

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299996



Die

# Trocknung des Klärschlammes

Königlichen Technischen Hochschule zu Hannover

von

Ernst Julius Wilhelm, wurde eines Ingenieurs

Dissertation



X  
2.719





52711  
Zur  
Die  
Trocknung des Klärschlammes.

Von der  
Königlichen Technischen Hochschule zu Hannover  
zur  
Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs  
genehmigte

Dissertation

von

Diplom-Ingenieur Friedrich G. Spillner,  
Chemiker der Emschergenossenschaft zu Essen-Ruhr.

Referent: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Ost.  
Korreferent: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Seubert.



Berlin 1910.

Druck von L. Schumacher, N. 24.

2.719

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 31170

Akc. Nr. 2195/49

## Lebens- und Bildungsgang des Verfassers.

---

1879. 15. April geboren zu Habelschwerdt, Regierungsbezirk Breslau, Sohn des damaligen Regierungsbaumeisters, jetzigen Königlichen Geheimen Baurats Emil Eduard Spillner und seiner Ehefrau Marie, geb. Wiegand.
1899. Reifeprüfung am Königlichen Gymnasium zu Essen-Ruhr.
1899. Sommersemester, Universität Gießen.
- 1899—1900. Ableistung des Dienstjahres beim Infanterie-Regiment Nr. 159 zu Mülheim-Ruhr.
- 1900—1905. Königliche Technische Hochschule zu Hannover.
1903. Diplom-Vorprüfung.
1905. Diplom-Hauptprüfung.
- Seit 1905. Chemiker der Emschergenossenschaft zu Essen-Ruhr.
-





## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung: . . . . .	7
Die Abwasserbehandlung: Klärung, biologische Reinigung . . . . .	7
Der Klärschlamm. Die Schlammfrage . . . . .	7
<b>Die Trocknung des Klärschlammes</b> . . . . .	9
Notwendigkeit der Trocknung . . . . .	9
Zur Verwendung . . . . .	9
Düngewert . . . . .	9
Fettgehalt . . . . .	11
Heizwert . . . . .	13
Zur Beseitigung . . . . .	15
durch Verbrennen . . . . .	15
Versenken in die See . . . . .	15
Abladen auf dem Lande . . . . .	16
Zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen . . . . .	16
Zusammenfassung: Die Schlammfrage ist im wesentlichen eine Frage der Trocknung . . . . .	16
 Die Verfahren zur Trocknung der verschiedenen Arten des Klärschlammes	17
Einteilung der Klärverfahren . . . . .	17
<b>Die Trocknung des frischen Schlammes</b> . . . . .	17
Entstehung des frischen Schlammes . . . . .	17
Eigenschaften . . . . .	17
Wassergehalt und Dünnsflüssigkeit . . . . .	18
Gehalt an organischen Substanzen, Fäulnisfähigkeit und Geruchsbelästigung . . . . .	18
Menge des frischen Schlammes . . . . .	19
Trocknung . . . . .	19
Schwierigkeit der Trocknung . . . . .	19
Bindung des Wassers durch Kolloide . . . . .	19
Verfahren zur Trocknung . . . . .	19
Lufttrocknung . . . . .	19
In den Absitzbecken . . . . .	20
In besonderen Becken . . . . .	20
Lufttrocknung und Drainierung . . . . .	20
Ausbreiten in dünnen Schichten auf Land . . . . .	21
Durch Einleiten in Gräben . . . . .	22
Kompostieren . . . . .	23

	Seite
Trocknung durch Filtrieren . . . . .	23
Auf Filterflächen . . . . .	23
In Filterpressen . . . . .	24
In Trommelfiltern . . . . .	25
Trocknung durch Zentrifugieren . . . . .	25
Trocknung durch Hitze . . . . .	26
Trocknung durch Elektrosmose . . . . .	26
<b>Die Trocknung des Faulraumschlammes</b> . . . . .	<b>27</b>
Entstehung des Faulraumschlammes . . . . .	27
Faulverfahren . . . . .	27
Wirkung auf Abwasser und Schlamm . . . . .	28
Eigenschaften des Faulraumschlammes . . . . .	29
Trocknung . . . . .	29
Rückgang des Faulverfahrens . . . . .	30
<b>Die Trocknung des Emscherbrunnenschlammes</b> . . . . .	<b>30</b>
Entstehung des Emscherbrunnenschlammes . . . . .	30
Emscherbrunnen . . . . .	30
Wirkung auf das Abwasser . . . . .	30
Vorgänge im Schlammraume und Wirkung auf den Schlamm . . . . .	31
Entschlammung . . . . .	31
Eigenschaften des Emscherbrunnenschlammes . . . . .	31
Wassergehalt . . . . .	31
Geruch . . . . .	34
Organische Substanz, Stickstoff, Fett . . . . .	34
Trocknung . . . . .	34
Drainierversuche . . . . .	35
Das Versuchsbecken . . . . .	35
Versuch I . . . . .	36
Der Trockenplatz . . . . .	36
Ausführung des Versuchs . . . . .	36
Ergebnisse . . . . .	36
Apparatur für die folgenden Versuche . . . . .	38
Versuch II . . . . .	38
Drainwassermengen . . . . .	39
Schlammanalysen . . . . .	39
Drainwasseranalysen . . . . .	40
Resultate . . . . .	40
Vergleichsversuche mit frischem und zersetztem Schlamm . . . . .	42
A. Schlamm der Versuchsanlage . . . . .	42
B. Schlamm der Kläranlage Recklinghausen-Ost . . . . .	43
Versuchsanstellung . . . . .	44
Zusammenstellung der Ergebnisse . . . . .	48
Gründe der Drainierbarkeit . . . . .	50
Dickflüssigkeit . . . . .	50
Zerstörung der Kolloide . . . . .	50



	Seite
Zerstörung der organisierten Bestandteile . . . . .	51
Gehalt an Gasen . . . . .	52
Erfahrungen mit dem Drainierverfahren bei grossen Anlagen . . . . .	55
Beispiel: Drainierung auf der Kläranlage Essen-Nordwest . . . . .	60
Der Trockenplatz . . . . .	60
Graphische Darstellung der Ergebnisse . . . . .	56
Erklärungen dazu . . . . .	59
Untersuchungen des Drainwassers . . . . .	62
Beseitigung des drainierten Schlammes . . . . .	63

### Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen.

	Seite	Text dazu	Seite
Tabelle 1. Kläranlage Recklinghausen-Ost, Analysen des nassen zersetzten Schlammes . . . . .	32		33
„ 2. Kläranlage Essen-Nordwest, Analysen des nassen zersetzten Schlammes . . . . .	32		33
„ 3. Kläranlagen Bochum, Zeche Schwerin und Beckum: Analysen des nassen zersetzten Schlammes . . . . .	33		33
Abbild. 1. Drainierung von zersetztem Schlamm der Versuchsanlage . . . . .	37		36
Tabelle 4. Drainierversuch II, Messung des Drainwassers . . . . .	39		38
„ 5. Desgl., Analysen des Schlammes . . . . .	39		39
„ 6. Desgl., Analyse des Drainwassers . . . . .	40		40
Abbild. 2. Drainierversuch mit frischem und zersetztem Schlamm der Kläranlage Recklinghausen-Ost: Summen der Ablaufmengen und Gewichtsabnahmen . . . . .	45		44
Tabelle 7. Desgl., Untersuchungen des Drainwassers . . . . .	47		46
„ 8. Desgl., Untersuchungen des Schlammes . . . . .	48		48
Abbild. 3, 4 und 5. Verhalten des zersetzten und des frischen Schlammes bei Aufbewahren . . . . .	53	52, 54	
Tabelle 9. Messung der Volumenvermehrung und des abgesetzten Wassers bei gashaltigem und entgastem Schlamm . . . . .	54		55
Abbild. 6, 7 und 8. Kläranlage Essen-Nordwest: Belegung der Schlammplätze . . . . .	56, 57, 58		55
Tabelle 10. Desgl., Veränderung des Schlammes durch die Drainierung . . . . .	61		62
„ 11. Desgl., 24stündige Drainwasserprobe in 8 Abschnitten . . . . .	63		62



### Einleitung.

Die Reinigung des Abwassers, die früher teils im Boden, teils in den natürlichen Gewässern ausschliesslich als „Selbstreinigung“ vor sich ging, muss man infolge des Anwachsens der Abwassermengen heute vielfach durch künstliche Mittel unterstützen. Die anzuwendende Art dieser Unterstützung richtet sich nach dem Grade der nötigen Hilfe. Die Mittel sind, nachdem man erkannt hat, dass die Anwendung von Chemikalien sich auf bestimmte Fälle beschränken muss, heute dieselben, die die Natur anwendet: Absetzbare Stoffe entfernt man durch Sedimentation (Klärung). Gelöste organische Stoffe mineralisiert man durch Lebensprozesse von Pflanzen und Tieren (biologische Abwasserreinigung). Die Klärung wird in Becken, Brunnen oder Türmen vorgenommen, in denen durch Verlangsamung der Strömung die absetzbaren Stoffe als Klärschlamm niedergeschlagen werden; die biologische Reinigung vollzieht sich entweder in Rieselfeldern, Bodenfiltern oder in aus aufgeschichtetem brockenförmigen Material erbauten biologischen Körpern. Fast stets geht der künstlichen Reinigung die Klärung voraus, um die Reinigungsvorrichtungen zu entlasten. Häufig kann man sich mit der Klärung allein begnügen und die weitere Reinigung dem Vorfluter überlassen.

Abwasser-  
behandlung.

Die Schwierigkeiten, mit denen man heute bei der Klärung von Abwässern zu kämpfen hat, liegen weniger in den Klärverfahren als in den Eigenschaften des Klärschlammes. Die aus dem Abwasser gewonnenen flüssigen Schlammmassen kann man zurzeit weder nutzbringend verwerten noch auf der Kläranlage lassen, und in der Regel auch nicht ohne grosse Kosten beseitigen.

Die Schlamm-  
frage.

In England, wo man bekanntlich wegen der geringen Wasserführung der Vorfluter zuerst im Grossen an die Abwasserreinigung herantreten musste und wo jede grössere Stadt eine Kläranlage besitzt,



ist die Schlammfrage äusserst dringend geworden. Kürzlich sagte der Herausgeber der Zeitschrift Surveyor<sup>1)</sup>:

The solution of the sludge problem is the most pressing question of the day and a little practical assistance in this direction from our scientists would be of much greater value than all the learned dissertations on theories and doctrines with which we have been favoured in recent years.

(Die Lösung der Schlammfrage ist die dringendste Frage der Gegenwart. Ein wenig praktische Hilfe von seiten unserer Wissenschaftler in dieser Richtung würde viel mehr Wert haben, als alle die gelehrten Abhandlungen über Theorien und Doktrinen, mit denen wir in den letzten Jahren beglückt worden sind.)

Aehnlich äussert sich der bekannte Fachmann Barwise<sup>2)</sup>.

Dass man auch in Deutschland schon seit längerer Zeit die Bedeutung dieser Frage erkannt hat, zeigen z. B. die Vorträge, die gelegentlich des 14. Internationalen Kongresses für Hygiene und Demographie zu Berlin gehalten worden sind. Dort sagt Stadtrat Metzger (Bromberg)<sup>3)</sup>:

„Die mannigfachen Versuche zur Reinigung städtischer Abwässer hätten bei der darauf verwandten intensiven Tätigkeit schneller zu besseren Ergebnissen geführt, als es tatsächlich geschehen ist, wenn der bei der Reinigung erzeugte Schlamm nicht überall als ein lästiger und die Erfolge beeinträchtigender Begleiter aufgetreten wäre. . . . In den meisten Städten . . . war die Beseitigung des Schlammes ein Schmerzenskind, und so manche Kläranlage hätte einen sehr viel besseren Eindruck gemacht, wenn nicht die zu Bergen aufgehäuften Schlammrückstände ein weithin wahrnehmbares abfälliges Urteil verbreitet hätten. Mit der Zeit sah man, dass alle Versuche zur Verwertung des Klärschlammes zu unbefriedigenden Resultaten führten.

Die Verwertung und Beseitigung des Schlammes ist von so grosser Bedeutung, dass eine Kläranlage nicht eher zur Ausführung kommen sollte, bis nicht alle, die spätere Behandlung des Schlammes betreffenden Fragen endgültig und unter Vermeidung der bekannten Uebelstände im Prinzip entschieden sind.“

Die Hauptschwierigkeit liegt in dem schwer zu beseitigenden

---

1) The Surveyor. 1909. Nr. 886. S. 27.

2) Sydney Barwise, Medical Officer of Health. The Sanitary record. 1909. S. 122.

3) Gesundheits-Ingenieur. 1908. Nr. 4. S. 50—53.

hohen Wassergehalt. Schlamm enthält nach dem Herausschaffen aus der Klärvorrichtung mindestens 70, meist 90 bis 95, zuweilen 99 v. H. Wasser und ist eine flüssige Masse. Jede Manipulation, sei sie auf Verwendung, Aufstapelung oder Beseitigung gerichtet, wird durch den Ballast von Wasser erschwert und verteuert.

## Die Trocknung des Klärschlammes.

### Notwendigkeit der Trocknung.

Der Wert des Schlammes steckt in den in ihm enthaltenen Zur Verwendung. organischen Substanzen. Diese sind bisher als Düngemittel, zur Gewinnung des darin enthaltenen Fettes und zur Hergabe ihres Heizwertes benutzt worden.

Die grösste Verbreitung hat die Benutzung des Düngewertes Düngewert. gefunden.

Bei kleinen, in landwirtschaftlicher Umgebung gelegenen Kläranlagen findet der Schlamm meist Abnehmer, und häufig gelingt es sogar, einen geringen Erlös zu erzielen, namentlich dort, wo sandiger trockener Boden vorhanden ist. Bei grösseren Städten aber nehmen die Landwirte nur in den seltensten Fällen den Schlamm dauernd in nassem Zustande. Meist verlangen sie ein stichfestes Produkt.

Wie grosse Schwierigkeiten die Unterbringung nassen Schlammes schon vor vielen Jahren machte, geht aus folgendem Beispiel hervor:

Die Stadt Edinburgh<sup>1)</sup> (Schottland) hat im Jahre 1892 an die Landwirte der Umgegend 1521 Rundschreiben verschickt, in denen Angebote für 51 900 tons, d. h. für die halbe Jahresmenge, eingefordert wurden.

Nur 47 Angebote wurden eingereicht, und zwar alle mit der Bedingung, dass die Stadt sich zur Zahlung der Beförderungskosten, in einigen Fällen sogar noch zur Zahlung eines bestimmten Zuschusses für die Tonne an die Abnehmer verpflichten solle.

Aehnlich erging es fast allen andern Grosstädten, die kein für Rieselfelder geeignetes Terrain besaßen. Die Landwirte nahmen den nassen Schlamm nicht ab oder verlangten Ersatz aller Kosten.

Trockener Schlamm lässt sich schon eher als Dünger absetzen, doch übersteigen meist die Kosten den Erlös. Allerdings fehlt es auch nicht an Ausnahmen. So soll z. B. in Kingston on Thames<sup>2)</sup> (bei

1) Zentralblatt der Bauverwaltung. 1892. Nr. 22. S. 240.

2) Douglas, Sanitary Record. Bd. 40. Nr. 975. S. 424.



London) der nach dem A. B. C.-Prozess (alum, blood, coal) gefällte und dann durch Hitze getrocknete Schlamm als „native guano“ zu rund 70 M. pro 1000 kg verkauft werden, eine Zahl, die gegen alle andern Angaben eigentümlich absticht.

Charlottenburg<sup>1)</sup>, das auf den bei Gatow gelegenen Rieselfeldern jährlich rund 18070 cbm stichfesten Schlamm gewinnt, erzielt nur 30 Pf. pro cbm. Mehr wie 50 Pfg. wird selten gezahlt und meist nur in den ersten Jahren des Bestehens der Anlage. Sobald die Landwirte wissen, dass die Kläranlage den Schlamm los werden muss, wird überhaupt nichts mehr geboten oder sogar noch Zuzahlung verlangt.

So hat z. B. Frankfurt a. M. die grössten Schwierigkeiten gehabt, selbst den stichfesten Schlamm los zu werden. Die grösseren Abnehmer verlangten Fuhrkosten und Stellung von Arbeitern zum Auf- und Abladen.

In Kassel<sup>2)</sup> wird der mit Kehrriecht kompostierte Schlamm kostenlos abgegeben.

Auch Leipzig<sup>3)</sup>, das einen mit Eisensalzen gefällten Schlamm produziert, der verhältnismässig billig zu trocknen ist, und das sogar für die Fuhre 50 Pf., von Ratspächtern 25 Pf. erhält (bei Selbstaufladen 25 Pf. weniger), hat für das Ausfahren trockenen Schlammes aus seinen Lagerplätzen bezahlt und für den trockenen Schlamm eingenommen<sup>4)</sup>:

Im Jahre	für Ausfahren bezahlt	für Schlamm und Rechen- rückstände eingenommen
1905	23 149,22 M.	112,20 M.
1906	30 982,15 „	323,00 „
1907	30 708,56 „	342,00 „

Da die Ausgaben für das Ausfahren aus den Trockenplätzen nur einen Teil der Aufwendungen, die für den Schlamm gemacht wurden, darstellen — es kommen u. a. noch dazu: Herrichtung und Unterhaltung der Trockenplätze, Bau einer Verladevorrichtung, die im Etat von 1905 mit 10435,64 M. figurirt, sowie Verzinsung und Amortisation

1) Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Salomon, Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland. Bd. II. S. 186 ff.

2) Stadtbaurat Höpfner und Dr. Paulmann, Die Schmutzwasserreinigungsanlage der Stadt Kassel. Vierteljahrsschrift für gerichtl. Medizin und öffentliches Sanitätswesen. 1900.

3) Besichtigt 7. 12. 1908.

4) Verwaltungsberichte der Stadt Leipzig.



— so zeigt dieses Beispiel, wie wenig auf Erlös aus dem Düngewert des Schlammes gerechnet werden kann.

Eine der Hauptschwierigkeiten, die der Unterbringung des Schlammes in der Landwirtschaft im Wege stehen, liegt darin, dass Dünger meist nur im Winterhalbjahr gebraucht wird. Wenn es daher gelang, aus dem Schlamm ein haltbares Düngemittel herzustellen, so war die Möglichkeit des Absatzes grösser. Die Stadt Frankfurt a. M. hat in dieser Richtung ebenfalls Versuche angestellt und zur Feststellung der Kosten des Verfahrens eine Zeitlang Poudrette fabriziert. Dazu war ebenfalls zunächst Trocknung nötig. Es stellte sich aber heraus, dass selbst bei glattem Verkaufe zu Marktpreisen die Fabrikation einen jährlichen Zuschuss von 300 000 M. erfordert hätte.

Dass die Landwirte nur ungern ihre Felder dauernd mit frischem Klärschlamm düngen, hat seinen Grund in den verschiedenen daraus entstehenden Uebelständen. Zuweilen begünstigt er die Entstehung von Ungeziefer, sehr häufig enthält er keimfähigen Unkrautsamen und stets viel Fett und Zellulose. Letztere Stoffe verschlickten, wie vielfach festgestellt ist, den Boden.<sup>1)</sup> Die Bemühungen der Technik gingen deshalb dahin, diese Stoffe auszuscheiden und zu zerstören oder auch zu gewinnen, wenigstens soweit es das Fett betrifft.

Klärschlamm enthält Fett in wechselnden Mengen. Es gelangt durch Spülwässer oder sonstige häusliche Abgänge, durch Schlachthofwässer und durch seifenhaltige Wässer in das Abwasser und dadurch zum Teil auch in den Schlamm. Auf Trockensubstanz berechnet fanden sich in Lüttich<sup>2)</sup> 18 v. H., in Kassel<sup>3)</sup> 15 v. H., in Frankfurt<sup>4)</sup> 16,71 v. H., in Harburg<sup>5)</sup> 14,2 v. H. in Rohschlamm, 8,5 v. H. in zentrifugiertem Schlamm<sup>6)</sup>.

Verwertung des  
Fettes.

1) Dr. L. Haack, Berlin, Verwertung und Beseitigung des Klärschlammes aus den Reinigungsanlagen städtischer Abwässer. Gesundheitsingenieur. 1908. S. 53.

2) Dr. Lacomble, Le sort des matières grasses etc. Revue de l'hygiène et de police sanitaire. 28. No. 10.

3) Stadtbaurat Höpfner und Dr. Paulmann, Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin. Verlag von Aug. Hirschwald. Heft 1.

