

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. ....

2710

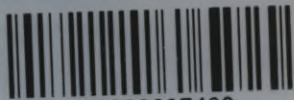
LEITFADEN FÜR DIE ==  
ABWASSERREINIGUNGS-  
FRAGE ==



München und Berlin

Druck und Verlag von R. Oldenbourg

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297493

xx  
162

Gr 149 07

9.

# LEITFADEN

für die

## Abwasserreinigungsfrage

Von

Professor Dr. Dunbar

Direktor des staatlich-hygienischen Instituts Hamburg

Mit 147 Abbildungen

*F. Nr. 24542*



München und Berlin

Druck und Verlag von R. Oldenbourg

1907

*55*  
xx  
162

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

112710

Akc. Nr. 1974 | 49

## Vorwort.

---

Die Aufforderung, ich möchte ein zusammenfassendes Buch über die Abwasserfrage schreiben, ist im Laufe der Jahre wiederholt an mich herangetreten. Als ich vor Jahresfrist einen Vortrag vorzubereiten hatte, der den gegenwärtigen Stand der Flußverunreinigungs- und Abwasserreinigungsfragen präzisieren sollte, ließ ich mich bestimmen, die Bedenken fallen zu lassen, die ich bis dahin gegen die Abfassung eines Abwasserbuches gehabt hatte. Ich glaubte damals, vor einer leichten Aufgabe zu stehen, denn seit mehr als einem Jahrzehnt hatte ich alle Vorgänge auf dem Gebiete der Abwasserfrage sorgfältig verfolgt. Es bot sich aber Anlaß zu mancherlei Nachfragen und Feststellungen. Dabei wuchs das Unterlagenmaterial allmählich ins ungemessene. Es würde mir jetzt leichter fallen, ein umfassendes Nachschlagewerk zu schreiben als einen kurzen Leitfaden. Die Herausgabe eines Quellenwerkes scheint mir aber nicht zeitgemäß, weil sämtliche mit der Abwasserfrage zusammenhängenden Vorgänge sich zurzeit in einem Stadium intensiver Entwicklung befinden und alt hergebrachte Meinungen neu festgestellten Tatsachen tagtäglich weichen müssen. Wer die einzelnen Vorgänge nicht genau zu verfolgen vermag, wird unter solchen Umständen verwirrt. Er weiß nicht mehr, wo er alle die neuen Namen und Dinge hintun soll und empfindet das Bedürfnis nach einem Leitfaden, der sozusagen aus der Bewegung heraus geschrieben ist und alle die Vorgänge, die sich in jeder Nummer der zahlreichen Fachzeitschriften erörtert finden, übersichtlich gruppiert und kritisch beleuchtet. Ein solcher Leitfaden muß sich frei halten von wörtlichen Wiedergaben der zahllosen einschlägigen Gesetze und Verordnungen und von genauer vollzähliger Beschreibung aller Vorschläge.

Diese Forderungen mir stets vor Augen haltend, habe ich mich, wenn auch schweren Herzens, immer wieder von neuem entschließen müssen, Material zurückzustellen, das an und für sich wichtig und wertvoll gewesen wäre für die Begründung aufgestellter Behauptungen, und Streichungen vorzunehmen, wo das wachsende Unterlagenmaterial eher Ergänzungen zu heischen schien. Während der Drucklegung sind zahlreiche beachtenswerte Neuerungen herausgekommen. Ich bin bestrebt gewesen, diese möglichst vollständig zu berücksichtigen, mußte mich aber entschließen, den Ergänzungen endlich ein Ziel zu setzen. Einschlägige Besprechungen werden im Anschluß an dieses Buch im »Gesundheits-Ingenieur« erscheinen.

Der Verlag ist meinen Wünschen in bezug auf Ausstattung dieses Buches und in bezug auf Ergänzungen nach erfolgter Drucklegung in weitgehendstem Maße entgegengekommen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Die Zahl der Behörden und Kollegen, die mich durch Überlassung von Berichten und Veröffentlichungen unterstützt haben, ist zu groß, als daß ich sie hier namentlich anführen könnte. Auch habe ich mich entschließen müssen, von einer vollzähligen Nennung der Autoren im Texte abzusehen. Als Ausgangsmaterial habe ich mehr als tausend Veröffentlichungen benutzt, deshalb mußte auch das Literaturverzeichnis unvollständig bleiben.

Das Buch ist mir im Laufe der Zeit ein rechtes Sorgenkind geworden, dem ich oft mutlos gegenübergestanden habe. Ich gebe mich der Hoffnung hin, daß es jetzt genügend gereift ist, um in die Welt hinauszuziehen und seiner Bestimmung zu genügen.

Hamburg, den 26. Juli 1907.

Dr. Dunbar.



# Allgemeine Inhaltsübersicht.

---

## I. Zur Entwicklungsgeschichte der Abwasserfrage.

1. Kapitel:	Entwicklung der Flußverunreinigung . . . . .	1
2. >	Versuche zur Abhilfe durch gesetzliche und behördliche Maßnahmen . . . . .	8
3. >	Zur Entwicklungsgeschichte der Abwasserreinigungsverfahren . . . . .	30
4. >	Frühere Auffassungen über die Aufgaben und Leistungen der Abwasserreinigungsverfahren . . . .	40

## II. Gegenwärtiger Stand der Abwasserbehandlung.

5. Kapitel:	Charakter der Abwässer . . . . .	45
6. >	Aufgaben der Abwasserreinigungsanlagen . . . . .	63
7. >	Beschreibung der Methoden zur Ausscheidung ungelöster Stoffe . . . . .	66
	a) Sandfänge . . . . .	66
	b) Siebe, Gitter und Rechen . . . . .	72
	c) Fettfänge . . . . .	89
	d) Absitzverfahren . . . . .	96
	e) Faulverfahren . . . . .	116
	f) Fällungsverfahren . . . . .	140
8. Kapitel:	Methoden zur Beseitigung der Fäulnisfähigkeit . .	146
	a) Berieselung . . . . .	146
	b) Bodenfiltration (Franklands intermittierende Filtration) . . . . .	172
	c) Künstliche biologische Verfahren . . . . .	223
	d) Degeners Kohlebreiverfahren . . . . .	324
9. >	Abwasserdesinfektion . . . . .	331
10. >	Prüfung und Beurteilung der Abwasserreinigungsanlagen . . . . .	356
11. >	Leistungen und Kosten der verschiedenen Abwasserreinigungsverfahren . . . . .	372

---

## Detalliertes Inhaltsverzeichnis.

---

### 1. Zur Entwicklungsgeschichte der Abwasserfrage.

#### 1. Kapitel. Entwicklung der Flußverunreinigung. (Seite 1—7.)

Aufspeicherung des Unrats über- oder unterirdisch in der Nähe der Wohnungen. — Einführung des Wasserklosetts. — Einleitung des Inhaltes in Gruben, in Straßenrinnen. — Schwemmkanalisation mit Abfluß in Flußläufe. — Systematische Verunreinigung englischer Flüße, Seine unterhalb Paris, Emscher.

#### 2. Kapitel. Versuche zur Abhilfe durch gesetzliche und behördliche Maßnahmen. (Seite 8—29.)

Bestrebungen, den Unrat aus dem Weichbilde der Stadt zu schaffen S. 8. — Gesetzliche Genehmigung, die Schmutzwässer in die öffentlichen Gewässer abzuleiten. — Gesetzliches Verbot der Flußverunreinigung. 1858. Einsetzung einer Königlichen Kommission für Erhebungen über Verunreinigung englischer Flüße 1865. Public Health Act 1872. Ergänzung zu demselben 1876 S. 10. — Englisches Gesetz betr. Verhütung der Flußverunreinigung und zur Förderung der Landbehandlung S. 11. — Gründung von Genossenschaften (Joint Committees, Rivers Boards) S. 12. — Einsetzung der 3. Königlichen Kommission zur Prüfung der Flußverunreinigungsfrage 1898. — Interim Report S. 15. — Dringende Forderung einer Zentralbehörde für Flußverunreinigungsfragen S. 17. — 2. Bericht der Kommission. — 3. Bericht der Kommission von 1903. Verhältnis der Fabriken zu den Städten S. 18. — 4. Bericht der Königlichen Kommission betr. Verunreinigung der Flutgebiete und Meeresküste 1904 S. 21. — Gesetzeslage in Deutschland, Strafgesetzbuch, Bürgerliches Gesetzbuch, Gewerbeordnung, Seuchengesetz S. 22. — Reichsgesundheitsrat. Reichsgerichtsentscheidungen. Landesgesetze der Bundesstaaten S. 23. — Entwurf eines preußischen Wassergesetzes. Verfügung der preußischen Regierung von 1901 S. 24. — Gutachten des Reichsgesundheitsrates S. 26. — Emscher-Regulierung S. 28.

**3. Kapitel. Zur Entwicklungsgeschichte der Abwasserreinigungsverfahren.** (Seite 30—39.)

Älteste Rieselanlagen in Großbritannien S. 30. — Erörterungen über Gesundheitsschädlichkeit der Rieselwiesen. Liebigs Eintreten für Rieselei S. 31. — Agrikulturchem. Versuche in Rugby. Allgemeines Eintreten für Rieselei wegen Hoffnung auf finanzielle Überschüsse. Propaganda für chemische Klärung und Ausfällung von Dungstoffen S. 33. — Kritik Franklands S. 34. — Filtrationsversuche in Lawrence, Mass. Nachprüfung in London S. 36. — Älteste Rieselanlage in Bunzlau. Entwicklung der Abwasserreinigung in Deutschland. Übertriebene Forderungen der Wissenschaftlichen Deputation f. d. preussische Medizinalwesen. v. Pettenkofers Stellungnahme dagegen. Entwicklung des Absatzverfahrens S. 38.

**4. Kapitel. Frühere Auffassungen über die Aufgaben und Leistungen der Abwasserreinigungsverfahren.** (Seite 40—44.)

Bestrebungen zur Desinfektion und Desodorisierung. Versuche zur Ausbeutung der dungwertigen Stoffe S. 40. — Vorschläge für Grenzwerte seitens der Franklandschen Kommission S. 41. — Grundsätzliche Forderung der Landbehandlung in England. Aufwerfen der Frage wegen Flußverseuchung in Deutschland S. 43.

**5. Kapitel. Charakter der Abwässer.** (Seite 45—62.)

Aussehen der Abwässer. Ausfaulung S. 46. — Trennkanalisation. Sammelsystem. Notauslässe S. 47. — Sinkkästen S. 48. — Kanalspülung. Industrieabwässer S. 49. — Schätzung der Abwassermenge. Beziehungen zum Wasserkonsum S. 51. — Einfluß der chem. Zusammensetzung des Brauchwassers. Einfluß des Seifenverbrauches S. 52. — Einfluß der Fäkalien S. 53. — Berechnung der Unratmenge S. 54. — Ungelöste Stoffe S. 55. — Organ. Schwefel. Kochsalzgehalt S. 58. — Oxydierbarkeit. Glühverlust. Ammoniak S. 59. — Organ. Stickstoff. Albuminoid-Ammoniak. Organ. Kohlenstoff S. 60. — Bakterien. Zeichen der Flußverunreinigung S. 61.

**6. Kapitel. Aufgaben der Abwasserreinigung.** (Seite 63—65.)

Verdünnungsgrad im Vorfluter. Flußverseuchung S. 63. — Abfangen der gröberen ungelösten Stoffe. Ausscheiden sämtlicher ungelöster Stoffe. Beseitigung der Fäulnisfähigkeit. Abtötung der Bakterien S. 65.

**7. Kapitel. Beschreibung der Methoden zur Ausscheidung ungelöster Stoffe.** (Seite 66—140.)

a) Sandfänge S. 66. — Gefälle der Sohle. Eimer. Bagger.

b) Siebe, Gitter, Rechen S. 72. — Feststehende Gitter. Filtration S. 73. — Strohmatte, raue Flächen, horizontale und schräge

Gitter, Körbe, Metzgers automatische Apparate, rotierende Harken S. 73. — Paris, Manchester, Riensch S. 77. — Schneppendahl, Uhlfelder, Allenstein, John Smith & Co., Herzberg S. 80. — Glasgow, Hamburg S. 84. — Latham, Friedrich, Rienschsche Siebscheibe, Jörning & Sauter, Zentrifugen S. 85.

c) Fettfänge S. 89—95. — Fettgehalt der Abwässer. Degeners Verwertungsversuche. Kassel. Verfahren der Wollwäschereien in Yorkshire. Frankfurter Fettfang. Kremerscher Apparat. Fettgehalt der Berliner Abwässer.

**Absitz-, Faul-, und Fällungsverfahren.** S. 95—145.

Definition S. 95.

d) Absitzverfahren S. 96—116. — Intermittierender Betrieb, kontinuierlicher Betrieb S. 97. — Formen der Becken, Sohlengefälle, Tauchwände, Schwimmbretter S. 98. — Versuche von Bock und Schwarz in Hannover S. 100. — Versuche von Steuernagel in Köln, das Kölner Absitzbecken S. 101. — Gefälleverlust, Klärbrunnen und Klärtürme S. 105. — Müller Nahsen. Halle — Kniebühler, Dortmund — Mairich Stargard, Neustadt S. 107. — Ohrdruf, Birmingham Separator S. 108. — Dervaux, Dibdins Schiefertafeln, siehe auch S. 266. — Travis' parallele Tafeln, siehe auch S. 130. — Ausräumung des Schlammes, Fidlers Apparat, Ashtons Apparat, Baggerapparate, Schlammtrichter in Absitzbecken S. 113. — Klärtürme S. 116.

e) Das Faulverfahren S. 116—140. — Cameron, ältere Auffassungen über Fäulnis S. 116. — Fosses Mouras S. 119. — Alexander Müller. Hamburger Versuche S. 120. — Sedimentierprozeß Schwimmdecke S. 122. — Geruchsbelästigungen. Berechnung der Sedimentierwirkung. Dauer des Faulprozesses S. 124. — Gleichmäßige Mischung der Abwässer. Herabsetzung des Gehalts an gelösten fäulnisfähigen Stoffen S. 125. — Bindung des Schwefelwasserstoffes, Entlastung biologischer Anlagen S. 126. — Aufschließung des Abwassers für biologisches Verfahren S. 127. — Schlammverzehrung. Schlammgehalt der Abflüsse aus Faulkammern S. 129. — Konzentration des Schlammes S. 132. — Hamburger Versuche über Schlammverzehrung S. 133. — Bakterientätigkeit. Enzymwirkung S. 135. — Dimensionierung der Faulkammern. Herabsetzung der Schlambeseitigungskosten S. 137. — Erleichterung des Betriebes kleinerer biologischer Anlagen. Überwölbung der Faulkammern. Einfluß auf pathogene Keime. Scott Moncrieffs Cultivation Tank. S. 138, siehe auch S. 295. — Kritik des Faulverfahrens S. 139.

f) Fällungsverfahren. S. 140—145. — Historische Entwicklung. Hoffnungen auf finanzielle Überschüsse. Mißerfolge. — Schlamm-

pressen S. 141. — Das Fällungsverfahren in London, Glasgow und Leipzig S. 142. — Fällungsverfahren als Vorbereitung für das biologische Verfahren. Bolton, Salford, Leeds.

**8. Kapitel. Methoden zur Beseitigung der Fäulnisfähigkeit.** (S. 146—330.)

a) Berieselung S. 146—172. — Historisches über Einführung des Berieselungsverfahrens S. 146. — Hoffnungen auf Ausnutzung der Dungstoffe. Berieselung auf Tonboden. Versuche, Tonboden brauchbar zu machen S. 147. — Torfboden. Verteilung des Abwassers S. 148. — Hang- und Rückenberieselung S. 149. — Beetbau, Terrassenbau. Stauverfahren, Gersons Verfahren S. 150. — Eduardsfelder Verfahren. Untergrundberieselung. Drainage S. 153. — Längssystem. Querdrainage, diagonale Drainage. Kosten der Aptierung S. 156. — Bestellung der Rieselländereien mit Nutzpflanzen und Ausnutzung der Dungstoffe S. 158. — Gegensatz der wirtschaftlichen und sanitären Aufgaben S. 160. — Reinigungswirkung des Rieselfahrens und Sicherheit des Betriebes S. 162. — Quantitative Leistungsfähigkeit. Einfluß der Verdunstung, des Grundwassers und des Regens S. 163. — Einfluß von Industrierässern. Salzgehalt der Abwässer. Fettgehalt der Abwässer S. 165. — Vorbehandlung der Abwässer. Lebensdauer der Rieselfelder S. 166. — Sanitäre Beurteilung, epidemiologisch. Ausscheidung von Bakterien und Krankheitserregern S. 167. — Chemische Beschaffenheit der Abflüsse. S. 171.

b) Bodenfiltration. (Franklands intermittierende Filtration.) S. 172—223. — Erste Versuche in Ealing und Chorley. Experimente von Sir E. Frankland S. 172. — Bedenken Franklands gegen Durchführung im Großbetriebe S. 174. — Diskreditierung durch fehlerhafte Filtrationsversuche S. 174. — Versuche von Bailey Denton S. 175. — Versuchsfilter in Clichy. Prüfung in Lawrence, Mass. Versuche in Lawrence zur Steigerung der quantitativen Leistungsfähigkeit. Brockton S. 179. — Framingham S. 186. — Lawrence, Methode zur Prüfung der Bodenproben S. 191. — Effective size, uniformity coefficient S. 193. — Wasserkapazität. Luftkapazität S. 195. — Einführung der Bodenfiltration in Massachusetts S. 196. — Verstopfung der Bodenporen durch humöse Stoffe S. 197. — Hamburger Versuche S. 201. — Ruheperioden. Beschickungsart S. 201. — Erklärungsversuch für plötzliche Ausscheidung der fäulnisfähigen Stoffe aus dem Abwasser. Mechanische Filtration S. 203. — Chemische Bindung S. 206. — Absorption S. 208. — »Colloidtheorie« — Benetzungshäutchen S. 209. — Sauerstoffkonsum S. 209. — Vakuumbildung und Ansaugen des Sauerstoffs. Kohlensäureproduktion, Salpeter- und Schwefelsäurebildung S. 209. — Erschöpfung der Absorptionskraft. Bedeutung der Bakterien. Bedeutung des Sauerstoffs. Notwendigkeit

der Ruheperioden S. 211. — Sauerstoffabsorption. Resorption. Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz S. 212. — Salpetersäure als Indikator S. 218. — Lebensdauer. Vorbehandlung der Abwässer. Versuche zur Steigerung der quantitativen Leistungsfähigkeit S. 220. — Reinheitsgrad, chemisch und bakteriologisch S. 222.

c) Künstliche biologische Verfahren. S. 223—324. — Historisches. Anregung durch Experimente in Lawrence S. 223. — Nachprüfung in London durch Alexander Binnie, Santo Crimp und Dibdin, durch Corbett in Salford. Stoddarts Versuche S. 224 (Siehe auch S. 278.)

#### **Füllverfahren.** (S. 226—271.)

Barking, Sutton, Manchester. Leeds S. 227. — Hamburger Versuche S. 231. — Vorgänge während des Vollstehens der Körper S. 232. — Plötzliche Ausscheidung der fäulnisfähigen Stoffe. Bedeutung der Ruheperioden S. 233. — Absorptionsvorgänge S. 234. — Nomenklatur S. 237. — Sauerstoffverbrauch S. 239. — Kohlensäurebildung S. 242. — Künstliche Durchlüftung. Wärmebildung S. 243. — Bedeutung der Bakterien S. 245. — Enzyme. — Auswahl des Materials für biologische Körper. Oberflächenentwicklung S. 246. — Einfluß der Korngröße S. 247. — Einfluß der Porosität S. 249. — Einfluß des Eisengehaltes S. 251. — Einfluß des Kalkgehaltes. Reifung der Körper S. 253. — Verwitterung S. 255. — Quantitative Leistungsfähigkeit. Struktur S. 256. — Verschlammungsvorgänge S. 257. — Regenerierung S. 258. — Vorbehandlung S. 261. — Einfluß des Abwassercharakters auf Verschlammung S. 262. — Dibdins Schiefertafelverfahren (slate beds) S. 266. — Automatische Füllungs- und Entleerungsapparate S. 267. — Quantitative Leistungsfähigkeit S. 269. — Qualitative Wirkung S. 270.

#### **Tropfverfahren.** (S. 271—324.)

Vorzüge des Tropfverfahrens S. 274. — Nachteile des Tropfverfahrens. Experimente in Lawrence, Massachusetts 1890 S. 275. — Waring 1891. Lowcock 1892. Corbetts Zerstäuber 1893 S. 276. — Stoddarts Tropfapparat 1898. Stoddarts Versuche von 1883 S. 278. — Garfields Kohlefilter S. 281. — Whittaker & Bryant, Drehsprenger in Accrington 1898. Candy-Drehsprenger, Reigate S. 283. — Mather & Platts Drehsprenger S. 288. — Jennings Drehsprenger. Scotts Moncrieffs Motorsprenger — Fiddians Wasserradverteiler S. 290. — Ham-Baker & Co., fahrbarer Wasserradverteiler. Jennings fahrbarer Verteiler. Scott Moncrieff-Verfahren. Ducat-Verfahren S. 294. — Birmingham-Zerstäuber. Kolumbus-Zerstäuber S. 296. — Aufbau der Tropfkörper S. 299. — Hamburger Versuche mit Deckschicht. Reids

Versuche mit feiner Schicht in Hanley. Gefahr der Verstopfung durch flockige Materien S. 301. — Chemische Vorbehandlung der Abwässer S. 302. — Hamburger Deckschichtkörper. Vorversuche mit Hebern S. 303. — Versuche mit Furchen S. 306. — Furchenkörper in Madeleine. Beschreibung von Anlagen nach dem Hamburger Deckschichtverfahren S. 308. — Fehlerhafte Anwendung des Deckschichtverfahrens S. 316. — Persönliche Bemerkungen S. 320.

d) Degeners Kohlebreiverfahren. (S. 324—330.)

## 9. Kapitel. Abwasserdesinfektion. (Seite 331—355.)

Bakteriengehalt und Infektiosität der Abwässer. Verseuchungsgefahr von Flüssen, aus denen Trink- und Brauchwasser bezogen wird S. 331. — Bedeutung der Schiffsbevölkerung S. 332. — Maßnahmen zur Ausscheidung bez. Abtötung pathogener Abwasserbakterien. Definition des Begriffes »Desinfektion« S. 334. — Bakt. coli als Indikator S. 335. — Bedeutung der suspendierten Stoffe als Vehikel für Bakterien S. 336. — Schädigung pathogener Keime durch Faulverfahren. Ausscheidung der Bakterien durch Rieselanlagen S. 338. — Ausscheidung der Bakterien durch intermittierende Filter, durch künstliche biologische Anlagen S. 339. — Ausscheidung der Bakterien durch künstliche Filter. Desinfektion durch Erwärmung S. 341. — Chemische Desinfektion. Hamburger vergleichende Experimente S. 342. — Chlorkalk als Desinfektionsmittel S. 342. — Kontrolle der Desinfektionswirkung auf chemischem Wege S. 345. — Kontrolle der Desinfektionswirkung auf bakteriologischem Wege S. 346. — Neutralisation des Chlorkalks durch biologische Körper S. 350. — Desinfektion in kontinuierlichem Betriebe. Mangelnde Tiefenwirkung der Chemikalien, Abfangen der ungelösten Stoffe. Zersetzung der ungelösten Stoffe durch Faulverfahren S. 352. — Desodorisierung der Faulkammerabflüsse S. 353.

## 10. Kapitel. Prüfung und Beurteilung von Abwasserreinigungsanlagen. (Seite 356—371.)

Selbstreinigung der Flüsse. Prüfung von Anlagen zur Abfangung ungelöster Stoffe. Prüfung von Absitzanlagen S. 357. — Begehung des Vorfluters S. 358. — Bestrebungen zur einheitlichen Ausbildung der chem. Untersuchungen S. 360. — Abwägung widerstreitender Interessen. Erläuterung des Zweckes, der durch die verschiedenen chemischen Analysen verfolgt wird S. 358—361. — Physikalische Beschaffenheit. Ungelöste Stoffe. Chlor S. 362. — Prüfung auf Fäulnisfähigkeit (Glühverlust, Oxydierbarkeit, Sauerstoffverbrauch, organische Stoffe, Tidy test, four hours test, 3 Min. test, incubator test, Methylenblaumethode, organischer Stickstoff, organischer Kohlenstoff,

Albuminoid-Stickstoff, Ammoniak, Hamburger Fäulnistest) S. 363—368.  
— Vorzüge vergleichender Werte gegenüber absoluten S. 365. —  
Grenzzahlen, Standards, Infektiösität S. 369.

#### **11. Kapitel. Leistungen und Kosten der verschiedenen Abwasser- reinigungs-Verfahren. (Seite 372—386.)**

Vergleichbar nur Anlagen von gleichem Wirkungswert S. 372. —  
Erschwerung allgemeiner Vergleiche durch lokale Verhältnisse. Lei-  
stungen der Sandfänge, der Gitter und sonstiger Abfangvorrichtungen  
S. 374. — Leistungen des Absitzverfahrens, des chemischen Fällungs-  
verfahrens S. 377. — Bedeutung der Schlammbeseitigungskosten und  
Versuche zur Einschränkung der Schlammengen S. 377. — Not-  
wendigkeit einer Vorbehandlung vor biologischer Reinigung. —  
Schlammverarbeitung und Beseitigung S. 380. — Praktische Bedeu-  
tung des künstlichen biologischen Verfahrens S. 385.

