft werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß ja kein Gewinn mit der Trocknung erzielt zu werden braucht, sondern daß die Städteverwaltungen unter Umständen auch gewisse Zuschüsse leisten würden, wenn es nur gelingt, den lästigen Schlamm einwandfrei los zu werden und die in ihm enthaltenen Düngewerte der Wirtschaft zu erhalten. Am schwierigsten dürfte bei unserer jetzigen Wirtschaftslage die Beschaffung des großen Anlagekapitals sein, das die maschinellen Einrichtungen einer solchen Schlamm-trocknungsanlage erfordern.

Jedenfalls ist die Schlamm-trocknung in M i l w a u-

<sup>3)</sup> Diese werden ergänzt durch neuere Angaben von Mr. T. Ch. Hatton, die demnächst in dem Sonderheft der Fachgruppe für Wasserchemie mit veröffentlicht werden.

kee sowie überhaupt die großzügige Lösung, die dort die Abwasserfrage gefunden hat, ein neuartiges, bewunderungswürdiges Unternehmen, das seinen Schöpfern alle Ehre macht. Hierüber war sich auch der Internationale Kongreß der Gesundheits-Ingenieure in London 1924 einig. Wir müssen daher die dortigen Erfahrungen mit größter Aufmerksamkeit weiter verfolgen, um das für unsere Verhältnisse Brauchbare zu verwerten.

Ich möchte nicht unterlassen, auch an dieser Stelle Herrn Chef-Ingenieur T. Chalkley Hatton, dem Erbauer der Kläranlage von Milwaukee, für seine Bereitwilligkeit, mit der er mir alle gewünschten Informationen gegeben hat, für die Besichtigung und Führung auf der Kläranlage, sowie für die freundliche Überlassung von Lichtbildern herzlich zu danken.

[A. 187.]

## Platin und die Tentelewsche Chemische Fabrik

von Dr. H. RABE, Berlin-Charlottenburg 4.

Vortrag gehalten im Märkischen Bezirksverein am 21. Juni 1926.

(Eingeg. 24. Juni 1926.)

Wer jemals zur jetzigen Jahreszeit auf dem 60. Breitengrade in Petersburg am Newa-Delta die „weißen Nächte“ erlebt hat mit ihrem geheimnisvollen Flimmern, mit dem deutlich sichtbaren Herumwandern der Sonne unterhalb des Horizontes in der kurzen Entfernung des Unterganges bis zum Wiederaufgang, dem bleibt die nordische Sommerstimmung ewig im Gedächtnis haften. Ähnlich geht es dem Chemiker, der das Glück gehabt hat, mit dem russischen Platin in so nahe Berührung zu kommen wie der Vortragende. Da wir uns heute nicht mehr dieses idealen chemischen Werkstoffs erfreuen können, dürfte es von großem Interesse sein, aus der märchenhaften „Platinzeit“ einiges hier zu hören. Meine früheren Kollegen, die Herren Harmuth, Kordes, Adolphi, besonders aber der frühere Direktor Wegener, haben mir wertvolle Beiträge für meine heutigen Ausführungen gegeben. Ich danke ihnen daher auch an dieser Stelle. Da heute die Urkunden schwer zugänglich sind, so mögen die seiner Zeit gemachten Notizen einen ungefähren Begriff von der Entwicklung der Platin-industrie ergeben<sup>1)</sup>.

Das Platin wollen einige Philologen bereits in der Iliade Homers, im Plinius und Pausanias angedeutet finden, aber aus dem Altertum sind wohl viele Erzeugnisse aus Gold erhalten, aber keins aus Platin. Das alluviale Gold ist sehr oft von geringen Mengen Platin begleitet; man muß daher annehmen, daß die hellen Körner und Flitter des mit dem Waschgolde zusammen vorkommenden Platins den Goldwäschern des tiefsten Altertums wohl bekannt gewesen sind, aber sie wurden nicht als selbständiges Metall erkannt und einfach mit dem Gold zusammen verschmolzen. Jedenfalls ist sämtliches alte Gold mehr oder weniger platinhaltig, was den großen Goldscheideanstalten der Neuzeit bekannt sein dürfte. Die Forschungen der letzten Jahre haben ergeben, daß das „weiße Gold“ — Aurum album — der Alten eine Legierung von Gold mit Silber war<sup>2)</sup>. Daß man im 18. Jahrhundert in Spanisch-Kolumbien und auch

<sup>1)</sup> Eine sehr vollständige Angabe über die alte Literatur des Platins vom Jahre 1750 bis 1861 findet sich in der Broschüre: Fragment einer Monographie des Platins und der Platinmetalle von C. Claus, St. Petersburg 1883, Ausgabe der Akademie der Wissenschaften.

<sup>2)</sup> Dr. E. von Lippmann: a) Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, Berlin 1919; b) Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Berlin 1923; c) Chemikerzeitung 1924, S. 29.