4) Dr. Bechold und Dr. Voss, Zur Fettgewinnung aus Abwässern. Zeitschr. f. angew. Chemie. 1908. S. 1318.

5) Regierungsbaumeister Reichle und Prof. Dr. Thiesing, Versuche mit dem Schlamm schleuderapparat Schäfer - ter Meer. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüf.-Anst. f. Wasservers. usw. Heft 10. S. 190.

6) Desgleichen. S. 194.

Es ist bis jetzt nicht gelungen, durch Fettgewinnung aus dem Klärschlamm Nutzen zu ziehen. Der hohe Wassergehalt verursachte zu grosse Kosten. Bekannt ist der Versuch in Kassel. Dort wurde mit einem Kostenaufwande von 200 000 M. eine Extraktionsanlage gebaut, in der aus dem, in Filterpressen von der grössten Wassermenge befreiten Schlamm Fett durch Benzin gewonnen wurde, während die Rückstände als Düngemittel verwendet wurden. Es sollten aus 50 cbm Nassschlamm 5 cbm Trockenschlamm und aus diesem 750 kg Rohfett und 4885 kg Düngeschlamm gewonnen werden. Letzterer wurde mit 3 M. für 100 kg = 146,55 M. berechnet. Aus dem Rohfett ergaben sich 450 kg Reinfett, die mit 45 M. für 100 kg = 202,50 M., und 225 kg Goudron, die mit 2 M. für 100 kg berechnet wurden. Die rechnerische Gesamteinnahme betrug demnach 353,55 M. aus 50 cbm Nassschlamm. Trotzdem überschritten die Kosten den Erlös und die Anlage wurde stillgelegt und abgebrochen. Einen Teil der Schuld an dem Misserfolg soll ausser den hohen Kosten, die die Trocknung verursachte, der Umstand gehabt haben, dass das gewonnene Fett infolge des schwer zu beseitigenden unangenehmen Geruchs schlecht verkäuflich war.

In Frankfurt haben Bechold und Voss<sup>1)</sup> die Frage der Fettgewinnung eingehend studiert und viele Versuche gemacht. Sie umgehen die kostspielige Trocknung und extrahieren den nassen Schlamm nach Ansäuern und Erwärmen auf 60 bis 70 Grad mit Benzin. Ausser der Versuchsanlage, die gute Resultate ergeben haben soll, ist das Verfahren bis jetzt noch nicht ausgeführt.

Ferner sollen zurzeit in Oldham bei Manchester Versuche unter Leitung von Dr. Grossmann angestellt werden, die die Brauchbarkeit seines Verfahrens, Fett aus Schlamm mit Hilfe von Wasserdampf überzudestillieren, beweisen sollen. Das Verfahren von Dr. Grosse-Bohle [Cöln]<sup>2)</sup>, nach dem Schlamm auf 50° erhitzt und aus dem entstehenden Schaume Fett gewonnen wird, ist ebenfalls noch nicht im Grossen erfolgreich gewesen.

Wenn eine Substanz 15 v. H. Fett enthält, wie es nach den oben erwähnten Analysenzahlen bei der Trockensubstanz des frischen Schlammes der Fall ist, so scheint die Gewinnbarkeit gesichert. Da aber dieser Schlamm 90—95 v. H. Wasser enthält, ermässigen sich

---

1) l. c. (vorige Seite, Anm. 4).

2) Hofrat Dr. Friedrich, Kulturtechnischer Wasserbau. 2. Aufl. Bd. II. S. 482.



die Zahlen, auf das nasse Ausgangsmaterial berechnet, recht bedeutend. 15 v. H. Fett in der Trockensubstanz sind nur 1,5 v. H. in einem Schlamm von 90 v. H. Wasser, und 8,5 v. H. (geschleuderter Schlamm von Harburg) sind nur 2,34 v. H. in einem Schlamm von 72,5 v. H. Feuchtigkeit. Das Wasser ist also auch hier das Haupthindernis der Verwertung. Die Aussicht auf Ausnutzung des Fettgehaltes würde daher durch ein billiges Trockenverfahren sehr vergrössert.

Unbedingt notwendig ist die Trocknung des Schlammes, wenn man den Heizwert nutzbar machen will. Man ist auf zwei Wegen an diese Aufgabe herangetreten: durch direkte Verbrennung und durch Vergasung. Klärschlamm ohne Zusätze ist selten brennbar, selbst wenn er weitgehend vorgetrocknet ist. Die bis jetzt vorliegenden Versuche und ausgeführten Anlagen behandeln ausnahmslos Gemische mit Müll, oder einen Schlamm, der durch Fällung mit brennbaren Stoffen (Kohle, Torf) entstanden ist. In Köpenick<sup>1)</sup> und Potsdam<sup>2)</sup> wird der nach dem Verfahren von Degener gewonnene Kohlebrei-klärschlamm (gemahlene Braunkohle und schwefelsaure Tonerde werden mit dem zu klärenden Abwasser innig gemischt) verwandt. In Köpenick geschieht die Vortrocknung zunächst in den Absatzbecken, die weitere Trocknung nach dem Herausschaffen unter einem grossen Schuppen und schliesslich auf den Schüttöffnungen der Oefen. Die erzeugte Wärme wird auf dem Umwege über Dampf in Elektrizität umgewandelt. In Potsdam wird in Türmen geklärt (Verfahren Rothe-Degener) und der gefällte Schlamm wird in Filterpressen entwässert, brikettiert und teils als Brennstoff verkauft, teils im Elektrizitätswerk in ähnlicher Weise wie in Köpenick verfeuert. In beiden Anlagen wird dem Schlamm noch Kohle zugesetzt.

Nutzbarmachung  
des Heizwertes.

Ueber die Heizwertgewinnung solchen Kohlebreischlammes sind mehrfach Versuche angestellt, z. B. von Heine<sup>3)</sup> in der Zentrale der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft zu Berlin, und von Schury und Bujard<sup>4)</sup> (Torfbreiklärschlamm), die günstige Resultate gezeigt haben.

1) Besichtigt 9. 5. 1908. Siehe auch Dr.-Ing. Bruno Heine, Das Kanalisationswerk der Stadt Cöpenick. Gesundheit 1909. No. 19, 23.

2) Besichtigt 8. 5. 1908 und 28. 11. 1908.

3) Dipl.-Ing. Bruno Heine, Ueber die Erzeugung elektrischer Energie mit Hilfe von Kanalisationsklärschlamm. Dissertation. Techn. Hochschule, Berlin.

4) Regierungsbaumeister Schury und Dr. Bujard, Torfbreiklärschlammversuch der Stadt Stuttgart in der Kohlebreikläranlage zu Tegel. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüf.-Anst. f. Wasservers. usw. H. 8. S. 143.



Ueber die Schlammverwertung durch Vergasung haben u. a. Göhring<sup>1)</sup> sowie Reichle und Dost<sup>2)</sup> Versuche veröffentlicht. Solche sind ferner z. B. in Manchester<sup>3)</sup> gemacht worden. Anlagen in grossem Masstabe sind nach diesem Verfahren noch nicht betrieben worden<sup>4)</sup>.

An verschiedenen Orten wird Klärschlamm mit Müll gemischt und verbrannt, wie in Bury<sup>5)</sup>, wo der in Filterpressen entwässerte Schlamm im Verhältnis von 1:2 mit städtischem Müll in Horsfall-öfen verfeuert wird, ferner in Hyde<sup>6)</sup>. Eine grosse derartige Anlage ist neuerdings in Frankfurt a. M. gebaut worden; doch scheint das Verfahren nicht billig zu sein. Schon im Voranschlage wurde mit einem Betriebsdefizit von jährlich 74 000 M. gerechnet<sup>7)</sup>, wobei noch die gegen früher entstehenden Minderausgaben für Schlamm (27 500 M.) als Einnahmen verrechnet sind. In Pforzheim<sup>8)</sup> ist ebenfalls die Verbrennung des Klärschlammes vorgesehen.

Die Vorteile dieses Verfahrens sind unverkennbar. Man ist nicht mehr auf den guten Willen der Landwirte als Abnehmer angewiesen. Die Beseitigung des Schlammes ist gesichert und die Schlammplage damit überwunden. Zudem wird kein Verfahren besser den Ansprüchen der Hygiene gerecht. Die allgemeine Anwendung scheidet aber leider an den Kosten der Trocknung. Mehr noch als bei den anderen Arten der Verwertung zeigt es sich hier, dass die Schlammfrage die Frage der Trocknung ist.

---

1) C. F. Göhring, Beiträge zur Reinigung von städtischem und Fabrikabwasser. Leipzig 1904.

2) Regierungsbaumeister Reichle und Dr. Dost, Ueber Schlammverwertung durch Vergasung, insbesondere beim Rothe-Degenerschen Kohlebreiverfahren. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasservers. u. Abwässerbes. H. 8. S. 146.

3) Baurat Bredtschneider und Dr. Thumm, Die Abwasserreinigung in England. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüf.-Anst. f. Wasservers. usw. H. 3. S. 93.

4) Aufsätze über Schlammverbrennung und Vergasung siehe R. Frank, Vergasung von Abwasserklärschlamm. Gesundheits-Ingenieur 1907. S. 465 und Koschmieder, Techn. Gemeindeblatt 1905. No. 19.

5) Dr.-Ing. Schiele, Abwasserbeseitigung von Gewerben etc. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüf.-Anst. f. Wasservers. usw. H. 11. S. 172.

6) Derselbe, Ebendasselbst. S. 781.

7) Stadtrat Kölle und Stadtbauinspektor Uhlfelder, Denkschrift über den Bau einer Müllverbrennungsanstalt zur Unschädlichmachung der Hausabfälle und des Klärbeckenschlammes in Frankfurt a. M. S. 25.

8) Stadtbaumeister Herzberger und Dipl.-Ing. Morave, Projekt einer Müllverbrennungsanstalt mit Klärschlamm-trocknung für die Stadt Pforzheim. Gesundheits-Ing. 1907. No. 40. S. 649.

Solange man für die Trocknung hohe Aufwendungen machen muss, kann man die Verbrennung statt zu den Arten der Schlammverwertung auch zu denen der Beseitigung unter Verzicht auf Gewinn rechnen, und von diesen ist sie dann sogar die teuerste. Nach den Berechnungen der Königlichen englischen Abwasserkommission [Royal Commission on Sewage Disposal<sup>1)</sup>] kostet das Entwässern und Verbrennen schätzungsweise 1,50 M. pro 1015 kg nassen Schlammes, während das Versenken ins Meer nur rund 0,15 M. kostet, sobald die Distanzen nicht zu gross sind. Diese Methode wird u. A. in London [Barking und Crossness<sup>2)</sup>] und in Manchester<sup>3)</sup> und Salford<sup>4)</sup> angewandt und ist für mehrere andere Orte, z. B. Belfast, vorgeschlagen. Für sie kommen alle solche Städte in Betracht, die nicht direkt an der See liegen (denn diese schicken, wie z. B. Kopenhagen, ihre Abwässer wenn irgend möglich ungereinigt ins Meer), aber doch in nicht zu grosser Entfernung von der See an einem Wasserwege, da sonst die Frachten zu teuer werden. Die Entfernungen betragen bei London rund 100 km, bei Manchester und Salford 80 km. London besitzt eine ganze Flottille von Schlamm dampfern, von denen jeder 1000 t fasst und 600 000 M. kostet, ausserdem grosse eiserne Tanks auf der Anlage, in denen der Schlamm jedesmal bis zur Wiederankunft der Dampfer aufbewahrt wird. Manchester und Salford haben je einen Dampfer. Wöchentlich werden durchschnittlich drei Fahrten gemacht. Ein 600 t-Dampfer kostete im Jahre 1895 für Salford 240 000 M. Die Beseitigung kostete dort etwa 80 Pf. pro Tonne (1015 kg) nassen Schlammes, in Manchester<sup>5)</sup> im Jahre 1902 bis 1903 78 Pf.

Beseitigung.

Versenken in die See.

Wie sehr man durch Entfernung eines Teiles des Wassergehaltes die Kosten jeder Art von Beseitigung, die mit Transport verbunden ist, herabdrücken könnte, geht aus folgender Ueberlegung hervor: Lässt sich der Wassergehalt von 95 v. H. auf 90 v. H. vermindern, so kommen auf 1 Teil der den Schlamm bildenden Trockensubstanz nur noch 9 Teile Wasser, statt vorher 19 Teile. Man hat dann nur

Einfluss der Trocknung auf die Kosten der Beseitigung.

1) Royal Commission on Sewage Disposal, 5 Report, London 1908, Wyman and Sons Ltd.

2) Besichtigt Mai 1907.

3) Besichtigt 14. 9. 1909.

4) Besichtigt 14. 9. 1909.

5) G. Ashton (Manchester), Disposal and utilisation of sewage sludge Surveyor 1904. S. 320.



noch die Hälfte der ursprünglichen Menge zu befördern, bei 80 v. H. nur noch ein Viertel, bei 70 v. H. ein Sechstel, bei 60 v. H. ein Achtel, bei 50 v. H. ein Zehntel. Da ausserdem der frische Schlamm schon bei rd. 70 v. H., Faulraumschlamm bei rd. 60 v. H. diejenige Konsistenz zu erreichen pflegt, die man als „stichfest“ bezeichnet, so bietet die Trocknung bis zu dieser Grenze noch den grossen Vorteil, dass man ihn wie feuchte Erde hantieren und ihn mit beliebigem Fuhrwerk verfrachten kann.

Abladen auf dem  
Lande.

Nötig ist die Trocknung in der Regel, wenn nicht die See, sondern Vertiefungen auf dem Lande als Abladestelle benutzt werden, einerseits wegen Verminderung der Transportkosten, die auf dem Landwege ein Vielfaches von denen der Wasserwegbeförderung betragen, andererseits aber, um die durch den aufgestapelten Schlamm entstehenden Geruchsbelästigungen zu vermeiden. Nasser Schlamm, namentlich solcher, wie er in Absitzbecken anfällt, bereitet nach kurzer Zeit einen unerträglichen, auf weite Entfernungen wahrnehmbaren Geruch. Durch Trocknung bis zur Stichfestigkeit kann man auch diesen Uebelstand wirksam bekämpfen.

So beseitigt z. B. Hannover den in seiner neuen Anlage<sup>1)</sup> gewonnenen Schlamm nach Entwässerung in Zentrifugen.

Die Trocknung des Klärschlammes ist also nötig zur Verbilligung des Transportes und zur Nutzbarmachung des Heizwertes. Sie ermöglicht in vielen Fällen die Benutzung des Düngewertes. Alle Belästigungen und Kosten, die durch den Schlamm entstehen, würden auf das geringste Mass vermindert, wenn man statt der flüssigen Massen ein trockenes Produkt hätte. Die Schlammfrage ist also in der Hauptsache eine Frage der Trocknung. Der Klärschlamm setzt aber der Trocknung einen grossen Widerstand entgegen.

---

1) Besichtigt 18. 11. 1907, 6. 5. 1908 und 21. 11. 1908.



## Die Verfahren zur Trocknung der verschiedenen Arten des Klärschlammes.

Die verschiedenen Klärverfahren erzeugen verschiedene Arten von Schlamm. Diese weisen in ihren Eigenschaften, namentlich aber in Bezug auf ihre Trockenbarkeit, wesentliche Unterschiede auf.

Einteilung der Klärverfahren.

Mit Rücksicht auf den Endzustand von Wasser und Schlamm kann man die mechanischen Klärverfahren einteilen in Frischverfahren und Faulverfahren. Bei ersteren wird das Eintreten von Fäulnis vermieden, um das Abwasser frisch zu erhalten; bei letzteren gefördert, um den Schlamm zur Fäulnis zu bringen. Zwischen beiden stehen das Emscherbrunnenverfahren und ähnliche Verfahren, bei denen das Abwasser frisch erhalten, der Schlamm aber einer weitgehenden Zersetzung unterworfen wird.

### Die Trocknung des frischen Schlammes.

Die zu den Frischverfahren (Absatz- und Fällungsverfahren) benutzten Vorrichtungen sind im wesentlichen Erweiterungen des Kanalquerschnittes, durch die die Strömung verlangsamt wird. Den absetzbaren Stoffen wird dadurch Gelegenheit gegeben, sich abzulagern. Die Vorrichtungen werden in Form von Becken (horizontale Wasserbewegung) oder von Brunnen oder Türmen (vertikale Wasserbewegung) ausgeführt. Die Durchflusszeit des Wassers beträgt in der Regel eine bis vier Stunden. Der Schlamm, der sich infolge seiner Schwere absetzt (Absatzverfahren), oder dessen Abscheidung durch, dem Abwasser in Mischvorrichtungen zugesetzte Chemikalien, die flockige Niederschläge erzeugen, beschleunigt und vermehrt wird (Fällungsverfahren), wird vor Eintreten von Fäulnis herausgeschafft. Becken werden dazu meist gänzlich entleert. Brunnen und Türme sind häufig so eingerichtet, dass der Schlamm ohne Unterbrechung des Betriebes unter Wasser durch Pumpen oder Vakuumkessel entfernt werden kann.

Entstehung.

Der frische Schlamm ist gekennzeichnet durch einen sehr hohen Wassergehalt. Im Durchschnitt beträgt dieser 90 bis 95 v. H. nach den übereinstimmenden Angaben von Bredtschneider und Thumm<sup>1)</sup>,

Eigenschaften des frischen Schlammes.

1) Die Abwasserreinigung in England. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüf.-Anst. f. Wasservers. usw. Heft 3.

Imhoff<sup>1)</sup>, Dunbar<sup>2)</sup> und von Schiele<sup>3)</sup>. Veröffentlichungen über die Untersuchung von Schlamm einzelner Anlagen bestätigen diese Angaben. So fand in Köln Grosse-Bohle<sup>4)</sup> zwischen 91,34 und 95,57 v. H., in Frankfurt a. M. Tillmans<sup>5)</sup> im Mittel 91,07 v. H. Weniger wie 90 v. H. habe ich nirgendwo gefunden, häufig dagegen mehr, bis 96 v. H. Hönig<sup>6)</sup> fand in Brünn merkwürdigerweise sogar Schlamm mit 99 v. H. Wasser.

Infolge dieses hohen Wassergehaltes ist der frische Schlamm der städtischen Abwässer eine recht dünnflüssige Masse. Er lässt sich meist nach mehrtägigem Stehen, bei dem er an seiner Oberfläche trübes Wasser absetzt, weiter konzentrieren; doch gelingt es selten, seinen Wassergehalt dadurch wesentlich unter 90 v. H. herabzudrücken. Seine 5 bis 10 v. H. Trockensubstanz bestehen in der Regel zu mehr als der Hälfte aus organischen Stoffen. Diese sind der Fäulnis leicht zugänglich und verleihen ihm seinen charakteristischen, undefinierbaren, durchdringenden Geruch. Wegen der, durch diesen Geruch entstehenden Belästigungen verbietet sich überall dort, wo die Bebauung in die Nähe der Kläranlage vorgedrungen ist, die Aufbewahrung und weitere Behandlung auf der Anlage. Häufig hat man deswegen die Kläranlagen in weit vom Entstehungsorte des Abwassers entfernte Gegenden legen müssen, und wo dies aus irgendwelchen Gründen nicht geschah, haben die Anwohner die grössten Schwierigkeiten gemacht. In Braunschweig<sup>7)</sup> z. B. musste infolgedessen der Betrieb einer Kläranlage, die frischen Schlamm produzierte und ihn an Ort und Stelle trocknen wollte, aufgegeben werden. Dort reinigt man seitdem das Abwasser auf Rieselfeldern.

In Frankfurt a. M.<sup>8)</sup> bekämpfte man die aus den Schlamm-lagern aufsteigenden Gerüche durch Aufspritzen teerig riechender, schwimmender Oele (Facilol und Belloform) und bedeckte ausserdem die Oberfläche mit Torf.

1) Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Imhoff, Die biologische Abwasserreinigung in Deutschland. Mitteil. a. d. Kgl. Prüf.-Anst. f. Wasservers. usw. H. 7.

2) Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage.

3) Abwasserbeseitigung von Gewerben etc. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüf.-Anst. f. Wasservers. usw. Heft 13.

4) Die Probkläranlage zu Köln-Niehl. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüf.-Anst. f. Wasservers. usw. Heft 4.

5) Die Kläranlage in Frankfurt a. M. Wasser und Abwasser. Bd. I. S. 320.

6) Gewinnung und Verwertung von städtischem Klärschlamm. Gesundheits-Ingenieur. 1910. Nr. 1 und 2.

7) Salomon, Die städtische Abwasserbeseitigung in Deutschland. Bd. II. S. 21.