---



## Benutzte Literatur.

---

1. Adam, Der gegenwärt. Stand der Abwässerfrage. Braunschw. 1905.
2. » Annual Report of the Rivers Departement of the City of Manchester 1901—1906.
3. Ashton, First Annual Report of the Manager of Hacken Precipitation, Sludge Pressing and Destructor Plant and Rhodes Farm Sewage Filtration Area. Bolton 1902.
4. Bailey-Denton, Sewage Purification. London 1896.
5. Baker, British Sewage Works. New York 1904.
6. Barwise, The Purification of Sewage. London 1904.
7. Baumeister, Technisches Gemeindeblatt, I, 1899, S. 385.
8. » Städtisches Strafsenwesen und Städtereinigung. Berlin 1890.
9. Beckurts u. Blasius, Zeitschr. für Hygiene Bd. 55, 1906, S. 232.
10. Binnie, The Surveyor, Vol. 20, 1901, II. Teil, S. 276.
11. Bischoff, Technisches Gemeindeblatt V, 1902/03, S. 83.
12. Bock u. Schwarz, Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, Bd. 19, 1900, Suppl. Heft S. 148.
13. Bock u. Schwarz, ebenda Bd. 21, 1901, Suppl.-Heft S. 278.
14. Bredtschneider, Gesundheits-Ingenieur 28. 1905, S. 126, 146, 186,
15. » ebenda 28. 1905, S. 254,
16. » » 29. 1906, S. 212, 239.
17. Bredtschneider u. Thumm, Mitteilg. aus d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasservers. u. Abwässerbeseitig. zu Berlin, 1904, Heft 3.
18. Busch, ebenda 1905, Heft 5, S. 151.
19. Büsing, Die Städtereinigung. Stuttgart 1897.
20. » Weyls Handbuch der Hygiene Bd. 2, Jena 1894,
21. Calmette, Revue d'Hygiène 25, 1903, S. 233.
22. » Recherches sur l'épuration biolog. et chim. des eaux d'égout. Paris, Vol. I, 1905, Vol. II, 1907.
23. Corfield and Parkes, The Treatment and Utilisation of Sewage. 3. Edition, London 1887.

24. Sto. Crimp, Sewage Disposal Works. 2. edition, London 1894.
25. Darapsky, Gesundheit, 27, 1902, S. 49.
26. Degener, Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, Bd. 15, 1898, S. 131.
27. Dibdin, The Purifikation of Sewage and Water. London 1903.
28. Digby and Shenton, The Surveyor, Vol. 30, 1906, S. 653,
29. Donald, ebenda, Vol. 20, 1901, Suppl.-Heft vom 13. Sept.
30. Dunbar, Zeitschr. f. Hygiene Bd. 12, 1892, S. 485.
31.     >     u. Zirn, Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Gesundheitspfl. 3. Folge, Bd. 16, 1898, Suppl. Heft S. 137.
32. Dunbar, Deutsch. Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 31, 1899, S. 136.
33.     >     ebenda S. 625.
34.     >     Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, Bd. 19, 1900, Suppl.-Heft S. 178.
35. Dunbar u. Zirn, ebenda S. 216.
36. Dunbar u. Thumm, Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage, München 1902.
37. Dunbar, Zeitschr. d. Vereins d. deutsch. Zuckerindustrie Bd. 51. Heft 551.
38. Dunbar, Gesundheits-Ingenieur 26, 1903, S. 2.
39.     >     ebenda S. 536.
40.     >     u. Korn, ebenda 27, 1904, S. 17.
41.     >     ebenda S. 104 und 28, 1905, S. 535.
42.     >     Journal of the Royal Sanitary Institute Vol. XXV, 1904, Part III und Gesundheits-Ingenieur 28, 1905, S. 157.
43. Dunbar, Gesundheits-Ingenieur 28, 1905, S. 53.
44.     >     ebenda S. 249.
45.     >     Deutsch. Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 37, 1905, S. 537.
46. Dunbar, Gesundheits-Ingenieur 29, 1906, S. 145.
47.     >     Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Architekten-Vereins 1906, Nr. 46 und 47.
48. Dünkelberg, Deutsch. Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 7, 1875, S. 24.
49. Dünkelberg, Die Technik der Reinigung städtischer und industrieller Abwässer durch Berieselung und Filtration. Braunschw. 1900.
50. Dütschke, Offizieller Bericht über die IV. Hauptversammlung d. Deutsch. Medizinalbeamten-Vereins zu Heidelberg 8./9. Sept. 1905. Berlin 1905, S. 72—113.
51. Dzierzgowsky, Gesundheits-Ingenieur 30, 1907, S. 1.
52.     >     ebenda S. 261.
53. Emmerling, Gesundheit 27, 1902. S. 566.

54. Farnsteiner, Buttenberg u. Korn, Leitfaden für die chemische Untersuchung von Abwasser. München 1902.
55. Fegebeutel, Die Kanalwasser- (Sewage) Bewässerung oder die flüssige Düngung der Felder. Danzig 1870.
56. Fischer, Die chemische Technologie des Wassers. Braunsch. 1878.
57. » Das Wasser. 3. Aufl. Berlin 1902.
58. Fowler, The Application of chemical Analysis to the Study of the biolog. Processes of Sewage Purifikation. Lecture on March 24th 1904, Manchester.
59. Fraenkel, Vierteljahrshr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, Bd. 15, 1898, Suppl.-Heft S. 43.
60. Franzius, Frühling, Schlichting u. Sonne, Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 3. Bd., 1. Abt., 2. Hälfte: Wasserversorgung und Entwässerung der Städte. 3. Aufl. Leipzig 1893.
61. Freiburg im Breisgau, Die Kanalisation, die Rieselfelder und deren Betrieb. Freiburg i/Br.
62. Gaskell, The Work of the West Riding of Yorkshire Rivers Board. Statement. Wakefield 1903.
63. Gärtner u. Rubner, Arb. aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt Bd. 19, 1903, S. 458.
64. Gärtner u. Schumann, Deutsch. Vierteljahrshr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 35, 1903, S. 15.
65. Geusen u. Lisner, Die Kanalisationsanlagen Düsseldorfs. Sonderabdruck aus Düsseldorf und seine Bauten. Düsseldorf 1904.
66. Hagen, Die Berliner Rieselfelder. Berlin.
67. Haefcke, Städtische und Fabrikabwässer. Leipzig 1901.
68. Holtz, Die Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer auf Grund der allgemeinen Verfügung vom 20. Febr. 1901. Berlin 1902.
69. Höpfner u. Paulmann, Mitteilg. aus der Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasservers. u. Abwasserbeseitg. zu Berlin 1902, Heft 3, S. 146.
70. Höpfner u. Paulmann, Vierteljahrshr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, Bd. 19, 1900, S. 130.
71. Hüllmann, Deutsch. Vierteljahrshr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 19, 1887, S. 450.
72. Imhoff, Mitteilg. aus der Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasservers. u. Abwasserbeseitg. zu Berlin 1906, Heft 7, S. 1.
73. Jenner, Zeitschr. f. Architektur und Ingenieurwesen Bd. 5, 1905.
74. Johnson, Report on Sewage Purification at Columbus, Ohio. November 1905.
75. Johnston, Journ. of the Royal Sanitary Institute Vol. XXVII, 1906, Nr. 10.
76. Jones u. Travis, The Institution of Civil Engineers, Vol. Session 1905/06.

77. Kammann u. Carnwath, Gesundheits-Ingenieur 29, 1906, S. 665.
78. Kattein u. Lübbert, Gesundheits-Ingenieur 26, 1903, S. 397.
79. Kattein u. Schoofs, Milchzeitung 1903, Nr. 7 und 8, S. 98.
80. Keller, Zentralblatt der Bauverwaltung 1904, Nr. 20, S. 127.
81. Kjeldahl, Zeitschr. f. analytische Chemie, 22, 1883, S. 366.
82. Kleemann, Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, Bd. 16, 1898, Suppl.-Heft S. 47.
83. König, Die Verunreinig. d. Gewässer. Berlin. Bd. I und II, 1899.
84.     ,     Zeitschr. f. Untersuchg. d. Nahrungs- und Genußmittel, 4, 1901, S. 193.
85. Korn u. Kammann, Gesundheits-Ingenieur, 30, 1907, S. 165.
86. Kröhnke u. Biltz, Hygienisch. Rundschau 1904, S. 401.
87. Landesversicherung der Hansestädte, die vorbeugende Krankenpflege und Invalidenfürsorge. Lübeck 1904.
88. Landois, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 10. Aufl. Berlin 1900.
89. Die städt. Kläranlage für Schleusenwässer der Stadt Leipzig im Jahre 1905.  
Aus dem Verwaltungsbericht der Stadt Leipzig 1905.
90. Lindley, Deutsch. Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 16, 1884, S. 545.
91. Lindley, Denkschr. betr. Klärung der Abwässer von Barmen-Elberfeld. Frankfurt a/M. 1901.
92. Löffler, Vorlesungen über die geschichtliche Entwicklung der Lehre von den Bakterien. Leipzig 1887.
93. Luckhardt, Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. und öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, Bd. 21, 1901, Suppl.-Heft S. 262.
94. Lübbert, Gesundheits-Ingenieur 29, 1906, S. 553, 585, 594. (Erwiderung von Bredtschneider ebenda S. 591).
95. Mairich, Kanalisation der Stadt Guben. Gotha 1901.
96. Marggraff, Bericht der Deputation für die städtischen Kanalisationswerke und Rieselfelder. Aus den Verwaltungsberichten des Magistrats Berlin 1903, 1905.
97. Martin, The Sewage Problem. London 1905.
98. Marx, Deutsch. Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 29, 1897, S. 260.
99. Merckel, Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1906.
100. Metzger, Technisch. Gemeindeblatt III, 1900/1901, S. 228.
101. Meyer u. Metzger, Reisebericht über den derzeitigen Stand d. Abwasserreinigung mit bes. Berücksichtigung der Kläranlagen in England. Bromberg 1898.
102. Moigno, Cosmos les Mondes, 31, 1882, Bd. I, S. 97.
103. Monti, Archiv für Hygiene, Bd. 46, 1903, S. 121.

104. Moore, Sanitary Engineering, Sec. Edit. London 1901.
105. Pasteur, Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, Bd. 56, 1863, S. 1189.
106. Pfuhl, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 12, 1892, S. 509.
107. Proskauer u. Elsner, Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. und öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, Bd. 16, 1898, Suppl.-Heft S. 157.
108. Proskauer u. Zuelzer, Zeitschrift für Hygiene Bd. 7, 1889, S. 186.
109. Rafter and Baker, Sewage Disposal in the United States. London 1894.
110. Reich, Reinigung und Entwässerung Berlins, Anhang I. Berlin 1871.
111. Reichle u. Dost, Mitteilg. aus der Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasservers. und Abwässerbeseitg. zu Berlin, 1907, Heft 8, S. 146.
112. Reincke, Das Medizinalwesen des hamburgischen Staates. Hamburg 1900.
113. Reid, The Sanitary Record, Vol. XXXVIII, 1906. S. 355.
114. > The Surveyor, Vol. 31, 1907, S. 274.
115. Report of the Sewerage Commission of the City of Baltimore 1906.
116. Report on Sewage Disposal of the City of Leeds 1900, 1901, 1905, 1906.
117. I—III Report of the Rivers Pollution Commission. London 1866, 1870, 1871.
118. Reports of the Royal Commission on Metropolitan Sewage Discharge. London 1884, 1885.
119. I—IV Report of the Royal Commission on Sewage Disposal. London 1901—1904.
120. Reports of the State Board of Health of Massachusetts, Boston. 19./1888, 20./1889, 22./1891, 23./1892, 25./1894, 26./1895, 28./1897, 31./1900, 33./1902, 34./1903, 35./1904, 36./1905.
121. Rideal, Sewage and the Bacterial Purification of Sewage. 3. Aufl. London 1906.
122. Ritzel, Die Wasserversorgung und die Entwässerung der Stadt Neustadt in Oberschlesien. Berlin 1900.
123. Robinson, Sewerage and Sewage Disposal. London 1896.
124. Robinson and Mellis, The Purification of water-carried Sewage. London 1877.
125. Rodewald, Zeitschr. f. physik. Chemie, Bd. 33, 1900, S. 593.
126. Roth u. Bertschinger, Korrespondenzblatt für Schweizer Ärzte 1900, Nr. 23.
127. Rubner, Archiv für Hygiene Bd. 46, 1903, S. 1.
128. Sagasser, Wasser und Wegebau 3, 1904, S. 29.

129. Salomon, Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland, Jena 1906, Bd. I und II (1. und 2. Lieferung).
130. Schloesing u. Müntz, Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences, Bd. 84 und 85, 1877, S. 301 und 1018.
131. Schloesing u. Müntz, ebenda Bd. 86, 1878, S. 892,
132.        '               '               '               '       89, 1879, S. 891.
133. Schmidt, Der Hydrotekt 1902. S. 197.
134.        '               Zeitschr. f. Bauwesen Bd. 53, 1903, S. 645.
135. Schreiber, Archiv für Hygiene Bd. 45, 1902, S. 295.
136. Schultz, Zeitschr. f. angewandte Chemie 1903, S. 833.
137. Schumacher, Gesundheits-Ingenieur 28, 1905, S. 361.
138. Schury u. Bujard, Mitteilg. aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasservers. und Abwässerbeseitg. zu Berlin, 1907, Heft 8, S. 115.
139. Schwarz, Gesundheits-Ingenieur 29, 1906, S. 773.
140. Sedgwick, Winslow, Phelps, Contributions from the San. Research Laboratory and Sewage Exp. Station of the Mass. Inst. of Technology, Boston, Bd. 2, 1906.
141. Sewage Disposal and Apparatus. The Septic Tank Company Ltd. London-Westminster.
142. O'Shaughnessy, The Behaviour of Colloid in Sewage. Society of Chemical Industry, 15. August 1906.
143. Spitta, Archiv für Hygiene Bd. 46, 1903, S. 64.
144. Spitta u. Weldert, Mitteilg. aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasservers. und Abwässerbeseitg. zu Berlin 1906, Heft 6, S. 160.
145. Steuernagel, Technisch. Gemeindeblatt 3, 1900/01, S. 305.
146.        '               Mitteilg. aus d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasservers. und Abwässerbeseitg. zu Berlin 1904, Heft 4, S. 1.
147. Das städtische Tiefbauwesen zu Frankfurt a/M. Frankfurt a/M. 1903.
148. Tiemann-Gärtner's Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer, 4. Aufl. Braunschweig 1895.
149. Varrentrapp, Entwässerung der Städte. Berlin 1868.
150. Virchow, Berliner klinisch. Wochenschrift, 1893, S. 153.
151. Waring, Modern Methods of Sewage Disposal. New York 1896.
152. Warrington, Journal of the Chem. Society Bd. 33, 1878, S. 44 und Chem. News Bd. 35, 1877, S. 263.
153. Watson, The Purification of Sewage with spec. Reference to the Works of the Birmingham Tame and Rea District Drainage Board. Thyburn near Birmingham 1903.
154. Watson, Sludge Treatment in Relation to Sewage Disposal. A Paper read at the Annual Meeting of the incorporated Association of Municipal and County Engineers, held in London, June 28., 29. und 30. 1906.

155. Weigelt, Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Berlin 1900.
  156. Weigelt, L'Assainissement et le Repeuplement des Rivières. Berlin 1904.
  157. Weyl, Gesundheits-Ingenieur 24, 1901, S. 125.
  158.    ›    ebenda 25, 1902, S. 397.
  159.    ›    Techn. Gemeindeblatt VI, 1903/04, S. 213.
  160.    ›    Die Assanierung von Köln. Leipzig 1906.
  161. Wilson, Journal of the Sanitary Institute Vol. XXIV, Part III, 1904.
  162. Wimmer, Die verschiedenen Verfahren zur Schmutzwasserreinigung unter bes. Berücksichtigung des Kostenpunktes. Dresden 1906.
  163. Winogradsky, Ann. de l'Inst. Pasteur 40, 1890, S. 213.
  164. Winslow, Journal of the Association of Eng. Society Vol. XXXIV. Nr. 6.
  165. Wollny, Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg 1897.
  166. Worth and Crimp, On the Main Drainage of London. London 1897.
-

## Verzeichnis der Abbildungen.

		Seite
Fig. 1.	Berliner Sandfang . . . . .	66
› 2.	Sandfang einer englischen Abwasserreinigungsanlage im Längsschnitt . . . . .	67
› 3.	Sandfang Ohrdruf . . . . .	67
› 4.	Sandfang der Allgemeinen Städtereinigungsgesellschaft . . . . .	68
› 5.	Schneppendahlsches Sieb- und Sandfangsystem . . . . .	68
› 6.	Sandfang des Kölner Klärbeckens . . . . .	69
› 7.	Greifbagger Birmingham . . . . .	70
› 8.	Abwassersieb in Wayne . . . . .	73
› 9.	Siebtür White Plains . . . . .	73
› 10.	Siebkorb Rhode Island . . . . .	73
› 11.	Gitter mit automatischer Abstreichvorrichtung, Brom- berg, Längsschnitt . . . . .	74
› 12.	dasselbe, Querschnitt . . . . .	75
› 13.	dasselbe, Grundriß . . . . .	75
› 14.	Gitter mit automatischer Harke, Clichy-Paris . . . . .	76
› 15.	› › › › Manchester . . . . .	77
› 16.	Rienschscher Mittelrechen, Längsschnitt . . . . .	78
› 17.	Schlammharfe nach Riensch . . . . .	79
› 18.	Rienschscher Mittelrechen, Aufriß . . . . .	80
› 19.	Flügelrechen, Längsschnitt . . . . .	81
› 20.	› Allenstein . . . . .	81
› 21.	› › . . . . .	81
› 22.	Rotierendes Sieb von John Smith & Co., Carshalton . . . . .	82
› 23.	› › › › › › . . . . .	82
› 24.	Abfangvorrichtung Hamburg . . . . .	83
› 25.	Gitterstäbe der Abfangvorrichtung Hamburg . . . . .	84
› 26.	Abfangvorrichtung Croydon . . . . .	85
› 27.	› › . . . . .	85
› 28.	Friedrichsche Abfangvorrichtung . . . . .	86
› 29.	› › . . . . .	86

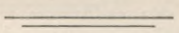


	Seite
Fig. 30. Rienschsche Siebscheibe . . . . .	87
› 31. „ „ . . . . .	88
› 32. „ „ . . . . .	89
› 33. Versuchsanlage nach Riensch, Dresden, Längsschnitt	89
› 34. „ „ „ „ Grundriß . . . . .	90
› 35. Abfangvorrichtung von Joerning & Sauter . . . . .	91
› 36. Frankfurter Fettfang . . . . .	92
› 37. Kremerscher Fettfang . . . . .	92
› 38. „ „ . . . . .	93
› 39. Apparat zur Entleerung von Absitzbecken . . . . .	96
› 40. Hufeisenförmige Beckenanordnung . . . . .	97
› 41. Englisches Absitzbecken, Längsschnitt . . . . .	98
› 42. Absitzbecken mit Querwänden . . . . .	98
› 43. Gegeneinander verschobene Absitzbecken . . . . .	99
› 44. Richtige und verkehrte Ausbildung des Sohlgefälles bei Absitzbecken nach Steuernagel . . . . .	101
› 45. Kölner Probeklärbekken, Längsschnitt . . . . .	102
› 46. Wirkung des Kölner Pumpensumpfes bei verschie- denen Geschwindigkeiten . . . . .	103
› 47. Durchtritt des Abwassers an kalten Tagen nach Schmidt	105
› 48. „ „ „ „ warmen „ „ „	105
› 49. Klärbrunnen in Halle, Müller-Nahnsen . . . . .	107
› 50. „ „ Dortmund, Kniebühler, Querschnitt . . . . .	108
› 51. „ „ „ „ . . . . .	108
› 52. „ „ „ „ . . . . .	108
› 53. Mairich-Brunnen, Neustadt i. Oberschl. . . . .	109
› 54. „ „ Stargard . . . . .	110
› 55. „ „ Guben, Grundriß . . . . .	110
› 56. „ „ „ Querschnitt . . . . .	111
› 57. Watsons Birmingham Separator . . . . .	112
› 58. Klärapparat mit Schirmen nach Dervaux . . . . .	112
› 59. Schlammensammler nach Fidler (Ham, Baker & Co.) . . . . .	114
› 60. „ „ „ für rechteckige Flach- becken (Ham, Baker & Co.) . . . . .	114
› 61. Ausräumung von Schlamm aus Flachbecken, alte Me- thode Bolton . . . . .	115
› 62. Ashton-Apparat zur Ausräumung von Schlamm aus Flach- becken, Bolton . . . . .	115
› 63. Klärturm nach Rothe-Röckner . . . . .	117
› 64. Fosses Mouras. La vidangeuse automatique . . . . .	118
› 65. „ „ Bordeaux . . . . .	119
› 66. Hydrolytisches Becken nach Travis . . . . .	131

	Seite
Fig. 67. Reste eines Meerschweinchens nach dreiwöchentlichem Aufenthalt in einer Faulkammer . . . . .	134
› 68. Rieselanlage-Rückenbau, Querschnitt . . . . .	150
› 69. › › Aufsicht . . . . .	150
› 70. › › › . . . . .	151
› 71. › › Beetbau Querschnitt . . . . .	151
› 72. Rieselanlage Terrassenbau, Querschnitt . . . . .	151
› 73. › › Gerson-System, Aufsicht . . . . .	152
› 74. Verspritzen von Abwasser mittels Schlauch nach Wulsch	153
› 75. Untergrundberieselung, geschützter Drain . . . . .	154
› 76. Längsdrainage, Aufsicht . . . . .	156
› 77. Diagonaldrainage, Aufsicht . . . . .	157
› 78. Überstautes Rieselfeld . . . . .	162
› 79. Schutz der Kanäle vor Eindringen des Grundwassers, Brockton . . . . .	180
› 80. Schutz der Kanäle vor Eindringen des Grundwassers, Brockton . . . . .	180
› 81. Intermittierende Filteranlage, Brockton . . . . .	181
› 82. Einrichtung zur Verteilung des Abwassers über den Filtern	182
› 83. Furchen an der Oberfläche der Filter . . . . .	183
› 84. Intermittierendes Filter in Framingham zur Winterszeit	188
› 85. Kurve von Filter 6 . . . . .	194
› 86. Kurven der Filter Nr. 5 und 16 . . . . .	195
› 87. Reinigungseffekt bei intermittierenden Filtern . . . . .	202
› 88. Absorptionskurve von 0,1% Albuminlösung in steriler Schlacke . . . . .	234
› 89. Hamburger Verfahren zur Reinigung verschlammter Füllkörper . . . . .	259
› 90. Adams automatischer Beschickungsapparat für Füllkörper während der Füllung . . . . .	266
› 91. Adams automatischer Beschickungsapparat für Füllkörper während des Vollstehens . . . . .	267
› 92. Füllkörperanlage nach Adams, Längsschnitt . . . . .	268
› 93. › › › Grundriß . . . . .	270
› 94. Warings Tropfkörper . . . . .	276
› 95. Lowcocks Tropffilter . . . . .	277
› 96. Stoddarts Laboratoriumversuch . . . . .	278
› 97. Biologische Anlage nach Stoddart . . . . .	279
› 98. Stoddarts Verteiler . . . . .	280
› 99. Biologischer Körper nach Stoddart, Durchschnitt . . . . .	281
› 100. Corbettscher Abwasserverteiler mit intermittierendem Betrieb . . . . .	282

	Seite
Fig. 101. Whittaker- und Bryant-Sprenger, Accrington . . . . .	283
› 102. Biolog. Körper nach Whittaker u. Bryant, Accrington	284
› 103. Lüftungs- und Drainageröhren auf der Sohle der biologischen Körper in Accrington . . . . .	285
› 104. Sprinkler in Accrington, Quecksilberschluß . . . . .	285
› 105. Candy Sprenger in Reigate . . . . .	286
› 106. Apparat zur intermittierenden Beschickung des Candy-schen Sprengers in Leeds . . . . .	286
› 107. Apparat zur Abwassermessung und intermittierenden Beschickung biologischer Körper nach Mather & Platt	287
› 108. Mather & Platt, Sprenger mit offenen Rinnen . . . . .	287
› 109. › › › › Turbinenantrieb . . . . .	288
› 110. › › › › elektr. Antrieb, Chichester	289
› 111. Birmingham-Sprenger . . . . .	289
› 112. Jennings drehbarer Sprenger mit Hebevorrichtung . . . . .	290
› 113. Aufhängen des Drehsprengers nach Jennings . . . . .	290
› 114. Scott Mancriffs-Abwasserverteiler mit Motorantrieb in Birmingham . . . . .	291
› 115. Fiddian-Abwasserverteiler in Enfield . . . . .	291
› 116. › › im Bau . . . . .	292
› 117. Wilcox-Raikes-Abwasserverteiler für rechteckige biolog. Körper mit Motorantrieb . . . . .	292
› 118. Ham, Baker & Co., Abwasserverteiler nach Fiddians Prinzip für rechteckige biologische Körper in Bolton	293
› 119. Abwasserverteiler für rechteckige biologische Körper nach Jennings . . . . .	294
› 120. } Scott Mancriffs's Cultivation Tank und biolog. Körper	295
› 121. }	
› 122. Ducats biologischer Körper mit Heizvorrichtung . . . . .	295
› 123. › › › seitliche Durchlüftung und Schichtung . . . . .	296
› 124. Gjers- und Harrisons-Zerstäuber, von Corbett in Salford verwendet . . . . .	296
› 125. Gjers und Harrisons festmontierter Zerstäuber in Tätigkeit . . . . .	297
› 126. Ham, Baker & Co.-Zerstäuber in Birmingham . . . . .	297
› 127. Tropfkörper Birmingham, Querschnitt . . . . .	298
› 128. Tropfkörper Birmingham, Aufsicht . . . . .	299
› 129. Kolumbus-Zerstäuber im Winter . . . . .	300
› 130. › › . . . . .	300
› 131. Kolumbus-Sprinkler in Tätigkeit . . . . .	301
› 132. Hamburger Tropfkörper Andreasberg . . . . .	306

	Seite
Fig. 133. Tropfkörper nach Calmette, Madeleine . . . . .	307
› 134. Hamburger Tropfkörper Groß-Hansdorf, Längsschnitt .	308
› 135. › › › › Aufsicht . . .	309
› 136. Größenverhältnisse der biologischen Anlage für ein Sanatorium . . . . .	310
› 137. Hamburger Tropfverfahren Oderberg, Querschnitt . .	311
› 138. › › › › Längsschnitt . .	311
› 139. › Tropfkörper Poppenbüttel, Querschnitt . .	312
› 140. Größere Hamburger Tropfkörperanlage, Aufsicht . .	313
› 141. › › › › Querschnitt und Längsschnitt . . . . .	315
› 142. Kohlebreiverfahren, Kläranlage in Tegel . . . . .	326
› 143. › › › › Aufsicht . .	327
› 144. › Klärturm › › . . . . .	328
› 145. Schlammpresse, Rahmensystem . . . . .	377
› 146. Überpumpen des Schlammes nach Schlammbeeten, Birmingham . . . . .	383
› 147. Beerdigung des Schlammes, Birmingham . . . . .	384



## I.

# Zur Entwicklungsgeschichte der Abwasserfrage.

## I. Kapitel.

### Entwicklung der Flufsverunreinigung.

Um die Abwässer hat man sich bis in das 19. Jahrhundert hinein wenig oder gar nicht gekümmert. Ein jeder half sich mit seinem Unrat, wie er eben konnte. Jauchegruben waren für Fäkalien entweder vorgeschrieben, oder sie wurden gebilligt, und dem einzelnen Hausbewohner wurde es in der Regel überlassen, wie er sich des Inhalts dieser Gruben entledigte. Die Fäkalien und häuslichen Schmutzstoffe wurden in der Nähe der Wohnungen über- oder unterirdisch aufgespeichert, soweit möglich, im Boden zur Versickerung gebracht, und wo das nicht ging, bzw. nicht zugelassen wurde, auf Land abgefahren. In den dicht bevölkerten Vierteln der großen Städte entwickelten sich hieraus recht schlimme Zustände.

Im Jahre 1810 wurde das Wasserklosett erfunden oder, richtiger gesagt, wieder erfunden. Dieser anscheinend harmlose Apparat hat Anlaß gegeben zu Umwälzungen, die man ihm damals nicht zugetraut haben würde. Anfangs ging es zwar langsam mit der Einführung des Wasserklosetts. Bald erfreute es sich aber einer schnell zunehmenden Beliebtheit, und vor etwa 50 Jahren war es schon so allgemein verbreitet, und diese Neuerung wurde schon für so wichtig gehalten, daß man die Einführung des Wasserklosetts für die Riesenstadt London allgemein obligatorisch machte. Man ahnte nicht, welche Folgen dadurch heraufbeschworen wurden, und glaubte noch, den Inhalt der Wasserklosetts in unterirdische Gruben entleeren und daraus abfahren zu können. Die Hausbesitzer fanden

es aber bequemer und weniger kostspielig, diese Gruben mit Überläufen zu versehen, die nach den Strafsenrinnen geführt wurden. Die damals existierenden Strafsenkanäle oder -Rinnen waren für die Aufnahme von Schmutzwässern nicht bestimmt und deshalb auch dafür nicht geeignet. In ihnen blieben die faulenden Fäkalien liegen, und es entwickelten sich in den Strafsen bald unerträgliche Zustände, zumal diese Strafsenkanäle zum Teil noch völlig offen zutage lagen. Alle Strafandrohungen für Einleitung der Schmutzwässer in die nur für Regenwasser bestimmten Strafsenrinnen blieben erfolglos. Man ging im Gegenteil dazu über, die Wasserklosetts ohne Vorschaltung von Gruben direkt mit den Strafsenkanälen zu verbinden. Das war vielleicht hygienisch noch einwandfreier als der frühere Zustand mit den Überlaufgruben.

Der Siegeszug des Wasserklosetts liefs sich nicht mehr aufhalten. Die Hauseigentümer hatten gelernt, mit dieser nützlichen Einrichtung alle abschwemmbarren Stoffe aus dem unmittelbaren Bereiche der Wohnungen und von ihren Grundstücken fortzuschaffen, ehe sie der fauligen Zersetzung anheimfielen, und sie dachten nicht daran, die damit verknüpften Annehmlichkeiten wieder zu opfern.

Die Mifsstände waren also von den einzelnen Grundstücken fort in die Strafsen verlegt. Die Unzuträglichkeiten, die dieses zweite Stadium der Abwasserbeseitigungsfrage mit sich brachte, wurden so allgemein empfunden, dafs man sich entschliessen mußte, unterirdische Kanäle zu bauen. Jahrzehntelang wurden diese Kanäle noch ohne jedes System verlegt. Man suchte nur auf kürzestem Wege ein öffentliches Gewässer zu erreichen. Die geradezu unglaublichen Zustände, die sich in bezug auf die Kanalisation entwickelten, können hier nicht weiter geschildert werden. Jedenfalls genügte das neue Mittel aber, die Strafsen von den üblen Gerüchen mit solchem Erfolge zu befreien, dafs die Schwemmkanalisation als souveräne, mit der Einführung des in vielen englischen Städten damals schon als unentbehrlich erachteten Wasserklosetts untrennbar verknüpfte, und deshalb ebenfalls unentbehrlich gewordene Neuerung allgemein Aufnahme fand. Im ganzen Bereiche des Weichbildes der Städte mündeten bald überall die Schmutzwässerkanäle in die Vorfluter. Diesen war schon vorher mancherlei Schmutz und Unrat durch die Strafsenrinnen und auf andere Weise zugeführt worden,

ohne dafs sich in ihnen offenkundige Mifsstände ergaben. Der Aufgabe aber, die ihnen jetzt gestellt wurde durch das Einlassen des Inhalts der Schwemmkanäle, zeigten sie sich nicht mehr gewachsen, und es dauerte nicht lange, so wurden überall Klagen laut über die unerträglichen Zustände, die sich in den öffentlichen Gewässern entwickelt hatten. Damit war die Abwasserfrage in das dritte Stadium getreten, in dem sie auch heute noch steht.

Am frühesten zeigten sich die Folgen einer übermäfsigen Flufsverunreinigung in den engen, dicht bevölkerten Flufstälern Englands, namentlich aber auch dort, wo man, wie in London, den städtischen Wasserbedarf aus den Flüssen deckte. Die kurze Schilderung eines typischen Beispiels von unerhörter Flufsverunreinigung dürfte hier am Platze sein. Das West Riding von Yorkshire wird von drei parallel laufenden Flüssen, dem Wharfe, Aire und Calder, durchzogen, die in den Humber münden und etwa 80% der Niederschläge aus einem Gebiete von ungefähr  $\frac{3}{4}$  Millionen ha. abführen sollen. Hier siedelten sich gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts die ersten Fabriken an. Obgleich aller Unrat, fest und flüssig, häuslich und industriell in die Flüsse entleert wurde, so ergaben sich doch bis um die Mitte des 19. Jahrhunderts in diesen keine Mifsstände. Zu jener Zeit aber nahm die Industrie einen bedeutenden Aufschwung. Wo sich früher nur wenige tausend Ansiedler fanden, strömten jetzt Millionen zusammen nach den Fabriken, die an Zahl und Gröfse immer schneller wuchsen. Im Jahre 1850 wurden in den genannten Flüssen noch Lachse und Forellen gefangen. Diese verschwanden aber bald darauf, und einige Jahre später folgten ihnen auch die widerstandsfähigeren Fische, wie Weifsfische und Rochen. Die Bevölkerung sah diesen Vorgängen ruhig zu. Die Auffassung scheint damals allgemein geherrscht zu haben, es sei eine natürliche Aufgabe der Flüsse, Abwässer und Schmutzstoffe aufzunehmen und zu beseitigen. Eine Bevölkerung von 3 Millionen Personen, von denen 2 Millionen in der Industrie beschäftigt waren, liefs ihre sämtlichen häuslichen Schmutzwässer und Fäkalien in die genannten, verhältnismäfsig kleinen Flüsse einlaufen, und diese stellten infolgedessen im Sommer, wie amtliche Berichte besagen, eine »kochende stinkende Masse« dar. Bezeichnend ist die zu Protokoll gegebene Erklärung eines Anwohners der ge-

nannten Flüsse: er hätte nachts einmal sein Schlafzimmerfenster öffnen müssen, weil Leuchtgas entwichen wäre; der von dem Flufskanal aufsteigende üble Dunst sei aber derartig unerträglich gewesen, daß er sich gezwungen gesehen hätte, das Fenster wieder zu schliessen. Die Kinder machten sich ein Vergnügen daraus, die Gasblasen anzustecken, die aus den streckenweise zu Schiffahrtskanälen ausgebildeten Flufsläufen aufstiegen. Es entstanden dann bis zu 6 Fufs hohe Flammen, die bis zu 100 m auf der Wasseroberfläche entlang liefen. In großer Zahl schwammen Tierkadaver auf den Flüssen. Hier und da strandeten sie. Niemand war verpflichtet, sie zu beseitigen. In einer Schleuse bei Manchester wurden an einem Tage 19 tote Hunde gezählt. Gelegentlich eines Hochwassers kamen während eines einzigen Tages mehr als 40 Hundekadaver den Calderflufs entlang geschwommen. In Leeds und Umgebung wurden alljährlich mehrere Millionen tierischer Felle verarbeitet. Alle abschwemmbareren Schmutzstoffe, die sich dabei ergaben, gingen in den Flufs. Aufser den Gerbereien siedelten sich die Wollverarbeitungsfabriken in der Gegend an, Färbereien, Papierfabriken und viele andere Industriezweige, die große Mengen fäulnisfähiger Abwässer produzierten und in die Flüsse schwemmen. Die Menge der Asche und Schlacke, die in den Aire und Calder geschüttet wurde, hat man auf Hunderttausende von tons jährlich geschätzt. Die Steingut- und Ziegelfabriken warfen ihr Bruchmaterial in die Flüsse, die Metallfabriken ihre metallischen Abfälle; bei Abbruch von Gebäuden wurde das alte Material in die Flüsse geworfen; Erde, Steine, Ton von Steinbrüchen und Ausschachtungen, Strafsendetritus und aller Unrat, der von den Strafsen zusammengefeßt wurde, alle Abwässer der verschiedensten Fabriken und des menschlichen Haushalts, im ganzen Millionen von Kubikmetern täglich, flossen in die verhältnismäfsig kleinen Flüsse, die dadurch nicht nur übelriechend und tintenfarbig wurden, sondern auch in dem Mafse verschlammten, daß ihr Abflufs gehemmt wurde und sie die benachbarten Gelände überfluteten. Gelegentlich der amtlich angestellten Erhebungen behaupteten die Industriellen mit Recht, das Flufswasser würde für ihre Zwecke durch die städtischen Abwässer unbrauchbar gemacht. Sie selbst aber liefsen alle den ganzen Unrat ihrer Fabriken in den Flufs ab,



und verschlimmerten dadurch die Zustände für diejenigen, welche sich noch weiter unten angesiedelt hatten. Keiner aber fühlte sich veranlaßt, auf die übrigen Flufsanwohner Rücksicht zu nehmen. Noch heute ist es trotz angestrengtester Tätigkeit der Aufsichtsbehörden nicht gelungen, alle die Folgen solcher Mißwirtschaft zu beseitigen.

Recht schlimm sah auch die Seine unterhalb Paris aus, wie die folgende Beschreibung zeigt, welche aus einer Zeit stammt, wo sämtliche Pariser Abwässer noch ungereinigt in den Flufß gelassen wurden. Oberhalb der Brücke von Asnières ist das Flufßbett mit weißem Sande bedeckt, der Flufß von Fischen belebt, und die Ufer sind mit reichlichem Pflanzenwuchs bestanden. Von dem Punkte an, wo der große Sammelkanal von Clichy einmündet, ändert sich das Bild. Eine Flut schwarzen, mit Fett, Pfropfen, Haaren, Tierleichen und anderem Unrat bedeckten Wassers bewegt sich in dem Flufßbette entlang. Grauer Schlamm, von organischen Resten durchsetzt, häuft sich längs des rechten Ufers, erzeugt erhöhte Punkte und übelriechende Inseln. Weiter stromabwärts bedeckt solcher Schlamm das ganze Flufßbett. In ihm gärt es, und die bei Zersetzung freiwerdenden Gasblasen steigen auf und platzen an der Oberfläche. In den heißen Jahreszeiten haben sie oft einen Durchmesser von 1—1½ m. Sie heben den stinkenden Schlamm vom Boden des Flusses, kein lebendes Wesen, weder Fisch noch Pflanze, gedeiht hier.

Obgleich auch den deutschen Flüssen seit Jahrhunderten Unrat zugeführt worden ist, so haben sich grobsinnlich wahrnehmbare Mißstände doch auch hier offenbar erst im Laufe des 19. Jahrhunderts entwickelt. Hauptsächlich war es die Industrie, die neben den Städten zur Flufßverunreinigung beitrug. In einzelnen kleineren Wasserläufen sind schon Verhältnisse entstanden, die den eben geschilderten Verunreinigungen englischer Flüsse nahe kommen. Das interessanteste Beispiel einer schnellen Entwicklung solcher Mißstände, welches Deutschland aufzuweisen hat, dürften wohl die Vorgänge im Emscher Tal darstellen. Dieses bildet nach der Veröffentlichung Kellers den Kern des Rheinisch-Westfälischen Industriegebietes zwischen Ruhr und Lippe und umfaßt ein Entwässerungsgebiet von nicht ganz 800 qkm. Durch 8 Mühlen und 6 Bewässerungs- bzw. industrielle Stauwerke wurde das im Quellengebiet starke Gefälle der Emscher nutzbar gemacht.

Seit Jahrhunderten wird über mangelhafte Vorflut und über häufige Überschwemmungen sowie Versumpfung der anliegenden Gelände geklagt. Von Verunreinigungen war damals aber noch kaum die Rede. Um das Jahr 1850 begann im Emscher Tal der Kohlenbergbau aufzublühen. Es entstanden Anlagen von Hochöfen, Gufsstahlfabriken, Hütten, Maschinenbauanstalten usw.; der bis dahin dünn bevölkerte Landstrich wurde bald zum dichtest besiedelten Deutschlands. Im Jahre 1880 hatte das Emscher Gebiet eine halbe Million Einwohner, 20 Jahre später schon fast die dreifache Einwohnerzahl. Infolge des Bergbaues zeigten sich Bodensenkungen; man stellte Polderanlagen mit Schöpfwerken her, um die Tagewässer los zu werden, ohne jedoch ausreichenden Erfolg zu erzielen. Die sämtlichen Zuflüsse zur Emscher wurden so verunreinigt, dafs sie Schmutzwasserkanälen glichen. Zu landwirtschaftlichen Zwecken war das Flußwasser nicht mehr verwendbar wegen des hohen Salzgehaltes, der ihm durch die Industrien zugeführt wurde. Es wurden dieserhalb Klagen angestrengt. Namentlich aber auch wehrte man sich gegen die Zuführung von Ruhrwasser, das in grofsen Mengen nach dem Emschertal herüber gepumpt wurde.

Im Jahre 1889 wurde eine staatliche Emscher Regulierungskommission eingesetzt, die im ganzen etwa 6 Millionen Mark für die Trockenlegung versumpften Geländes aufwendete. Der Erfolg war ungenügend. Abwasserreinigungsanlagen konnten wegen mangelnden Gefälles nicht ausgeführt werden, wo sie nötig waren. Von 56 Krankenhäusern z. B. entliessen 27 ihre Abwässer ungereinigt in den Fluß, die übrigen hatten fast durchweg mangelhafte Kläranlagen. Die Kohlenzechen hatten Absatzbecken, meist waren sie aber ganz verschlammt. Bei Hochwasser wurde die Umgebung des Flusses mit Unrat überschwemmt. Als Folge hiervon betrachtete man es, dafs Ruhr und Typhus in der Gegend wiederholt schlimm hausten.

Die Vorgänge im Emscher Tal stehen in Deutschland nicht vereinzelt da. Man könnte verschiedene Flußläufe nennen, die bis zu dem Grade verunreinigt waren oder noch sind, dafs ihr Inhalt sich von demjenigen von Schmutzwasserkanälen nicht mehr unterscheidet, eine faulende, gärende Masse darstellt, oder durch industrielle Abwässer tintenschwarz und anderweitig verfärbt ist. Eine solche Ausdehnung und Bedeutung wie in Eng-

land haben derartige Mifsstände in Deutschland aber bei weitem noch nirgends erreicht. Dasselbe gilt für sämtliche übrigen Kulturstaaten. Im Vergleich zu England, wo die Mehrzahl der Flusläufe sich in grobsinnlich wahrnehmbarer Weise verunreinigt zeigte, zum Teil auch jetzt noch zeigt, kann man in Deutschland und allen übrigen Ländern zurzeit wohl erst von den ersten Anzeichen solcher Zustände sprechen, die sich hier und da nur vereinzelt geltend machen. Unverkennbar schreitet aber auch in den verhältnismäfsig viel mächtigeren Vorflutern Deutschlands mit dem schnellen Anwachsen der grofsen Städtekomplexe und mit dem beispiellosen Aufblühen der Industrie die Flufsverunreinigung schnell vorwärts.

## 2. Kapitel.

### Versuche zur Abhilfe durch gesetzliche und behördliche Mafsnahmen.

Die englische Bevölkerung hat die unglaublichsten Mifsstände, die sich aus der systematischen Flußverunreinigung ergaben, anfänglich verhältnismäßig ruhig hingenommen. Zwar wurden hier und da Klagen angestrengt und behördlicherseits Erhebungen eingeleitet, im allgemeinen liefs man aber den Dingen ihren Lauf. Erst im Jahre 1865 hatte sich der Bevölkerung eine derartige Beunruhigung bemächtigt, dafs die Regierung sich veranlafst sah, eine königliche Kommission zu ernennen, um Erhebungen über die Flußverunreinigungen anzustellen. Seither haben sich die englischen Behörden unausgesetzt mit den Flußverunreinigungsfragen zu befassen gehabt. Nicht allein die Regierung, sondern auch die Parlamente, zahlreiche Stadtverwaltungen und wissenschaftliche Körperschaften haben Kommissionen eingesetzt, welche Erhebungen über den Stand der Flußverunreinigung anstellen und Abhilfemaßnahmen vorschlagen sollten. Eine fast unübersehbare Liste von Verordnungen und eine Reihe von Gesetzen wurden im Anschluß daran erlassen.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, über alle diese Vorgänge hier zu referieren. Auf dieselben soll nur so weit eingegangen werden, als es nötig erscheint, um die Schwierigkeiten klar zu stellen, welche sich einer einheitlichen Gesetzgebung auf diesem Gebiete entgegenstellen, und um zu zeigen, dafs man in Abwasserfragen mit Verordnungen und gesetzlichen Vorschriften um keinen Schritt weiterkommt, wenn diese ohne Rücksicht auf die technischen Möglichkeiten verfaßt werden.

Alle bis zum Jahre 1850 erstatteten Berichte und erlassenen Verordnungen bzw. Gesetze lassen erkennen, dafs es um jene Zeit noch als die hauptsächlichste Aufgabe galt, die Verunreinigungen innerhalb der Städte und in unmittelbarer Umgebung der menschlichen Wohnungen auf ein erträgliches Mafs zu beschränken. Die schon erwähnten Strafsenkanäle verpesteten ihre ganze Umgebung. Fieber und andere Krankheiten glaubte man darauf zurückführen zu dürfen, und es wurde als unzulässig hingestellt, die ohnehin schon schlimme Lage der ärmeren Bevölkerung, durch deren Wohnbezirke solche verunreinigten Kanäle führten, dadurch noch unerträglicher zu gestalten. Kein Wunder, wenn die von der Regierung herangezogenen Sachverständigen damals erklärten, es sei viel ungefährlicher, den Unrat in die Flüsse einzuleiten, als ihn in dicht bevölkerten Orten anzusammeln. Ein Gesetz von 1847 gibt denn auch den Stadtverwaltungen die Berechtigung, ihre Schmutzwässer durch Kanäle direkt in Flüsse oder Seen einzuleiten. Allerdings wurde damals bereits auf die Möglichkeit einer Ableitung der Schmutzwässer auf Rieselgelände hingewiesen. Auch im Jahre 1854 stellte sich die oberste Gesundheitsbehörde Englands noch auf den Standpunkt, es sei viel besser, die Schmutzstoffe in den nächsten Fluslauf abzuleiten, als sie unmittelbar neben den Wohnungen aufzuspeichern. Erst im Jahre 1857 erklärten sich die Sachverständigen dieser Behörde dahin, dafs es sich empfehle, die ungelösten Stoffe aus den Abwässern auszuscheiden oder aber die Abwässer zu desodorisieren, ehe man sie den Flüssen überantwortete.

Man sieht also, dafs die gegenwärtigen Auffassungen über Reinhaltung der Flusläufe nicht von vornherein als etwas Gegebenes, Selbstverständliches galten, dafs das Verständnis dafür sich vielmehr erst Schritt für Schritt entwickelt hat, in dem Mafse, wie die Folgen der stetig schneller verlaufenden Einführung von Wasserklosetts und Schwemmkanalisationen in die Erscheinung traten.

Im Jahre 1858 wurde in England ein Gesetz erlassen, durch welches die Flusverunreinigung verboten, jedenfalls zum Ausdruck gebracht wurde, dafs die Städte nicht berechtigt seien, die Flüsse zu verunreinigen; wenn andere Interessen dadurch geschädigt würden. Ein Gesetz von 1861 forderte, dafs die Ab-

wässer vor Einleitung in die Flüsse zu reinigen und von Fäkalien und sonstigen faulen Stoffen zu befreien seien, sofern die Reinheit des Flusses dadurch gefährdet werden könnte. Die englischen Großstädte Birmingham, Huddersfield, Nottingham und Sheffield forderten durch eine Eingabe selbst ein Verbot des Einleitens ungereinigter Abwässer in die Flüsse. Genützt haben alle behördlichen oder gesetzlichen Mafsregeln aber bis dahin gar nichts; auf ihre Durchführung wurde nicht gehalten und die Zustände in den Flüssen wurden von Jahr zu Jahr schlimmer.

Das bewegte im Jahre 1865 endlich die Regierung, die schon erwähnte Prüfungskommission einzusetzen. Die Berichte über die Studien dieser Kommission zählen zu dem interessantesten und historisch gewifs wertvollsten Material, das auf dem Gebiete der Flufsverunreinigungsfragen vorliegt. Diesen Berichten ist die vorhin wiedergegebene kurze Schilderung der Zustände im West Riding entnommen. Die Kommission wurde im Jahre 1868 durch eine zweite Flufsverunreinigungscommission (Rivers Pollution Commission) abgelöst. Ihr gehörte Sir Edward Frankland an. Sie hat sich, wie wir noch sehen werden, besonders eingehend mit den Fragen der Abwasserreinigung befaßt, und ihre einschlägigen Arbeiten gehören zu den bedeutendsten Leistungen auf diesem Gebiete.

Sehr beachtenswert ist die Instruktion, welche dieser Kommission mit auf den Weg gegeben wurde. Darin wurde gesagt: »es sei Tatsache, dafs die Flüsse in schlimmer Weise von Städten, Bergwerken und Fabriken verunreinigt würden. Es sei ferner Tatsache, dafs städtische Abwässer mit Nutzen zu Dungzwecken verwendet werden könnten. Noch nicht erwiesen sei aber, dafs irgendeine Vorschrift, welche es für die Städte obligatorisch machte, ihre Schmutzwässer auf Land zu behandeln, durchführbar wäre, ohne dafs dadurch erhebliche Kosten verursacht und eventuelle Schäden bewirkt würden.«

Im Jahre 1869 wurde eine Kommission zum Studium der Abwasserbeseitigungsverhältnisse Londons eingesetzt, die nur aus dem Grunde hier erwähnt werden soll, weil das Ergebnis ihrer Tätigkeit die Gründung der englischen zentralen Verwaltungsbehörde, der Local Government Board, war (1871), die — nicht sowohl aus Mangel an gutem Willen, sondern hauptsächlich infolge bureaukratischer Verhältnisse — einen ver-

hängnisvollen Einfluss auf die weitere Entwicklung der Abwasserreinigungs- und Flufsverunreinigungsfragen Englands bis in die neueste Zeit hinein gewonnen hat.

Besonders wichtig ist das Gesetz betr. öffentliche Gesundheitspflege (Public Health Act von 1872). Dieses eröffnete die Möglichkeit, Genossenschaften zwecks Verhütung der Flufsverunreinigung zu bilden, und hat damit die erste brauchbare Handhabe zum praktischen Vorgehen gegeben, von der allerdings erst viel später Gebrauch gemacht worden ist.

Zu diesem Gesetze wurde im Jahre 1875 eine Ergänzung erlassen, und im Jahre 1876 trat ein Gesetz, betr. Flufsverunreinigung (Rivers Pollution Prevention Act), in Kraft.

Diese beiden letzterwähnten Gesetze stellen eine Zusammenfassung der früheren gesetzlichen Bestimmungen dar, und zu jener Zeit knüpfte man grofse Hoffnungen an sie. Sie sollten endlich eine brauchbare Unterlage für die Abstellung der immer schlimmer werdenden Mifsstände in den Flüssen bieten. Nach dem Gesetz von 1875 sollte die Zentralbehörde (L. G. B.) ihre Einwilligung zu Anleihen für Abwasserbeseitigungszwecke nicht geben, wenn diese nicht durch einen Inspektor der Behörde auf Grund lokaler Erhebungen befürwortet werden könnten. Es wurde durch dieses Gesetz festgelegt, dafs keine Stadtverwaltung berechtigt sein sollte, Schmutzwässer in Kanäle, in Flüsse, Teiche oder Seen zu leiten, ohne dafs vorher alle Schmutz- oder Fäkalstoffe aus ihnen genügend entfernt wären, um Mifsstände auszuschliessen. Das Gesetz von 1876 gab der Behörde das Recht, in allen Fällen Landbehandlung zu fordern. Von erheblichem Nutzen sind auch diese beiden Gesetze aus den später noch zu besprechenden Gründen nicht gewesen.

Alle Kommissionen, die sich mit der Abwasserbeseitigungsfrage zu befassen hatten, gelangten immer wieder einstimmig zu der Meinung, es müfste eine besondere Zentralbehörde eingesetzt werden, welche alle mit der Flufsverunreinigung zusammenhängenden Fragen zu behandeln hätte. In einer der Kommissionen gingen allerdings die Meinungen darüber insofern auseinander, als ein Mitglied lokale Behörden vorschlug, die anderen beiden Mitglieder eine zentrale Behörde, weil sie fürchteten, örtliche Behörden könnten zu sehr durch persönliche Einflüsse in der Ausübung ihrer Pflichten behindert werden.