8) Besichtigt 7. 12. 1908.



An anderen Orten, z. B. in Remscheid<sup>1)</sup>, Langensalza und Aschersleben<sup>2)</sup> (Klärbrunnen System Mairich) hat man die Geruchsplage dadurch einzuschränken versucht, dass man die Schlammplätze auf Anhöhen legte und mit beträchtlichen Kosten den Schlamm hinaufpumpte. Man erreichte dadurch, dass der Geruch durch den Wind zerteilt wurde.

Die mit dem frischen Schlamm verbundenen Unannehmlichkeiten machen sich deswegen so fühlbar, weil er in sehr grossen Mengen anfällt. Nach Imhoff<sup>3)</sup> entstehen bei Anlagen grosser Städte, die nach dem Absitzverfahren arbeiten, pro Einwohner und Tag 1,2 Liter Schlamm von 95 v. H. Wasser. Für eine Stadt von 100000 Einwohnern ergibt das im Jahre 43000 cbm Schlamm, für deren Unterbringung gesorgt werden muss.

Mengen des frischen Schlammes.

Wie oben gezeigt, ist die Trocknung und die damit erreichte Volumenverminderung fast stets die Vorbedingung für die Unterbringung. Der frische Schlamm setzt aber allen Versuchen, ihn zu trocknen, einen hartnäckigen Widerstand entgegen. Die Hauptschwierigkeit liegt in der Ueberwindung der wasserbindenden Kraft der kolloidalen Substanzen. Solche sind sowohl in Form von Hydrosolen wie von Hydrogelen vorhanden. Nach van Bemmelen<sup>4, 5)</sup> sind Gele Niederschlagsmembranen, die ein Maschenwerk von amorph zusammenhängenden Teilen bilden, die mit einer absorbierten Flüssigkeit aufgequollen sind. Die Struktur solcher „Micellen“ wird von Bütschli<sup>6)</sup> als eine wabige betrachtet. Die Annahme einer ungeheuer vergrösserten Oberfläche würde das namentlich dem frischen Schlamm eigene zähe Festhalten des Wassers am besten erklären.

Trocknung.

Die Schwierigkeiten, die sich bei der Trocknung des Schlammes ergaben, und die mannigfachen Hoffnungen, die auf die Trocknung gesetzt wurden, haben die Ausbildung der verschiedensten Verfahren gezeitigt.

Lufttrocknung. In den Absitzbecken selbst.

Die primitivste Art der Trocknung, das einfache Liegenlassen in

1) Besichtigt 27. 8. 1908.

2) Besichtigt 4. 12. 1908.

3) Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Imhoff, Die biologische Abwasserreinigung in Deutschland. Mitteil. a. d. Kgl. Prüf.-Anst. f. Wasservers. usw. H. 7.

4) Dr. Victor Pöschl, Einführung in die Kolloidchemie. Dresden. 1908.

5) van Bemmelen, Die Absorption; Bildung und Struktur des Gels. Zeitschrift f. anorg. Chemie. Bd. 18.

6) Bütschli, Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig. 1892. Siehe auch Zeitschr. f. anorg. Chemie. 23. S. 326.



den bei intermittierendem Klärbetriebe ausgeschalteten Becken ist z. B. in Königsberg<sup>1)</sup> auf den Riesefeldern versucht worden, wo eine Geruchsentwicklung durch Fäulnis nicht schadete. Dort verfuhr man so, dass man zwei zur Vorklärung für die Riesfelder dienende Absatzbecken, die wechselweise bis zur Füllung mit Schlamm in Betrieb blieben, gleich als Trockenbecken benutzte, da die Landwirte den nassen Schlamm nicht einmal unentgeltlich abfahren wollten. Es zeigte sich indes bald, dass dieses Verfahren nicht zum Ziele führte. Der Schlamm wurde, wie zu erwarten stand, meist nicht rechtzeitig stichfest, so dass für die Abfuhr des nassen Schlammes erhebliche Kosten entstanden.

In Köpenick<sup>2)</sup> bei Berlin ist dasselbe Trockenverfahren indes seit Jahren erfolgreich im Betrieb. Der Schlamm, der durch Fällung mit grossen Mengen Braunkohle unter Zusatz von Aluminiumsulfat entstanden ist, ist aber in bezug auf seine physikalischen Eigenschaften mit gewöhnlichem Sedimentierschlamm nicht zu vergleichen.

In besonderen  
Becken.

An anderen Orten, früher in Braunschweig, Kassel, Frankfurt und jetzt noch in Wimbledon und Huddersfield<sup>3)</sup> (England), Essen, Remscheid und Elberfeld-Barmen und neuerdings wieder in verschiedenen englischen Anlagen, z. B. in Birmingham, verwendet man besondere Becken, teils mit gemauerten bzw. gepflasterten Wänden, teils einfache Erdbecken. In Kassel wurden diese Vorrichtungen beseitigt, weil der Schlamm nicht stichfest wurde, in Braunschweig<sup>4)</sup> wegen der Geruchsbelästigungen. Ueber Wimbledon schreibt Dunbar<sup>5)</sup>: „Das Wasser lässt sich von solchem Schlamm nur sehr schwer trennen. Alle Versuche, ihn zu drainieren, sind gescheitert. Lässt man ihn in offenen Becken mit poröser Unterlage stehen, so dauert es oft monatelang, bis er so fest wird, dass man ihn mittels Schaufeln aufnehmen kann. Jeder Regen verleiht ihm von neuem seinen ursprünglichen Charakter. In Wimbledon z. B. stellte er nach sechsmonatiger Behandlung noch eine dickflüssige Masse von höchst offensivem Charakter und 77,5 v. H. Wassergehalt dar. Lagert man diese Schlammmasse, wie es vielfach in England geschieht, in Schlammteichen (lagoons), so wird die ganze Umgebung in unerträglicher Weise dadurch verpestet.“

1) Salomon, Die Abwässerbeseitigung in Deutschland. Bd. II. S. 696.

2) Besichtigt 9. 5. 1908.

3) Besichtigt 13. 9. 1909.

4) Städtische Festschrift für die Teilnehmer an der Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte, Braunschweig 1898. Ref. Salomon. Bd. II. S. 21.

5) Prof. Dr. Dunbar, Leitfäden f. d. Abwasserreinigungsfrage. S. 376.

In Essen liegt der durch Klärung mit Kalkzusatz in Rothe-Röckner-Türmen erhaltene Schlamm in riesigen Erdbecken und fault dort langsam aus. Das sich dabei oben absetzende Wasser kann durch eine Vorrichtung abgezogen werden. Geruchsbelästigungen ergeben sich hier in ausnahmsweise geringem Masse, da der Schwefelwasserstoff durch Eisen gebunden wird. Auch diese Anlage wird demnächst beseitigt werden.

In Frankfurt war das Verfahren nahezu dasselbe. Als man sah, dass man es wegen der grossen Kosten und Uebelstände nicht beibehalten konnte, ging man zur maschinellen Trocknung über.

In Elberfeld-Barmen<sup>1)</sup> hat man bei der neuen Kläranlage trotz der überall mit dieser Art von Trocknung gemachten schlechten Erfahrungen auf dieses Verfahren zurückgegriffen und hat riesige Becken, deren Zahl nach einem Betriebsjahre noch vergrössert werden musste, angelegt und pumpt den frischen Klärschlamm hinein. Wie zu erwarten stand, dauert es auch hier sehr lange, bis der Schlamm stichfest wird. Er geht dabei in Fäulnis über.

Weitere Beispiele bilden die Schlammplätze der Mairichschen Brunnenanlagen. In Remscheid bestehen zwei solcher Anlagen. Bei der einen von diesen ist versucht, den Schlamm in 1 m tiefen Becken, die durch aus Schotter bestehende Wände drainieren sollen, zu trocknen. Bis zum September 1908 war nach 2jährigem Betriebe noch in keinem der Becken der Schlamm stichfest geworden. Bei der andern Anlage wollte man ihn durch Faschinen drainieren. Dabei erfuhr man, dass der angefaulte Schlamm bei dichten Faschinen überhaupt kein Wasser durch diese abgibt, bei lockerem Flechtwerk einfach durchläuft.

Schneller und ohne erhebliche Faulung trocknet der frische Schlamm, wenn man ihn in dünnen Schichten ausbreitet.

Ausbreiten in  
dünnen  
Schichten.

Darauf gründet sich ein Verfahren, welches dort, wo die nötigen Flächen zur Verfügung stehen und wo der Schlammgeruch keine Belästigungen hervorruft, mit gutem Erfolg angewendet wird. Man breitet den Schlamm auf einen wenn möglich sandigen Boden aus. Dort trocknet er je nach Zustand und Witterung in einigen Tagen oder Wochen und kann dann entweder untergegraben oder abgehoben werden. Dieses Verfahren findet mit Vorteil hauptsächlich, wie z. B. in Charlottenburg, für den auf den Rieselfeldern aus der Vorklärung gewonnenen Schlamm Verwendung.

In Deutschland ist es ausser auf mehreren Rieselfeldern z. B.

1) Besichtigt April 1908.



auch noch in Mannheim in Betrieb. Dass es dort jedoch auch nicht ganz billig ist, geht daraus hervor, dass für das Jahr 1906 die Klärung der täglich zufließenden 35 000 cbm Wasser mit 10 633 M., die Beseitigung der täglich erhaltenen 70—80 cbm Schlamm dagegen mit 23 410 M., also mit mehr als der doppelten Summe veranschlagt war, obwohl die zur Trocknung dienenden Flächen sich in der Nähe der Anlage befinden.

Aehnliche Versuche, den Schlamm durch Verrieseln auf Felder zu trocknen, sind in Birmingham in den letzten Jahren gemacht worden. Sie haben dort ergeben, dass der Schlamm zwar mit der Zeit trocknet, dass aber so grosse Flächen gebraucht werden, dass das Verfahren dort nicht durchführbar ist.

Durch Untergraben.

Ein Verfahren, bei dem der Schlamm gleichzeitig getrocknet und beseitigt wird, die sogenannte Grabenmethode, ist in England viel in Gebrauch. Der Schlamm wird nicht auf die Flächen selbst geleitet, sondern in frisch ausgehobene, trockene Gräben gepumpt, in denen dann ein erheblich höherer Prozentsatz des Wassers von dem aufgelockerten Boden aufgesogen wird; sobald der Schlamm so fest geworden ist, dass er aufgeworfene Erde tragen kann, werden die Gräben mit dem ausgehobenen Erdreich zugeschüttet. Hat man einen unter Wasser ausgefaulten Schlamm verwendet, so soll man nach Angabe von Travis<sup>1)</sup> unbedenklich alle drei Jahre dasselbe Terrain benutzen können, wie das in Hampton<sup>2)</sup> und Birmingham<sup>3)</sup> geschieht. Bei frischem Schlamm jedoch und namentlich bei chemisch gefällttem Schlamm ist es, wie die Erfahrungen in Birmingham und Versuche der Emschergerossenschaft dargetan haben, nicht angängig, da er den Boden, in den er eingegraben ist, undurchlässig macht. In Birmingham sah Dunbar<sup>4)</sup> Kalkschlammproben, die mehr als 20 Jahre zuvor eingegraben waren und die noch den ursprünglichen Fäkalgeruch aufwiesen und fest wie blauer Ton waren. Versuchsweise in Recklinghausen untergegrabener, nur angefaulter Schlamm wies noch nach einem Jahre seinen ursprünglichen Geruch auf, war klebrig und schleimig, während ausgefaulter Schlamm von Humus nicht zu unterscheiden war.

1) W. Oven-Travis, Some observations, relating to bacterial tanks operations. Transactions of the Society of Civil and Mechanical Engineers. London 1906.

2) Besichtigt Mai 1907.

3) Besichtigt 15. 9. 1909.

4) Prof. Dr. Dunbar, Die Abwasserreinigung von Birmingham. Gesundheits-Ing. 1908.



Auch der nicht mit Kalk gefällte, sondern nur sedimentierte frische Klärschlamm trocknet sehr schwer in solchen Gräben. Ich habe mich in Birmingham selbst von dieser Tatsache überzeugt. Dort waren unabsehbare Flächen mit solchen, mit frischem Schlamm gefüllten Gräben bedeckt, und man hat sich, da man auf diese Weise nicht zu befriedigenden Ergebnissen kam, entschlossen, vorläufig wieder zu dem oben erwähnten Verfahren des Aufstauens in Becken (lagoons) zurückzukehren.

In Insterburg<sup>1)</sup> wird mit diesem Verfahren des Untergrabens ein acht Tage alter Schlamm beseitigt. Ueber die Resultate ist noch nichts veröffentlicht. Dass sich dort bei dem höchstens angefaulten Schlamm dasselbe Terrain in wenigen Jahren wieder benutzen lassen, ist zu bezweifeln. Wenn man aber auf in kurzen Zwischenräumen wiederholte Benutzung der Flächen nicht angewiesen ist, also bei kleinen Anlagen in ländlicher Umgebung, dann dürfte das Verfahren einwandfrei und zu empfehlen sein.

Aehnlich diesem Unterpflügen und Untergraben, das ja ein grobes Mischen des nassen Schlammes mit einer trockeneren porösen Substanz, dem Erdboden, darstellt, ist ein Verfahren, das bei kleineren Kläranlagen vielfach benutzt worden ist, nämlich das Mischen mit Müll, das Kompostieren. In Deutschland ist es z. B. in Göttingen und Kassel in Benutzung. Wo die so entstandenen Komposthaufen nicht alsbald in der Landwirtschaft verwandt werden, können sie natürlich zu starken Geruchsbelästigungen Anlass geben.

Kompostieren.

Da der frische Klärschlamm scheinbar nur eine Aufschwemmung fester Stoffe in einer Flüssigkeit darstellt, lag es nahe, die beiden Komponenten durch Filtration zu trennen. Auch das ist an verschiedenen Orten und in den verschiedensten Modifikationen versucht worden, doch ohne guten Erfolg, wenigstens insofern, als der Schlamm zwar zunächst filtrierte, dann aber die Filter verstopfte und auf ihnen in Fäulnis geriet.

Auffilterflächen.

In Allenstein<sup>2)</sup> z. B. hat man versucht, den Schlamm auf sorgfältig drainierten Kiesfiltern von seinem Wassergehalte (90 v. H.) zu befreien. Die Filter verstopften sich nach kurzer Zeit jedoch völlig,

---

1) Salomon, Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland. Bd. II. S. 687.

2) Salomon, Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland. Bd. II. S. 674.

und der sich auf ihnen zersetzende Schlamm rief durch seine Gerüche Beschwerden hervor, so dass das Verfahren aufgegeben werden musste.

In Bielefeld entwässert man die Rückstände der Vorreinigung für die Rieselfelder in ähnlicher Weise. In einer Auskunft vom Jahre 1905<sup>1)</sup> sagt der Magistrat dieser Stadt:

„Eine nicht zu unterschätzende Belästigung bringt die Beseitigung des in den Klärbecken sich absondernden Schlammes mit sich, der sich in grossen Mengen ablagert. Sofern neue Anlagen geplant werden, kann nicht dringend genug empfohlen werden, sich der genügenden Grösse der Schlamm-trockenbecken zu vergewissern. Die ursprüngliche Anzahl der Schlamm-trockenbecken wird zurzeit noch um zwei weitere Becken vermehrt. Man hofft, dadurch eine schnellere Beseitigung des Schlammes zu erreichen. Das in den Trockenbecken durch Drainagen dem Schlamm entzogene Wasser wird noch einmal gerieselt und geklärt, so dass auch dieses Wasser rein der Vorflut übergeben wird.“

In Leipzig<sup>2)</sup> wird ein Teil des mit Eisensalzen gefällten Schlammes in aus Erddämmen hergestellte Becken geleitet. Diese haben auf ihrer planierten Sohle Drainrohre und darüber eine 30 cm starke Kiesschicht, auf deren Oberfläche Ziegelsteine flach mit engen aber offenen, mit Sand gefüllten Fugen verlegt sind. Das Schlammwasser sickert nach und nach bis in die Drainrohre und wird der Kläranlage zur nochmaligen Klärung zugeführt. Der Schlamm wird im Sommer oft nach zwei Monaten, im Winter erst nach vier bis fünf Monaten stichfest. Da die Schlammbecken nicht genügen, muss der grössere Teil des Schlammes dadurch beseitigt werden, dass er in ein abgelegenes altes Flussbett geleitet wird.

Aus diesen Beispielen geht hervor, dass man mit dem einfachen Filtrieren frischen Schlammes nur bei sehr grossen Filterflächen und langer Filterzeit, während deren natürlich Belästigungen durch Fäulnis hervorgerufen werden, zu Wege kommt. Man hat sich deshalb nach Mitteln umgesehen, die geeignet schienen, die Filterzeit und die Filterfläche zu verringern. Als solche waren aus der chemischen Industrie die Filterpressen und die Zentrifugen bekannt.

Filterpressen.

Filterpressen hat man eine Zeit lang an sehr vielen Orten meist versuchsweise verwandt, z. B. in Kassel und Frankfurt. Das all-

1) Salomon, Bd. II. S. 17.

2) Verwaltungsbericht der Stadt Leipzig und Mitteilungen aus dem Tiefbauamt. Anlage besichtigt 7. 12. 1908 und 10. 5. 1910.



gemeine Urteil darüber lautet jetzt so, dass sie trotz geringer Leistungen im Betrieb und in der Unterhaltung teuer sind. Sie sind z. Zt. in Deutschland fast nur noch beim Kohlebreiverfahren in Anwendung, z. B. in Potsdam, Spandau und Tegel. In Potsdam gelingt es zuweilen auch nicht, den verhältnismässig leicht sich von seinem Wasser trennenden Kohlebrei-Schlamm trocken zu pressen. Dort fallen nach einer mir gegebenen Auskunft 8 bis 10 v. H. der Pressungen zu nass aus. Zudem zerfliesst der so getrocknete, ja selbst der schon für die Verfeuerung zu Briketts gepresste Kohleschlamm bei Regen wieder, sodass man genötigt ist, ihn unter Dach zu lagern. Zur Entwässerung frischen Sedimentierschlammes sind Filterpressen bei grösseren Anlagen in Deutschland nicht mehr in Betrieb.

In England dagegen wird noch viel mit Filterpressen gearbeitet, namentlich dort, wo Kalk zum Fällen benutzt ist. Der kalkhaltige Schlamm lässt sich leichter pressen. Dem Schlamm des Absitzverfahrens muss meist viel Kalk zugesetzt werden, wodurch hohe Kosten entstehen.

Auf Filtration beruht auch das von Hönig<sup>1)</sup> beschriebene Trockenverfahren, das in Brunn versucht worden ist. Der Filterdruck wird durch ein Vakuum unter der Filterfläche erzeugt.

Trommelfilter.

In neuester Zeit werden grosse Hoffnungen auf das Zentrifugieren von Klärschlamm gesetzt.

Zentrifugen.

Die Stadt Frankfurt a. M. hat eingehende Versuche mit diesem Verfahren gemacht<sup>2)</sup>. Es ist zur Zeit in grösserem Massstabe in Betrieb zu sehen in Harburg<sup>3)</sup> Hannover<sup>4)</sup> und Frankfurt a. M.

Die modernen Zentrifugen unterscheiden sich vorteilhaft von den alten Filterpressen namentlich dadurch, dass jegliche Handarbeit ausgeschaltet ist, und dass somit die Arbeiter den alle Fäkalien und sonstige Abfallstoffe enthaltenden frischen Schlamm nicht mehr zu berühren brauchen. Ueber die Leistung selbst und über die Kosten ist leider noch nicht viel veröffentlicht. Reichle und Thiesing<sup>5)</sup>, die die Zentrifugenanlage zu Harburg untersucht und beschrieben haben,

1) Prof. M. Hönig, Ueber Gewinnung und Verwertung von städtischem Klärschlamm. Gesundheits-Ingenieur. 1910. S. 26.

2) Zentrifugen, System Schäfer - ter Meer.

3) Besichtigt 7. 5. 1908.

4) Besichtigt 18. 11. 1908.