Obgleich sämtliche Prüfungskommissionen, insbesondere auch die beiden erwähnten königlichen Kommissionen von 1865 und 1868, die völlige Unhaltbarkeit der in den Flüssen bestehenden Zustände in der überzeugendsten und drastischsten Weise darlegten, so zeigte die englische Bevölkerung sich doch noch nicht genügend beunruhigt, um mit genügendem Nachdruck durchgreifende Abhilfemaßregeln zu verlangen. Die Vertreter der Industrie behielten das Übergewicht und erreichten eine derartige Verklausulierung der Gesetze, daß man nichts mit ihnen anfangen konnte. Das Hauptgesetz, die Rivers Pollution Prevention Act von 1876, verbietet zwar das Einwerfen fester Stoffe in die Flüsse und die Verunreinigung der öffentlichen Gewässer durch häusliche Abflüsse und Fabrikabwässer, es wurde aber der Nachweis verlangt, daß die festen Stoffe faulig oder fäulnisfähig wären oder eine Verunreinigung bedeuteten, bzw. daß sie in solchen Mengen in den Fluß geworfen worden seien, daß der Lauf desselben dadurch unterbrochen wurde. Gegen Fabriken und Bergwerke konnten die Gesundheitsbehörden auf Grund des Gesetzes nur unter ausdrücklicher Zustimmung des Local Government Board einschreiten. Man sah bald ein, daß das Gesetz nur einen toten Buchstaben bedeutete und daß durch dasselbe nicht mehr erreicht wurde als durch ein schon aus dem Jahre 1888 datierendes Gesetz, wonach Personen, welche tierischen Unrat und Abfälle in Flüsse oder Gräben warfen, eine Strafe von 20 £ aufzuerlegen war.

Im Jahre 1888 machten sich Bestrebungen geltend, von den Befugnissen der erwähnten Public Health Act von 1872 Gebrauch zu machen und Genossenschaften (Joint Committees) zu begründen, die sich zusammensetzen sollten aus allen Verwaltungsbezirken, welche gemeinsam an einen Flußlauf grenzten. Solchen Genossenschaften wurden die Rechte einer Sanitätsbehörde (Sanitary Authority) im Sinne der Rivers Pollution Prevention Act von 1876 verliehen. Auf Antrag von Lancashire und Cheshire wurde im Jahre 1891 die Genossenschaft der Flüsse Mersey und Irwell begründet. Für die Distrikte des West Riding stellten Leeds und Bradford im Jahre 1890 einen ähnlichen Antrag. Die Verhandlungen hierüber zogen sich aber jahrelang hin, weil die lokalen Interessen sich nicht vereinigen ließen. Das Mersey und Irwell Joint Committee sah bald ein, daß es



mit den vorhandenen gesetzlichen Unterlagen nichts erreichen konnte, dafs vielmehr die Bestimmungen des Gesetzes von 1876 jedes Einschreiten der Aufsichtsbehörden unmöglich machten. Es forderte deshalb ein besonderes Gesetz. Diesem Beispiel folgte das inzwischen begründete West Riding Joint Committee. Das Gesetz für den Mersey und Irwell wurde im Jahre 1892 erlassen, für den West Riding trat im Juli 1893 ein entsprechendes provisorisches Gesetz in Kraft, durch welches eine Behörde geschaffen wurde, bestehend aus 30 Vertretern der Interessentenschaften. Ein definitives Gesetz (The West Riding of Yorkshire Rivers Act) folgte im Jahre 1894. Dieses stellt trotz mancher Mängel einen zweifellosen Fortschritt dar. Es verbietet u. a. die Verunreinigung der Flüsse durch feste Stoffe und gibt dem Joint Committee das Recht, gegen solche Verunreinigung einzuschreiten. Gegen Einwerfen von Sand, Kies und das Abschwemmen natürlicher Ablagerungen, kann die Behörde aber nicht vorgehen, wenn es nicht so weit getrieben wird, dafs der Lauf des Flusses dadurch behindert wird. Die Verunreinigung der Flüsse durch häusliche Abwässer wird verboten, ebenso die Verunreinigung durch flüssige Fabrikabfälle. Gegen diese letztere kann aber nicht eingeschritten werden ohne ausdrückliche Genehmigung der Local Gov. Board und auch dann nur, nachdem bestimmte, vorgeschriebene Warnungen erlassen sind. Es kommt hinzu, dafs die Local Gov. Board die Genehmigung nicht erteilen darf, wenn sie und die Rivers Boards nicht auf Grund sorgfältiger Untersuchungen und unter Berücksichtigung der in Frage kommenden Kosten sowie des Einflusses, den die beabsichtigten Mafsnahmen auf Industrie und Handel haben würden, zu der Ansicht gekommen sind, dafs die Möglichkeit besteht, die unreinen Flüssigkeiten unschädlich zu machen, ohne dafs den betroffenen Industrien oder Unternehmungen dadurch ein erheblicher Schaden erwächst. Durch solche Klauseln verliert das Gesetz naturgemäfs sehr an Wert als Handhabe gegen bestehende Mifsstände. Ein besonderes, für die Fabriken erlassenes Gesetz (factory act) enthält jedoch brauchbarere Bestimmungen. In einem Rückblick, den der Vorsitzende des West Riding of Yorkshire Joint Committee, Herr Chas. G. M. Gaskell über dessen 10jährige Tätigkeit gegeben hat, wird festgestellt, dafs der Brauch, feste Stoffe in die Flüsse zu werfen, seither praktisch genommen aufgehört hat; nur entschlammen

manche Fabriken noch ihre Stauweiher in die Flüsse. Unter den Anregungen und auf das Drängen der Joint Committee (Rivers Board) sind seit 1893 eine große Zahl von Abwasserreinigungsanlagen hergestellt worden. Während 10 Jahre vorher in West-Riding 126, zum Teil ganz unbrauchbare Anlagen zur Reinigung häuslicher bzw. städtischer Abwässer bestanden, waren bis 1904 267 brauchbare Anlagen in Betrieb genommen. Viele von den alten Werken waren außerdem umgestaltet und vergrößert worden. 72 Projekte lagen den Aufsichtsbehörden zur Genehmigung vor. Im Jahre 1893 hatten nur 155 von 1944 Fabriken Maßnahmen irgend welcher Art getroffen, um ihre Schmutzwässer zu reinigen. Hauptsächlich handelte es sich um kleine Absatzbecken, die selten oder nie entschlammt wurden. 966 Fabriken schickten ihre Abwässer ohne jede Behandlung in die Flüsse, die übrigen in städtische Kanäle. Im Jahre 1902 dagegen liefen von 1983 Fabriken nur noch 422 ihre Abwässer ohne Behandlung in die Flüsse einlaufen, während 542 von ihnen Reinigungsanlagen eingerichtet hatten, die übrigen in städtische Kanäle entwässerten. Im Jahre 1893 hatten von den sieben größeren Städten des Bezirkes nur Leeds und Sheffield einen Anlauf zur Abwasserreinigung gemacht, und Bradford unterzog  $\frac{1}{12}$  seiner Abwassermenge einer Behandlung. Im Jahre 1904 aber behandelten die sämtlichen größeren Städte ihre Abwässer wenigstens bis zu dem Grade, daß die Hälfte der darin enthaltenen unreinen Stoffe von den Flüssen ferngehalten wurde.

Einzelne Bergwerke und Fabriken haben durch die Abwasserbehandlung erhebliche Ersparnisse erzielt, z. B. eine Papierfabrik 10000  $\mathcal{M}$ , eine Wollverarbeitungsanlage 20000  $\mathcal{M}$  jährlich. Ein Kohlenbergwerk gewinnt wöchentlich 150 t Kohlen aus seinen Abwässern.

Die Aufsichtsbehörden haben solche Erfolge natürlich nicht ohne Schwierigkeiten errungen. Es wird aber konstatiert, daß die gesamte Einwohnerschaft, einschließlich der Fabrikanten, ihrem Vorgehen sympathisch gegenübersteht; nur wünscht jeder von diesen unbelästigt zu bleiben. Alle Möglichkeiten, die Verhandlungen hinzuziehen, werden mit rechtskundigem Beistand erschöpft. Die Vertreter verschiedener Industriezweige haben sich zusammengeschlossen, um die Bestrebungen der Behörde zu hintertreiben, soweit sie selbst dadurch betroffen werden.

Das, was oben über West Riding gesagt wurde, gilt auch für die Tätigkeit der übrigen Genossenschaften. In Lancashire und Cheshire hatten im Jahre 1893 nur 45 Fabriken brauchbare Abwasserreinigungsanlagen, im Jahre 1906 dagegen 268. Im Jahre 1892 hatten 27 Städte Reinigungsanlagen in Betrieb, im Jahre 1906 dagegen 80 Städte.

Im Jahre 1898 wurde wiederum eine königliche Kommission ernannt. Ihr wurden zwei Hauptfragen gestellt: 1. Welche Verfahren zur Beseitigung und Reinigung von Abwässern können angewendet werden ohne Verletzung der in Kraft befindlichen Gesetze und bei genügender Berücksichtigung der ökonomischen Seite sowie auch der öffentlichen Gesundheitspflege, und 2. Im Falle, dafs es mehrere brauchbare Verfahren geben sollte, ist festzustellen, welchen Mafsstab man anzulegen hat, um das für den Einzelfall passende Verfahren ausfindig zu machen. Zu berücksichtigen dabei sind die Art und Menge des Abwassers, die Bevölkerungsziffer und andere besondere Umstände und Erfordernisse.

Die Einsetzung der Kommission war hauptsächlich dadurch veranlafst worden, dafs die Zentralbehörde (L. G. B.) bei städtischen Abwasserreinigungsprojekten, die ihr, sofern Anleihen beabsichtigt werden, vorgelegt werden müssen, konsequent festgehalten hatte an der Forderung, dafs die Abwässer einer Landbehandlung zu unterziehen seien, obgleich inzwischen Methoden ausgebildet worden waren, von denen man annahm, dafs sie gleich gute Reinigungsergebnisse lieferten wie diese Landbehandlung. Manche Städte fanden es vollständig unmöglich, Gelände in dem von der Aufsichtsbehörde geforderten Umfang zu erhalten, selbst wenn sie sich bereit erklärten, ganz unverhältnismäfsig grofse Geldopfer dafür zu bringen. Denn die Besitzer bzw. die Nachbarschaft des für solche Zwecke in Aussicht genommenen Geländes erhoben in der Regel Einspruch gegen eine derartige Verwendung. In anderen Fällen waren auf weite Entfernungen hin Gelände nicht zu erreichen, die sich für die Unterbringung von Abwasser geeignet hätten. Aus dieser Sachlage war für verschiedene grofse Städte Englands eine ausgesprochene Kalamität entstanden. Die Kommission beeilte sich deshalb, durch einen vorläufigen Bericht (Inter. Report) im Jahre 1901 zunächst Stellung zu nehmen zu den Fragen: 1. Gibt es Bodenarten, die für die Abwasserreinigung ungeeignet sind? 2. Kann man behaupten, dafs es unter allen

Umständen möglich sei, allein durch künstliche Prozesse Abflüsse zu erzielen, die nicht mehr fäulnisfähig und nicht imstande sind, Mifsstände im Vorfluter heraufzubeschwören? 3. Welche Mafsregeln empfehlen sich, um die englischen Flüsse besser zu schützen?

Dieser Bericht weist darauf hin, dafs die bisherige, vielfach verurteilte Stellungnahme des L. G. B. durch die historische Entwicklung der Dinge durchaus berechtigt gewesen sei. Schon die im Jahre 1857 eingesetzte Kommission hätte erklärt, die richtige Methode, städtische Abwässer zu reinigen, sei, sie über Land zu verteilen. Nur so könnten Flußverunreinigungen vermieden werden. Die zweite, im Jahre 1868 eingesetzte Kommission, die bis zum Jahre 1874 im ganzen fünf Berichte erstattete, hätte sich ebenfalls dahin erklärt, dafs nur Landbehandlung geeignet sei, die Abwässer in ein nicht mehr fäulnisfähiges Produkt zu verwandeln. Alle anderen Verfahren seien nur geeignet, die ungelösten Stoffe daraus zu entfernen, und sie seien nur als Palliativmittel zu betrachten. Die dritte, im Jahre 1882 ernannte Kommission hätte ebenfalls erklärt, dafs nur Landbehandlung in Frage käme. Selbst für Städte von der verhältnismäfsig günstigen Lage Londons sei sie das einzige in Betracht kommende Verfahren. Seitdem habe das L. G. B. den oben gekennzeichneten Standpunkt eingenommen und es sei nur in Ausnahmefällen davon abgewichen.

Im Anschluß hieran wird über die inzwischen bekannt gewordenen künstlichen biologischen Verfahren berichtet, und die Frage erörtert, ob die Landbehandlung durch diese überflüssig geworden sei. Die früheren Kommissionen hätten sich bei dem damaligen Stande der Wissenschaft nur auf Grundlage chemischer Untersuchungen ein Urteil bilden können, zurzeit müsse man die bakteriologische Prüfung mit in Rücksicht ziehen.

Das Urteil der Kommission geht dahin, dafs Torf (peat) und Ton (stiff clay) sich für Abwasserreinigungszwecke nicht eignen. Wo nur solche Bodenarten zur Verfügung stünden, sei lediglich die darüber liegende Schicht von Humus oder anderem durchlässigen Bodenmaterial als wirksamer Faktor in Betracht zu ziehen. Wo solche Decken sehr flach seien, z. B. eine Stärke von 6 Zoll nicht überschritten, da würde die Abwasserreinigung so grofse Flächen erfordern, dafs die meisten Projekte daran

scheitern müßten. Hiermit gibt die Kommission also zu, daß Fälle vorkommen, wo die Landbehandlung praktisch undurchführbar ist und deshalb von der Aufsichtsbehörde nicht gefordert werden sollte.

Zu der Frage, ob es Methoden gäbe, die die Landbehandlung überflüssig machten, erklärte die Kommission, sie habe sich davon überzeugt, daß man durch künstliche biologische Methoden ohne Landnachbehandlung aus städtischen Abwässern, wie auch aus Gemischen von solchen mit Fabrikabwässern, Abflüsse zu erzielen vermöge, die nicht mehr fäulnisfähig und, nach den üblichen Gesichtspunkten beurteilt, als gut genug bezeichnet werden dürften, daß man sie in die Flüsse leiten könnte, ohne Mifsstände befürchten zu müssen. Es gäbe Fälle, wo das L. G. B. mit gutem Recht, unter den nötigen Vorbehalten, seine bisherigen Forderungen in bezug auf Landbehandlung fallen lassen könnte. Die jeweilig erforderlichen Vorbehalte ließen sich aber nicht allgemein, sondern nur von Fall zu Fall näher präzisieren. Wenn das Gesetz von 1876 nicht zu einer Sanierung der englischen Flüsse geführt habe, so sei das Zögern der Behörden daran schuld gewesen, das Gesetz zur Anwendung zu bringen, und dieses wieder sei begründet gewesen in den Schwierigkeiten, die Schuldigen zu überführen. Namentlich aber sei der Eifer der Lokalbehörden erlahmt, weil es sich als nutzlos erwiesen hätte, einen bestimmten Abschnitt des Flusses zu sanieren, so lange die Ober- und Unterlieger den Fluß ruhig weiter verunreinigten. Die Bestrebungen der auf Grund der L. G. Act von 1888 geschaffenen, vorhin erwähnten drei Genossenschaften hätten gute Resultate aufzuweisen, und es empfehle sich für jedes Niederschlagsgebiet Englands, derartige Flußbehörden (Rivers Boards) einzusetzen. Schon die Kommissionen von 1857, 1865 und 1868 hätten in übereinstimmender Weise immer wieder besondere Aufsichtsbehörden gefordert, welche die ganzen Flußgebiete von der Quelle bis zur Mündung überwachten. Der Überwachungsdienst dürfte bei Flußläufen nicht von zufälligen, politischen Grenzverhältnissen abhängig sein. Jeder Fluß stelle von seiner Quelle bis zur Mündung ein zusammenhängendes Ganzes dar, das nur als Ganzes behandelt werden könnte. Die Kommission von 1868 hätte eine Zentralbehörde für notwendig gehalten, bestehend aus nicht mehr als drei Personen, die be-

fähigt wären, alle mit der Flufsverunreinigung zusammenhängenden Fragen zu behandeln und für die Durchführung der Gesetze zu sorgen. Diese Behörde sollte das Recht haben, Fabriken, Stauanlagen, Kanäle und ähnliche Einrichtungen zu besichtigen und wenn nötig, Reinigungsanlagen herstellen zu lassen auf Kosten der Beteiligten, einerlei ob Städte oder Private dabei in Frage kämen.

Die Annahme dieser Vorschläge sei in vollem Umfange zu empfehlen. Die Materie sei sehr schwierig zu beurteilen. Nicht allein die Interessen derjenigen, welche die Abwässer produzierten, ständen sich oft unvereinbar gegenüber, sondern auch die Auffassungen der Sachverständigen, je nachdem man Gutachten von Praktikern oder Vertretern der Wissenschaft einzöge. Unter diesen wiederum legten die Mediziner besonderen Wert auf bakteriologische Fragen. Aus solchen Gründen müsse eine Zentralbehörde organisiert werden, ev. als Abteilung des L. G. B., die als oberste Flufsbehörde fungierte und alle Fragen zu behandeln hätte, die sich auf Flüsse und deren Reinhaltung bezögen und imstande sei, die Fortschritte der Technik und Wissenschaft zu verfolgen und berechtigt sein sollte, wo immer die lokalen Behörden versagten, die notwendigen Schritte nach dem jeweiligen Stande der Wissenschaft selbständig einzuleiten.

Der 2. Bericht dieser Kommission befaßt sich mit Fragen, die nicht hierher gehören. In dem im Jahre 1903 erstatteten 3. Bericht werden die Schwierigkeiten erörtert, die entstanden sind aus der unklaren Gesetzgebung, betreffend das Verhältnis der Fabriken zu den Städten. Zwar besage die Public Health Act von 1875, daß ein jeder Grundbesitzer oder -Benutzer im Weichbilde einer Stadt berechtigt sein solle, seine Abwässerkanäle an die städtischen Kanäle anzuschließen. Nach dem Gesetz von 1876 sollte auch jede städtische Verwaltungsbehörde den etwaigen Fabriken innerhalb ihres Bezirkes die Möglichkeit geben, ihre Fabrikabwässer in die städtischen Kanäle einzuleiten. Das Gesetz enthalte aber die Klausel, daß die Fabrikabwässer so beschaffen sein müßten, daß sie die Kanäle nicht beschädigten und den Kanalinhalt nicht so veränderten, daß es unmöglich würde, ihn zu verkaufen, auf Land zu behandeln oder sonstwie zu verwerten, auch dürften die Fabrikabwässer nicht infolge ihrer Temperatur oder in gesundheitlicher Hinsicht schädlich sein.

Schliesslich wird vorausgesetzt, dafs die städtischen Kanäle grofs genug wären, um die Abwässer aufzunehmen und dafs sich kein Verstoß gegen die Verfügungen der zuständigen Behörden ergebe. Es dürfte schwer fallen, ein drastischeres Beispiel einer Gesetzesverklausulierung nachzuweisen, welche die Anwendbarkeit des Gesetzes von vornherein unmöglich macht. Jede Stadt, die Fabrikabwässer nicht aufnehmen wünscht, kann einfach erklären, ihre Kanäle seien nicht grofs genug. Sie kann sogar ablehnen, beim Neubau von Kanälen diese ausreichend für die Aufnahme von Fabrikwässern zu bemessen und sich dabei auf gerichtliche Entscheidungen stützen.

In einem Prozeß, den eine Gerberei gegen eine Stadt führte, spitzten sich die Erörterungen schliesslich auf die Frage zu, ob die betreffenden Abwässer wohl imstande seien, die Mikroorganismen in den städtischen Abwässern zu töten und das Abwasser dadurch so zu verändern, dafs es sich zur biologischen Reinigung nicht mehr eignete. Die Gutachten der zahlreichen herangezogenen Sachverständigen widersprachen sich untereinander durchaus. Das Gericht schloß sich schliesslich der Auffassung des Fabrikanten an, dafs nicht die Gerbereiabwässer die Reinigungsmöglichkeit der Abwässer hinderten. Das schlechte Funktionieren der städtischen Reinigungsanlage sei vielmehr auf den nachlässigen Betrieb zurückzuführen. Dieser Prozeß hatte 140 000 M. Unkosten verursacht, die die Stadt größtenteils bezahlen mußte.

Die Unsicherheiten, die bei diesem und ähnlichen Prozessen zutage getreten sind, stehen, wie der Kommissionsbericht darlegt, dem Fortschritt in der Sanierung der Flüsse hindernd im Wege. Fortgesetzt erklärten die Fabrikanten, sie stünden in Unterhandlung mit den Städten wegen Aufnahme ihrer Abwässer; die Städte ließen die Sache jahrelang liegen und erklärten dann, sie seien zur Aufnahme nicht verpflichtet. Für die Fabriken ergäben sich aus dieser Sachlage derartige Schwierigkeiten, dafs sie alle bereit wären, sich einer Entscheidung zu fügen, einerlei wie sie fiel, nur müßte sie zu einer gerechten und gleichmäßigen Behandlung sämtlicher Fabriken führen. Die Kommission erkennt die Berechtigung solcher Forderungen an, andererseits gibt sie zu, dafs den Städten durch die Aufnahme mancher industrieller Abwässer grofse Schwierigkeiten erwachsen.

1. würden die Fabrikabwässer oft zu unregelmäßigen Zeiten und dann plötzlich in großen Mengen in die Siele abgelassen, 2. seien sie oft so reich an ungelösten Stoffen, daß die Reinheit der Kanäle und der Betrieb der Reinigungsanlage dadurch gefährdet würden, 3. reagierten manche Fabrikabwässer stark sauer oder stark alkalisch. Solche Schwierigkeiten ließen sich aber leicht beseitigen, und die gemeinsame Reinigung von Fabrik- und städtischen Abwässern erwies sich in der Regel leichter und mit geringerem Kostenaufwand verknüpft als die getrennte Behandlung. Es wird deshalb der Erlaß eines Gesetzes empfohlen, das die Stadtverwaltungen zwänge, sich so einzurichten, daß sie Fabrikabwässer aufnehmen könnten. Dabei seien bestimmte Vorbehalte gerechtfertigt. Diese Vorbehalte, welche hauptsächlich die Vorbehandlung der Fabrikabwässer vor Einleitung in die Kanäle betreffen würden, sollten von der geforderten Zentralbehörde kontrolliert werden. Diese Behörde müsse befugt sein, Differenzen zwischen Fabriken und Städten zu entscheiden. Ausdrücklich müsse festgelegt werden, daß die Städte nicht haftbar seien für Wasserentzug aus, oder unerlaubte Wasserzufuhr in den Vorfluter seitens der Fabriken. Zu den Kosten der Abwasserbeseitigung und -Reinigung sollten diese in angemessener Weise mit herangezogen werden; auch sollte den Stadtverwaltungen das Recht gegeben werden, den Schlamm, der sich bei Vorbehandlung der Fabrikabwässer ergäbe, auf Kosten der Fabriken abzufahren; verpflichtet sollten sie dazu aber nicht sein. Mit größtem Nachdruck wird auch in diesem dritten Bericht auf die Einsetzung der zentralen Flußbehörde gedrungen. Die Gerichte arbeiteten mit zu großem Zeitverlust und zu großem Kostenaufwand, auch stünden ihnen nicht immer geeignete Sachverständige zur Verfügung. Der Zentralbehörde müßten angehören ein Verwaltungsbeamter, ein Bakteriologe, ein Chemiker und ein Ingenieur. Sie sollte das Recht haben, Vernehmungen einzuleiten, die Fabrikgrundstücke zu betreten, Proben zu entnehmen und sonstige notwendig erscheinende Maßnahmen zu treffen. Nach Möglichkeit sollten die bestehenden und weiter zu vermehrenden Rivers Boards, die schon über sehr wertvolle Erfahrungen verfügten, und sich das Vertrauen sowohl der Städte, als auch der Fabriken erworben hätten, als erste Instanz weiter fungieren. Die Zentralbehörde sollte als Berufungsinstanz gelten.



Ogleich das Gesetz zur Verhütung der Flufsverunreinigung schon seit einem Vierteljahrhundert bestünde, schritte die Flufsverunreinigung ungehindert fort. Die dadurch geschaffene Sachlage sei sehr ernst und ein weiteres Hinzögern der vorgeschlagenen Mafsnahmen würde verhängnisvoll sein.

Ein im Jahre 1904 erstatteter vierter Bericht behandelt die Flufsverunreinigungen in den Flutgebieten (Estuarien, Tidal waters) und an der Meeresküste. Veranlaßt wurden die einschlägigen Erhebungen durch häufiges Auftreten von Darmkrankheiten nach Genuß von Schalentieren, insbesondere Austern. In der englischen Austernindustrie sei ein Kapital von 120 bis 160 Millionen Mark investiert und diese Industrie habe unter den Alarmnachrichten über vorgekommene Austernvergiftungen erheblich gelitten. Nicht allein im Interesse der öffentlichen Gesundheitspflege, sondern auch im Interesse dieser Industrie selbst seien Vorschriften zur Abwasserreinigung nötig, namentlich könne nur wiederum die Notwendigkeit einer Zentralbehörde betont werden.

Die vorstehend skizzierten Arbeiten und Darlegungen der Royal Commission sind so gründlich und gut motiviert, dafs man jetzt allgemein auf eine gesetzliche Regelung im vorgeschlagenen Sinne rechnet.

In England hat man also im Laufe der Jahrzehnte allmählich die Überzeugung gewonnen, dafs auf dem Gebiete der Flufs-sanierung mit Gesetzen allein nicht zum Ziele zu kommen ist, dafs endgültige Erfolge vielmehr nur von einer besonderen Behörde zu erwarten seien, die sich zusammensetzte aus Sachverständigen für alle einschlägigen Fragen, die ihrer Stellung nach auf das Vertrauen aller Beteiligten rechnen dürfte, die sich von Bureaokratismus vollständig frei hielte und, den Fortschritten der Wissenschaft und Technik folgend, von Fall zu Fall individualisierend, ihre Entscheidungen träge.