5) Bauinspektor Reichle und Prof. Dr. Thiesing, Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung etc. Heft 10.

geben an, dass unter gleichen Voraussetzungen die Kosten für die Trocknung mit Zentrifugen pro cbm trockenen Schlammes 3,42, für Filterpressen 2,31 M. betragen. Da schon bei den Filterpressen die Kosten einer der wesentlichsten, sich ihrer Einführung entgegensetzenden Gründe waren, so erscheinen daher die Aussichten der Zentrifugen nicht gerade günstig. Sie werden noch verschlechtert dadurch, dass meist durch Filterpressen ein trockenerer Schlamm erzeugt worden ist als jetzt durch Zentrifugen, und dass bei letzteren das ablaufende Wasser infolge seines hohen Gehaltes an organischen Stoffen (nach obigen Autoren 3,7 v. H. Trockensubstanz, wovon 91 v. H. organisch) eine höchst unangenehme Flüssigkeit darstellt. Es ist, wie man sich in Harburg, Hannover und Frankfurt überzeugen kann, mit dem Filterpressenwasser garnicht zu vergleichen. Letzteres ist meist, z. B. in Halifax<sup>1)</sup> (England), eine durchsichtige, schwach gelbliche Flüssigkeit, während das Zentrifugenabwasser einen schwarzen wässrigen Schlamm darstellt.

Trotz dieser erheblichen Nachteile aber werden sich die, frischen Schlamm erzeugenden Kläranlagen dort, wo landwirtschaftliche Verwendung oder Beseitigung des nassen Schlammes unmöglich ist, zur Beschaffung von Zentrifugen entschliessen müssen, namentlich dann, wenn für das Lagern des nassen Schlammes kein billiges Terrain zur Verfügung steht. Frankfurt a. M. hat diesen Weg schon beschritten.

Trocknung durch  
Hitze.

In Potsdam wurde vor drei Jahren an einem Verfahren gearbeitet, Schlamm durch Hitze zu trocknen. Der dort gewonnene, in Filterpressen vorgetrocknete Kohlebreiklärerschlamm, bei dem hauptsächlich die in der zugesetzten Braunkohle enthaltene Energie nach Trocknung der Massen durch Verfeuern nutzbar gemacht werden soll, wurde versuchsweise in rotierenden Oefen mit Feuergasen behandelt. Aehnliche Versuche sind z. Zt. in Frankfurt a. M. zur Weitertrocknung des noch rund 70 v. H. Wasser enthaltenden zentrifugierten Schlammes im Gange.

Elektro-Osmose.

Um frischen Schlamm, der, wie schon erwähnt, der Trocknung durch seine schleimige Beschaffenheit Widerstand entgegengesetzt, zur Entwässerung geeigneter zu machen, hat man, ebenfalls in Frankfurt a. M., Versuche mit dem Elektroosmoseverfahren des Grafen Schwerin gemacht.

Ueber dieses Verfahren schreibt Dr. Tillmans<sup>2)</sup>, dass es be-

1) Besichtigt 13. 9. 1909.

2) Dr. J. Tillmans, Zeitschr. f. d. Unters. d. Nahrungs- u. Genussmittel. Bd. 14 (1907). Heft 1 und 2.



wirke, dass der kolloidale Zustand des Schlammwassers für eine gewisse Zeit aufgehoben werde, später aber wieder eintrete. Der Stromverbrauch sei beträchtlich, jedoch nicht entmutigend.

In Frankfurt sollten damit grössere Versuche angestellt werden; Resultate sind indes noch nicht bekannt gegeben.

Bezüglich ihrer Wirkung kann man also die bisher zur Trocknung frischen Klärschlammes im Grossen angewandten Verfahren in zwei Gruppen teilen, nämlich in solche, die eine dauernd gleichmässige Trocknung gewährleisten, im Bau und im Betriebe aber teuer sind (Filterpressen und Zentrifugen), und in solche, die zwar billiger sind, aber dafür bezüglich der quantitativen Leistung keine Sicherheit bieten. (Drainierung, Rieselung und Grabenmethode).

Ergebnisse der  
bisherigen  
Trocken-  
methoden.

Die Frage der rationellen Trocknung frischen Klärschlammes ist zur Zeit noch nicht in befriedigender Weise gelöst. Bessere Ausichten bietet in dieser Beziehung der Schlamm des Faulverfahrens.

### Die Trocknung des Faulraumschlammes.

Die zum Faulverfahren dienenden Vorrichtungen unterscheiden sich von denen des Absitzverfahrens im wesentlichen durch ihre grösseren Abmessungen.

Entstehung.

Faulräume geben dem Abwasser in der Regel eine Durchflusszeit von 12 bis 24 Stunden. Es gerät dadurch je nach seiner Beschaffenheit in mehr oder weniger starke Fäulnis. Der Schlamm wird so lange wie möglich unter Wasser gelagert. Der Raum für ihn ist meist so bemessen, dass er 6 bis 12 Monate liegen bleiben kann. Durch die Ausfäulung werden aus ihm alle leicht zersetzlichen Stoffe beseitigt. Die dabei entstehenden Gase treiben Schlammteile hoch und es bildet sich meist eine Schwimmdecke. Die Entschlammung der Faulräume geschieht in derselben Weise, wie die der Absitzbecken.

Das  
Faulverfahren.

Mit dem Faulverfahren bezweckte man ursprünglich, dem Abwasser einen höheren Grad von Reinheit zu verleihen, als durch Sedi-mentieren allein möglich ist. Heute weiss man<sup>1, 2, 3)</sup>, dass es technisch

1) Prof. Dr. Dunbar, Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. S. 127 u. S. 140.

2) Dr. Lübbert, Einführung in die Frage der Abwasserreinigung. Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure. 1909. Nr. 1—4.

3) Dr. Lübbert, Die Abwasserreinigung im Kleinbetrieb. Gesundheits-Ingenieur. 1909. S. 265.

Nachteile beim  
Abfluss.

unmöglich ist, die grossen Mengen städtischen Abwassers bis zur Ausfaltung aufzustauen. Man glaubt aber vielfach noch, man könne durch Anfaulenlassen des Wassers der biologischen Reinigung ebensogut vorarbeiten, wie mit der Frischwasserklärung. Auch das ist nicht der Fall; durch den üblichen, 12—24 stündigen Aufenthalt in Faulkammern werden die anaeroben Bakterien begünstigt und Reduktionsprozesse eingeleitet. Letzteres zeigt sich durch die Entwicklung von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$  und die Reduktion von  $\text{N}_2\text{O}_5$  und  $\text{N}_2\text{O}_3$ . Bei der nun folgenden biologischen Reinigung, sei es durch Rieselung, intermittierende Bodenfiltration, biologische Körper oder Selbstreinigung des Wasserlaufs, sind aber aërobe Lebewesen erwünscht, und sie verläuft als Oxydationsprozess. Die Tätigkeit der Anaerobionten muss zuerst zum Stillstand gebracht und die im Wasser vorhandenen Reduktionsprodukte müssen wieder oxydiert werden. Der Reinigungsprozess wird also durch das Faulverfahren erschwert. Lübbert<sup>1)</sup> sagt darüber: „Mit dem Faulwasser bringt man daher ein Medium in die biologischen Körper, welches diametral entgegengesetzte Verhältnisse bietet, und es wird den oxydierenden Mikroorganismen ihre Arbeit nur erschwert, wenn sie ein Feld erobern sollen, in dem ihre Antagonisten, die Gärer und Fäulniserreger die unumstrittene Oberherrschaft haben.“

Eine weitere unangenehme Folge des Faulverfahrens liegt in der oft ungenügenden Sedimentationswirkung der Faulräume. Die aus dem am Boden liegenden Schlamm massenhaft aufsteigenden Gase stören die Absitzwirkung und reissen Schlammfladen hoch. Von der Schwimmedecke fallen Teile herunter. Dadurch wird trotz aller Schutzmassregeln, wie Tauchbretter und Anordnung der Abflussöffnungen weit unterhalb des Wasserspiegels, der Abfluss nicht so klar, wie in reinen Absitzanlagen; man muss deshalb zuweilen, wie in Birmingham, zwischen Faulräume und biologische Körper noch Absitzbecken und Vorfilter schalten.

Ferner enthalten Faulraumabflüsse in der Regel viel gelösten Schwefelwasserstoff, der bei nachfolgender Verteilung des Wassers auf die biologischen Körper, namentlich wenn diese mit Streudüsen oder Drehsprengern geschieht, in der Luft verbreitet wird und zu sehr erheblichen Geruchsbelästigungen führen kann, die oft schlimmer als der schlimmste Schlammgeruch sind.

Das Abwasser wird also durch das Faulverfahren nachteilig be-

---

1) Dr. Lübbert, l. c.



einflusst. Für die Behandlung des Schlammes aber bietet die Ausfäulung erhebliche Vorteile.

Schlamm, der bei nicht zu niedrigen Temperaturen monatelang unter Wasser liegen bleibt, erleidet eine tiefgreifende Veränderung. Seine organischen Substanzen werden durch Fäulnis angegriffen, und die Zersetzungsprodukte entweichen zum Teil in Gasform. Ueber die Grösse der Schlammzehrung ist viel gestritten worden, und es existiert darüber eine Menge Literatur, aber die Frage nach dieser Grösse trifft nicht den Kern. Es ist viel weniger wichtig, wie viel organische Substanz zerstört ist, als ob durch die Faulraumbehandlung der Schlamm die gewünschten Eigenschaften erlangt hat.

Vorteile beim Schlamm.

Ein in einem gut wirkenden Faulraum behandelter Schlamm unterscheidet sich von dem frischen Schlamm äusserlich durch seine Farbe, die meist infolge der Bildung von Schwefeleisen tief schwarz ist, durch seinen geringeren, weniger unangenehmen Geruch, durch seine grössere Konzentration — er enthält bis zu 20 v. H. Trockensubstanz gegen 5 bis 10 beim frischen Schlamm — und durch seine Drainierbarkeit. Diese letzteren Veränderungen sind die für die Behandlung wesentlichsten. Sie rühren von einer Zerstörung der wasserbindenden kolloidalen Substanzen her. Für die Trocknung sind sie von der grössten Bedeutung. Was mit frischem Schlamm auf die Dauer nur sehr schwer gelingt, nämlich die Trocknung nach der Grabenmethode, das lässt sich mit dem Schlamm des Faulverfahrens leicht ausführen. In Hampton beseitigt man seit 5 Jahren den Schlamm in dieser Weise. In Birmingham hatte man, solange man ausgefauten Schlamm produzierte, mit der Unterbringung in Gräben keine Schwierigkeiten. Auch die Trocknung auf durchlässigen Flächen ist mit dem ausgefauten Schlamm infolge seiner Drainierbarkeit weit besser durchführbar als mit dem frischen. In Unna<sup>1)</sup> wird er auf Trockenflächen in der verhältnismässig kurzen Zeit von 4—6 Wochen nahezu stichfest. In Mülheim-Ruhr<sup>2)</sup>, wo er 1 m hoch aufgestaut wird, braucht er im Sommer nur 8—12 Wochen, um stichfest zu werden. Frischer Schlamm würde dazu mindestens ein Jahr brauchen. Der ausgefauter Schlamm eignet sich dagegen weniger zur Behandlung in Filterpressen<sup>3)</sup> und Zentrifugen<sup>4)</sup>. Das ist aber kein Fehler, da man zu diesen teuer

Eigenschaften des Faulraumschlammes.

Trocknung des Faulraumschlammes.

1) Besichtigt am 15. Mai 1908.

2) Besichtigt am 15. Mai 1909.

3) Royal commission on sewage disposal. Fifth report. London 1908.

4) Nach Angaben der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. vorm. Georg

zu betreibenden Vorrichtungen doch nur dann greift, wenn die billigen, wie beim frischen Schlamm die Drainierung, unwirksam sind.

Rückgang des  
Faulverfahrens.

Obwohl nun die sich für den Schlamm durch das Faulverfahren ergebenden Vorteile seit vielen Jahren bekannt sind und sich überall wieder bestätigt haben, ist es doch wegen der Nachteile, die es für das zu reinigende Wasser mit sich bringt, und wegen der grösseren Kosten der Anlage in stetem Rückgang begriffen.

Teuer wird der Bau und die Unterhaltung einer Faulraumanlage dadurch, dass der für den Aufenthalt des Wassers bestimmte Raum statt auf 2 bis 4 Stunden, wie es beim Absitzverfahren bisher üblich war, auf das 6—12fache berechnet werden muss.

Vielfach gehen jetzt grössere Kläranlagen vom Faulverfahren wieder zum Absitzverfahren über. So hat man z. B. in Manchester ganze Reihen von Faulräumen, ein Drittel der ganzen Anlage, in Absitzbecken umgewandelt, und auch in Birmingham, das die grösste Kläranlage der Welt besitzt, wird jetzt der weitaus grösste Teil der früheren Faulräume als Absitzbecken betrieben, und man nimmt dafür die grossen Unannehmlichkeiten des frischen Schlammes in Kauf.

Frühere Verfechter des Faulraumprinzips bauen jetzt reine Absitzanlagen, z. B. Travis die Anlage in Norwich<sup>1)</sup>, in der nicht nur das Wasser frisch bleiben soll, sondern aus der auch der Schlamm in ganz kurzen Zwischenräumen, wie sie den Absitzbetrieb kennzeichnen, herausgeholt wird.

### Die Trocknung des Emscherbrunnenschlammes.

Emscher-  
brunnen.

In der Mitte zwischen Absitz- und Faulverfahren steht das in den Emscherbrunnen zur Anwendung kommende Verfahren der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung. Die Einzelheiten der Konstruktion sind verschiedentlich mit erläuternden Zeichnungen veröffentlicht<sup>2-5)</sup>.

Egestorff (Zentrifugen System Schäfer-ter Meer) und Mitteilungen aus d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbesit. H. 10. S. 192.

1) Besichtigt am 17. Sept. 1909. Lit.: Surveyor 1908. Nr. 855 u. 856. S. 672.

2) Dr.-Jug. Imhoff, D. R. P. Nr. 187723, Kl. 85. c.

3) Regierungsbaumeister Helbing, Die Durchführung des Emscher-genossenschaftsgesetzes. Technisches Gemeindeblatt. X. Nr. 13.

4) Baurat Middeldorf, Die Arbeiten der Emscher-genossenschaft. Deutsche Bauzeitung. 1909. Nr. 78, 79, 81.

5) Dr.-Jug. Imhoff, A new method of treating sewage. Surveyor. 1909. Nr. 905.



Bei den Emscherbrunnen geht die Klärung in einem Raume vor sich, aus dem der Schlamm kontinuierlich selbsttätig abfließt. Die Durchflusszeit des Wassers beträgt ein bis zwei Stunden. Infolge dieser kurzen Klärzeit und der sofortigen Entfernung des Schlammes findet eine Anfaulung des Wassers noch weniger statt als vielfach beim Absitzverfahren.

Der Schlamm fließt aus dem Absitzraum in einen darunter liegenden brunnenförmigen Raum, in dem er durchschnittlich zwei bis drei Monate liegen bleibt. Vorgänge im Schlammraum.

Die Vorgänge, die sich in diesem Schlammraum abspielen, unterscheiden sich, soweit sich das bis jetzt überblicken lässt, recht wesentlich von der in den gewöhnlichen durchstömten Faulräumen auftretenden Fäulnis; denn die massenhaft entweichenden Gase enthalten im Gegensatz zu den Faulraumgasen Schwefelwasserstoff meist nur in ganz geringen Mengen. Sie bestehen fast nur aus Methan und Kohlensäure. Das liegt anscheinend daran, dass das im Schlammraum über dem Schlamm stehende und ihn umgebende Wasser nur in äusserst geringem Masse erneuert wird. Infolgedessen ist es nach kurzer Zeit des Betriebes völlig ausgefault. Die in ihm gelöst gewesenen Eiweissstoffe sind zersetzt und können nun keinen Schwefelwasserstoff mehr entwickeln. Beim Faulverfahren dagegen kommt immer wieder neues Abwasser mit dem faulenden Schlamm in Berührung und gerät in Fäulnis, so dass kontinuierlich nicht nur die ungelösten sondern auch die gelösten Eiweissstoffe angegriffen werden und  $H_2S$  entwickeln.

Aus dem Schlamm selbst wird entweder nur sehr wenig Schwefelwasserstoff entwickelt, oder er zerfällt, oder der Schwefel wird anderweitig gebunden. Untersuchungen darüber sind eingeleitet.

Das Ablassen des Schlammes geschieht durch eiserne Rohre, die auf die Sohle der Brunnen reichen und etwa 1 m unter dem Wasserspiegel durch die Brunnenwand nach aussen führen. Zieht man den das herausragende Ende des Rohres verschliessenden Schieber, so wird durch den Ueberdruck des Wassers der Schlamm herausgepresst. Der Klärbetrieb wird dabei nicht unterbrochen. Entschlammung.

Der in den Emscherbrunnen zersetzte Schlamm weist, soweit Erfahrungen darüber bis jetzt vorliegen, alle guten Eigenschaften des Faulraumschlammes in erhöhtem Masse auf. Eigenschaften des Emscherbrunnen-schlammes.

Sein Wassergehalt ist noch erheblich niedriger als der des Faulraumschlammes, obwohl er stets unter Wasser abgelassen wird. Im Durchschnitt von 10 Analysen fand ich im zersetzten Schlamm der Wassergehalt.

**Tabelle 1. Kläranlage Recklinghausen-Ost.**

(6 Emscherbrunnen.)

Analysen des nassen zersetzten Schlammes.

Datum	Brunnen No.	Wasser- gehalt v. H.	Trocken- substanz v. H.	In der Trockensubstanz			
				Minerali- sches v. H.	Organi- sches v. H.	Stick- stoff v. H.	Fett v. H.
14. 6. 1907		80,5	19,5	62,0	38,0		
7. 8. 1907		82,3	17,7	64,4	35,6	1,47	6,75
25. 4. 1908		77,4	22,6	50,6	49,4		
14. 10. 1908	2	75,0	25,0	56,1	43,9	1,47	
27. 10. 1908	1	78,15	21,85	56,8	43,2	1,68	
27. 10. 1908	2	77,5	22,5	54,3	45,7	1,47	
27. 10. 1908	3	78,5	21,5	54,6	45,4	1,47	
20. 11. 1908	1	77,42	22,58	50,15	49,85	1,62	
23. 6. 1909	6	84,2	15,8	44,1	55,9		
26. 7. 1909	3	82,4	17,6	54,9	45,1	1,71	6,07
1907—1909		79,34	20,66	54,8	45,2	1,56	6,41

**Tabelle 2.**

**Kläranlage Essen-Nordwest.**

(9 Emscherbrunnen.)

Analysen des nassen zersetzten Schlammes.

Datum	Brunnen No.	Durch- schnitts- probe aus cbm	Wasser- gehalt v. H.	Trocken- substanz v. H.	In der Trockensubstanz			
					Minerali- sches v. H.	Organi- sches v. H.	Stick- stoff v. H.	Fett v. H.
8. 4. 1909	1	94,34	71,9	28,1	39,95	60,05	1,36	7,36
8. 4. 1909	7	47,78	77,1	22,9	42,7	57,3	1,26	5,53
10. 4. 1909	4	61,48	74,55	25,55	40,4	59,6	1,36	6,20
8. 5. 1909	1; 2; 3	65,0	71,35	28,65	42,5	57,5	1,015	
11. 5. 1909	7; 8; 9	59,0	75,51	24,49	46,89	53,11	1,19	
18. 5. 1909	4; 5; 6	71,0	73,7	26,3	47,88	52,12	1,36	
25. 5. 1909	5; 8	54,0	78,67	21,33	42,47	57,53	1,43	
26. 5. 1909	4; 6	67,6	73,01	26,99	47,02	52,98	1,12	
29. 5. 1909	5; 8	60,2	78,74	21,26	41,8	58,2	1,12	
12. 6. 1909	6	66,0	72,24	27,76	39,3	60,7	1,23	4,55
5. 7. 1909	8	66,8	81,32	18,68	53,51	46,49	1,15	3,44
12. 7. 1909	9	81,47	74,91	25,09	50,03	49,97	1,18	
2. 8. 1909	9	61,5	74,1	25,9	47,6	52,4	1,23	3,71
12. 8. 1909	7	59,48	73,6	26,4	51,55	48,45	1,12	3,44
21. 8. 1909	9	72,28	77,25	22,75	50,03	49,97	1,12	
11. 10. 1909	7	58,2	81,8	18,2	37,6	62,4	1,32	
Durchschnitt aus dem Jahre 1909		1046,13	75,6	24,4	45,08	54,92	1,22	4,89



**Tabelle 3. Analysen des nassen zersetzten Schlammes.**

Datum	Brunnen No.	Wasser- gehalt v. H.	Trocken- substanz v. H.	In der Trockensubstanz			
				Minerali- sches v. H.	Organi- sches v. H.	Stick- stoff v. H.	Fett v. H.
<b>Kläranlage Bochum</b> (18 Emscherbrunnen).							
11. 2. 1909	6	73,6	26,4	58,8	41,2	1,12	5,82
17. 5. 1909	2	76,95	23,05	63,98	36,02	1,12	
17. 5. 1909	3	79,71	20,29	63,25	36,75	0,87	
30. 6. 1909	14	77,88	22,12	49,3	50,7	1,46	12,3
13. 8. 1909	13	72,97	27,03	60,34	39,66	1,036	8,14
13. 8. 1909	17	74,2	25,8	61,3	38,7	1,008	8,396
Durchschnitt aus dem Jahre 1909		75,88	24,12	59,49	40,51	1,102	8,73

**Kläranlage der Arbeiterkolonie der Zeche „Schwerin“ bei Rauxel i.W.**

(2 Emscherbrunnen).