Ich habe die Entwicklung dieser Fragen aus dem Grunde etwas ausführlich referiert, weil man anfänglich überall immer wieder geneigt ist, dieselben Kreuz- und Querwege einzuschlagen, welche die Abwasserbeseitigungsfragen im Laufe der letzten Jahrzehnte in England genommen haben. Die Ergebnisse, zu denen man dort endlich gekommen ist, und die Vorschläge der letzten Kommissionen, welche einstimmige Billigung der interessierten

Kreise finden, sind aber für alle Länder ohne weiteres anwendbar.

In Deutschland hat sich eine durchaus übereinstimmende Auffassung bereits bekundet. Hier liegen die Verhältnisse noch viel schwieriger, als in Großbritannien. In Schottland, das eigene Gesetzgebung hat, sind die Niederschlagsgebiete der Flüsse getrennt von denen Englands. Der Fall kommt also nicht vor, daß ein und derselbe Fluß einer verschiedenen Jurisdiktion unterliegt. Eine Ausnahme macht hiervon nur der Tweed.

Großbritannien hat also, wie aus obigen Darlegungen hervorgeht, sehr erhebliche Schwierigkeiten in den Bestrebungen zur Sanierung der Flüsse zu überwinden gehabt. Wäre das Entstehen allgemeiner Abwasserkalamitäten in Deutschland nicht hinausgezögert worden durch das Vorhandensein mächtiger Vorfluter, so würde man hier auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten gestossen sein, denn die deutschen Flüsse fließen durchweg durch verschiedene Bundesstaaten und jeder Bundesstaat behandelt die Flusläufe nach seinen Landesgesetzen. Wiederholt ist eine reichsgesetzliche Regelung des Wasserrechts angestrebt worden. Die Reichsverfassung scheidet dieses aber aus dem Gebiete der Reichsgesetzgebung aus. Von den reichsgesetzlichen Bestimmungen sind nur einzelne (§ 366 des Strafgesetzbuches und § 906 des Bürgerlichen Gesetzbuches) auf die Flußverunreinigungsfragen anwendbar. Das Einführungsgesetz zum Bürgerlichen Gesetzbuch überläßt das Wasserrecht ausdrücklich den landesgesetzlichen Vorschriften.

Die mit den Fabrikabwässern zusammenhängenden Fragen sind in Deutschland durch die Bestimmungen der Gewerbeordnung günstiger geregelt als in Großbritannien. Nach dieser müssen die Behörden bei genehmigungspflichtigen gewerblichen Anlagen von vornherein darauf achten, ob eine Verunreinigung der Gewässer zu befürchten ist und nötigenfalls dagegen einschreiten. Bei schon bestehenden Anlagen können die Behörden vorgehen, sobald Änderungen in der Lage oder Beschaffenheit der Betriebsstätte beabsichtigt werden. Gegen nicht genehmigungspflichtige Anlagen kann die Polizeibehörde einschreiten.

Nach der Verfassung ist die Beaufsichtigung und Gesetzgebung über Mafsregeln der Medizinal- und Veterinärpolizei der Reichsregierung zugewiesen. Auf dieser Grundlage bestimmt

das sog. Seuchengesetz (Gesetz betr. die Bekämpfung gemeingefährlicher Krankheiten vom 30. Juni 1900) — § 35 —, dafs die Einrichtungen für Fortschaffung der Abfallstoffe fortlaufend staatlich zu überwachen sind, dafs die Gemeinden verpflichtet sind, für die Beseitigung von Mifsständen zu sorgen und dafs sie jederzeit angehalten werden können, Einrichtungen zum Schutze gegen ansteckende Krankheiten zu schaffen. Sind Mafsregeln notwendig, von denen die Gebiete mehrerer Bundesstaaten betroffen werden, so hat der Reichskanzler für Herstellung und Erhaltung der Einheit in den Anordnungen der Landesbehörden zu sorgen und zu diesem Behufe das Erforderliche zu bestimmen. In dringenden Fällen ist er berechtigt, die Landesbehörden unmittelbar mit Anweisungen zu versehen. (§ 41). Durch § 43 dieses Gesetzes wird die Bildung eines Reichsgesundheitsrates angeordnet. Durch Beschluß des Bundesrates vom April 1901 wird die Tätigkeit dieses Reichsgesundheitsrates geregelt mit Bezug auf die, aus gesundheitlichen und veterinärpolizeilichen Gründen, gebotene Reinhaltung derjenigen Gewässer, welche das Gebiet mehrerer Bundesstaaten berühren.

In Fällen, wo es sich um Fragen der Gesundheitsgefährdung nicht handelt, das Reichsseuchengesetz sich also nicht anwendbar erweist, ist der gegenwärtige Rechtszustand betreffend Verunreinigung der Gewässer Deutschlands durch drei Reichsgerichtsentscheidungen festgelegt, über deren Bedeutung sich Herr Justizrat H. Nottarp in Münster auf Anregung von J. König etwa folgendermaßen geäußert hat: »Durch Urteil vom 19. April 1882 wurde festgelegt, dafs der Uferbesitzer an einem Privatflufs jeder oberhalb seines Besitzes stattfindenden Zuleitung, aufser der des auf natürlichem Wege zufließenden Wassers, zu widersprechen befugt ist. Durch Reichsgerichtsurteil vom 2. Juni 1886 hat diese Auslegung eine Einschränkung dahin erfahren, dafs die Uferbesitzer eines Privatflusses sich diejenigen Zuleitungen in den Flufs gefallen lassen müssen, — mag es sich um eine bloße Vermehrung des Wasservorrates oder um Beimengung verunreinigender Stoffe handeln — welche das Mafs des Regelmäßigen, Gemeinüblichen nicht überschreiten, selbst wenn dadurch die absolute Verwendbarkeit des ihm zufließenden Wassers zu jedem beliebigen Gebrauch beeinträchtigt wird. Ob eine bestimmte Art der Zuleitung nach Stoff oder

Umfang das Maß des Gemeinüblichen überschreitet, kann nur nach den tatsächlichen Umständen des Einzelfalles beurteilt werden. Eine Überschreitung wäre es, wenn der Fluß infolge solcher Zuleitung auszutreten drohte, wenn die zugeleiteten Stoffe den Unterliegenden zu schaden fähig sind oder wenn der Fluß seine Eigenschaft als Trink- oder Tränkwasser infolge der Zuleitung verliert.

Die einzelnen Bundesstaaten haben ihre besonderen Landesgesetze betreffend Flußverunreinigung. Meist sind sie älteren Datums, zum Teil schon recht ehrwürdigen Alters. Einzelne sind dagegen erst kürzlich und zwar in Anlehnung an das Reichsseuchengesetz geschaffen. Z. B. wurde für das Hamburgische Landgebiet im Jahre 1905 ein Gesetz, betreffend Aufbewahrung und Beseitigung von Abwässern, Fäkalien und sonstigen Stoffen erlassen, das zusammengenommen mit den polizeilichen Vorschriften den Behörden ausreichende Handhaben bietet, jede Gefahr einer Flußverunreinigung auf hamburgischem Gebiete abzuwenden. Über die Gesetzgebung der übrigen Bundesstaaten gibt die im Anhang zitierte Literatur Aufschluß.

Von allgemeinem Interesse ist der Standpunkt, den die maßgebenden Behörden in Preußen neuerdings eingenommen haben. Im Jahre 1894 ist ein Entwurf eines preussischen Wassergesetzes ausgearbeitet worden. Er wurde fallen gelassen, weil man einsah, daß mit einem preussischen Gesetze, ohne Mitwirkung anderer Bundesstaaten nicht zum Ziel zu kommen sei. Von der Überzeugung ausgehend, daß Preußen als dem größten Bundesstaat die Verpflichtung zufiele, vorbildlich vorzugehen, hat die preussische Regierung an die Oberpräsidenten und Regierungspräsidenten im Jahre 1901 eine Verfügung erlassen, in der dargelegt wird, daß die Verschiedenheit der örtlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse eine landesgesetzliche Regelung der Reinhaltung der Gewässer unmöglich mache, ja, selbst innerhalb einzelner Provinzen die gesetzgeberische Tätigkeit nicht zulasse. Bei sorgsamer Handhabung würden aber die in Kraft befindlichen Gesetze und die event. zu revidierenden Polizeiverordnungen dem bestehenden Bedürfnisse genügen. Das polizeiliche Vorgehen setze ein Bekanntsein der zuständigen Behörden mit den Zuständen der Gewässer, sowie der Abwasserbeseitigungsverhältnisse voraus. Deshalb seien die Exekutiv-

beamten anzuweisen, über alle ihnen zur Kenntnis kommenden Verunreinigungen Bericht zu erstatten. Außerdem seien wenigstens alle 2—3 Jahre diejenigen Gewässer zu begehen, die bereits erheblich verunreinigt wären, bzw. wo eine Verunreinigung zu besorgen sei. Als Ziele seien ins Auge zu fassen 1. die Vermeidung der Verbreitung ansteckender Krankheiten, 2. die Reinhaltung des für Trink- und Brauchzwecke nötigen Wassers, 3. Schutz gegen erhebliche Belästigungen des Publikums, 4. Schutz des Fischbestandes. Das Oberverwaltungsgericht habe dem Begriff gesundheitsschädlich in neuerer Zeit eine weitgehende Anwendbarkeit beigelegt und polizeiliche Verfügungen für berechtigt erklärt, durch die er auch bei nur mittelbarer Gesundheitsgefahr, wie z. B. üblen Ausdünstungen, herangezogen werden könnte. Die Grenzen des berechtigten Bedürfnisses sollten aber nicht zum Schaden überwiegender anderweitiger Interessen überschritten werden. Die Interessen der Fischerei würden gelegentlich hinter überwiegenden Interessen der Landwirtschaft oder der Industrie zurückzustehen haben. Jede schematische Behandlung der Fragen sei auszuschließen. Die Behörden sollten von Fall zu Fall, nach Maßgabe örtlicher und wirtschaftlicher Verhältnisse, unter billiger Abwägung widerstreitender Interessen verfahren. Bei den zu stellenden Forderungen seien die praktischen Erfahrungen und der jeweilige Stand von Wissenschaft und Technik zu berücksichtigen. Bei Verfolgung dieser Ziele sei einerseits die — vorhin skizzierte — Entscheidung des Reichsgerichts zu berücksichtigen, für öffentliche Flüsse aber der von dem Oberverwaltungsgericht aufgestellte Grundsatz, daß niemand ohne Genehmigung der zuständigen Behörden darin vornehmen dürfe, was über Gemeingebräuchliches hinausgehe und daß die Polizeibehörde gegen Verunreinigungen einschreiten könne, wenn sie gegen bestimmte gesetzliche Vorschriften verstießen, und wenn das öffentliche Interesse es erfordere. Die Schwierigkeiten, welche durch den schwankenden Begriff des Gemeinüblichen für Privatflüsse entstünden, fielen bei öffentlichen Flüssen fort. Bei diesen könne nicht im ordentlichen Rechtswege vorgegangen werden, weil sie weder Eigentum der Uferanlieger, noch auch des Fiskus seien. Nach einem vom Oberverwaltungsgericht aufgestellten Grundsatz könne aber, wo öffentliche Gewässer in Frage kommen, gegen eine behördlich nicht genehmigte, das

gewöhnliche Maß überschreitende Verunreinigung vorgegangen werden, selbst wenn eine Gefahr für das Gemeinwohl nicht zu besorgen wäre. Gewässer, die in erster Linie zur Entwässerung, insbesondere zur Aufnahme der Abwässer von Ortschaften und Fabriken benutzt würden, oder in längerer Ausdehnung mit gewerblichen oder anderen baulichen Anlagen besetzt seien, sollten bezüglich der Reinhaltungsmaßregeln anders behandelt werden, als Gewässer, die hauptsächlich der Landwirtschaft und Fischzucht dienen. Wo das Wasser aber zu Trink- und häuslichen Brauchzwecken notwendig sei, müßten weitere Vorkehrungen gegen Verunreinigungen getroffen werden. Die bisherige tatsächliche Verunreinigung müsse berücksichtigt werden. Wasser, die noch rein seien, solle man möglichst rein zu erhalten suchen; bei schon verunreinigten rechtfertige es sich, weniger streng vorzugehen.

Dieser Verfügung sind erläuternde Grundsätze als Leitsätze beigegeben, in denen dargelegt wird, daß man bei der Behandlung von Flußverunreinigungsfragen den Fortschritten und Erfahrungen der Wissenschaft folgen müsse. Bei Beurteilung der Verunreinigungen falle die Menge und Beschaffenheit des Abwassers auf der einen Seite, die Wasserführung und Beschaffenheit des Vorfluters auf der anderen Seite ins Gewicht. Allgemein gültige Verhältniszahlen ließen sich zurzeit nicht aufstellen.

Gleichzeitig wurde eine Kgl. Preussische Prüfungsanstalt errichtet, um die notwendigen wissenschaftlichen Unterlagen für das behördliche Vorgehen zu schaffen.

Der Reichstag nahm im Jahre 1899 eine Resolution an, welche die Errichtung einer Reichskommission zur Überwachung derjenigen Wasserläufe forderte, die mehreren Bundesstaaten gemeinsam angehören. Die einschlägigen Aufgaben wurden später vorderhand dem Reichsgesundheitsrat übertragen, welcher, wie oben erwähnt, auf Grund des Reichsseuchengesetzes konstituiert worden war. Von besonderer Bedeutung erscheint mir auch eine Erklärung, die seitens der Reichsregierung im Jahre 1903 abgegeben wurde, wonach anerkannt wird, daß die Freihaltung der Flußläufe und sonstiger öffentlicher Gewässer von schädlichen Verunreinigungen zweifellos eine Hauptaufgabe der öffentlichen Gesundheitsfürsorge darstelle. Das allgemeine Bestreben der gewaltig heranwachsenden großen Städte, sowie der stark aufblühenden Industrie, ihre von Jahr zu Jahr zu-

nehmenden Unratstoffe, Schmutz- und Abwässer in die Wasserläufe zu beseitigen, legten dem Staate die Pflicht auf, die Zustände der öffentlichen Gewässer sorgfältig zu überwachen. Der weittragenden hygienischen Bedeutung einer Reinhaltung der Flüsse stehe aber anderseits die Tatsache entgegen, dafs für die Städte und Fabriken die Möglichkeit geschaffen werden müsse, die erwähnten Abfallstoffe los zu werden. Die öffentlichen Wasserläufe seien die natürlichen Abflusventile dafür. Oft sei eine andere Möglichkeit zu ihrer Beseitigung nicht vorhanden. Die Genehmigung der Einleitung in die Flüsse könne man dann nicht versagen, man könnte jedoch Bedingungen daran knüpfen, welche gesundheitsgefährdende Zustände ausschlossen. Allgemeine Grundsätze seien dafür nicht vorhanden. Nur von Fall zu Fall, nach Lage der örtlichen Verhältnisse, vermöge man vorzugehen. Wo nur die Interessen eines Bundesstaates berührt würden, habe die Landesregierung zu entscheiden. Für Fälle, welche mehrere Bundesstaaten beträfen, sei die Vereinbarung getroffen, dafs der inzwischen gebildete Reichsgesundheitsrat auf Antrag der beteiligten Bundesstaaten eine vermittelnde Tätigkeit auszuüben, eventuell einen Schiedsspruch abzugeben habe, anderseits aber auch aus eigener Initiative Anregung zur Verhütung drohender Mifsstände geben solle. Obleich die Gutachten des Reichsgesundheitsrats keine unmittelbare verbindliche Kraft hätten, so sei bei dem Ansehen desselben doch zu erwarten, dafs sie die gebührende Beachtung finden würden. Im übrigen biete Art. 76 der Reichsverfassung die Handhabe, die Gutachten des Reichsgesundheitsrates zur Geltung zu bringen. Es empfehle sich, abzuwarten, welche Erfolge der Reichsgesundheitsrat haben würde, ehe man an die Erlassung eines Reichsgesetzes heranträte.

Ein Vergleich des derzeitigen Rechtszustandes in England mit demjenigen in Deutschland ergibt, dafs er hier nach mancher Richtung hin schon weit befriedigender liegt als in England, obgleich die Regierung, wie aus den vorstehenden Darlegungen hervorgeht, sich dort schon viel länger intensiv mit den Fragen der Flufsverunreinigung befaßt hat, und obgleich die Mifsstände in den englischen Flüssen schon seit Jahrzehnten bedeutend schlimmer gewesen sind, als dies bei uns zurzeit der Fall ist und in absehbaren Zeiten werden dürfte. Im Anschluß an die Schilderung der Mifsstände, die sich im Emscher Gebiet ergeben

haben, läßt sich demonstrieren, daß auch in Deutschland die Möglichkeit zur Selbsthilfe abseiten der Interessenten nach dem Muster der englischen Rivers Boards gegeben ist.

Eine im Jahre 1899 eingesetzte Emscher Regulierungskommission, deren Vorsitz der verstorbene Bürgermeister von Essen, Zweigert, führte, ließ im Jahre 1903 ein generelles Entwässerungsprojekt für die Emscher herstellen und beschloß eine Genossenschaft zu bilden, sowie ein besonderes Gesetz für die Emscher zu beantragen, das im Jahre 1904 in Kraft trat. Die Gesamtkosten des angenommenen Projektes beziffern sich auf 28 Mill. Mark, die jährlichen Aufwendungen auf 2 Mill. Mark. Diese werden von den Mitgliedern der Genossenschaft aufgebracht. Genossen sind die Städte und Landkreise des Emschergebietes. Diese können aber die Kosten von anderen Beteiligten, wie z. B. Bergwerken, Fabriken, Eisenbahnen oder Gemeinden einziehen. Es ist freilich kaum zu erwarten, daß man überall den Flufsverunreinigungsfragen so energisch entgegengetreten wird, wie an der Emscher, wo die Flufsregelung und Sanierung sich zu einer Lebensfrage der ertragreichen Industrie entwickelt hatte.

Bislang haben die Aufsichtsbehörden auch in solchen Fällen, wo sie unzweifelhaft in der Lage waren, Mifsstände in den Flüssen abzustellen, oft ein Auge zugedrückt, sobald sich herausstellte, daß die Technik versagte und das Auferlegen ausreichender Abwasserreinigungsvorschriften den Industrien nur Kosten verursacht haben würde, ohne daß das angestrebte Ziel dadurch erreicht wurde. So hat man z. B., nachdem durch gründliche Studien die Schwierigkeiten festgelegt waren, welche sich einer Reinigung von Zuckerfabrikabwässern entgegenstellten, es ruhig mit angesehen, daß zahlreiche kleine Flusläufe durch die Abwässer dieser Fabriken alljährlich monatelang in einen recht üblen Zustand versetzt wurden.

Es ist nicht zu bezweifeln, daß die zuständigen Behörden die Fortschritte in der Technik der Abwasserreinigung genau verfolgen und daß sie, sobald der richtige Zeitpunkt gekommen sein wird, gegen die bestehenden Mifsstände vorgehen werden.

Analog den Bestrebungen in Großbritannien wurde auch für das Deutsche Reich die Einsetzung besonderer Flufsbehörden gefordert. Solche Vorschläge begegneten aber Bedenken hauptsächlich aus dem Grunde, weil die einzelnen Bundesstaaten sich



mit einer Kontrolle abseiten des Reichs nicht einverstanden erklären dürften. Als vorläufiges Auskunftsmittel kommt der schon erwähnte Reichsgesundheitsrat in Frage, dessen Gutachten schon wiederholt in sehr erspriefslicher Weise aufklärend gewirkt und den zuständigen Aufsichtsbehörden die notwendigen Direktiven gegeben haben.

Die Frage wegen gesetzlicher Regelung der Flufssanierung ist am intensivsten in Großbritannien und Deutschland bearbeitet worden. In beiden Ländern ist man, wie obige Darlegungen zeigen, zu annähernd übereinstimmenden Schlusfolgerungen gekommen. Die einschlägigen Bestrebungen anderer Kulturstaaten bieten nichts besonders Charakteristisches und können deshalb hier unerörtert bleiben.

Zweifelsohne sind die Schwierigkeiten der Abwasserreinigung auch häufig benutzt worden, nicht allein seitens der Industrie, sondern auch seitens mancher Städte um die Erfüllung der Forderungen der Aufsichtsbehörden jahrelang hinzuziehen. In einzelnen Fällen mögen die Aufsichtsbehörden übertriebene Nachsicht geübt haben. Im großen und ganzen kann man es aber nur billigen, dafs sie sich mit ihren Forderungen zeitweise geduldeten und die Ausbildung von Reinigungsmethoden abwarteten, von denen angenommen wurde, dafs die Abwasserproduzenten mit ihrer Hilfe billiger und sicherer zum Ziele kommen würden. Solche Hoffnungen sind vor etwa 15 Jahren durch das Auftauchen der künstlichen biologischen Methoden erweckt worden. Durch die schreienden Mifsstände in den englischen Flüssen haben sich die dortigen Behörden veranlafst gesehen, diese Methoden in hunderten von Einzelfällen zur Anwendung zu bringen, ohne lange darauf zu warten, ob sie sich auch in jahrelangem Betriebe bewähren würden. Die derzeitigen Zustände der deutschen Flüsse berechtigten die Aufsichtsbehörden, eine mehr abwartende Stellung einzunehmen. Die Erfahrungen, welche in England unter Aufwand ganz enormer Summen gemacht worden sind, werden uns zugute kommen und wir werden es vermeiden können, für anfängliche Fehlgriffe ein so teures Lehrgeld zu zahlen, wie es die Sachlage in England erforderte.

Dafs Vorsicht bei Aufnahme neuer Abwasserreinigungsmethoden geboten ist, zeigt die Geschichte der Entwicklung der Abwasserreinigungsverfahren, die im nächsten Kapitel kurz skizziert werden soll.

### 3. Kapitel.

## Zur Entwicklungsgeschichte der Abwasserreinigungsverfahren.

Soweit die Literatur und die amtlichen Dokumente erkennen lassen, ist bei den englischen Behörden die Abwasserreinigungsfrage im Jahre 1842 zum erstenmal zur Sprache gekommen, und zwar in einem von Sir E. Chadwick erstatteten Berichte über die Gesundheitsverhältnisse der Arbeiterbevölkerung. Es wurde darin hingewiesen auf die Craigentinywiesen bei Edinburgh. Diese sollen schon im 18. Jahrhundert entstanden sein. Unter ihnen muß man sich nicht etwa Rieselanlagen vorstellen, die den modernen technischen und wissenschaftlichen Anforderungen irgendwie genügten. Der Vorgang hat sich so entwickelt, daß die Schmutzwässer eines Theiles von Edinburgh in offenen Rinnen das hügelige Gelände hinunterfließend auf Wiesengelände gelangten. Man bemerkte bald, daß unter dem Einfluß der Wasserzuführung die Wiesen ungewöhnlich gute Erträge lieferten, und zog nun nach allen Richtungen hin Gräben, um das Abwasser auch nach noch sterilen Strandgebieten hin zu bringen, um diese mit Hilfe des Abwassers urbar zu machen. Dieser Vorgang lehnt sich also nur an die weit älteren Vorgänge ähnlicher Art in südlichen, trockenen Klimaten an, wo alles Abwasser, auch ohne die darin enthaltenen Dungstoffe, schon wegen seines Wertes als Flüssigkeit für landwirtschaftliche Zwecke geschätzt wurde. Den Beobachtungen an den Craigentinywiesen wurde aber aus dem Grunde, bei den noch zu besprechenden Vorgängen, eine große Bedeutung beigemessen, weil sie den Beweis dafür erbracht hatten, daß man auch in unserem nördlichen, feuchten Klima Abwasser viele Jahrzehnte hindurch auf Land

leiten konnte, ohne daß dieses in seiner Reinigungskraft versagte. In demselben Sinne erregten die Rieselwiesen von Ashburton und Devon das Interesse, die seit Anfang des 19. Jahrhunderts mit Abwasser beschickt worden waren.

Aus einem zweiten Grunde noch hielt man diese Vorgänge für wichtig. Bis zu der genannten Zeit und auch noch später galt es allgemein für sehr gesundheitsschädlich, Gelände in der Nähe menschlicher Ansiedelungen mit Wasser zu überstauen. So zum Beispiel berichtete der schon erwähnte General Board of Health im Jahre 1854, die einfache Wasserberieselung in der Nähe von Wohnungen sei oft gefährlich; um so gefährlicher müsse es sein, Schmutzwässer in der Nähe von Städten auf Land zu bringen. Nicht so gefährlich sei es, die Schmutzwässer in geschlossenen Röhren weit fortzuführen und durch Sprenger auf Land zu verteilen, in der Art, wie man Gärten besprengt, ev. unter Anwendung von Gartenschläuchen. Dabei würde die Verdunstung zeitlich, wie auch quantitativ so weit eingeschränkt und die Aufnahme der schädlichen Stoffe des Abwassers seitens des Landes so schnell besorgt, daß Mifsstände vermieden werden könnten. Diese Darlegung gründete sich auf die Ergebnisse von Versuchen, die man kurz vorher in größerem Mafsstabe mit Abwässern der Stadt London vorgenommen hatte. Eine Gesellschaft hatte es übernommen, das Abwasser nach den bei Fulham belegenen Gemüsegärten abzuleiten und dort in der geschilderten Weise zu verwerten.

Die genannten Versuche, besonders die bei den Craigentinnwiesen gemachten günstigen Erfahrungen, wurden als Beweis dafür herangezogen, daß auch die einfache Überrieselung von Gelände in der Nähe von Städten nicht ohne weiteres als gesundheitsschädlich zu erachten sei.

Die Erörterungen der folgenden Zeit lassen erkennen, daß die Frage der Gesundheitsschädlichkeit der Rieselwässer bald völlig in den Hintergrund trat und daß sich das Hauptinteresse der Frage der Verwertung der Abwässer zuwendete. Für diese Entwicklung der Dinge ist neben den guten landwirtschaftlichen Erfolgen bei Edinburgh, in Ashburton, Devon, Tavistock und Harrow, in erster Linie wohl ausschlaggebend gewesen, daß Justus Liebig in die damals viel erörterte Städtekanalisationsfrage eingriff und erklärte, diejenigen Länder müßten mit

der Zeit vollständig verarmen, deren Städte ihre Dungstoffe in die Flüsse leiteten, sie damit der Landwirtschaft entzögen und vergeudeten. Der Wert dieser Stoffe als Düngemittel wurde zu jener Zeit auf etwa 8 *M* und höher pro Kopf und Jahr geschätzt.

Ein wahrer Rieselenthusiasmus entwickelte sich bald. Alle die zahlreichen offiziellen Berichte der folgenden Jahrzehnte empfahlen einstimmig, den Städten die Anwendung des Rieselverfahrens vorzuschreiben. Durch Gesetz vom Jahre 1858 wurde es den Städten erleichtert, die Abwässer über ihr Weichbild hinaus auf Land zu bringen. Im Jahre 1862 wählte das englische Unterhaus eine Kommission, die sich mit der Frage der Nutzbarmachung städtischer Abwässer befassen sollte, und zwar zu dem Zwecke, die Steuern zu erniedrigen und der Landwirtschaft gleichzeitig zu nützen. Um jene Zeit wurden in Rugby durch eine königliche Kommission Untersuchungen über den wirklichen Düngwert von Abwässern angestellt und über die beste Methode, diese über Land zu verteilen. Die Unterhauskommission kam zu der wichtigen Schlusfolgerung, der Wert der städtischen Abwässer sei sehr verschieden. Die Verdünnung spiele dabei eine große Rolle, ebenso die Opfer, welche gebracht werden müßten, um diese Abwässer nach geeignetem Gelände zu schaffen und sie zu benutzen. Diese Kommission glaubte aber noch, daß finanzielle Überschüsse erzielbar seien, in allen Fällen, wo die lokalen Verhältnisse nicht ungewöhnlich ungünstig lägen. Eine zweite Unterhauskommission von 1864 berichtete sogar, es sei möglich und vorteilhaft, die gesamten Abwässer Londons einer Landbehandlung zu unterziehen. Dadurch würde sich eine Herabsetzung der Steuernlast erzielen lassen.

Nach achtjähriger Tätigkeit berichtete eine im Jahre 1857 eingesetzte königliche Kommission, welche die Frage wegen Nutzbarmachung städtischer Abwässer zu studieren hatte, die richtige Art, städtische Abwässer zu beseitigen, sei die Landbehandlung. Nur so lasse sich die Verunreinigung der Flüsse verhindern. Die finanziellen Ergebnisse der Landbehandlung seien verschieden, je nach den örtlichen Verhältnissen. In manchen Fällen liefse sie sich mit finanziellem Vorteil durchführen. In den Jahren 1866 und 1867 wurden nunmehr Gesetze, betr. Nutzbarmachung von Abwässern, erlassen (*sewage utilisation acts*). Den Städten wurde das Recht erteilt, Land und sonstige Ein-

richtungen zur Abwasserbehandlung auferhalb ihres Weichbildes zu beschaffen oder ev. ihre eigenen Gelände für solche Zwecke zu verpachten. Auf eine öffentliche Aufforderung der Stadtverwaltung Londons hin wurde ein Angebot gemacht, die Abwässer der Riesenstadt 40 — 50 Meilen weit bis an den Meeresstrand abzuführen, um diesen urbar zu machen. Dieses Unternehmen wurde denn auch im Jahre 1865 in Szene gesetzt. Nach dem Gesetz sollte es in vier Jahren fertiggestellt sein, es kam aber nicht zur Durchführung.

Während die von der Regierung eingesetzten Kommissionen immer nur die Behandlung der Abwässer auf Land empfohlen hatten, wurde von privater Seite schon frühzeitig die chemische Behandlung propagiert. Die einschlägigen Methoden wurden seitens der Regierungssachverständigen immer wieder als unzureichende Palliativmittel gekennzeichnet. Besonders wichtig ist ein im Jahre 1857 von dem Oberinspektor des General Board of Health, Austin, erstatteter Bericht, der sich mit dem Werte der städtischen Schmutzwässer und mit den damals bekannten Abwasserbehandlungsmethoden befaßt. Aufser Berieselung wurde darin die Herstellung festen Düngers empfohlen. Die Wirkung chemischer Fällungsmittel faßte Austin lediglich als eine Ausscheidung suspendierter Stoffe auf, die man auch durch Absatzverfahren, Siebe oder Filtration erzielen könnte. Als chemisches Fällungsmittel nannte er in erster Linie Kalk, außerdem kombinierte Anwendung von Kalk mit anderen Chemikalien, wie Aluminiumsulfat, Eisensulfat, gebrannte Magnesia, Tierkohle etc. Austin war der Meinung, daß man auch bei der Berieselung die suspendierten Stoffe vorher ausscheiden sollte. Dadurch würde die Gesundheitsgefährlichkeit des Rieselverfahrens beseitigt. Die ausgeschiedenen Stoffe sollten zu Düngemitteln verarbeitet werden.

Ein Kommissionsbericht aus dem Jahre 1864 besagt, es gäbe weder mechanische, noch chemische Verfahren, vermöge deren man Abwasser seiner Fäulnisfähigkeit berauben könnte. Das Produkt könnte ganz klar und rein aussehen und doch imstande sein, Epidemien auszulösen, das Land aber habe die Kraft, das Abwasser ungefährlich zu machen.

Aus obigen Darlegungen geht hervor, daß die Regierungssachverständigen schon bald nach dem Auftauchen der Ab-

wasserreinigungsfrage zu Auffassungen gelangt waren, die sich fast völlig mit denen decken, die heute von maßgebenden Stellen aus vertreten werden. Bei den Lokalbehörden war das Verständnis noch nicht soweit gereift. Durch die lebhaft propagandistische, die für chemische Abwasserreinigungs- und Abwasserwertungsmethoden gemacht wurde, ließen sie sich in großer Zahl betören. Bald mußten sie die Nutzlosigkeit der angewendeten chemischen Verfahren einsehen. Dann wurden neue Verfahren versucht, die inzwischen modern geworden waren. Fast jede größere englische Stadt kann sich rühmen, eine ganze Reihe chemischer Abwasserreinigungs- und wertungsverfahren durch praktische Anwendung geprüft zu haben.

Durch gute Beobachtungsgabe und common sense allein hatten die Sachverständigen der englischen Zentralbehörden es schon früh verstanden, den Wert und Unwert der zahllosen Abwasserbehandlungsmethoden richtig einzuschätzen. Eine wissenschaftliche Behandlung haben diese Fragen erst durch Sir Edward Frankland erfahren, der, wie schon erwähnt, der königlichen Kommission von 1868 angehörte, die im Jahre 1871 ihren dritten und wichtigsten Bericht erstattete. Gewiß wäre es ungerecht, zu sagen, die Abwasserreinigungsfrage sei vorher von keiner Seite wirklich wissenschaftlich behandelt worden. Die schon aus früherer Zeit stammenden, außerordentlich interessanten Rezepte zur chemischen Abwasserreinigung lassen deutlich erkennen, daß in Einzelarbeit viel Scharfsinn auf diese Aufgaben verwandt worden ist. Es ist aber wohl unbestreitbar, daß durch die klaren, sich auf ausgezeichnete Experimente stützenden Ausführungen Franklands die Richtungslinie gegeben wurde, auf welcher sich alle weiteren Fortschritte in der Abwasserreinigungsfrage bis in die neueste Zeit hinein bewegt haben. Zwar hat man diese Tatsache zeit- und stellenweise aus dem Auge verloren, gegenwärtig dürfte sie aber allgemein anerkannt sein.

In ihrem zweiten Berichte befaßte sich die Franklandsche Kommission mit dem sogen. ABC-Prozess, einem Verfahren zur Reinigung und gleichzeitigen Verwertung der Abwässer, für das um das Jahr 1870 sehr einflußreiche Propaganda gemacht wurde. Frankland wies nach, daß der Wert der Stoffe,

die durch dieses Verfahren aus den Abwässern gewonnen wurden, theoretisch auf fast eine Mark pro Kopf und Jahr zu berechnen waren, daß aber der tatsächlich erzielte Erlös geringer sei als derjenige, der sich aus der einfachen Abfuhr der Fäkalien ergeben würde. Dabei sei es der Kommission noch nie gelungen, eine aus einem praktisch durchgeführten Betriebe stammende, durch den A B C-Prozess behandelte Abwasserprobe in die Hand zu bekommen, die nicht mehr fäulnisfähig gewesen wäre. Im Anschluß an dieses Urteil wird erklärt, es sei nicht angängig die Möglichkeiten zu begrenzen, welche die Chemie biete. Es möchten vielleicht einmal Substanzen entdeckt werden, die die Eigenschaft hätten, die gelösten fäulnisfähigen Stoffe des Abwassers in unlöslicher Form niederzuschlagen. Der damalige Stand der Wissenschaft böte aber keine tatsächlichen Unterlagen für solche Hoffnungen. Die Kommission stellte sich durchaus auf den Standpunkt, die Landbehandlung sei das beste und natürlichste Abwasserreinigungsverfahren. Sie hatte aber besser als ihre Vorgänger die Schwierigkeiten kennen gelernt, die einer Beschaffung ausreichender Gelände für Rieselszwecke entgegenstehen. Frankland stellte deshalb Versuche darüber an, wie man die quantitativen Leistungen bei der Landbehandlung steigern könnte. Man hatte damals schon den Versuch gemacht, städtische Abwässer durch künstliche Sandfilter zu reinigen. Die Filter verstopften sich aber in kürzester Zeit, selbst wenn man sie aus größerem Material, wie z. B. Koks, herstellte. Frankland wies nach, daß ein schnelles Verstopfen der Filter nicht zu befürchten wäre, wenn man, in Nachahmung des Rieselbetriebes, verhältnismäßig kleine Abwassermengen auf die Filter brächte und darin vollkommen versickern ließe, ehe man die Filter von neuem beschickte. Am besten wäre es, die Filter nur jeden dritten oder vierten Tag mit Abwasser zu beschicken, sie aber nicht, wie es sonst in Nachahmung der Trinkwasserfiltration geschehen war, in ununterbrochenem Strom fortgesetzt mit Wasser zu füllen und sogar damit zu überschichten. Das von ihm ausgebildete neue Verfahren nannte er »intermittierende Filtration«. Die königliche Kommission von 1898 nennt es »Landfiltration«.

Die Franklandschen Vorschläge fanden in England keinen Anklang. Im Jahre 1877 wurde noch berichtet, daß bis dahin

38 Städte vergeblich versucht hätten, Abwässer durch Filter zu reinigen. Ein Blick auf die zur Begründung aufgeführten Beispiele läßt aber erkennen, daß zwar manches versucht worden ist, von einer genauen Befolgung der Franklandschen Vorschriften die Rede aber nicht sein kann. Immerhin hatten die betreffenden Versuche genügt, um die künstliche Abwasserfiltration, wie man damals glaubte, für immer in Mißkredit zu bringen. Das einzige bekannt gewordene Beispiel einer rationalen Anwendung des Franklandschen Verfahrens in England ist dasjenige von Baily Denton, der es für Merthyr Tydfil im Jahre 1871 als Notbehelf empfahl und gute Resultate damit erzielte, indem er 10—12 mal soviel Abwasser auf dem vorhandenen Gelände reinigte, als mittels Berieselung möglich gewesen wäre.

Das Studium der Franklandschen intermittierenden Filtration, welche den Ausgangspunkt der zurzeit besonders interessierenden, künstlichen biologischen Reinigungsmethoden gebildet hat, wurde in den Vereinigten Staaten von Nordamerika fortgesetzt. Im Jahre 1886 war für Massachusetts ein Gesetz zur Verhütung der Flußverunreinigung erlassen worden. Die staatliche Gesundheitsbehörde (State Board of Health) wurde mit der Überwachung der öffentlichen Gewässer betraut, und es wurden ihr die Mittel zur Errichtung einer Versuchsstation zur Verfügung gestellt. Auf Grund dieses Gesetzes veranlaßte sie schon im Jahre 1886 das Dorf Medfield, die intermittierende Filtration einzuführen. Seither sind zahlreiche Ortschaften von Massachusetts auf Veranlassung der genannten Behörde diesem Beispiele gefolgt. Auf die dort erzielten Ergebnisse soll weiter unten eingegangen werden. Von noch größerer allgemeiner Bedeutung sind die Experimente, welche in der erwähnten, in Lawrence errichteten Versuchsstation ausgeführt wurden. Durch Auswahl der geeignetsten Bodenarten suchte man dort die quantitativen Leistungen des Verfahrens fortgesetzt zu steigern. Schließlich kam man zur Anwendung von Material, das so grob war, daß die Flüssigkeit darin direkt zu Boden fiel. Man mußte eine automatische Betriebsvorrichtung benutzen, um das Abwasser zur Verteilung zu bringen. Die zuständigen Londoner Behörden wurden auf diese Versuche aufmerksam und veranlaßten eine Nachprüfung. In ihrem Auf-



trage stellte Santo Crimp im Jahre 1892 in Barking Versuchskörper aus ähnlichem groben Material her. Anstatt automatischer Beschickungsapparate benutzte er eine Heberleitung, um die Abwässer mit dem Filtermaterial in Kontakt zu halten. Später wurde der Heber fortgelassen und ein einfacher Pflock benutzt, um das Abwasser im Filter aufzustauen, und später abzulassen. Da man mit den erzielten Ergebnissen sehr zufrieden war, so wurde ein Filter in der Größe von 0,4 ha aus Koks hergerichtet. In demselben wurden die mit Kalk und Eisensulfat vorbehandelten Londoner Abwässer einer Nachreinigung unterzogen. Über die Ergebnisse dieser Versuche hat der Londoner Stadtchemiker Dibdin berichtet. Er nannte das Verfahren nicht »intermittierende Filtration«, sondern »biologisches Verfahren«. Später wurde es »bakterielles Reinigungsverfahren« genannt und die Reinigungskörper nicht mehr intermittierende Filter, sondern Bakterienbeete.

Dibdin empfahl der Behörde von Sutton, einer kleinen Stadt in der Nähe Londons, im Jahre 1896, dieses Verfahren zur direkten Behandlung der Rohwässer anzuwenden ohne chemische Vorbehandlung. Die Resultate waren während der ersten Jahre sehr zufriedenstellend, und die Suttoner Versuche haben bald das Interesse aller für die Abwasserreinigungsfrage interessierten Kreise erweckt. In zahlreichen englischen Städten wurden Versuchsanlagen zur Prüfung der sogen. »bakteriellen« Reinigungsverfahren ausgeführt. Man beschränkte sich nicht auf den eben beschriebenen Betriebsmodus, sondern gestaltete das Verfahren in der verschiedensten Weise aus. Hiervon wird später noch die Rede sein. Erwähnen möchte ich nur die weniger bekannte Tatsache, daß gleichzeitig und unabhängig von Dibdin der Ingenieur J. Corbett in Salford, ebenfalls fußend auf den Massachusetts-Versuchen, eine biologische Reinigungsmethode ausgebildet hat, die in ihrer weiteren Entwicklung die Londoner Methode weit überflügeln sollte.

Die allgemeine Auffassung ging bald dahin, daß die Abflüsse der bakteriellen Reinigungsanlagen, die ich weiterhin als »künstliche biologische Anlagen« bzw. kurz als »biologische Anlagen« bezeichnen werde, den Abflüssen von Rieselfeldern vollkommen gleichwertig wären, und die Städte

drängten nach Aufhebung der Forderung des Loc. Gov. Board, alle städtischen Abwässer auf Land zu behandeln. Zum Studium dieser Frage wurde, wie wir im vorhergehenden Kapitel gesehen haben, im Jahre 1898 eine Kommission eingesetzt, die im Jahre 1901 ihre Auffassung bereits in folgender Weise zum Ausdruck gebracht hat:

»Nach den Zeugenaussagen und auf Grund der eigenen Untersuchungen hat die Kommission sich davon überzeugt, daß man auf künstlichem Wege, durch biologische Verfahren, ohne Landnachbehandlung aus städtischen Abwässern Abflüsse zu erzielen vermag, die nicht mehr fäulnisfähig sind, nach den üblichen chemischen Standards als gut bezeichnet werden dürfen und in die Flüsse geleitet werden können, ohne daß Mifsstände zu befürchten sind.«

Deutschland kann sich des ältesten bekannten Beispiels einer Reinigung städtischer Abwässer rühmen. Seit dem Jahre 1559 hat die Stadt Bunzlau ihre Abwässer auf Land geleitet und dem Berieselungsverfahren unterworfen. Dieser Fall steht aber ganz vereinzelt da. Alle einschlägigen Untersuchungen in Deutschland leiteten sich bis in das letzte Jahrzehnt hinein von englischen Vorbildern ab. In Danzig und Berlin kam vor etwa 35 Jahren, zugleich mit der Kanalisierung dieser Städte, das Berieselungsverfahren zur Anwendung. Frankfurt a. M. und Wiesbaden führten vor etwa 20 Jahren das chemische Fällungsverfahren nach englischen Mustern ein. Später haben noch andere Städte, teils das Berieselungsverfahren, teils chemische Verfahren angewendet. Als neu und originell ist nur das Degenersche Kohlebreiverfahren zu bezeichnen, von dem später noch die Rede sein wird.

Die wissenschaftliche Deputation für das preussische Medizinalwesen hatte im Jahre 1877 in einem Gutachten den Grundsatz aufgestellt, daß die Einleitung ungereinigter Kanalwässer in einen Flußlauf grundsätzlich in allen Fällen zu untersagen sei. An den Grad der Reinigung wurden damals, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden, Forderungen gestellt, die für viele Fälle unerfüllbar waren, und durch welche der Fortschritt in der Städteassanierung ganz erheblich gehemmt worden ist. Erst als v. Pettenkofer mit Erfolg für die Befolgung vernünftiger Grundsätze eingetreten war, begann man, sich mit

den Forderungen nach den Möglichkeiten zu richten, und jetzt nahm die Abwasserreinigung in Deutschland eine Richtung, die als eigenartig und abweichend von den englischen Vorgängen bezeichnet werden darf. Man bildete nämlich, weil die chemischen Fällungsmethoden versagt und sich mit Schwierigkeiten und Übelständen aller Art verknüpft gezeigt hatten, einfache mechanische Abfang- und Absitzverfahren zu selbständigen Abwasserreinigungsmethoden aus. Das Absitzverfahren wurde zuerst in Marburg, später in mehreren anderen deutschen Städten, u. a. in Kassel, eingeführt. Darauf sind die Behörden noch weiter gegangen und haben in geeigneten Fällen ein Verfahren zugelassen, bei dem nur die gröberen ungelösten Stoffe durch Gitter- und Rechenwerke abgefangen werden.

In anderen Kulturstaaten sind Vorgänge nicht zu verzeichnen, die bei einem kurz gehaltenen Überblick über die Entwicklungsgeschichte der Abwasserreinigungsverfahren zu erwähnen wären, es seien denn die ersten Anläufe zum Faulverfahren, die in Frankreich gemacht wurden und in den betreffenden Kapiteln ihre Würdigung finden sollen.

---

#### 4. Kapitel.

### Frühere Auffassungen über die Aufgaben und Leistungen der Abwasserreinigungsverfahren.

Nachdem die Fragen wegen Beseitigung der Abwässer eine definitive Lösung durch allgemeine Einführung der Schwemmkanalisation gefunden zu haben schienen und der Schwerpunkt der noch offenen Abwasserfragen verlegt worden war auf die Flusssverunreinigung und auf die Verhütung derselben mittels Abwasserbehandlungsmethoden, fanden die englischen Aufsichtsbehörden bald ausgiebigen Anlafs, sich mit der Frage zu befassen, wie diese Methoden zu bewerten seien. Schon im Jahre 1854 hatte die englische Gesundheitsbehörde (Gen. B. of H.) erkannt, dafs alle Versuche, Abwasser durch chemische Behandlung zu »desinfizieren«, ergebnislos blieben. Zu solchen Zwecken wurden Karbolsäure und ähnliche Stoffe verwendet. An eine Desinfektion im heutigen Sinne des Wortes hat man damals nicht gedacht. Es kam, wie man meinte, nur darauf an, die faulige Zersetzung der Abwässer und die damit verknüpften Geruchsbelästigungen zu verhindern. Der Prozeß wurde denn auch gelegentlich als »Desodorisierung« bezeichnet, und aufer Karbolsäure wurden zu solchem Zwecke Eisenchlorid und Kalk vorgeschlagen. Im Jahre 1864 berichtete eine englische Kommission, die Desodorisierung der Abwässer sei nicht als eine brauchbare Abwasserreinigungsmethode anzusehen. Auch durch

chemische Fällung oder Filtration würde eine genügende Reinigung nicht erzielt. Das Produkt könnte ganz klar und rein aussehen, es bliebe aber immer fäulnisfähig und vermöge Epidemien auszulösen, nur die Berieselung bewirke eine tatsächliche Reinigung.

Ohne Anwendung chemischer oder bakteriologischer Untersuchungsmethoden war man also um jene Zeit schon zu Auffassungen gekommen, die grundsätzlich übereinstimmen mit solchen, bei denen wir heute nach mancherlei Irrwegen, unter Heranziehung eines großen wissenschaftlichen Apparates, wieder angelangt sind.

Bei Wahl der Behandlungsmethoden wurde um die genannte Zeit nicht nur nach ihrer reinigenden Wirkung gefragt, sondern vorwiegend nach den Chancen, die sie in bezug auf Ausbeutung der dungwertigen Stoffe boten. Von diesen versprach man sich sehr bedeutende Einnahmen, und die Äußerungen der von den Regierungen herangezogenen Sachverständigen mußten vorwiegend zu dieser Frage Stellung nehmen. Eine wissenschaftliche Beurteilung der Wirkung von Abwasserbehandlungsmethoden kennen wir erst seit den Arbeiten der im Jahre 1868 eingesetzten englischen Kommission. Sie berichtete im Jahre 1870, daß durch chemische Fällung nur die ungelösten organischen Stoffe aus den Abwässern ausgeschieden werden könnten, nicht aber die gelösten organischen Stoffe, welche den Hauptdungwert der Abwässer repräsentierten. Diese Erklärung ist als eine Antwort auf die zahlreichen verlockenden Anpreisungen chemischer Reinigungsmethoden aufzufassen, die zu jener Zeit an die staatlichen und städtischen Behörden herantraten. Nur durch intermittierende Filtration oder Berieselung läßt sich nach dem Urteil dieser Franklandschen Kommission eine Ausscheidung auch der gelösten organischen Stoffe aus den Abwässern bewirken. Die reinigende Kraft des Bodens sei zurückzuführen auf den oxydierenden Einfluß der Luft. Der Boden wurde verglichen mit der tierischen Lunge. Bei der Berieselung käme die Verzehrerung der organischen Stoffe durch die Pflanzenwurzeln hinzu.

Die Kommission bezeichnete als ungeeignet zum Einlassen in öffentliche Gewässer Flüssigkeiten, deren Gehalt an festen

Stoffen, namentlich an organischen Substanzen und schädlichen Metallen bestimmte Grenzwerte überschritten, bzw. die verfärbt waren, oder stark alkalisch bzw. sauer reagierten. Die betreffenden Grenzwerte finden sich auf Seite 369.

Es ist auffallend, daß ein Gelehrter wie Frankland, dessen Arbeiten und Auffassungen nach jeder Richtung hin durchaus praktischen Sinn erkennen lassen, Vorschriften wie die vorstehenden für allgemeinen Gebrauch empfehlen konnte, angesichts der Tatsache, daß im praktischen Leben doch die Verhältnisse so liegen, daß in manchen Fällen ganz geringe Abwassermengen in große Flüsse eingeleitet werden, in denen sie sich sofort vollständig verlieren und deren Wasser für Trink- und Brauchzwecke keine Verwendung findet; in anderen Fällen wieder umgekehrt große Abwassermengen in kleine Flüsse eingeleitet werden müssen, auf deren Reinhaltung größter Wert zu legen ist, weil ihr Wasser für häusliche und industrielle Zwecke nicht entbehrt werden kann. Diese Tatsache setzt es von vornherein außer jeden Zweifel, daß man bei den Anforderungen an die Abwasserbeseitigung und -reinigung nicht schematisch, sondern nur von Fall zu Fall individualisierend vorgehen kann. Die Grenzwerte, welche im Jahre 1864 seitens der Wasserversorgungskommission von Wien in bezug auf die Beschaffenheit des städtischen Trinkwassers aufgestellt worden sind und seither von verschiedenen Seiten vertreten wurden, werden auf die Entschlüsse der Franklandschen Kommission nicht ohne Einfluß gewesen sein. Selbst für Trink- und Brauchwasser hat sich herausgestellt, daß solche Grenzwerte nur als allgemeine Richtschnur gelten dürfen und daß man bei schematischer Anwendung derselben in die größten Verlegenheiten kommt. Beim Vergleichen von Abwasser- und Trinkwasserbehandlung ist aber, soweit Fragen wie die eben erörterten in Betracht kommen, der wesentliche Unterschied zu berücksichtigen, daß das Trinkwasser verbraucht werden soll, ohne eine weitere Verdünnung zu erfahren, während das Abwasser in den Flusläufen verdünnt wird, und zwar in einem Maße, das von Fall zu Fall sehr verschieden ist. Die Forderungen wurden denn auch in die englischen Gesetze nicht aufgenommen. Ich erwähne sie hier aus dem Grunde hauptsächlich, weil sich

aus ihnen heraus die Aufstellung bestimmter Grenzwerte entwickelt hat, sog. »standards«, die bei den englischen Behörden auch zurzeit noch angewendet werden.

Das Loc. Gov. Board wurde wiederholt aufgefordert, solche Grenzwerte bekanntzugeben, nach denen die Abflüsse von Abwasserreinigungsanlagen beurteilt werden könnten. Es hat das aber stets abgelehnt in Hinweis darauf, daß man solche Anforderungen nur von Fall zu Fall feststellen könnte. Auf die Standards der erwähnten englischen Rivers Boards werde ich später zurückkommen (S. 369).

Nachdem die im Jahre 1882 eingesetzte englische Kommission durch ihre Berichte vom Jahre 1884 und 1885 sich auf denselben Standpunkt wie die früheren Kommissionen gestellt und sich ebenfalls dahin erklärt hatte, daß nur Landbehandlung (Berieselung oder intermittierende Filtration) eine durchgreifende Reinigung von Abwässern gewährleiste, ja, daß sogar für Städte in so günstiger Lage wie London ausschließlich die Landbehandlung der Abwässer statthaft wäre, hat die englische Zentralbehörde (L. G. B.), wie wir gesehen haben, grundsätzlich kein ihr zur Begutachtung vorgelegtes Projekt genehmigt, das nicht ein für die Landbehandlung genügendes Areal vorsah.