6. 11. 1909	1 u. 2	80,4	19,6	49,0	51,0		
-------------	--------	------	------	------	------	--	--

**Kläranlage der Stadt Beckum i.W.**

1. 12. 1909		77,6	22,4	64,0	36,0	1,34	2,61
-------------	--	------	------	------	------	------	------

Kläranlage Recklinghausen-Ost (s. Tabelle 1) 79,34 v. H. Wasser, im Durchschnitt von 16 Analysen der Kläranlage Essen-Nordwest (siehe Tabelle 2) nur 75,6 v. H. und im Durchschnitt von 6 Analysen der Kläranlage Bochum 75,88 v. H. (siehe Tabelle 3). Jede dieser Proben war eine Durchschnittsprobe aus einer grösseren Schlammmenge (40—94 cbm). Der höchste Wassergehalt in Essen-Nordwest wurde mit 81,8 v. H. (am 11. 10. 1909, als nur noch eine geringe Schlamm-schicht in dem betreffenden Brunnen lag), der niedrigste mit 71,35 v. H. am 8. Mai 1909 festgestellt. Von den 16 entnommenen Durchschnitts-proben enthielten 9 weniger als 75 v. H. Wasser.

Mit 70 v. H. Wassergehalt ist der Emscherbrunnenschlamm noch breiig und noch vollkommen beweglich und fliesst selbst in schwach geneigten Rinnen. Auch lässt er sich mit einer gewöhnlichen Bau-pumpe (Membranpumpe, Diaphragmapumpe) aus der Tiefe der Brunnen heraufholen. Frischer Schlamm ist bei derselben Konzentration (70 v. H. Wasser) schon meist stichfest.

Dieser eigentümliche Unterschied wird zum Teil dadurch verursacht, dass die Sperr- und Faserstoffe fast gänzlich zerstört sind, zum Teil durch den Gehalt an mikroskopisch kleinen Gasblasen, die an Stelle

des fehlenden Wassers zwischen die einzelnen festen Partikel getreten sind und, in Flüssigkeitshäutchen eingeschlossen, die Masse beweglich machen.

Geruch. Der Geruch des nassen Emscherbrunnenschlammes ist nur aus nächster Nähe zu bemerken und tritt erst beim Erwärmen auf 70 bis 80° deutlich auf. Er riecht gummiartig, zuweilen teerig, zuweilen etwas nach Pepton. Selbst während der Schlamm abgelassen wird, ist in einer Entfernung von wenigen Schritten kein unangenehmer Geruch zu bemerken.

Analytische Daten über Gehalt an organischer Substanz, Stickstoff und Fett sind in den Tabellen Nr. 1 bis 3 enthalten.

Trocknung Für die Trocknung des Emscherbrunnenschlammes kommen nach den in folgendem verzeichneten Versuchsergebnissen nur die auf Drainierung beruhenden Verfahren in Betracht, da es sich gezeigt hat, dass er dafür in hervorragenden Masse geeignet ist und da die Drainierverfahren alle andern an Einfachheit und Billigkeit übertreffen.



### Drainierversuche.

Wie sich die Eigenschaft der Drainierbarkeit des der Zersetzung unter Wasser ausgesetzten Schlammes äussert und worauf sie beruht, war bisher noch nicht näher untersucht. Es war nun auf der Versuchskläranlage der Emschergenossenschaft zu Essen-Ruhr im Jahre 1907 festgestellt worden, dass der dort erhaltene Klärschlamm auf durchlässigen Plätzen bei einer Stauhöhe von etwa 25 cm oft in der kurzen Zeit von 8 bis 10 Tagen zur Stichfestigkeit getrocknet war. Allgemeines.

Das Becken, aus dem der Schlamm stammte, war im Jahre 1906 von Baurat Middeldorf und Regierungsbaumeister Wattenberg nach einem englischen Vorbilde, dem von Travis in Hampton<sup>1)</sup> (Middlesex) erbauten Faulbecken konstruiert. Es wurde auf Veranlassung Dr. Imhoff's vor Beginn des Betriebes so umgeändert, dass der zur Aufnahme und Zersetzung des Schlammes bestimmte Raum im Gegensatz zu dem Travis-Tank und anderen Faulräumen von dem durchfliessenden Wasser nicht durchströmt wurde. Das Becken stellt also die erste Anwendung des Emscherbrunnen-Verfahrens dar. Es unterscheidet sich indes von richtigen Emscherbrunnen durch seine äussere Form, namentlich durch seine geringe Tiefe. Die letztere ist von ungünstigem Einfluss auf Wassergehalt und Trockenzeit des Schlammes.

Bei der Trocknung von Klärschlamm spielt die Höhe des Wassergehalts eine grosse Rolle. Je geringer sie ist, um so schneller geht die Trocknung vor sich. Frischer Klärschlamm enthält meist über 90 v. H. Wasser, oft 95 bis 97 v. H. Der Wassergehalt des aus dem flachen Becken der Versuchsanlage gewonnenen Schlammes betrug nun durchschnittlich weniger als 90 v. H. Es wäre also wohl möglich gewesen, dass die erwähnte schnelle Trocknung in der Hauptsache eine Folge des geringen Wassergehaltes war, und dass sie zum grössten Teil durch Verdunstung des Wassers, weniger durch Drainierung vor sich ging. Da auch grössere Mengen von Drainwasser nicht beobachtet worden waren, lag die Vermutung nahe, dass an der Trocknung die Drainierung keinen grossen Anteil hätte. Nach einer Umarbeitung dieser Schlamm-trockenplätze gelang es mir indes, Drainwasser in grösseren Mengen nachzuweisen und es zu messen.

1) Dr. Travis, Hampton. Surveyor. 1905. Nr. 703.

## Versuch I.

Der Trocken-  
platz.

Der zu dem Versuchsbecken gehörende Schlamm-trockenplatz ist 20 m lang und 5 m breit. Seine Sohle besteht aus ziemlich undurchlässigem Ton, seine Wände aus Mauerwerk in Zementmörtel. Er ist bis etwa  $1/2$  m hoch mit grober Kesselschlacke gefüllt, über die eine rund 15 cm starke Schicht von feinkörniger Kesselschlacke geschüttet ist. Rechtwinklig in einen Sammelstrang mündende Drainrohre dienen zur Entwässerung. Durch eingesetzte Bretter ist er in 5 Abteile zu je 25 qm geteilt.

Vor Beginn des Versuches hatte ich das Füllmaterial umarbeiten und anstelle der bisherigen mit einer Diagonaldrainage versehen lassen.

Ausführung des  
Versuchs.

Am 8. Juli 1907 wurden auf den so vorbereiteten Trockenplatz 24 cbm zersetzter Schlamm aus dem Versuchsbecken gebracht. Der nasse Schlamm hatte das spezifische Gewicht 1,033. Es waren mithin 24,8 t aufgebracht. Die Stauhöhe betrug rund 24 cm. Die Analyse einer Durchschnittsprobe des nassen Schlammes ergab einen Wassergehalt von 92,34 v. H. Von den 24,8 t bestanden somit 22,9 t aus Wasser. In 8 Tagen war der Schlamm stichfest. In dieser Zeit wurden insgesamt 6,94 cbm Drainwasser erhalten = 30,16 v. H. der ursprünglichen Wassermenge. Der einige Tage später untersuchte stichfeste Schlamm enthielt noch 65,4 v. H. Wasser. Seine Menge wurde zu 3,7 t ermittelt. Er enthielt mithin noch 2,4 t Wasser. Der Gesamtwasserverlust betrug demnach 20,5 t. Von diesen waren als Drainwasser 6,94 t = 33,85 v. H. abgeflossen.

Die graphische Darstellung der Messergebnisse (Abb. 1) zeigt, dass die mit 101 l/Stunde einsetzende Ablaufmenge im Laufe des ersten Tages noch bis 130 l/Stunde ansteigt, dann allmählich absinkt und dass bereits nach 5 Tagen die Drainierung praktisch beendet ist. Die am 13. Juli vorgenommenen Messungen zeigen nur noch 9 l/Stunde an. Die Beobachtungen wurden noch bis zum 17. Juli fortgesetzt. Die letzte Messung ergab 2 l/Stunde.

Ergebnisse.

Es hatte sich also gezeigt, dass hier bei der Trocknung die Drainierung eine recht wesentliche Rolle spielt. Mehr als  $1/3$  des durch die Analysen festgestellten Wasserverlustes des Schlammes war als Drainwasser zur Messung gelangt. Die Drainierung hatte sich im wesentlichen in der ersten Hälfte der achttägigen Trockenzeit vollzogen.

Um das Verhältnis der Drainierung zur Verdunstung genauer festzustellen, eignete sich der grosse, offene Schlamm-trockenplatz nicht,



Drainierung von zersettem Schlamm der Versuchsanlage  $\frac{3}{2}$  bis  $\frac{17}{2}$  1907.

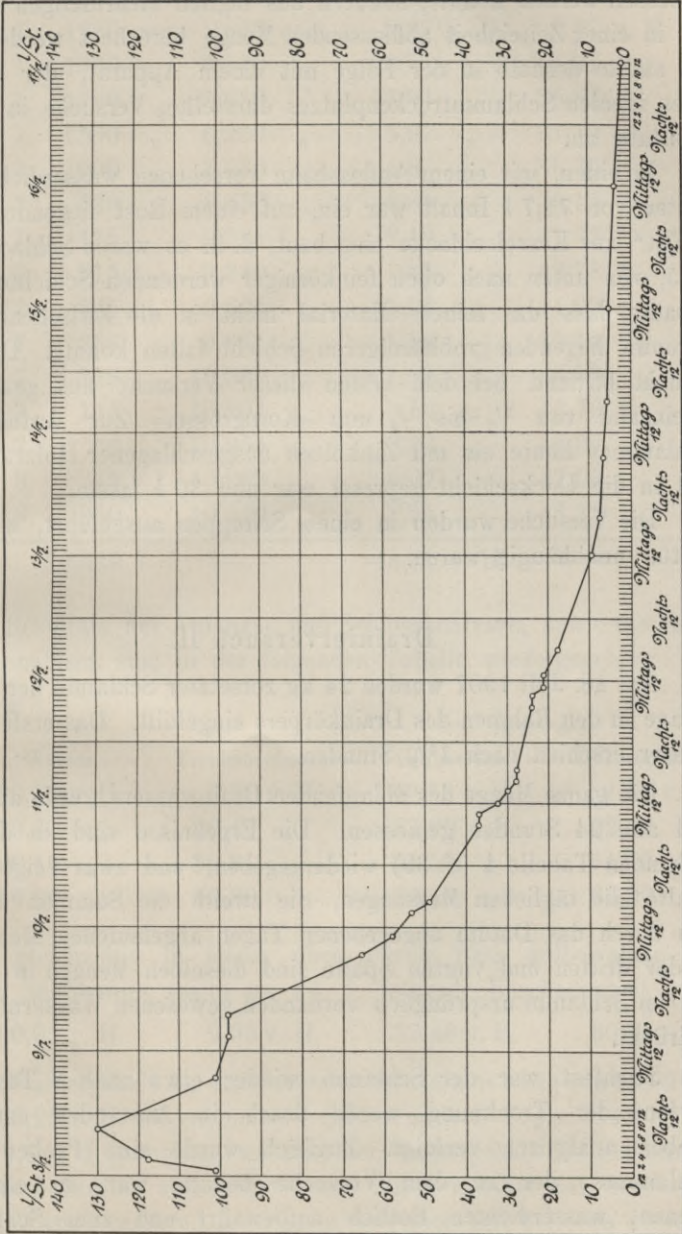


Abbildung 1.

da er weder gegen Regen geschützt war, noch eine absolut undurchlässige Sohle hatte, und da die Menge des Drainwassers nicht direkt gemessen werden konnte, sondern aus täglich mehrmaligen Messungen der in einer Zeiteinheit abfließenden Menge berechnet werden musste. Ich stellte deshalb in der Folge mit einem Apparat, der einen Teil eines idealen Schlamm-trockenplatzes darstellte, Versuche in kleinerem Masstabe an.

Apparatur.

In einen, mit einem Abflusshahn versehenen wasserdichten Glaskasten von 71,7 l Inhalt war ein, auf einem Rost liegendes „Filtergerüst“ aus Kesselschlacke eingebaut, d. h. es waren Schlackenstücke in 5, von unten nach oben feinkörniger werdenden Schichten so aufgebaut, dass das feinere Material nicht in die Zwischenräume der darunter liegenden grobkörnigeren Schicht fallen konnte. Die oberste Schicht bestand bei dem ersten dieser Versuche aus gewaschenem Rheinsand von  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{4}$  mm Korngrösse. Zur Aufnahme des Schlammes diente ein mit Zinkblech ausgeschlagener Holzrahmen, der fest in die Deckschicht gepresst war und 30 l fasste.

Die Versuche wurden in einem Schuppen ausgeführt, wo sie vom Wetter unabhängig waren.

### Drainierversuch II.

Am 18. Juli 1907 wurden 24 kg zersetzter Schlamm der Versuchsanlage in den Rahmen des Drainkörpers eingefüllt. Das erste Drainierwasser erschien nach  $1\frac{1}{2}$  Stunden.

Die ganze Menge des ablaufenden Drainwassers wurde aufgefangen und alle 24 Stunden gemessen. Die Ergebnisse sind in der nebenstehenden Tabelle 4 (S. 39) wiedergegeben, und zwar zeigt die erste Spalte die täglichen Messungen, die zweite die Summen der bis zu den durch das Datum angegebenen Tagen abgelaufenen Mengen, und in der dritten und vierten Spalte sind dieselben Mengen in Prozenten der im Schlamm ursprünglich vorhanden gewesenen Wassermenge ausgedrückt.

Stichfest war der Schlamm wieder etwa nach 8 Tagen. Der Verlauf der Trocknung wurde durch in Abständen entnommene Proben analytisch verfolgt. Zugleich wurde eine Probe desselben Schlammes, der zu dem Versuche benutzt war, in einem oben offenen, wasserdichten Bottich aufbewahrt und zum Schluss analysiert.



**Tabelle 4.**

Datum	Ablaufmengen		Prozente der Gesamtmenge (21,756 kg)	
	Einzel	Gesamt	Einzel	Gesamt
19. 7.	1930 ccm	1930 ccm	8,87 v. H.	8,87 v. H.
20. 7.	1980 "	3,910 "	9,1 "	17,97 "
21. 7.	1720 "	5,630 "	7,91 "	25,88 "
22. 7.	1300 "	6,930 "	5,9 "	31,70 "
23. 7.	1000 "	7,930 "	4,6 "	36,30 "
24. 7.	620 "	8,550 "	2,85 "	39,15 "
25. 7.	475 "	9,025 "	2,18 "	41,33 "
26. 7.	315 "	9,340 "	1,45 "	42,78 "
27. 7.	265 "	9,605 "	1,22 "	44,00 "
28. 7.	256 "	9,861 "	1,18 "	45,18 "
29. 7.	228 "	10,089 "	1,05 "	46,23 "
30. 7.	115 "	10,204 "	0,53 "	46,76 "
31. 7.	50 "	10,254 "	0,23 "	46,99 "
1. 8.	15 "	10,269 "	0,07 "	47,06 "
2.—7. 8.	250 "	10,519 "	1,25 "	48,31 "
Summe: 10,519 l		—	48,31 v. H.	—

Die Resultate der Anfangs- und Schlussanalysen, sowie die zweier Zwischenanalysen sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

**Tabelle 5.**

Datum	Wasser	Trockensubstanz	d a v o n:	
			Glühverlust	Glührückstand
18. 7.	90,62 v. H.	9,38 v. H.	40,52 v. H.	59,48 v. H.
24. 7.	79,60 "	20,40 "	37,20 "	62,80 "
1. 8.	60,19 "	30,81 "	35,50 "	64,50 "
7. 8.	56,20 "	43,80 "	33,10 "	66,90 "

Der gleichzeitig in einem oben offenen Fass aufbewahrte Rest desselben Schlammes zeigte am 24. 7. folgende Beschaffenheit:

24. 7.	90,05 v. H.	9,95 v. H.	39,46 v. H.	60,54 v. H.
--------	-------------	------------	-------------	-------------

Der Wassergehalt des drainierenden Schlammes hatte von 90,62 v. H. bis auf 56,20 v. H. abgenommen. Schon nach 6 Tagen (24. 7.) war er auf 79,6 v. H. gesunken, während der Wassergehalt des Schlammes, der in dem Bottich aufbewahrt war, und der daher nur durch Verdunstung Wasser verlieren konnte, in derselben Zeit bei etwa derselben Stauhöhe nur auf 90,05 v. H. zurückging.

Das Drainwasser.

Die Resultate einer Analyse des Drainwassers sind folgende:

**Tabelle 6.**

Untersuchung des vom 27. 7. bis 1. 8. abgelaufenen Drainwassers:

Klar, farblos. Geruch: schwach erdig.

Abdampfrückstand . . . . .	2103	mg-l	
Glührückstand . . . . .	1601	"	= 76,2 v. H.
Glühverlust . . . . .	502	"	= 23,8 "
Oxydierbarkeit nach Kubel	221,6	"	(KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch)
Gesamtstickstoff . . . . .	99,4	"	
Davon organ. N . . . . .	2,8	"	
" Ammoniak-N . . . . .	78,4	"	
" N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - und N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -N . .	18,2	"	

Bei 10tägigem Aufbewahren in geschlossener Flasche bei Zimmer-temperatur entstand kein Schwefelwasserstoff.

Resultate.

Aus den Analysen berechnet sich das ursprünglich vorhandene Wasser zu 21,756 l. Wieviel Wasser insgesamt entfernt wurde, lässt sich, da infolge der Probeentnahmen für die Zwischenanalysen die Menge des noch vorhandenen Schlammes vermindert war, nur auf einem Umwege berechnen. Man kann nämlich, ohne dabei einen sehr grossen Fehler zu begehen, die Menge der ursprünglich vorhandenen Mineralsubstanz (1,336 kg) als unverändert annehmen und findet dann, wenn man sie in die Analyseergebnisse einsetzt, als Endgewicht des drainierten Schlammes 3,42 kg, des darin enthaltenen Wassers 1,923 kg. Es ergibt sich dann:

Abnahme des Schlammes	85,76	v. H.
"    "    Wassers	91,25	"

Durch Drainierung wurden 10,159 l Wasser entfernt:

= 48,4	v. H. des ursprünglich vorhandenen Wassers,
= 53,1	"    "    entfernten Wassers.

Demnach wären durch Verdunstung 9,314 kg Wasser entfernt:

= 42,8	v. H. des ursprünglich vorhandenen Wassers,
= 46,9	"    "    entfernten Wassers.

Der Versuch hat also die Resultate des ersten Versuches bestätigt und ferner ergeben, dass unter für die Drainierung günstigen Umständen der zersetzte Schlamm der Versuchsanlage auf diesem Wege mehr wie die Hälfte des überhaupt entfernten Wassers verliert.



Während der Trocknung geht eine weitere Zersetzung der organischen Substanz vor sich. Gerüche werden dabei nicht merkbar entwickelt. (Wird der Schlamm ohne Drainierung an der Luft aufbewahrt, so ist die Zersetzung bei weitem nicht so energisch.)

Die Analyse des Drainwassers, deren Bedeutung hier allerdings dadurch eingeschränkt wird, dass sie sich auf eine, gegen Ende des Versuchs entnommene Probe beschränkt, hat ergeben, dass das fragliche Wasser die Merkmale der biologischen Reinigung (Fäulnisunfähigkeit und Gehalt an Nitraten und Nitriten) aufweist.

---

### Vergleichsversuche mit frischem und zersetztem Schlamm.

Diese Versuche sollten feststellen, ob überhaupt ein Unterschied zwischen der Drainierbarkeit des frischen und des zersetzten Schlammes vorhanden sei, oder ob nicht die gute Drainierbarkeit unseres zersetzten Schlammes daran liege, dass schon der frische Schlamm ausnahmsweise sich drainieren lasse.

Deckschicht der Drainierkörper.

Bei diesen folgenden Versuchen wurde als Deckschicht anstelle von Schlackensand Steinkohlengruss, ein Material, das im Emschergebiet ebenfalls billig zu haben ist, verwandt. Die Korngrösse dieses Deckmaterials betrug zu 92 v. H. 2—4 mm, zu 8 v. H. 1—2 mm.

Dieses brennbare Material wurde deshalb gewählt, weil die Absicht besteht, an einigen Stellen des Emschergebietes den Klärschlamm zu verbrennen. Beim Abschaufeln des stichfesten Schlammes bleibt stets ein Teil der Deckschicht des Trockenplatzes am Schlamm kleben. Ist das Deckmaterial nicht brennbar, so wird dadurch der Heizwert des Schlammes herabgedrückt, ist es brennbar, so wird er erhöht.

Durchlässigkeit der Drainierkörper.

Vor Beginn der Versuche wurden die beiden Drainierkörper auf ihre Durchlässigkeit geprüft. Gleiche Mengen Leitungswasser wurden gleichmässig auf die Oberfläche der Körper aufgebracht und dann die Ablaufzeiten und -Mengen verglichen. Es ergab sich, dass die Durchlässigkeit, wie bei dem ganz gleichartigen Aufbau der Körper auch erwartet werden konnte, praktisch gleich war. Die Körper wurden dann mehrere Tage zum Austrocknen stehen gelassen.

### Vergleichsversuch mit frischem und zersetztem Schlamm der Versuchsanlage zu Essen.

Die Analyse der beiden Schlammarten ergab:

	Wasser	Trockensubstanz	Asche	Glühverlust
Frischer Schlamm.	92,48 v. H.	7,52 v. H.	3,21 v. H.	4,31 v. H.
	in der Trockensubstanz		42,7	57,3
Zersetzter Schlamm.	89,44 v. H.	10,56 v. H.	6,13	4,43
	in der Trockensubstanz		58,05 v. H.	41,95 v. H.

Es wurden je 20 kg von beiden Schlammarten auf die Drainierkörper gebracht. Dabei zeigte sich, dass sich auf diese Weise ein



Vergleichsversuch nicht ausführen liess, denn der frische Schlamm floss sofort durch den Drainierkörper hindurch, während der zersetzte Schlamm, wie stets, nur ein klares Drainwasser abfliessen liess. Das war, namentlich da sich die beiden Schlammarten bezüglich ihres Wassergehaltes nicht so sehr unterschieden, überraschend. Der zersetzte Schlamm sah allerdings viel dicker aus als der frische. Wie sich später deutlich zeigte, liegt dies oft weniger an der Konzentration, als an dem Gehalt an Gasen. Der zersetzte Schlamm, der mit kleinen Glasbläschen dicht durchsetzt ist, wird dadurch schaumiger und dickflüssiger.

Es war also auf diese Weise nicht möglich, den frischen und den zersetzten Schlamm bezüglich ihrer Drainierbarkeit zu vergleichen.

Frischer Schlamm lässt sich nun, da er nach einigem Stehen einen erheblichen Teil seines Wassers ziemlich klar an der Oberfläche absetzt, durch Abhebern dieses Wassers bedeutend konzentrieren. Ein solches Verfahren schien in zwei Beziehungen vorteilhaft. Erstens liess es sich auf diese Weise wahrscheinlich ermöglichen, auch den frischen Schlamm zu drainieren, ohne dass er durchlief, und zweitens konnte man so, was für den an der Menge der Abläufe gemessenen Verlauf der Drainierung wichtig war, von ziemlich gleichem Wassergehalte ausgehen. Auf einen direkten Vergleich der Trockenzeiten musste unter solchen Versuchsbedingungen allerdings verzichtet werden, da ja der frische Schlamm durch Entfernen eines Teils seines Wassers begünstigt wurde.

#### Vergleichsversuch mit frischem und zersetztem Schlamm der Kläranlage Recklinghausen-Ost.

Um die Arbeiten auf eine etwas allgemeinere Basis zu stellen, wurde zu diesem Versuche der Schlamm einer anderen, ebenfalls nach dem Prinzip der Emscherbrunnen erbauten Anlage benutzt, nämlich der Kläranlage Recklinghausen-Ost<sup>1)</sup>. Diese liefert in ihren 7 m tiefen Brunnen einen erheblich konzentrierteren zersetzten Schlamm als das nur 3,5 m tiefe, ursprünglich nicht als Emscherbrunnen gebaute Becken der Versuchsanlage.

Um mit dem gewünschten, möglichst gleichmässigen Wassergehalte arbeiten zu können, wurde der frische Schlamm absitzen gelassen und dann das sich oben absetzende Wasser vorsichtig abgehebert; darauf

1) In Betrieb seit Februar 1907, angeschlossen rund 28000 Einwohner, 5400 cbm/Tag, 6 Brunnen von je 6 m Durchmesser und 7 m Tiefe.

wurde mit dem Vergleichsversuche begonnen. Die Analysen der beiden Schlammarten ergaben nun, dass die Absicht, mit ziemlich gleichem Wassergehalte zu arbeiten, nicht völlig erreicht war. Der zersetzte Schlamm enthielt 77,4 v. H. Wasser, eine dem damaligen Durchschnittswerte (77,6 v. H.) sehr naheliegende Zahl. Der frische Schlamm wurde nicht ganz so konzentriert erhalten. Es war zwar durch das Abhebern gelungen, seinen Wassergehalt, der in der Regel etwa 90 v. H. beträgt, erheblich herabzudrücken, doch betrug er immerhin noch 80,35 v. H. Die weitere Untersuchung ergab nun, dass auch bezüglich der sonstigen Zusammensetzung die beiden Schlammarten keinen direkten Vergleich zulassen, da der auf Trockensubstanz berechnete Aschengehalt des frischen Schlammes (57,2 v. H.) ein erheblich höherer war, als der des zersetzten (50,58 v. H.).

Für die beabsichtigte Bestimmung bedeuteten jedoch beide Abweichungen einen Vorsprung, der dem frischen Schlamm gegeben war, denn einerseits kann der nassere Schlamm mehr Wasser abgeben und andererseits Schlamm mit geringerem Gehalt an organischer Substanz leichter trocknen.

Bei den bisher beschriebenen Versuchen hatte auf eine direkte Feststellung der Gewichtsabnahmen des Schlammes während der Drainierung verzichtet werden müssen. Da bei diesem Versuche nicht beabsichtigt war, Zwischenproben zu entnehmen, konnte das hier nachgeholt werden.

#### Ausführung des Vergleichsversuches.

In die zwei Drainierkörper wurden wieder je 20 kg der beiden Schlammarten eingewogen.

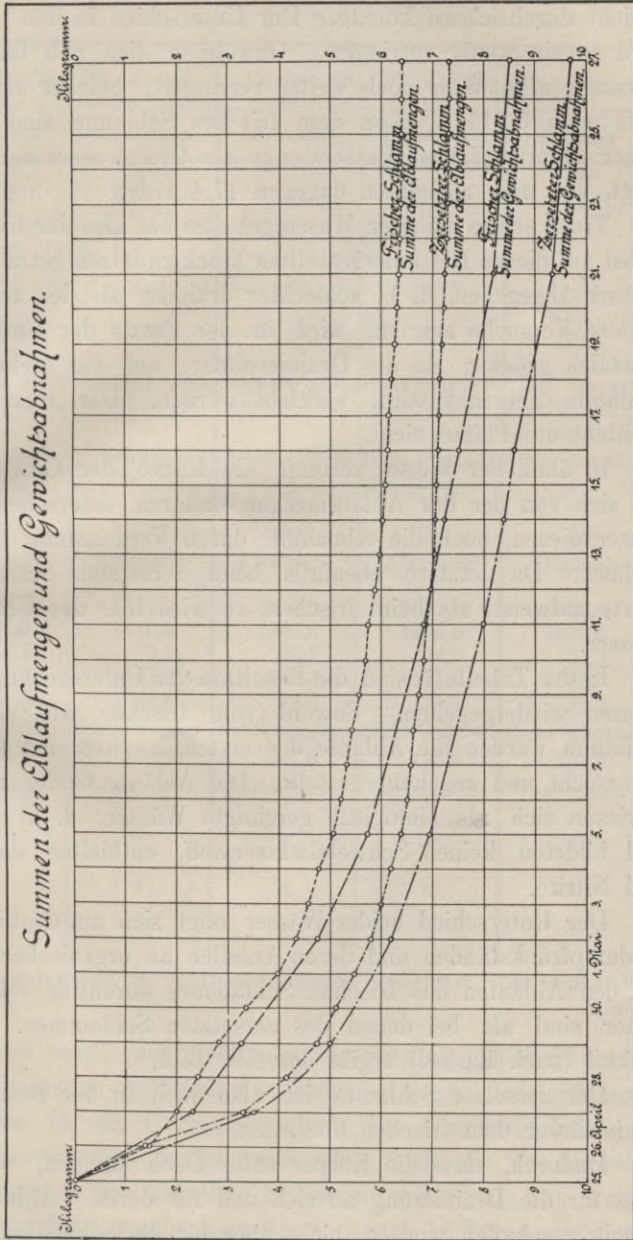
Die Abflüsse der Drainierkörper wurden täglich gemessen und von Zeit zu Zeit analysiert. Ausserdem wurden die Drainierkörper von Zeit zu Zeit gewogen, im ganzen je 10 mal. Die Resultate der Messungen und Wägungen sind auf Abb. 2 graphisch dargestellt. Sie zeigt die Summen der Ablaufmengen und Gewichtsabnahmen in Kilogramm.

Man sieht, wie der anfänglich infolge seines hohen Wassergehaltes etwas schneller drainierende frische Schlamm schon am zweiten Tage von dem zersetzten Schlamm ganz beträchtlich überholt wird. Der Unterschied wächst bis zum vierten Tage (29. 4. 1908). Bis dahin hatte auf der Oberfläche des frischen Schlammes eine dünne Wasserschicht gestanden. Dadurch, dass der darunter liegende Schlamm



# Drainierverzuch mit frischem und zersetztem Schlamm der Kläranlage Recklinghausen-Ost.

Summen der Ablaufmengen und Gewichtsbilanzen.



durch Wasserabgabe sein Volumen verringert hat, entstanden in ihm Schwindrisse, durch die in weiteren 2 Tagen die erwähnte Wasserschicht durchsickern konnte. Der Unterschied in den Ablaufmengen wird so ein wenig verringert. Obwohl er sich nun im Verlaufe des Versuchs allmählich noch weiter verringert, beträgt er zum Schluss doch noch 0,911 l. Von dem frischen Schlamm sind nur 40 v. H. seiner ursprünglichen Wassermenge als Drainwasser zur Messung gelangt, von dem zersetzten dagegen 47,4 v. H.

Resultat der  
Drainierung.

Trotz seines höheren Wassergehaltes hat also der frische Schlamm selbst auf diesen frisch hergestellten Trockenplätzen beträchtlich weniger Wasser abgegeben, d. h. schlechter drainiert als der zersetzte. (Wie spätere Versuche zeigten, wird in der Praxis der Unterschied noch erheblich grösser, da die Drainierplätze, auf die mehrmals frischer Schlamm gebracht wird, verklebt werden. Der zersetzte Schlamm verklebt die Plätze nicht.)

In ähnlicher Weise verläuft die Kurve der Gewichtsabnahmen, die sich von der der Ablaufmengen dadurch unterscheidet, dass sie ausser diesen noch die Abnahme durch Verdunstung und Vergasung umfasst. Da letztere ebenfalls beim zersetzten Schlamm grössere Werte aufweist, als beim frischen, so wird hier der Unterschied noch grösser.

Untersuchung  
des Drainwassers.

In der Tabelle 7 sind die Resultate der Untersuchungen der Drainwässer wiedergegeben. Sowohl vom frischen wie vom zersetzten Schlamm wurden die Abläufe des ersten, zweiten und sechsten Tages untersucht und gegenübergestellt. Die Abläufe beider Schlammarten erwiesen sich als biologisch gereinigte Wässer, d. h. sie enthielten und bildeten keinen Schwefelwasserstoff, enthielten dagegen Nitrate und Nitrite.

Der Unterschied beider Wässer zeigt sich am deutlichsten in den Abdampfdruckständen und deren Anteilen an organischer Substanz, die bei den Abläufen des frischen Schlammes durchweg sehr beträchtlich höher sind als bei denen des zersetzten Schlammes. Die Oxydierbarkeit (nach Kubel) ergibt dasselbe Bild.

Der zersetzte Schlamm ist also auch in der Beschaffenheit der Drainwässer dem frischen überlegen.

Trocknung.

Dadurch, dass die Körper unter Dach standen, wurde erreicht, dass für die Drainierung an sich und für deren Vergleich ideale Zustände geschaffen wurden, nicht aber für die Schnelligkeit der Trocknung. Wenn auch der die Trocknung verzögernde Einfluss des Regens



**Tabelle 7. Vergleichsversuch**  
**mit frischem und zersetztem Schlamm der Kläranlage „Recklinghausen-Ost“.**  
 Untersuchungen des Drainwassers.<sup>1)</sup>

Datum	Erster Tag (26. 4. 08)		Zweiter Tag (27. 4. 08)		Sechster Tag (1. 5. 08)	
	Frischer	Zersetzter	Frischer	Zersetzter	Frischer	Zersetzter
Ablaufmengen . .	1,405 l	1,307 l	0,586 l	1,900 l	0,650 l	0,377 l
Desgl. in Proz.						
a) des ursprüngl. Wasser- gehalts . . . .	8,75	8,44	3,64	12,28	4,04	2,43
b) des Gesamt- ablaufs . . . .	21,85	17,80	8,68	25,9	10,01	5,13
Aeußere Be- schaffenheit . .	Schwach gelb, milchig-trüb.	Schwach gelb, opalisierend.	Schwach gelb, opalisierend.	Ganz schwach, gelb, opali- sierend.	Tief orange- gelb, stark milchig, trübe.	Farblos und klar.
Geruch . . . . .	Ziemi. stark, dumpfig.	Schwach, dumpfig.	Ziemi. stark, dumpfig.	Ganz schwach, erdig.	Stark dumpfig.	Geruchlos.
Durchsichtigkeit in Zentimetern	2,9	6,9	10,5	7,4	1,6	25,5
Reaktion . . . . .	Alkalisch.	Alkalisch.	Alkalisch.	Alkalisch.	Alkalisch.	Alkalisch.
Abdampfrück- stand . . . . .	3113,0	1877,0	2873,0	1617,0	3036,0	1624,0
Davon mineral. {	1986,0	1410,0	1943,0	1206,0	1950,0	1379,0
= Prozent {	63,2	75,2	67,7	74,6	64,3	84,7
Organisch {	1127,0	467,0	930,0	411,0	1068,0	245,0
= Prozent {	36,8	24,8	32,3	25,4	35,7	15,3
Schwebstoffe . .	Nicht wägbar.	Nicht wägbar.	Nicht wägbar.	Nicht wägbar.	Nicht wägbar.	Nicht wägbar.
Oxydierbarkeit .	448,7	256,0	347,6	195,9	391,8	214,9
Ammoniaksalze .	Vorhanden.	Vorhanden.	Vorhanden.	Vorhanden.	Vorhanden.	Vorhanden.
Salpetrigsaure Salze . . . . .	"	"	"	"	"	"
Salpetersaure Salze . . . . .	"	"	"	"	"	"
Schwefelwasser- stoff . . . . .	0	0	0	0	0	0

<sup>1)</sup> Alle Bestimmungen sind im unfiltrierten Wasser ausgeführt. Die Gewichtsangaben be-  
 deuten mg/l.

beseitigt wurde, so wurde andererseits die Verdunstung gehindert durch Fernhalten der bewegten Luft und der Sonnenstrahlen. Infolgedessen wurden zwar die für die Gegenüberstellung der Drainierbarkeit gewünschten Zahlen erhalten, andererseits aber auch die Trockenzeit erheblich verlängert. Der zersetzte Schlamm wurde so, was zwar immerhin für Klärschlamm sehr kurz ist, erst nach 16 Tagen stichfest. Der frische Schlamm dagegen erreichte, trotzdem er vorher künst-

lich entwässert war, erst nach 33 Tagen, also nach mehr als der doppelten Zeit, diese Konsistenz. Der Versuch wurde, nachdem auch der frische Schlamm stichfest geworden war, beendet und die dann entnommenen Durchschnittsproben analysiert. Die Ergebnisse der Analysen der vor Beginn und nach Beendigung des Versuches entnommenen Proben siehe Tabelle 8.

**Tabelle 8. Vergleich zwischen frischem und zersetztem Schlamm der Kläranlage „Recklinghausen-Ost“.**

Untersuchungen des Schlammes.

Datum	Menge	Wasser	Substanz	Asche	Org. Substanz
Frischer Schlamm, nass. 25. 4. 08.	20 kg	80,35 v. H. = 16,07 kg.	19,65 v. H. = 3,93 kg.	11,24 v. H. = 2,24 kg.	8,41 v. H. = 1,682 kg.
Derselbe drainiert. 27. 5. 08.	11,43 kg abzüglich 1,2 kg Wasser, das i. d. Schlacke verblieben war, und daher mit- gewogen wurde. = 10,23 kg.	61,8 v. H. = 6,32 kg.	38,2 v. H. = 3,91 kg.	23,0 v. H. = 2,248 kg.	15,2 v. H. = 1,662 kg.
Abnahme in 33 Tagen.	9,77 kg = 48,9 v. H.	9,75 kg = 60,7 v. H.	0,02 kg = 0,51 v. H.	—	0,02 kg = 1,19 v. H.
Zersetzter Schlamm, nass. 25. 4. 08.	20 kg.	77,4 v. H. = 15,48 kg.	22,6 v. H. = 4,52 kg.	11,42 v. H. = 2,284 kg.	11,18 v. H. = 2,236 kg.
Derselbe drainiert. 27. 5. 08.	10,28 kg abzüglich 1,28 kg Wasser, das in der Schlacke verblieben war, und daher mitgewogen wurde. = 9,00 kg.	53,5 v. H. = 4,815 kg.	46,5 v. H. = 4,185 kg.	25,4 v. H. = 2,284 kg.	21,1 v. H. = 1,901 kg.
Abnahme in 33 Tagen.	11,0 kg = 55,0 v. H.	10,665 kg = 69,0 v. H.	0,335 kg = 7,4 v. H.	—	0,335 kg = 15,1 v. H.

### Ergebnisse.

Für den frischen Schlamm haben also die Versuche ergeben:

1. Bringt man ihn, ohne ihn vorher zu konzentrieren, auf frisch hergestellte Trockenplätze, so kann es, selbst wenn die Deckschicht eine Korngröße von nur 2—4 mm hat, vorkommen, dass er, anstatt zu drainieren, durchläuft.



2. Wenn man ihn, wie im zweiten Vergleichsversuch, vorher möglichst konzentriert (er enthielt nur noch 80,35 v. H. Wasser), so ist er auf frisch hergestellten Plätzen drainierbar. (Für die Praxis hat das vorläufig noch keine Bedeutung, einerseits weil es nicht gelingen will, frischen Schlamm im grossen mit wesentlich unter 90 v. H. liegendem Wassergehalt zu erhalten, andererseits weil die Drainierplätze durch mehrfaches Aufbringen frischen Schlammes verklebt werden. In der Regel verbreitet er ausserdem schon nach etwa 3 Tagen einen unerträglichen, weithin bemerkbaren Geruch.)
3. Das Drainwasser auch des frischen Schlammes erhält bei dem langsamen Durchtropfen durch die Schlackenschicht die Eigenschaften eines biologisch gereinigten Wassers, enthält jedoch noch sehr viel gelöste organische Substanz.

Der Wasserverlust durch Drainieren betrug beim zersetzten Schlamm 80,9 v. H. des Gesamtwasserverlustes, sodass nur 19,1 v. H. verdunstet sind.

B. Zersetzter Schlamm.

Der Vergleich der Drainierung frischen und zersetzten Schlammes hat gezeigt:

C. Vergleich zwischen frischem und zersetztem Schlamm.

1. Dass der frische Schlamm viel längere Zeit zum Erreichen der Stüchfestigkeit braucht als der zersetzte, selbst wenn man ihm vorher noch einen Teil seines Wassergehaltes entzieht. (Hier 33 gegen 16 Tage.)
2. Dass der frische Schlamm viel weniger Drainwasser abgibt als der zersetzte, selbst wenn er erheblich mehr Wasser enthält. (Hier 47,45 gegen 55,7 v. H.)
3. Dass das Drainwasser des zersetzten Schlammes viel weniger organische Substanz enthält als das des frischen.
4. Dass der „zersetzte“ Schlamm in stärkerer Masse als der frische bei der Drainierung organische Substanz einbüsst.