Um jene Zeit begannen die Abwasserfragen für verschiedene deutsche Städte akut zu werden. Die Gutachten der wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen lassen erkennen, daß sie vollständig unter dem Einfluß der eben erwähnten englischen Entschliefungen standen. Ihre Forderungen gingen insofern sogar noch weit über die englischen hinaus, als die Fragen wegen Flußverseuchung mit in die Abwasserreinigungsfrage hineingezogen und eine Abwasserreinigung nur als ausreichend anerkannt wurde, durch welche die Abtötung oder Ausscheidung der pathogenen Bakterien gewährleistet würde. Durch Aufstellung solcher Forderungen hat man ein Bollwerk errichtet, das dem Fortschritt in den für die deutschen Städte immer akuter gewordenen Sanierungsaufgaben ein volles Jahrzehnt hindurch hemmend im Wege gestanden hat. Erst der schon erwähnte preussische Ministerialerlaß von 1901 hat diese

Feste vollends niedergerissen, nachdem schon einige Jahre vorher eine Bresche in sie gelegt worden war durch die Angriffe, die zuerst v. Pettenkofer, später auch andere Hygieniker dagegen geführt haben.

Auf die gegenwärtige Auffassung, welche Anforderungen an die Abwasserreinigung gestellt werden sollten, wird später näher eingegangen werden (Kap. 10).



## II.

# Gegenwärtiger Stand der Abwasserbehandlung.

### 5. Kapitel.

#### Charakter der Abwässer.

Stellt man sich an den Sammelkanal einer Stadt, die alle abschwemmbarren Stoffe in die Kanäle entleert, so sieht man eine Flüssigkeit von schmutziggrauer Farbe sich in meist schnellem, ununterbrochenen Laufe hinbewegen, die einen widerlich süßlichen Geruch verbreitet, der im Freien kaum bemerkt werden kann, in geschlossenen Kanälen oder Schächten nur eben, kaum belästigend, wahrnehmbar ist. Hin und wieder sieht man an der Oberfläche Streichhölzer, Korken, Fruchtschalen, Gemüsereste oder Kotballen vorüberziehen. Setzt man ein feines Sieb in den Abwasserstrom, das alle gröberen, festen Partikel abfängt, und untersucht man die abgefangenen ungelösten Stoffe, so findet man das Sieb aufser, mit den eben genannten Körpern, hauptsächlich bekleidet mit flockigen, faserigen Bestandteilen, Gewebefetzen, vorwiegend Papierstückchen von sehr geringem Umfange, hier und da auch Haare und ähnliche Stoffe. Eine mittels Glasgefäß entnommene Probe sieht ungefähr wie Scheuerwasser aus und setzt beim Stehenlassen verhältnismäßig geringe Mengen eines schmutziggrauen, schleimigen Bodensatzes ab, ohne daß das Aussehen des darüber stehenden Abwassers sich merklich verändert. Selbst bei 24stündigem Stehen ändert sich daran wenig. Filtriert man die Probe, so fließt sie selbst durch feines Filterpapier in fast unveränderter Trübung hindurch. Gießt man das Filtrat aber wiederholt auf

das Filter zurück, so wird es nach mehrfachem Durchfließen in dem Mafse klarer, wie die Poren des Filters sich mit den abgefangenen Stoffen verstopfen. Schliesslich fließt ein klares Produkt ab, ohne dafs auf dem Filter ein erheblicher Schmutzrückstand verbleibt. Bleibt die klar filtrierte Flüssigkeit einige Tage stehen, so nimmt sie zunächst einen fauligen Geruch an, später einen ausgesprochenen Geruch nach Schwefelwasserstoff infolge allmählicher Zersetzung der gelösten fäulnisfähigen Stoffe. Allmählich verliert sich der Geruch. Läßt man eine gleiche Probe stehen, ohne sie filtrierte zu haben, also in trübem Zustande, so wird sie nach längerer Zeit ebenfalls klar, ohne dafs der erwähnte Bodensatz sich vermehrt. Dieser verschwindet vielmehr allmählich auch so weit, dafs nur ein kleiner Rest flockiger Bestandteile übrigbleibt, die bei mikroskopischer Betrachtung aussehen, als ob sie sich ganz aus Mikroorganismen zusammensetzten. Die Probe ist dann ausgefault. Hat man sie bis dahin unter Korkverschluss stehen lassen, so zeigt sich beim Öffnen Geruch nach Schwefelwasserstoff, der aber leicht verfliegt.

Wer zum ersten Male solche Vorgänge beobachtet, der wundert sich in der Regel darüber, dafs die Abwässer nicht konzentrierter und schmutziger sind. Denn man stellt unwillkürlich einen Vergleich an mit dem Inhalt von Fäkal- und Jauchegruben und denkt nicht daran, dafs die Schmutzstoffe in den städtischen Kanälen verdünnt und aufgeschwemmt werden in dem gesamten Brauchwasser der Stadt. Es kommt hinzu, dafs die ungelösten Stoffe, wie Fäkalien und Papier, bei ihrem schnellen Laufe durch die Kanäle sich an deren Wandungen zerreiben und bis auf einzelne widerstandsfähigere Reste in kleinste Partikelchen verwandelt werden, so dafs z. B. selten ein gröfseres Stück Papier bis an die Ausmündung der Kanäle gelangt, wenn diese nicht sehr kurz sind, und dafs die ungelösten Stoffe sich zum weitaus gröfsten Teil in der Form feinen Schlammes in dem Abwasser finden.

Es bietet sich häufig Anlafs, städtische Abwässer zu untersuchen, meistens wenn es sich darum handelt, festzustellen, ob ein Flußlauf durch Abwasser verunreinigt sei, oder wenn die Wirkungen von Abwasserreinigungsanlagen zu prüfen sind. Man steht dann vor der Frage, ob es Reaktionen oder Merkmale gibt, die charakteristisch für Abwasser sind. Der Inhalt von

Schwemmkanälen setzt sich zusammen aus dem städtischen Brauchwasser, dem beigemischt sind die Fäkalien (Kot und Urin), Küchen-, Scheuer-, Bade- und Waschwässer, außerdem mancherlei fester Unrat bis etwa zur Gröfse von Streichhölzern, Stoffe, die man durch Wasserklosetts abschwemmen kann.

Das Gesagte gilt für die Abwässer von Wohnhäusern, von Kasernen, Gefängnissen, Krankenhäusern und ähnlichen Anstalten, sowie auch für Städte, die lediglich Wohnbezirke darstellen, wie z. B. manche Vororte unserer Grofsstädte und sehr zahlreiche Orte, wo Industrie fehlt, jedoch nur für die Fälle, wo das sog. Trennkanalisationssystem durchgeführt ist, d. h. wo die eigentlichen Abwässer getrennt abgeführt werden von den meteorischen Niederschlägen. Die meisten Grofsstädte und auch manche kleinere Ortschaften leiten die Abwässer und den Regen in gemeinsamen Kanälen ab, nach dem sog. Sammelsystem (Einheits-Mischsystem). In solchem Falle kommen zu dem beschriebenen Abwasser noch die Abflüsse von Dächern und von den Strafsen hinzu. In englischen Städten pflegt man bei Anwendung des Trennsystems die Abflüsse von Höfen und von der Hofseite der Dächer den Schmutzwasserkanälen zuzuweisen, damit nicht unerlaubterweise Schmutzwässer in die Regenkanäle hineingeleitet werden.

Auf die Vor- und Nachteile des Trennsystems, die im Laufe der letzten Jahrzehnte viel erörtert worden sind, soll hier nicht näher eingegangen werden. Nur möchte ich hervorheben, dafs es sich grundsätzlich empfiehlt, das Trennsystem überall da anzuwenden, wo die Abwässer einer durchgreifenden Reinigung unterzogen werden müssen. Denn an Regentagen vermehrt sich die Abwassermenge gelegentlich um das zehnfache und mehr. Es würde sehr kostspielig sein, die Reinigungsanlage auf solche Ansprüche zuzuschneiden. Beim Sammelsystem werden stets Notauslässe vorgesehen, mittels deren man das überschüssige Wasser direkt in den nächsten Vorfluter ablaufen läfst, sobald die Abwassermenge an Regentagen eine gewisse Gröfse erreicht hat. In England herrscht allgemein die Vorschrift, dafs die Notauslässe erst in Funktion treten dürfen, wenn die sechsfache Abwassermenge erreicht ist. Die Reinigungsanlagen müssen also so eingerichtet werden, dafs sie an Regentagen eine Abwassermenge zu reinigen vermögen, die sechsmal so grofs ist als

die Menge der eigentlichen Schmutzwässer. Dafs eine so allgemein gefafste Vorschrift mancherlei Ungerechtigkeiten und Härten in sich birgt und dazu führt, dafs gelegentlich sehr grofse Mengen sehr konzentrierten Abwassers durch die Notauslässe abfliefsen, zu anderen Zeiten grofse Mengen fast reinen Kanalwassers gereinigt werden müssen, soll hier ohne weitere Begründung nur erwähnt werden.

Man darf nicht annehmen, dafs die Flüssigkeit, welche in die Regenkanäle gelangt, allgemein weniger schmutzig wäre als die häuslichen Abwässer. Überall hat sich gezeigt, dafs die Abflüsse von belebten Strafsen, selbst wenn diese täglich gründlich gereinigt werden, einen grofsen Schmutzgehalt und eine gröfsere Fäulnisfähigkeit aufweisen als häusliche Abwässer. Man ist deshalb mehrfach dazu übergegangen, dicht bevölkerte Stadtviertel nach dem Sammelsystem, die verkehrsrärmeren Distrikte aber nach dem Trennsystem zu kanalisieren.

Wenn man die Regenwässer mit den Schmutzwässern vereinigt, also das Sammelkanalsystem anwendet, so ändert sich dadurch die Menge und der Charakter des Abwassers natürlich nur an Tagen, wo es so stark regnet, dafs die Strafseneinläufe in Funktion treten. An Regentagen aber gestaltet sich die Beeinflussung des Kanalinhalt verschieden, je nach den örtlichen Verhältnissen, insbesondere nach der Befestigungsart der Strafsen und nach dem Verkehr, der sich auf ihnen abspielt, nach der mehr oder weniger grofsen Gründlichkeit, mit der sie gereinigt werden, und nach der Gröfse der Strafsenlängen. In den meisten Städten sind die Strafsenabläufe mit Sinkkästen, gullies, ausgestattet, in welchen die festen Bestandteile (Strafsendetritus) abgefangen werden. In anderen Städten dagegen, wie z. B. in Manchester, hat man von solchen Vorrichtungen abgesehen. Die Folge davon ist, dafs in Manchester an Regentagen oft enorme Mengen von Sinkstoffen nach der Reinigungsanlage hin abgeschwemmt werden, gelegentlich bis zu 300 tons an einem Tage. In Birmingham sind Strafsenzüge von mehr als 1000 km an die Kanäle angeschlossen, zumeist makadamisiert, also in einer Weise befestigt, durch welche Abschwemmungen sehr begünstigt werden. Hier mufs der Einflufs von Regentagen auf den Charakter der Abwässer natürlich ein ganz anderer sein als bei engbebauten Städten mit vorwiegend guter Strafsenbefestigung.

Ganz verkehrt ist die Annahme, als ob die Abwässer beim Trennsystem konzentrierter wären als beim Sammelsystem. Das geht aus dem Gesagten schon hervor. Für das Sammelsystem könnte man als Vorzug nach dieser Richtung höchstens anführen, daß bei plötzlichen Regengüssen der Bodensatz aus den Kanälen herausgespült wird, der sich dort abgelagert haben könnte. Dem wird aber mit Recht entgegengehalten, daß es ein schlechtes Prinzip sei, Kanäle so einzurichten und zu betreiben, daß man auf die reinigende Wirkung von Regen angewiesen ist, auf den man oft lange warten muß. Trennkanäle kann man mit verhältnismäßig geringen Kosten durch besondere Spüleinrichtungen nach Bedarf reinigen. Die oben erwähnten Ausspülungen der Kanäle durch Regen sind es gerade, durch welche das Funktionieren der Notauslässe in manchen Städten zu einer wahren Kalamität geworden ist. Denn diese beginnen oft zu funktionieren, ehe noch die Sedimente aus den Kanälen fortgespült sind.

Für unsere weiteren Ausführungen, betr. den Charakter der Abwässer, sind die meteorischen Niederschläge insofern nicht von besonderer Bedeutung, als sie fast ausschließlich Pferdekot und mineralischen Detritus von den Straßen, also keine besonders charakteristischen Stoffe in die Kanäle liefern. Anders steht es mit den Industrieabwässern. Unter diesen sind es hauptsächlich die Färbereien, welche die äußere Beschaffenheit des Abwassers zu beeinflussen vermögen. Verhältnismäßig geringe Mengen von Färbereiabwässern genügen, um den städtischen Abwässern eine schwarze, blaue, grüne oder anderweitige Farbe zu verleihen. Während diese Veränderung vorwiegend ästhetische, gelegentlich wirtschaftliche Bedeutung hat, liegt der Einfluß der Abwässer aus Gerbereien, Wollverarbeitungsfabriken, Zellstofffabriken und ähnlichen Industrien mehr auf hygienischem Gebiete, wegen der großen Menge fäulnisfähiger Stoffe, die sie enthalten, und unter Umständen auch wegen der Infektionsgefahr.

Von einer näheren Besprechung der Fragen, die mit industriellen Abwässern an und für sich verknüpft sind, muß hier abgesehen werden. Es könnte nur die Frage wegen Beeinflussung der städtischen Abwässer durch solche Industrieabwässer in Betracht kommen. Der Einfluß der Industrieabwässer stellt sich

für jede Stadt verschieden, je nach Umfang und Art der Industrie. Allgemein gültige Regeln lassen sich also darüber nicht aufstellen. Als wichtiges Ergebnis vergleichender Untersuchungen und Beobachtungen kann aber hervorgehoben werden, daß nur in wenigen Städten der Einfluß der Industrieabwässer auf die Zusammensetzung der städtischen Abwässer ein derartiger ist, daß die Reinigung der Abwässer dadurch erheblich erschwert würde. Ein Fall, wo städtisches Abwasser durch Beimengung industrieller Abwässer so verändert worden wäre, daß es sich einer Reinigung nicht mehr zugänglich erwies, ist mir überhaupt nicht bekannt geworden. Wohl aber muß bei Herstellung der Reinigungsanlagen auf gewisse Einflüsse der Industrie gelegentlich Rücksicht genommen werden und kann sich der Betrieb einer Reinigungsanlage durch das Hinzukommen industrieller Abwässer teurer gestalten. In Leeds und Birmingham z. B., wo sich bedeutende Metallindustrien entwickelt haben, enthalten die Abwässer mehr anorganische, der biologischen Zersetzung nicht zugängliche Stoffe, als in häuslichen Abwässern vorkommen. In Städten, wo die Abwässer von Bierbrauereien, Gerbereien, Zuckerfabriken und ähnlichen Betrieben ihrer Menge nach überwiegen, kann anderseits der Gehalt an fäulnisfähigen Stoffen sich höher stellen. Den biologischen Reinigungsanlagen wird in solchen Fällen natürlich mehr Arbeit zugemutet.

Industrielle Abwässer können außerdem Schwierigkeiten machen wegen zu hoher Temperatur, wodurch sie den Kanälen gefährlich werden, durch saure oder alkalische Reaktion, durch Gehalt an giftigen Chemikalien, durch große Mengen ungelöster Stoffe, namentlich aber auch dadurch, daß sie nicht immer in gleichmäßigem Strom abfließen, sondern z. B. infolge der Entleerung von Reservoirs, plötzlich in großen Mengen in die Kanäle gelangen. Solche Schwierigkeiten lassen sich leicht durch entsprechende Vorschriften abstellen, und wo das geschieht, da zeigen die Abwässer der überwiegenden Zahl sog. Industriestädte eine Zusammensetzung, die nicht wesentlich abweicht von derjenigen häuslicher Abwässer.

In Industriestädten muß man noch aufmerksamer als in anderen Städten auf die Wassermengen achten, die den Kanälen aus privaten Wasserleitungen zufließen. Manche industrielle Anlagen brauchen verhältnismäßig enorme Wassermengen und

aus Sparsamkeitsgründen suchen sie sich diese durch eigene Brunnenanlagen oder andere Bezugsquellen zu beschaffen. Es ist allgemeiner Brauch, bei Projektierung von Abwasserreinigungsanlagen oder bei Erhebungen über den Charakter von Abwässern etc. die Menge des Abwassers als gleich groß der Menge des sog. städtischen Wasserkonsums anzunehmen, d. h. der Wassermenge, welche die städtischen Wasserleitungen liefern. In Städten, die nach dem Sammelsystem kanalisiert sind, rechnet man für Regentage an Hand von besonderen Formeln noch einen bestimmten Bruchteil der beobachteten meteorischen Niederschläge hinzu. Das Grundwasser, welches in die Kanäle eintritt, nach angestellten Messungen gelegentlich in unerwartet großen Mengen, wird in der Regel ganz vernachlässigt, ebenso die Wassermengen, welche durch die eben erwähnten privaten Bezugsquellen hinzukommen. Um zu zeigen, welch' erheblichen Fehler man auf diese Weise begeht, führe ich an, daß in Hamburg zu dem sog. städtischen Konsum, also zu der von der städtischen Leitung gelieferten Wassermenge von rund 160 000 cbm täglich in max., nach amtlichen Erhebungen noch rund 70 000 cbm aus privaten Brunnenanlagen hinzukommen dürften. Von privater Seite ist diese Menge sogar auf 190 000 cbm pro Tag geschätzt worden. Beim Projektieren von Kanalisationsanlagen sollten also die privaten Wasserbezugsquellen niemals unberücksichtigt gelassen werden, und für schon kanalisierte Städte, die vor der Frage der Abwasserreinigung stehen oder diese schon praktisch in Angriff genommen haben, empfiehlt es sich, unter allen Umständen ihre Abwassermenge fortgesetzt zu messen. Nicht allein wissenschaftliche, sondern auch rein praktische Gründe sprechen für diese wichtige, verhältnismäßig wenig kostspielige Maßnahme.

Kennt man das Verhältnis der Abwassermenge zu der Kopffzahl der Bevölkerung, so läßt sich für Fälle, wo die Industrie ausscheidet, ein annähernd richtiges Urteil darüber gewinnen, wie sich die Abwässer der betreffenden Stadt zusammensetzen. Denn die abschwemmbarcn Schmutzstoffe bleiben sich, pro Kopf und Tag berechnet, überall ziemlich gleich. Allerdings gilt dieses streng genommen nur für Fälle, wo die Stufe der Lebenshaltung übereinstimmt. Bei allen meinen einschlägigen Untersuchungen habe ich immer wieder den Ein-

druck gehabt, daß die absolute Menge der Schmutzstoffe sich vergrößert mit dem Wasserkonsum. Hauptsächlich möchte ich dieses auf vermehrten Seifenverbrauch zurückführen. Überall, wo der Wasserkonsum etwa 150—200 l pro Kopf täglich erreicht, erweisen sich die Abwässer aber so verdünnt, daß die verhältnismäßig kleine Differenz im Schmutzgehalt jede praktische Bedeutung verliert. Die Größe des Wasserverbrauchs pro Kopf und Tag berechnet, wird also den Haupteinfluss auf die Konzentration der Abwässer gewinnen, und dieser Einfluss ist sehr bedeutend. In manchen, namentlich kleineren Städten beläuft sich der Wasserkonsum auf nur etwa 50 l pro Kopf (Göttingen 54 l), in anderen Städten auf etwa 100 l pro Kopf (Berlin 79,8 l, Köln 118,9 l, Hannover 92,1 l, Dresden 99,2 l, Bremen 108,6 l), in wieder anderen Städten auf fast 200 l pro Kopf (Frankfurt a. M. 171,5 l, Hamburg 170,1 l), und schliesslich gibt es Städte, die noch weit mehr Wasser verbrauchen (Freiburg i. B. 332 l, Buffalo N. A. 704 l, Alleghany 900 l pro Kopf und Tag). Ein Wasserkonsum, der 150—200 l pro Kopf und Tag übersteigt, läßt sich außer in sehr warmem Klima aus hygienischen Gründen kaum rechtfertigen, und wo man ihn aus wirtschaftlichen Gründen auf das bezeichnete Maß zurückzuführen wünscht, wird das durch obligatorische Einführung von Wassermessern und entsprechende Verordnungen in bezug auf größere, privatim gewonnene Wassermengen, leicht zu erreichen sein.

Über die Art und Menge der Schmutzstoffe, die sich dem Leitungswasser durch dessen Benutzung mitteilen und dem dadurch entstehenden Abwasser den Charakter verleihen, läßt sich folgendes sagen, sofern wir den einfachsten der vorhin skizzierten Fälle in Betracht ziehen und annehmen, daß sich der Kanalinhalt lediglich aus häuslichen Abwässern zusammensetzt. Diese Abwässer gleichen, wie schon erwähnt, äußerlich etwa Scheuerwässern, und ich bin der Meinung, daß in ihnen Seife sowohl qualitativ, wie auch quantitativ eine bedeutende Rolle spielt. Zu bestimmten Tagesstunden gewinnen auch die Küchenabflüsse einen erheblichen Einfluss. In vielen Städten ist es üblich, die Wäsche an den Montagen zu besorgen. Unter kleineren Verhältnissen, z. B. in Anstalten, läßt sich leicht erkennen, daß der Waschprozess sowohl in der Menge, wie auch in der seifigen Natur der Abwässer stark zum Ausdruck kommt.



Man begegnet häufig der Meinung, es bliebe ohne jeden Einfluß auf den Charakter des Abwassers, ob man die Fäkalien in die Kanäle einleite oder sie davon fernhalte. Diese Auffassung gründet sich hauptsächlich auf vergleichende Untersuchungen, die vor längerer Zeit in englischen Städten ausgeführt worden sind. Die Menge des Kotes hat Pettenkofer pro Kopf und Jahr auf durchschnittlich 34 kg geschätzt, die Menge des Urins auf 428 kg. Von anderer Seite berechnete Zahlen weichen nach oben und unten hiervon nicht unerheblich ab. Fufsend auf den Pettenkoferschen Feststellungen müßte man also annehmen, daß von je 10 000 Einwohnern täglich etwa 1 cbm Kot und reichlich 10 cbm Urin in die Kanäle gelangten und dort nach der oben erwähnten Behauptung spurlos verschwänden. Erklärt wird diese auffallende Erscheinung dadurch, daß mit der Zufuhr der Fäkalien zu den Kanälen auch stets die Wasserspülung verknüpft sei, welche die Fäkalien auf ungefähr denselben Verdünnungsgrad brächte wie die sonstigen häuslichen Brauchwässer. Es würde also nur die Menge der Abwässer vermehrt, nicht aber deren Konzentration. Baumeister hat sich gegen solche Auffassung erklärt. Seine Berechnungen haben ihm bei kanalisierten Städten, die seiner Meinung nach in allen sonstigen Punkten vergleichbar waren, einen Unratgehalt (ausgedrückt als Trockensubstanz) der Abwässer von 186 g pro Kopf und Tag ergeben, wo Fäkalien in die Kanäle abgeschwemmt wurden, und nur 100,5 g, wo die Fäkalien nicht in die Kanäle gelangten. Zu diesen Zahlen, die ich als Ausgangspunkt weiterer Erläuterungen über den Charakter der Abwässer benutzen möchte, ist Baumeister in folgender Weise gekommen: Als verwertbar für Berechnungen dieser Art betrachtet er die Menge der gelösten und ungelösten organischen und der gelösten anorganischen Substanzen, die das Abwasser enthält. Die ungelösten anorganischen Stoffe läßt er bei Berechnung des Einflusses der Fäkalien fort, ohne ihnen damit eine hygienische Bedeutung absprechen zu wollen. Die Unratmengen, zu denen er kommt, sind also das Ergebnis der Bestimmung des Trockengehaltes der ungelösten organischen und der gelösten organischen plus anorganischen Bestandteile. An und für sich beruht eine solche Berechnungsweise wohl auf richtigen Grundsätzen. Es darf aber dabei ein Faktor nicht außer Rechnung

gelassen werden, den Baumeister vernachlässigt. Ich habe besonderen Grund, dieses zu erwähnen, weil auch die Hamburger Abwässer zur Stützung der Auffassungen herangezogen sind, zu denen Baumeister gekommen ist. Das Brauchwasser der verschiedenen Städte, die zu den Baumeisterschen Berechnungen herangezogen sind, weist seiner chemischen Zusammensetzung nach nicht unerhebliche Unterschiede auf. Ungelöste Stoffe sind zwar in nennenswerten Mengen im Brauchwasser durchweg nicht zu finden. Auch kommt dem Gehalt des Brauchwassers an gelösten organischen Stoffen in der Regel keine ausschlaggebende Bedeutung zu. Immerhin beträgt die Menge derselben

für Hamburg (Durchschnitt von 1900) nicht weniger als 95 mg im Liter, für Hannover 102 mg, für Berlin wird sie mit 32 mg angegeben, für Wiesbaden mit nur 14 mg.

In städtischen Abwässern beträgt ihre Menge durchschnittlich etwa 200—300 mg im Liter:

Wiesbaden 153 mg,

Frankfurt a. M. 228 mg,

Hamburg (Durchschnitt von 1901—1904) 252,5 mg,

Berlin 285,2 mg.

In Hamburg ist also reichlich ein Drittel der sog. gelösten organischen Stoffe der Abwässer schon im Leitungswasser enthalten und deshalb nicht für das Abwasser charakteristisch. Bei anderen Städten fällt dieser Faktor weniger ins Gewicht.

Als Menge der im Brauchwasser enthaltenen anorganischen gelösten Stoffe sind zu verzeichnen:

Für Hamburg 536,7 mg im Liter (im Jahre 1900), für Hannover 468 mg, für Berlin 108 mg, für Wiesbaden 68 mg.

In den betreffenden städtischen Abwässern betragen ihre Mengen:

Für Hamburg 567,3 mg im Liter (Durchschnitt von 100 Analysen), für Berlin 775 mg, für Wiesbaden 1780 mg.