#### Folgerung.

Beim Bau von Trockenplätzen für zersetzten Schlamm ist auf die Drainierbarkeit Rücksicht zu nehmen. Die Drainrohrleitungen müssen so bemessen werden, dass sie der grossen, zu Anfang abfliessenden Wassermenge freien Abfluss gestatten.

Das Drainwasser aus Schlackenplätzen braucht nicht weiter behandelt zu werden. Es kann in jeden Vorfluter abgelassen werden.

### Gründe der Drainierbarkeit.

Das Hauptergebnis der im Vorhergehenden beschriebenen Versuche war die Feststellung der Tatsache, dass der zersetzte Klärschlamm der Emscherbrunnen drainierbar ist, d. h. dass er auf den Trockenplätzen in kurzer Zeit dadurch trocknet, dass er einen wesentlichen Teil des bei der Trocknung verschwindenden Wassers (bis zu 80 v. H.) durch die durchlässige Unterlage abgibt. Es fragt sich nun, welches die Eigenschaften sind, die die Drainierbarkeit bedingen.

Dickflüssigkeit.

Die Versuche mit frischem und zersetztem Schlamm gaben darüber schon wichtige Aufschlüsse. Es zeigte sich, dass bei gleicher Korngrösse der Deckschicht der frische Schlamm durchlief, der zersetzte aber nur sein Wasser abgab. Der Grund liegt in der Verschiedenheit der Konzentration.

Beim frischen Schlamm bleiben infolge der durch den hohen Wassergehalt bedingten Düninflüssigkeit auf der drainierenden Schicht zu Anfang nur die gröberen Stoffe liegen, während die im Wasser fein verteilten Stoffe teils in die Deckschicht mehr oder weniger tief eindringen, teils ganz hindurchgehen. Durch das Festsetzen der eingedrungenen Schlamnteilchen wird dann die Schicht dichter, das Durchlaufen hört auf, und in einer gewissen Tiefe der Deckschicht bildet sich eine aus dem Deckmaterial und Schlamnteilchen bestehende, sehr wenig durchlässige Masse, die, wenn man zum zweiten oder dritten Male Schlamm aufbringt, unter Umständen schon so dicht geworden sein kann, dass sie dem Wasserdurchtritt einen starken Widerstand entgegensetzt. Von einer Drainierung auf einem solchen verklebten Platze kann dann bald nicht mehr die Rede sein.

Der konzentriertere Faulraumschlamm und der dickflüssige zersetzte Schlamm der Emscherbrunnen dagegen fließen nicht durch die Filterschichten hindurch, sondern geben nur ihr Wasser ab.

Zerstörung der Kolloide.

Dass sie dies so verhältnismässig schnell tun — nach den Ergebnissen des zweiten Vergleichsversuches drainierte ein Emscherbrunnenschlamm viel schneller als ein der gleichen Anlage entnommener, künstlich konzentrierter frischer Schlamm —, liegt zum grossen Teil daran, dass die im frischen Schlamm vorhandenen Kolloide teilweise zerstört sind. Es ist zu vermuten, dass die durch Bakterien und Enzyme verursachte Zersetzung, die die organischen Stoffe an ihrer Oberfläche angreift, sich am meisten an den schwammartig mit Flüssigkeit vollgesaugten Hydrogelen mit ihren ungeheuer grossen



Oberflächen äussert. Durch Zerstörung dieser nimmt die Fähigkeit des Schlammes, Wasser zu binden, sehr stark ab. Der Schlamm wird wasserärmer und zugleich drainierbar.

In gleicher Weise wirkt die Zerstörung der organisierten Substanzen, die sich im frischen Schlamm finden, wie Fragmente von Pflanzen und Tieren, die als Küchen-, Garten- und Schlachthausabfälle ins Abwasser gelangen. Diese Stoffe, die ebenfalls sehr viel Wasser binden und von vornherein schon stark wasserhaltig sind, finden sich im zersetzten Schlamm nur noch in äusserst geringen Mengen.

Zerstörung  
organisierter  
Substanzen.

Der Unterschied im Wassergehalt des frischen und zersetzten Schlammes zeigt schon, wie weit die Zerstörung der wasserbindenden Kolloide und organisierten Substanzen gegangen ist. Gegen 90 bis 95 v. H. beim frischen Schlamm fand ich z. B. im Schlamm der Emscherbrunnenanlage Recklinghausen durchschnittlich 79,3 v. H., im Schlamm von Essen NW. nur 75,6 v. H. Gelegentlich wird aus Emscherbrunnen flüssiger Schlamm mit nahezu 70 v. H. Wasser erhalten, eine Konzentration, die der des stichfesten frischen Schlammes, wie er z. B. durch Zentrifugieren gewonnen wird, völlig gleichkommt. So fand ich z. B. am 8. April 1909 in einer Durchschnittsprobe, die aus 94,34 cbm nassen, unter Wasser abgelassenen Schlammes der Kläranlage Essen NW. entnommen war, 71,9 v. H. Wasser, am 8. Mai 1909 aus einer gleichen aus 65,0 cbm 71,35 v. H. Wasser, während nach den Untersuchungen der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung<sup>1)</sup> der zentrifugierte stichfeste Schlamm der Kläranlage Harburg zwischen 69,7 bis 74,2 v. H. Wasser, im Mittel 72,5 v. H., enthielt. Eine im Jahre 1908 von mir in Harburg entnommene Probe ergab 68,8 v. H. In Frankfurt enthielt der frische zentrifugierte Schlamm (nach Angaben, die mir dort im Jahre 1908 gemacht wurden) rund 70 v. H. Wasser.

Die Zerstörung der wasserbindenden Substanzen äussert sich auch noch im stichfesten Zustande. So fand ich für den gerade stichfest gewordenen Emscherbrunnenschlamm von Recklinghausen-Ost im Mittel von 4 Proben 58,27 v. H., von Essen NW. im Mittel von 13 Proben nur 52,34 v. H. Wasser.

Man kann demnach für stichfesten frischen Schlamm rund 71 v. H., für stichfesten zersetzten Schlamm rund 55 v. H. Wasser annehmen.

---

1) Reichle und Thiesing, Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Heft 10.

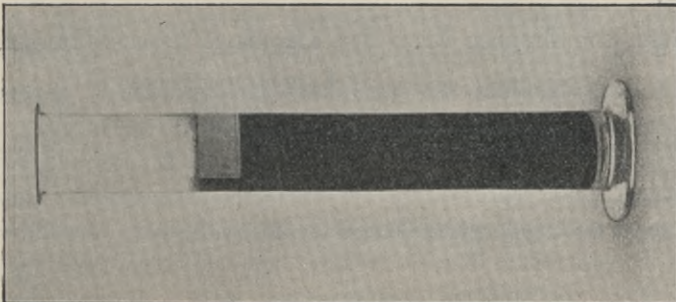
Gasgehalt.

Die Drainierbarkeit des zersetzten Schlammes wird durch seinen Gasgehalt wesentlich unterstützt. Wie schon erwähnt, werden bei der Zersetzung des Schlammes in Emscherbrunnen grosse Mengen von Gasen entwickelt, die grösstenteils aus Methan (rund  $\frac{3}{4}$ ) und Kohlensäure (rund  $\frac{1}{4}$ ) bestehen. Diese Gase entweichen, sobald sich aus den ursprünglich entstehenden winzigen Bläschen grössere Blasen gebildet haben, die durch ihren Druck die über ihnen liegende Schlamm-schicht überwinden können. Dazu gehört indes schon eine recht bedeutende Gasmenge, die sich an einer Stelle vereinigt haben muss. Solange das nicht eingetreten ist, bleiben die Blasen in der viskosen Masse stecken. In der tiefsten Stelle von rund 10 m tiefen Brunnen stehen die Gase unter dem Ueberdruck von 1 Atm. Wird nun Schlamm abgelassen, so kommt er mit komprimiertem Gas beladen herauf. Dabei vergrössert es sein Volumen mit dem durch Erreichen grösserer Höhe fallenden Druck und vergrössert dadurch das Volumen des Schlammes. Dieser wird, da er völlig mit Gasbläschen durchsetzt ist, in eine schaumige Masse verwandelt. Die Volumvermehrung kommt der Drainierbarkeit sehr zu statten: Die Tendenz, die Deckschicht der Drainierplätze zu durchschlagen, wird noch erheblich herabgemindert. Zugleich erhält das im Schlamm enthaltene Wasser durch die in der schaumigen Masse durch Entweichen von Gasblasen entstehenden Kanäle Gelegenheit, nach unten zu sickern und abzudrainieren. Lässt man frisch abgelassenen Schlamm von Emscherbrunnen in einem Glaszylinder stehen (also gewissermassen in einem undurchlässigen Schlammplatz), so sieht man zunächst überall an den Zylinderwänden Gasbläschen, deren Zahl und Grösse allmählich zunimmt. Alsbald wächst das Volumen der Masse, und zugleich beginnt auf dem Boden des Zylinders sich eine Schicht von klarem Wasser abzusetzen. Das Volumen der über dem Wasser stehenden Schlammmenge wird nicht verringert, da die Masse ja eine schaumige Struktur hat, d. h. eine grosse Zahl grösserer und kleinerer mit Gas gefüllter Hohlräume umschliesst. Diese schaumige Masse, die leichter als Wasser ist, wird durch das sich unten absetzende Wasser nach oben geschoben. Ausserdem dehnt sie sich, da die Gasmenge sich noch etwas vermehrt, aus. Das Gesamtvolumen wird so um etwas mehr als die Menge des abgesetzten Wassers vermehrt.

Die Abbildungen 3 und 4 veranschaulichen den Vorgang. Der ursprüngliche Stand des Schlammes ist durch den oberen Rand des aufgeklebten Zettels bezeichnet. Die 24 Stunden später erfolgte zweite

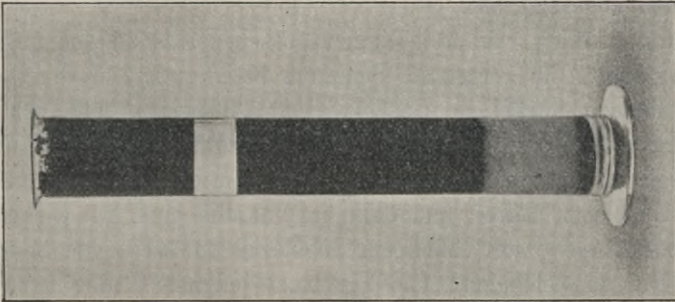


Abbildung 3.



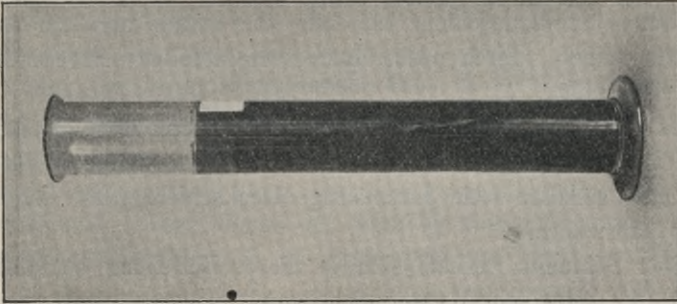
Zersetzter Schlamm der Kläranlage Essen - Nordwest, unmittelbar nach Einfüllen in den Zylinder.

Abbildung 4.



Derselbe Zylinder 24 Stunden später. Der Schlamm hat einen beträchtlichen Teil seines Wassers unten abgesetzt und ist hochgestiegen.

Abbildung 5.



Frischer Schlamm der Versuchsanlage, 24 Std. nach Einfüllen in den Zylinder. Er hat sein Volumen nicht vermehrt und hat trübes Wasser oben abgesetzt.

Aufnahme desselben Zylinders zeigt, wie sich unten Wasser abgesetzt hat und das Gesamtvolumen gestiegen ist. Die auf dem Boden liegende dünne Schlammschicht ist, wie die gerade herabsinkenden festen Stoffe zeigen, durch nachträgliches Herabfallen schwerer Partikelchen entstanden.

Dieses Verhalten steigert die Drainierbarkeit erheblich. Dadurch, dass das sich unten absetzende Wasser auf dem Trockenplatz die von Schlamm fast gänzlich freie durchlässige Deckschicht trifft, kann es ungehindert absickern.

Frischer Schlamm verhält sich in dieser Beziehung bekanntlich umgekehrt. Er setzt sein Wasser nicht unten,\* sondern oben ab. Die Abbildung 5 zeigt frischen Schlamm der Kläranlage Essen 24 Stunden nach Einfüllen in einen Zylinder. Der obere Rand des aufgeklebten Zettels gibt wieder den ursprünglichen Stand des Schlammes an. Man sieht, dass der Schlamm nicht gestiegen ist und dass er schmutziges Wasser oben abgesetzt hat.

Um festzustellen, wie weit eingeschlossenes Gas an den geschilderten Vorgängen im zersetzten Schlamm beteiligt ist, und ob etwa eine erhebliche nachträgliche Gasentwicklung mitwirkt, habe ich von einer Schlammprobe der Kläranlage Essen-Nordwest einen Teil durch zweistündiges Erwärmen auf 37° unter häufigem Umrühren von seinen grösseren Gasblasen befreit und dann im Vakuum einer gut wirkenden Wasserstrahlpumpe unter häufigem Schütteln so weit wie möglich entgast. Die so behandelte und die nicht entgaste Probe habe ich etwa 24 Stunden bei möglichst konstanter Temperatur stehen lassen.

Gemessen wurden die ursprünglich eingefüllten Mengen, die Volumenvermehrung und das abgesetzte Wasser.

**Tabelle 9.**

Schlamm von Brunnen Nr. 5 der Kläranlage Essen-Nordwest.

	I. In ursprünglichem Zustande	II. Entgast
Menge zu Beginn des Versuchs . . . . .	425 ccm	315 ccm
nach 24 Stunden . . . . .	530 ccm	455 ccm
Volumenvermehrung . . . . .	115 ccm	40 ccm
desgl. in Prozent der ursprünglichen Mengen	27,7 v. H.	12,7 v. H.
	unten	oben
Abgesetztes Wasser . . . . .	40 ccm	15 ccm
desgl. in Prozent der ursprünglichen Mengen	9,64 v. H.	4,3 v. H.



Die Temperatur betrug zu Beginn des Versuches 16,0°, zu Ende 15,5° C.

Ueberraschend ist die Tatsache, dass trotz der Entgasung eine, wenn auch nicht ganz halb so grosse, so doch deutlich wahrnehmbare Volumenvermehrung stattgefunden hat. Es ist einerseits möglich, dass die Entgasung nicht ganz vollkommen war und dass sich in den unteren Partien des Schlammes doch eine dichtere, wasserreichere Schicht angesammelt hatte, die die oberen leichteren Teile hochschob, andererseits, dass infolge der Wirkung von im Schlamm enthaltenen Bakterien und Enzymen die Gasentwicklung noch so lebhaft weiterging, dass sich dadurch das Volumen vergrösserte. Wahrscheinlich ist beides der Fall.

#### **Erfahrungen mit dem Drainierverfahren bei grossen Anlagen.**

Die Versuche haben also gezeigt, dass man bei geeigneter Vorbehandlung (Zersetzung unter Wasser in tiefen Brunnen) den Klärschlamm auf drainierten Trockenplätzen leicht in eine stichfeste erdige Masse und ein unschädliches Wasser trennen kann, das die Eigenschaften des Abflusses eines biologischen Körpers hat. Die in kleinem Massstabe befriedigend verlaufenen Versuche lassen jedoch noch die Frage offen, wie sich das Trockenverfahren im grossen bewährt.

Die Schlamm-trocknung durch Drainierung ist in grösserem Massstabe bisher in der Kläranlage Recklinghausen-Ost (28000 Einwohner angeschlossen), Essen-Nordwest (60000 Einwohner angeschlossen) und Bochum (130000 Einwohner angeschlossen) sowie in mehreren kleinen Anlagen im Betriebe. Die Erfahrungen sind noch viel günstiger als nach den Versuchen zu erwarten war. Ueber die Ergebnisse der Trocknung in der für Versuche am bequemsten gelegenen der grösseren Anlagen, Essen-Nordwest, liegt ein umfangreiches Material vor, das, soweit es die Messungen der Stauhöhen des Schlammes und die Trockenzeiten anbelangt, zwecks Abrechnung mit dem die Schlammabfuhr besorgenden Unternehmer im Auftrage der Emschergenossenschaft von dem Betriebsingenieur Blunk gesammelt ist. Ich habe diese Messungen in den Abb. 6, 7 und 8 (s. folgende Seiten) zusammengestellt. Die dargestellten Regenhöhen sind durch den städtischen Klärmeister Winter auf der Essener Kläranlage gemessen.

# Kläranlage Ewen-Nordwest

## Belastung der Schlammplätze, Trockenzeit und Regenmengen.

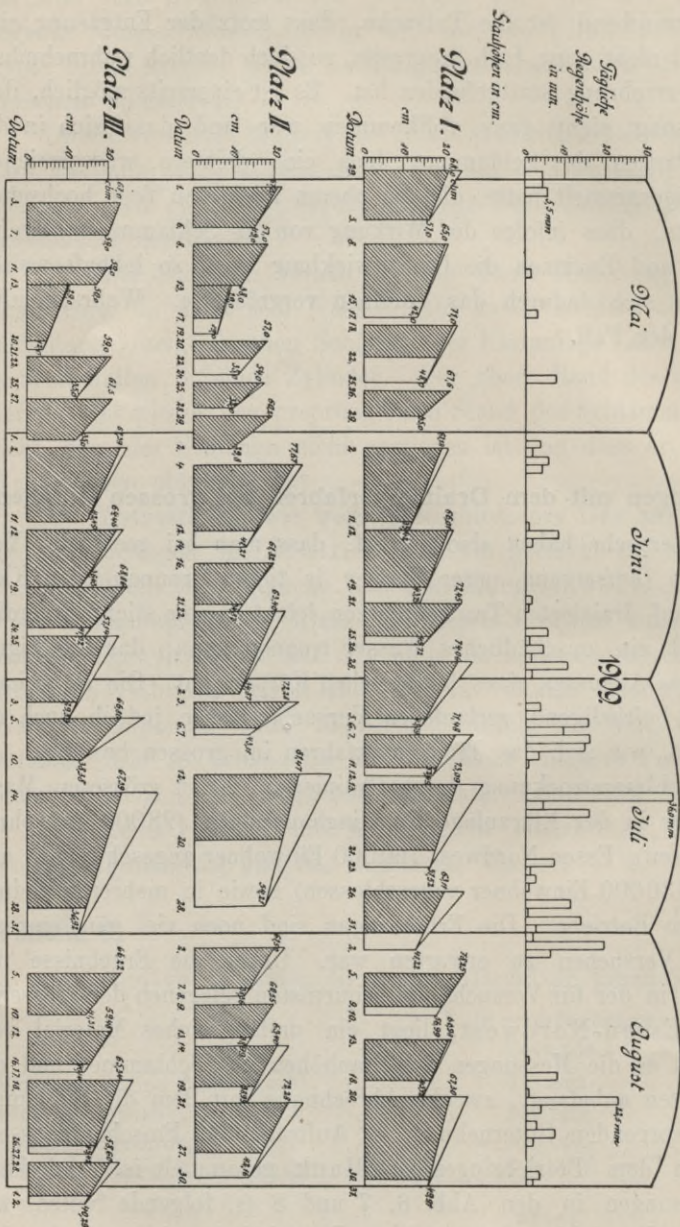
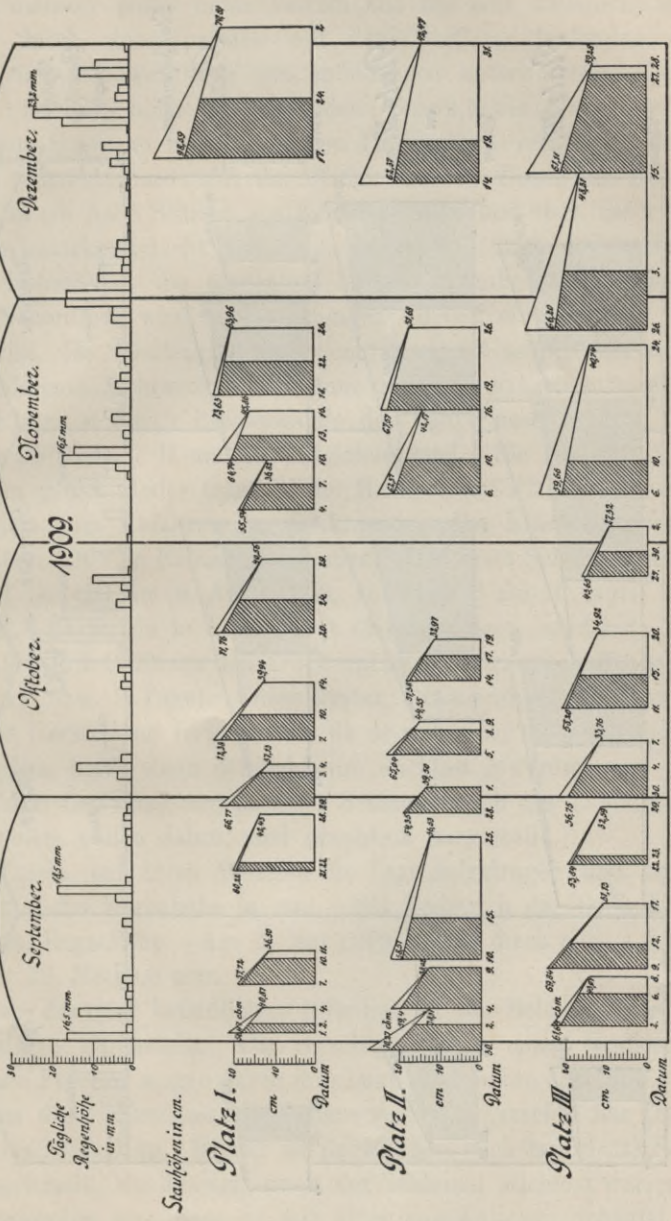




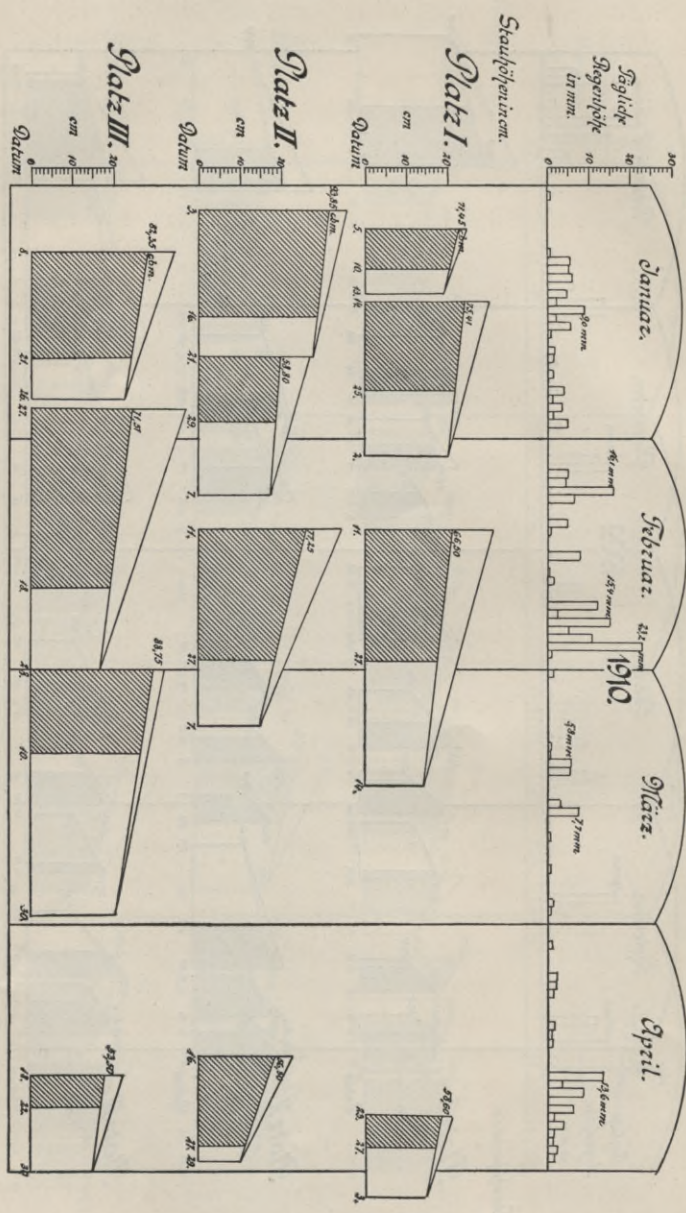
Abbildung 7.

# Kläranlage Essen-Nordwest.

## Belegung der Schlammplätze, Trockenzeit und Regenmengen.



*Slämningsanläggning i Esser-Stockholm.  
Besättning der Schlammplätze, Trockenzeit und Regenmengen.*





Der zur Trocknung des auf der Kläranlage Essen-Nordwest aus den 9 m tiefen Brunnen entfernten Klärschlammes dienende Schlammplatz liegt mehrere Meter unter Terrain und hat eine künstliche Entwässerung durch einen parallel mit dem Vorfluter laufenden und unterhalb eines Stauwerks in ihn mündenden unterirdischen Kanal. Der Platz ist mit einer in Abständen von 2,5 bis 3 m verlegten Drainage aus Stoss an Stoss liegenden Drainrohren versehen. Diese münden in einen ringsum geführten offenen Graben. Ueber den Rohren liegt eine 30 cm hohe Schicht aus Kesselschlacke und über dieser eine etwa 2 cm starke Schicht von Schlackensand. (Statt des letzteren ist häufig Koksasche, die manchmal billiger zu haben ist, verwandt worden. Neuerdings wird in den Anlagen, denen ein Sandfang vorgeschaltet ist, das Sandfanggut dazu benutzt. Da dieses keine schwimmenden Teile enthält, braucht es nur ganz dünn aufgetragen zu werden.)

Beschreibung der  
Trockenplätze.

Der Platz ist durch Bretterwände der Länge nach in drei Teile geteilt, die als Platz I, II und III bezeichnet sind. Sie sind 322, 317 und 293 qm gross. Jeder trägt in der Mitte ein auf Pfählen stehendes Feldbahngleis zum Abfahren des Schlammes. Die Kläranlage wurde im Dezember 1908 in Betrieb genommen. Der erste Schlamm wurde auf Platz I und III am 8. April 1909, auf Platz II am 10. April 1909 aufgelassen. Er wurde in kurzer Zeit (3 bis 5 Tagen) stichfest, aber erst am 19. April 1909 aus den Trockenplätzen herausgeschafft (Lagerzeit also 11 bzw. 9 Tage). Diese ersten Drainierungen sind in der graphischen Darstellung fortgelassen, da es sich nicht mehr mit Sicherheit feststellen liess, wann der Schlamm stichfest geworden war. Alle folgenden auf die Plätze abgelassenen Schlammengen bis 1. Mai 1910, also von einem vollen Jahre, sind graphisch dargestellt.

Die Tafeln, auf deren Abszisse die Tage aufgetragen sind, zeigen oben die tägliche Regenhöhe in mm. Ein Teilstrich der Ordinate ist gleich 1 mm Regenhöhe. Am 1. Mai 1909 betrug diese z. B. 4,5 mm, vom 3. bis 12. Mai 0,0 mm.

In den darunter befindlichen 3 Reihen ist die Belegung der drei Schlammplätze dargestellt. Die einzelnen, durch einen Grundstrich verbundenen Figuren zeigen durch ihre linke Senkrechte das Datum des Aufbringens des Schlammes, durch ihre rechte Senkrechte das Datum des Herausgeschaffens an. Häufig ist dazwischen noch eine dritte Senkrechte angebracht, die anzeigt, wann der Schlamm stichfest war, d. h. so fest geworden war, dass er mit einer gewöhnlichen Schaufel wie feuchte Erde herausgestochen und aufgeladen werden konnte. Die

Trockenzeit bis zur Stichfestigkeit ist durch Schraffieren der Fläche hervorgehoben.

Die Höhen der äusseren beiden Senkrechten zeigen die Stauhöhen des Schlammes. Ihre Endpunkte sind durch eine schräge Linie verbunden. Je steiler diese ist, um so grösser ist die Volumenabnahme in der Zeiteinheit gewesen. Ueber dieser Linie ist eine zweite eingezeichnet. Der linke Endpunkt derselben zeigt durch seinen Abstand von der schraffierten Fläche die während der Lagerzeit gefallene Regenhöhe an, und zwar bedeutet, ebenso wie bei der Stauhöhe, 1 Teilstrich einen Centimeter.

Die etwas komplizierte Darstellung wird durch ein Beispiel leichter verständlich:

Beispiel. Abb. 6,  
Seite 56, mittlere  
Reihe.

Am 3. Juli 1909 wurde auf Platz II (mittlere Reihe), der 317 qm Fläche hat, Schlamm in einer Höhe von 22,8 cm aufgebracht = 72,28 cbm. Dieser Schlamm war am 6. Juli stichfest und wurde am 7. Juli herausgefahren. Die Höhe wurde an diesem Tage zu 13,6 cm (= 43,11 cbm) ermittelt. Die Trockenzeit (vom 3. bis 6.) betrug 3 Tage, die Lagerzeit (vom 3. bis 7.) 4 Tage. Die Regenhöhe betrug (siehe oberste Reihe) am 3. = 0,0 mm, am 4. = 3,5 mm, am 5. = 0,0 mm, am 6. = 15,2 mm, am 7. = 9 mm, zusammen 27,7 mm = 2,77 cm. Diese sind, da das Regenwasser ja ebenfalls drainiert werden musste, über die Anfangsstauhöhe von 22,8 cm aufgetragen. Durch Multiplikation mit dem Flächeninhalte des Platzes (317 qm) ergibt sich die Regenmenge.

Jede einzelne Stauhöhenmessung ist das arithmetische Mittel aus 12 in gleichen Abständen auf den Schlammplatz verteilten Stichmassen.

Die dargestellten Betriebsergebnisse zeigen, dass die auf das Drainierverfahren gesetzten Erwartungen sich erfüllt haben. Trotz des aussergewöhnlich nassen Jahres ist, alle Regentage eingerechnet, der durchschnittlich 23 cm hoch aufgestaute Schlamm in 5,87 Tagen stichfest geworden. Bei Trockenwetter war er zuweilen, z. B. am 11. Mai (Platz III) und am 20. Mai (Platz II) in zwei Tagen, im September sogar einige Male in einem Tage stichfest.

In der bis zur Zusammenstellung vorliegenden Betriebszeit von 365 Tagen sind die Trockenplätze

I	236	Tage	belegt,	129	Tage	leer	gewesen
II	246	"	"	119	"	"	"
III	274	"	"	81	"	"	"



Tabelle 10. Die Veränderung des Schlammes durch die Drainierung.

Kläranlage Essen-Nordwest.

Nasser Schlamm				Stichfester Schlamm				Abnahme		Regen-					
Datum	Menge	Wasser	Trocken- substanz	In d. Trocken- substanz	Organis- ches	Mineral- sches	Datum	Menge Wasser	Trocken- substanz	Organis- ches	Mineral- sches	Menge Wasser	Trocken- substanz	höhe mm	menge cbm
25. 5. 1909	54,0 cbm	78,67	21,33	57,53	42,47	42,47	28. 5. 1909	50,28	49,77	57,14	42,86	33,94 t	0,12 t	7,5	2,4
Platz II	spez.Gew.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	Trocken- zeit	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.		
Staubhöhe	1,0927						3 Tage	12,59 t	12,48 t	7,13 t	5,35 t	57,52	0,95		
17,0 cm	59,01 t	46,41 t	12,6 t	7,25 t	5,35 t	5,35 t		25,07 t	25,07 t	25,07 t	25,07 t	v. H.	v. H.		
29. 5. 1909	60,2 cbm	78,74	21,26	58,2	41,8	41,8	2. 6. 1909	47,71	52,29	54,46	45,54	46,94 t	1,31 t	3,7	1,2
Platz II	spez.Gew.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	Trocken- zeit	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.		
Staubhöhe	1,244						5 Tage	13,34 t	14,62 t	7,96 t	6,66 t	62,67	0,82		
19,0 cm	74,9 t	58,97 t	15,93 t	9,27 t	6,66 t	6,66 t		27,96 t	27,96 t	27,96 t	27,96 t	v. H.	v. H.		
12. 6. 1909	66,01 cbm	72,24	27,76	60,7	39,3	39,3	19. 6. 1909	48,98	51,02	57,35	42,65	36,75 t	1,61 t	11,5	3,7
Platz I	spez.Gew.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	Trocken- zeit	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.		
Staubhöhe	1,1157						7 Tage	18,1 t	18,85 t	10,81 t	8,04 t	49,86	0,79		
20,5 cm	73,7 t	53,24 t	20,46 t	12,42 t	8,04 t	8,04 t		36,95 t	36,95 t	36,95 t	36,95 t	v. H.	v. H.		
5. 7. 1909	66,8 cbm	81,32	18,68	46,49	53,51	53,51	10. 7. 1909	55,16	44,84	46,41	53,59	42,72 t	0,02 t	57,4	16,8
Platz III	spez.Gew.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	Trocken- zeit	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.		
Staubhöhe	1,095						5 Tage	16,78 t	13,64 t	6,33 t	7,31 t	58,41	0,15		
22,8 cm	73,14 t	59,48 t	13,66 t	6,35 t	7,31 t	7,31 t		30,42 t	30,42 t	30,42 t	30,42 t	v. H.	v. H.		
2. 8. 1909	61,5 cbm	74,1	25,9	52,4	47,6	47,6	7. 8. 1909	53,1	46,9	51,96	48,04	34,1 t	0,2 t	25,0	7,9
Platz II	spez.Gew.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	Trocken- zeit	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.		
Staubhöhe	1,123						5 Tage	21,85 t	19,3 t	10,02 t	9,28 t	45,31	0,26		
19,4 cm	75,25 t	55,75 t	19,5 t	10,22 t	9,28 t	9,28 t		41,15 t	41,15 t	41,15 t	41,15 t	v. H.	v. H.		

Die Zahlen zeigen, dass die Plätze durchaus nicht etwa ängstlich ausgenutzt zu werden brauchen, obwohl die Gesamtgrösse der Fläche nur rund 900 qm beträgt und pro Kopf der an die Anlage angeschlossenen Bevölkerung (60000) nur 0,015 qm entfallen. Die Tafeln zeigen ferner, dass in den Wintermonaten nur selten Schlamm abgelassen worden ist. Da sowohl die Zersetzung des Schlammes in den Brunnen als auch das Trocknen im Winter längere Zeit benötigt als in der warmen Jahreszeit, wurde dafür gesorgt, dass zu Beginn des Winters in den tiefen Brunnen möglichst viel Platz zum Aufstapeln des Schlammes vorhanden war. Dadurch wurde erreicht, dass man von der Witterung unabhängig wurde, denn es brauchte nun lange Zeit hindurch nur wenig Schlamm abgelassen zu werden.

Aus der Tabelle Nr. 10 (S. 61) sind die Veränderungen, die der Schlamm bei der Drainierung erleidet, ersichtlich. Die Menge nahm um 45 bis 58 Gewichtsprocente ab, der Wassergehalt um 60 bis 77 v. H., die Trockensubstanz 0,1 bis 0,9 v. H.

Im Durchschnitt von 13 Analysen betrug der Wassergehalt des stichfesten Schlammes 52,3 v. H.

Das Drainwasser.

Das Drainwasser, von dem verschiedentlich Stichproben untersucht wurden, zeigte dieselben günstigen Eigenschaften wie bei den vorher beschriebenen Versuchen.

24 stündige  
Probenahme.

Um die Stichproben anhaftenden Zufälligkeiten auszuschliessen und um ein Bild von der sich im Verlaufe der Drainierung ändernden Zusammensetzung des Drainwassers zu bekommen, wurden am 12. und 13. August 1909 zusammenhängende Durchschnittsproben entnommen. Die Proben, die aus allen 15 Drainrohrsträngen jede Stunde entnommen wurden, wurden zu dreistündigen Proben zusammengefasst und untersucht. Das Ergebnis der Analysen ist in Tabelle 11 wiedergegeben.

Es geht daraus hervor, dass das Drainwasser alle Ansprüche, die man an ein biologisch gereinigtes Wasser zu stellen pflegt, erfüllt, denn der Stickstoff ist nahezu ganz mineralisiert, und die Abflüsse weisen selbst bei 10tägiger Aufbewahrung in geschlossener Flasche keine Spur von Fäulnis ( $H_2S$ -Reaktion) auf.

Das Drainierverfahren hat also alle Erwartungen, die man nach den Versuchsergebnissen bezüglich der Trockenzeit und der Beschaffenheit des Schlammes und des Drainwassers gehegt hatte, erfüllt. Es wird im Emschergebiete zur Zeit in den sechs bisher betriebenen Kläranlagen angewandt.



**Tabelle 11. Kläranlage Essen-Nordwest.**

Drainwasser vom 12. und 13. August 1909 (Platz 3).

Tageszeit	10 <sup>15</sup>	1 <sup>15</sup>	4 <sup>15</sup>	7 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	1 <sup>15</sup>	4 <sup>15</sup>	7 <sup>15</sup>
	bis 1 <sup>15</sup>	bis 4 <sup>15</sup>	bis 7 <sup>15</sup>	bis 10 <sup>15</sup>	bis 1 <sup>15</sup>	bis 4 <sup>15</sup>	bis 7 <sup>15</sup>	bis 10 <sup>15</sup>
Liter in der Stunde . . .	1120,4	731,4	705,5	624,0	540,7	465,6	336,6	316,7
Abdampfrückstand mg/l. . .	2713,5	2831,5	2935,5	3012,0	2863,0	2713,0	2612,5	2560,0
Glührückstand mg/l . . .	2298,5	2440,5	2491,5	2578,5	2557,5	2427,5	2286,5	2229,0
Glühverlust mg/l . . .	415,0	391,0	444,0	433,5	305,5	285,5	336,0	231,0
Chlor mg/l . . .	426,0	488,0	520,0	544,0	556,0	560,0	556,0	540,0
Gesamtstickstoff mg/l . . .	47,6	47,6	53,2	47,6	50,4	51,8	51,8	50,4
NH <sub>4</sub> -Stickstoff mg/l . . .	21,0	23,8	23,1	24,5	30,1	35,0	36,4	33,6
Organ. Stickstoff mg/l . . .	0,7	1,4	3,5	1,4	2,8	2,1	0,7	1,4
N der Nitrate u. Nitrite mg/l	25,9	22,4	26,6	21,7	16,8	14,7	14,7	14,0
Gesamtschwebstoffe mg/l . .	79,6	91,0	69,6	44,4	46,2	57,8	194,2	159,6
Mineral. Schwebstoffe mg/l . .	53,0	64,8	50,0	27,8	31,8	41,6	145,4	116,8
Organ. Schwebstoffe mg/l . .	26,6	26,2	19,6	16,6	14,4	16,2	48,8	42,8
Faulproben (10 täg. Aufbe- wahrung i. geschloss. Flasche.)	fault nicht	fault nicht	fault nicht	fault nicht	fault nicht	fault nicht	fault nicht	fault nicht

Beseitigung des  
drainierten  
Schlammes.

In einer von diesen (Recklinghausen-Ost) wird der drainierte Schlamm von den Landwirten als Düngemittel zum Preise von 50 Pfg. pro Karre (ab Lagerplatz) abgeholt. In den 3 Jahren seit dem Bestehen dieser Anlage hat sich eine stets das Angebot übersteigende Nachfrage ergeben, so dass meist schon der Schlamm auf lange Zeit vorverkauft ist.

Wo keine Landwirtschaft in der Nähe vorhanden ist, wird der drainierte Schlamm zum Auffüllen tiefliegenden Geländes benutzt. Er eignet sich dazu sehr gut, da er bei Regen nicht wieder aufweicht und an und für sich so fest ist, dass man selbst meterhohe Haufen ohne einzusinken betreten kann.

Auf der Kläranlage Essen-Nord, die in diesem Jahre erbaut wird und die für das Abwasser von über 180000 Einwohnern bestimmt ist, wird versucht werden, den drainierten Schlamm in Oefen, ähnlich denen, die zur Müllverbrennung benutzt werden, zu verfeuern.

Für weitere in diesem Jahre im Emschergebiet zu erbauende 15 Kläranlagen sind ebenfalls Drainierplätze zum Trocknen des Schlammes vorgesehen und teilweise schon fertiggestellt.





122

S. 61





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31170

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299996