Für Hamburg lag dieses Zahlenverhältnis aber in anderen Jahren erheblich anders. Das städtische Leitungswasser enthielt z. B. im August 1893 50 mg organische und 1212,5 mg anorganische gelöste Stoffe. Das Leitungswasser lieferte also damals 1262,5 mg derjenigen Stoffe, die in der Baumeisterschen Berechnung

als »Unrat« erscheinen. Die Menge der gelösten anorganischen Stoffe des Leitungswassers allein war damals gröfser als der gesamte von Baumeister berechnete Unratgehalt der Abwässer von Breslau, nämlich 1212,5 gegen 1084 mg i. l, und fast so grofs wie die gröfste von Baumeister gefundene Unratmenge, nämlich diejenige von Berlin, 1892 g.

Wenn man den Gehalt der Abwässer an gelösten anorganischen Stoffen als Unrat verrechnet, so mufs man also gelegentlich zu sehr verkehrten Resultaten gelangen.

Wie soll man nun aber den Schmutzgehalt der Abwässer berechnen und deren Charakter chemisch bestimmen? Ohne Frage darf die Gesamtmenge der ungelösten Stoffe des Abwassers, sowohl der organischen, wie auch der anorganischen, als Schmutz verrechnet werden. In hygienischer Beziehung kommt natürlich den organischen ungelösten Bestandteilen eine viel gröfsere Bedeutung zu als den anorganischen. Beide sind aber in das Wasser hineingekommen durch die Benutzung, durch welche das Wasser zum Abwasser wurde. Man darf auch nicht denken, dafs z. B. der Sand und sonstige mineralische Bestandteile, die sich in städtischen Kanälen ablagern, ohne weiteres vergleichbar wären mit dem Sande, wie er sich im Flufslaufe findet. Denn diese Stoffe zeigen sich im Abwasser von organischen Bestandteilen, Gewebefetzen, Haaren usw. eingehüllt und reifsen solche beim Niedersinken auch mit zu Boden, so dafs sich schliesslich eine Masse ergibt, die in hohem Mafse fäulnisfähig ist, sich z. B. für Bau- oder ähnliche Zwecke nicht verwenden läfst. Bei Analyse der ungelösten Stoffe läfst man in der Regel Sperrstoffe, wie Streichhölzer, Fruchtschalen usw., aufser acht. Monti hat auf Rubners Anregung hin unter Verwendung eines Siebsatzes direkte Messungen über die Menge dieser Stoffe in den Berliner Kanälen angestellt und dort bestätigt gefunden, was man in anderen Städten auch schon gefunden hatte, dafs nämlich die Menge der ungelösten Stoffe bis hinunter zu einem Durchmesser von 7 mm verhältnismäfsig sehr gering ist. Sie betrug in Berlin durchschnittlich nur 5,5% der gesamten suspendierten Stoffe.

Über die Menge der feiner verteilten ungelösten Stoffe, die man in dem Abwasser einer Anzahl deutscher und englischer Städte gefunden hat, gibt die nachstehende Tabelle Auskunft:

Städte	Gesamt (Trocken- substanz)	Organisch (Glühverlust)	Anorganisch (Glüh- rückstand)	Bemerkungen
	mg pro Liter			
Wiesbaden . . .	74	34	40	Durchschnitt im Jahre 1906
Hamburg . . .	229,4	179,9	119,5	
Hannover . . .	302			
Köln . . . . .	303	214,6	88,4	
Essen . . . . .	318,6	213,4	105,2	
Freiburg . . . .	350,5	194,7	155,8	
Breslau . . . . .	404,7	200	204,7	
London . . . . .	426,14			
Manchester . . .	458,0			
Leeds . . . . .	600,6			
Birmingham . .	686,0			
Halle . . . . .	1016,4	404,8	611,6	
Frankfurt a. M.	1390	955	435	
Unna . . . . .	4652,5	4395	1407,5	Eigene Unter- suchungen, Durchschnitt

Die Abweichungen dieser Zahlen untereinander sind unerwartet groß. Auch dadurch, daß man die Höhe des Wasserkonsums berücksichtigt, werden diese Differenzen nicht aufgeklärt. Der Wasserkonsum wird z. B. angegeben für Köln mit 118,9 l, für Birmingham mit 125 l, für Manchester mit 132 l, für Leeds mit 175 l und für Hamburg mit 170,11 pro Kopf und Tag. In diesen fünf Städten hat man sich mit dem Studium der Abwasserreinigungsfrage seit Jahren sehr eingehend befaßt und man verfügt über sehr zahlreiche Analysenergebnisse. Man darf also annehmen, daß die für sie oben angeführten Werte gute Durchschnittsergebnisse darstellen, und ich möchte ihnen eine größere Bedeutung beimessen als den meisten der übrigen zitierten Analysendaten. Nicht, daß ich bei letzteren direkte Irrtümer annehme. Die ganz auffallenden Befunde der Stadt Unna z. B. sind in Hamburg nach denselben Methoden festgestellt worden wie die Hamburger Zahlen. Sie erklären sich, wie ich vorläufig noch glaube, durch die Art und Zeit der Probenentnahme.

Im großen und ganzen müssen die vorliegenden Literaturangaben über den Gehalt städtischen Abwassers an ungelösten

Stoffen als sehr unbefriedigend bezeichnet werden, und das ist sehr bedauerlich. Denn gerade diese Stoffe sind für die Flusverunreinigungs- und für die Abwasserbeseitigungsfragen von größter Bedeutung.

Scheidet man aus einem Abwasser die ungelösten Stoffe vollständig aus, so behält das erhaltene klare Produkt, wie oben schon erwähnt, seinen fäulnisfähigen Charakter. Hierzu trägt der Gehalt der Abwässer an Urin ohne Zweifel mit bei. Der Faulprozess läuft aber bei Abwässern anders ab als in Fäkalgruben oder bei faulendem Urin. Hier tritt durch Reduktion des organischen Stickstoffs zu Ammoniumsalzen ein stechender Geruch nach Ammoniak hervor, bei faulenden Abwässern dagegen erst eine unbestimmbare Geruchsnuance, die wir als faulig zu bezeichnen pflegen, und schliesslich ein ausgesprochener Geruch nach Schwefelwasserstoff. Die im Abwasser gelösten organischen Stoffe sind es, welche diese Fäulnisfähigkeit bedingen. Erwähnung und Berücksichtigung finden hierbei fast durchweg nur der organische Kohlenstoff und der organische Stickstoff. Der in den organischen Substanzen enthaltene Sauerstoff und Wasserstoff wird in der Regel mit Recht vernachlässigt. Nicht mit derselben Berechtigung lässt man den organischen Schwefel fast durchweg unberücksichtigt. Die Vernachlässigung desselben ist aus dem Grunde schwer zu verstehen, weil doch gerade das Reduktionsprodukt des organischen Schwefels, der Schwefelwasserstoff, es ist, der dem faulenden Abwasser in erster Linie seinen belästigenden Charakter verleiht, nicht aber der organische Stickstoff, der, wie schon erwähnt, freilich bei der Fäulnis konzentrierten Urins durch den Geruch sich bemerkbar macht, nicht aber bei städtischen Abwässern. Auf dieser Tatsache fußend, habe ich Untersuchungen darüber veranlaßt, inwieweit man durch Bestimmung des organischen Schwefels in Abwässern und dessen Reinigungsprodukten zu praktisch brauchbaren Resultaten kommen könnte. Diese Frage hat nach jahrelangen, zunächst ergebnislosen Bemühungen, neuerdings ihre vorläufige Lösung gefunden, durch Ausbildung des später noch zu beschreibenden Hamburger Testes auf Fäulnisfähigkeit (S. 368).

Vielfach hat man geglaubt, aus dem Gehalt des Abwassers an Chlor Rückschlüsse auf seine Konzentration ziehen zu dürfen. Der Urin enthält etwa 1,1% Kochsalz, und die täglich im Urin

entleerte Kochsalzmenge wird beim Menschen auf 12—16 g berechnet. Legt man der Berechnung 15 g zugrunde, so teilen sich bei einem Wasserkonsum von 50 l pro Kopf und Tag jedem Liter Abwasser 300 mg Kochsalz mit, bei einem Wasserkonsum von 100 l: 150 mg Kochsalz, bei 200 l: 75 mg Kochsalz pro Liter Abwasser. Für die Erhebungen bei einzelnen Städten mögen solche vergleichende Berechnungen wohl einen gewissen Wert haben, man kann aber nicht ohne weiteres aus dem verschiedenen Kochsalzgehalt der Abwässer verschiedener Städte vergleichende Rückschlüsse auf deren Konzentration ziehen. Der Kochsalzgehalt des Hamburger Leitungswassers z. B. betrug im August 1893 nicht weniger als 823,9 mg im Liter. Er ist also mehrfach so hoch als der Kochsalzgehalt, der durch die Abwässer rechnerisch hinzukommt. Man würde einen großen Fehler begehen, wenn man also aus der Tatsache, daß für die Abwässer von Freiburg i. Br. ein Kochsalzgehalt von 74,4 mg und für diejenigen von Breslau 239,2 mg im Liter angegeben werden, den Schluß ziehen wollte, daß das Hamburger Abwasser 11 bzw. 3,5 mal so konzentriert sei als das Abwasser von Freiburg oder Breslau. Als einen extremen Fall nach der anderen Richtung erwähne ich, daß sich für Wiesbaden ein Kochsalzgehalt von 12,4 mg im Liter im Leitungswasser und von 611,2 mg im Abwasser angegeben findet. Rechnerisch würde man hieraus auf einen Wasserkonsum von weniger als 50 l pro Kopf für Wiesbaden

#### Analysen städtischen Leitungswassers.

mg im Liter:

Städte	Oxydierbarkeit Kal. pmgt. Verbrauch	Sauerstoffverbrauch	Glühverlust	Freies Ammoniak
Freiburg i. Br. . . . .	1,1	0,3	24	0
Wiesbaden . . . . .	1,6	0,4	14	0
Halle . . . . .	4,5	1,1	28	Spur
Essen . . . . .	1,4	0,4	24	0
Hannover. . . . .	1,7	0,4	102	0
Frankfurt a. M. . . . .	0,8	0,2	20	0
Breslau . . . . .	12,6	3,2	26	Spur
Hamburg (1900) . . . . .	17,2	4,3	95	Spur
Berlin . . . . .	27,7	6,9	32	Spur

schliessen müssen. Derselbe wird aber mit 96,2 l pro Kopf angegeben. Der hohe Chlorgehalt der Abwässer erklärt sich aus dem Wasser der Thermalquellen.

Mit derselben Vorsicht muß man natürlich bei Anwendung der Ergebnisse auch der übrigen Untersuchungsmethoden verfahren. Über die Oxydierbarkeit, den Glühverlust und den Gehalt an freiem Ammoniak des Leitungswassers verschiedener der schon angezogenen Städte habe ich vorstehende Angaben gefunden (siehe Tabelle S. 58).

Die Oxydierbarkeit schwankt zwischen 1,1 und 27,7 mg Permanganatverbrauch im Liter, der Glühverlust zwischen 14 und 102 mg, der Gehalt an freiem Ammoniak zwischen 0 und Spuren. Die entsprechenden Rubriken in der folgenden Tabelle geben Aufschluß darüber, wie diese Werte sich bei städtischen Abwässern stellen. Die Oxydierbarkeit bewegte sich z. B. zwischen 132 mg Permanganatverbrauch in Frankfurt a. M. und 792 mg in Halle. Diese letztere Zahl darf als ungewöhnlich hoch bezeichnet werden. Durchschnittlich dürfte die Oxydierbarkeit der Abwässer schwemmkanalisierter Städte, nach der Kubelschen Methode bestimmt, zwischen etwa 300 und 500 mg Permanganatverbrauch im Liter liegen. Die Menge der gelösten organischen Stoffe (Glühverlust) bewegt sich in dem Abwasser der angezogenen Städte zwischen rund 150 und 300 mg. Sie ist also zwei- bis dreimal so groß als im Leitungswasser von Hannover und Hamburg, jedoch rund zehnfach so groß als im Leitungswasser der sonstigen zitierten Städte. Der Gehalt der Abwässer an freiem Ammoniak schwankte in den Abwässern der zitierten deutschen Städte zwischen rund 30 und 90 mg. In keinem der erwähnten Leitungswässer werden diese Ziffern auch nur annähernd erreicht. Dem freien Ammoniak kann man also fast den Charakter einer für Abwasser typischen Substanz zuschreiben. Rückschlüsse auf die Konzentration des Abwassers darf man deshalb aus dem Ammoniakgehalt aber doch nicht ohne weiteres ziehen; denn das freie Ammoniak stellt in der Regel ein Zersetzungsprodukt der Abwässer dar und wird sich deshalb in schlechten Kanälen in größerer Menge finden als in solchen, die rein gehalten werden, und aus denen das Abwasser schnell zum Abfluß gebracht wird, ohne daß den Fäkalien Gelegenheit gegeben wird, sich in Gruben oder ähnlichen Anlagen faulig zu zersetzen.

Geringer noch sind die Fehlerquellen, wenn man die Berechnungen auf den Gehalt der Abwässer an organischem Stickstoff, Albuminoid-Ammoniak und organischem Kohlenstoff stützt. Solche Stoffe fehlen im Leitungswasser entweder ganz, oder sie finden sich nur in sehr geringen Mengen, die man vernachlässigen kann. Nach dem Gehalt der Abwässer an diesen drei Stoffen wird man also auf die Konzentration derselben schließen dürfen, jedoch auch wieder nur dort, wo man es mit frischen Abwässern zu tun hat; denn der organische und Albuminoid-Stickstoff zersetzen sich in faulenden Fäkalien und Abwässern und nehmen ab zugunsten des Ammoniakgehaltes, während der organische Kohlenstoff sich teilweise in Kohlensäure verwandelt.

### Gehalt städtischer Abwässer an gelösten Substanzen

in mg pro Liter:

Städte	Oxydierbarkeit				Glühverlust	Ammoniak	Album-Ammoniak	organ. Stickstoff	organ. Kohlenstoff
	4h test.	Kubel	4h test.	Kubel					
		Kal.-Perm.-Verbrauch		Sauerstoffverbrauch					
Frankfurt a. M.		132,0		32,9	228,0	31,5		12,9	
Freiburg i. Br. .		146,1		36,5	194,7	66,7			
Wiesbaden . .		160,9		40,0	153,0	37,0		9,8	
Breslau . . .		233,7		58,4	231,0	85,0			
Berlin . . . .		333,7		83,4	285,2	99,5			
Essen . . . .		376,4		94,1	229,0	34,2		14,9	
Hamburg . . .	479,1	510,7	119,8	129,2	252,5	27,5	14,5	28,5	136,0
Durchschnitt 1901 bis 1904									
Halle . . . .		792,0		198,0	309,7	89,1		59,1	
Manchester . .	416,4		104,1			22,7	5,17		
Leeds . . . .	477,4		119,4			11,25	11,25		
Birmingham .	719,7		179,9			39,3	13,2		

Andere analytische Untersuchungen, wie z. B. Sauerstoffzehrung, kommen für die Prüfung des Charakters und der Konzentration ungereinigter Abwässer weniger in Frage als für die Beurteilung von Abwasserreinigungsanlagen, bzw. bei dem Studium von Flufsverunreinigungen.



Über die bakteriologischen Verhältnisse mag hier nur gesagt sein, daß der Keimgehalt der Abwässer in der Regel höher als eine Million pro ccm liegt und nicht selten 50 bis 100 Millionen erreicht. Bakterienarten, die man als durchaus spezifisch für Abwässer bezeichnen dürfte, kennt man nicht. Am nächsten kommt der *coli communis* einer solchen charakteristischen Stellung. Dieser findet sich im Darmtraktus und deshalb auch in den Ausscheidungen sämtlicher Tiere. Man vermag wohl den *coli communis* der Kaltblüter von demjenigen der Warmblüter zu unterscheiden, eine Differenzierung des *coli communis* des Menschen von demjenigen anderer Warmblüter läßt sich aber zur Zeit nicht ermöglichen. Durch jeden auf dem Wasser schwimmenden Schwan oder sonstigen Vogel können also *coli-communis*-Bakterien in das Wasser gelangen, die sich von solchen menschlicher Herkunft nicht unterscheiden lassen. Die Anwesenheit der *coli communis* in Flufswasser läßt also nicht ohne weiteres den Rückschluss auf Beimischung von Abwässern zu. Personen, welche an Typhus, Cholera, Ruhr und anderen Darmkrankheiten leiden, scheiden die betreffenden Krankheits-erreger mit ihren Fäkalien aus. Daß auch für die meisten anderen pathogenen Bakterien die Möglichkeit gegeben ist, in die Abwässer zu gelangen, sofern die Patienten nicht isoliert sind und alle ihre Ausscheidungen vernichtet oder desinfiziert werden, darf als feststehende Tatsache gelten. Durch die Konsequenzen, welche sich hieraus ergeben, werden Fragen schwierigster Art angeschnitten. Auf dieselben soll später näher eingegangen werden (Kap. 9).

Als offenkundige Mißstände, die sich aus der modernen Abwasserbeseitigung mittels Schwemmkanalisation unter Umständen ergeben können, kommen in erster Linie in Betracht die Bildung von Schlammhäfen und sonstiger Schlammablagerungen in den Vorflutern und an den Ufern derselben, Trübung und Verfärbung des Wassers, Auftreten von Fäulnisercheinungen, die sich dokumentieren durch üble Gerüche, vorwiegend nach Schwefelwasserstoff, gelegentlich auch dadurch, daß faulende Schlammteile aufsteigen und an der Wasseroberfläche umhertreiben, neben anderen Schwimmstoffen, wie sie weiter oben schon genannt wurden. Solche Mißstände haben sich, wie wir gesehen haben, an manchen Orten in einem solchen Grade entwickelt,

dafs die Ufer und die ganze Umgebung des Vorfluters auf weite Strecken hin unbewohnbar wurden. Der durch die Fäulnis entstehende Schwefelwasserstoff ist ein intensives Fischgift. In übermäfsig verunreinigten Flüssen entwickelt sich eine charakteristische sog. Abwasserflora, die mancherlei Unannehmlichkeiten mit sich bringt. Solche Mifsstände waren es, die die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Abwasserbeseitigungsfrage lenkten und die Frage wegen Reinigung der Schmutzwässer in Flufs brachten. Diese hat, wie wir gesehen haben, mit dem Wachstum der Städte und der Industrie eine stetig sich steigernde allgemeine Bedeutung gewonnen, so dafs sich kaum eine Stadt nennen läfst, die davon ganz unberührt bleiben könnte. Selbst die an den Estuarien gelegenen Städte, die sich vor nicht langer Zeit noch vollständig sicher nach dieser Richtung fühlten, werden jetzt durch die Austernindustrie oder ähnliche Interessen veranlafst, sich mit der Abwasserreinigungsfrage zu befassen.

---

## 6. Kapitel.

### Aufgaben der Abwasserreinigungsanlagen.

In einem früheren Kapitel wurde schon darauf hingewiesen, daß die Aufgaben der Abwasserreinigung im Laufe der Zeit sehr verschieden aufgefaßt und beurteilt worden sind. Erst wurden sie vernachlässigt, dann begann man sehr rigoros vorzugehen, und allmählich entwickelten sich verständigere Auffassungen. Als wichtigstes Ergebnis jahrzehntelanger Erörterungen darf die im Laufe der letzten Jahrzehnte und, soweit Deutschland in Frage kommt, hauptsächlich während der letzten zehn Jahre zum Durchbruch gekommene, allgemeine Erkenntnis gelten, daß man in den Anforderungen an die Abwasserreinigung nie schematisch vorgehen darf. Um diese Tatsache zu demonstrieren, pflege ich einen Vergleich zu ziehen zwischen Städten, wie Hamburg, Köln oder Wien einerseits, deren Kanäle sich in mächtige Vorfluter entleeren, und zwischen ähnlichen mächtigen Städtekomplexen, wie Berlin, Leipzig, Manchester, Leeds, Birmingham etc. andererseits, deren Abwässer unter Umständen einen erheblichen Bruchteil der gesamten Wasserführung ihres Vorfluters ausmachen. Die erstgenannten Städte können ihren ganzen abschwemmbaren Unrat in den Fluß entleeren, ohne daß sich die Spuren desselben darin nennenswert oder überhaupt bemerkbar machen. Fängt man die gröberen Schwimmstoffe ab, so ist die Einleitungsstelle des Abwassers in solchen Fällen grobsinnlich überhaupt nicht wahrnehmbar. Noch günstiger liegt der Fall für kleine Ortschaften von wenigen hundert oder tausend Einwohnern, die an mächtigen Flüssen liegen. Zwischen solchen extremen Fällen gibt es alle erdenklichen Übergangsstufen. Wollte man nun fordern, daß die am günstigsten ge-

legenen Städte ihre Abwässer ebenso gründlich reinigen sollten, wie es Leipzig, Manchester etc. notgedrungen tun müssen, wenn sie ihre Vorfluter nicht vollständig verderben wollen, so würde sich das weder aus hygienischen noch auch aus ästhetischen Gründen rechtfertigen lassen.

Freilich ist mit der Frage der Beseitigung der Abwässer die Frage wegen der Flufsverseuchung eng verknüpft. Diese mit der Infektionsgefahr zusammenhängenden Fragen lassen sich aber von den Aufgaben der Reinigung der Abwässer trennen, und eine solche gesonderte Behandlung empfiehlt sich aus praktischen Gründen deshalb, weil die Abwasserreinigungsfrage durch ihre grundsätzliche Verknüpfung mit den Infektionsfragen oft unnötig erschwert wird. Man wird für jeden einzelnen Fall zu entscheiden haben, ob Unterlieger darauf angewiesen sind, das Wasser des Vorfluters, in das die Abwässer hineingeleitet werden sollen, für häusliche Brauch- und Trinkzwecke zu benutzen, und je nach Lage der Sache ist von vornherein festzustellen, welche Mafsnahmen im Falle von Epidemien zu treffen sind. Die allgemeine Forderung, alle Abwässer so zu behandeln, dafs sie entwicklungsfähige Krankheitserreger nicht mehr enthalten, ist jedenfalls unerfüllbar (s. S. 354).

Befassen wir uns also vor der Hand nur mit den Fragen wegen der Abwasserreinigung, so wird man, je nach den oben skizzierten Vorfluterhältnissen, die Aufgabe einmal darin erblicken müssen, nur die gröberen, ungelösten Stoffe so weit abzufangen, dafs den ästhetischen Forderungen genügt wird, d. h. dafs Bestandteile, die als charakteristisch für Abwasser bekannt sind, nicht auf der Oberfläche des betreffenden Flusses umherschwimmen, bzw. an den Ufern haften bleiben. Solche Aufgaben lassen sich durch Gitter und Rechen lösen (S. 72). Solche Einrichtungen sucht man zurzeit, wie wir noch sehen werden, so auszubilden, dafs Stoffe bis zu 2 mm oder noch geringerem Durchmesser damit abgefangen werden können. Viele Ingenieure betrachten es noch als eine offene Frage, ob es sich empfehlen wird, Stoffe von geringerem Durchmesser als 3—4 mm durch derartige Vorrichtungen auszuscheiden.

In Fällen, wo die Aufgabe so aufgefaßt werden mufs, dafs möglichst sämtliche ungelösten Bestandteile des Abwassers von dem Vorfluter ferngehalten werden, kommen das Absatzver-

fahren (S. 96) und das Fällungsverfahren (S. 140) in Betracht. Will man Wirkungen erzielen, die darüber hinausgehen, d. h. auch die gelösten Bestandteile angreifen, und ein Produkt herstellen, das überhaupt nicht mehr fäulnisfähig ist, so stehen zurzeit nur biologische Methoden zur Verfügung, d. h. Methoden, bei denen die gelösten organischen Bestandteile dem Abwasser durch Absorptionsvorgänge entrissen und dann durch Mikroorganismen-tätigkeit zersetzt und unter Sauerstoffzutritt oxydiert werden. Die älteste hierher gehörige Methode ist das Berieselungsverfahren (S. 146). Seit einigen Jahrzehnten verfügt man auch über die Franklandsche Bodenfiltration (S. 172), seit reichlich einem Jahrzehnt schliesslich über die künstlichen biologischen Methoden (S. 223), die sich aus der Franklandschen Methode entwickelt haben.

Bei keiner der drei biologischen Methoden empfiehlt es sich, die Abwässer ohne jede Vorbehandlung, d. h. mit allen suspendierten Stoffen beladen, auf die Reinigungskörper zu bringen. Mehr und mehr kommt man zu der Einsicht, dass die biologische Reinigung sich um so rationeller durchführbar erweist, je gründlicher die ungelösten Stoffe aus den Abwässern vorher ausgeschieden werden. Als vorbereitende Behandlung genügen selten Sandfänge und Rechen. In der Regel wird man entweder das Absitzverfahren, das Fällungsverfahren oder das Faulverfahren für solche Zwecke heranzuziehen haben. Ausser durch die genannten biologischen Verfahren lässt sich ein der Fäulnis nicht mehr zugängliches Produkt erzielen durch das Degenersche Kohlebreiverfahren (S. 324).

Keine dieser Reinigungsmethoden bietet sichere Gewähr für vollständige Ausscheidung von Infektionserregern aus dem Abwasser. Wo solche zu fordern ist, müssen Desinfektionsmethoden zur Anwendung gebracht werden (S. 331).

Die oben genannten Behandlungsmethoden finden sich in dem 7.—9. Kapitel beschrieben.

## 7. Kapitel.

### Beschreibung der Methoden zur Ausscheidung ungelöster Stoffe.

#### a) Sandfänge.

Sandfängen (Detritus tank, grit chamber) begegnet man zurzeit noch fast ausschliesslich nur in Verbindung mit Sieb-, Gitter- und Rechenanlagen. Das findet sich begründet in der historischen Entwicklung dieser beiden Vorrichtungen. Gitter wurden zunächst nur zum Schutze der Abwasserpumpen angelegt. Sie verlangsamten die Stromgeschwindigkeit des Abwassers. Das führt zum Ausfallen der schwereren Stoffe, der sog. Sinkstoffe, und um diese bequemer sammeln zu können, stellte man Vertiefungen her, aus denen die Sinkstoffe mit Baggern oder ähnlichen Apparaten leicht zu entfernen sind.

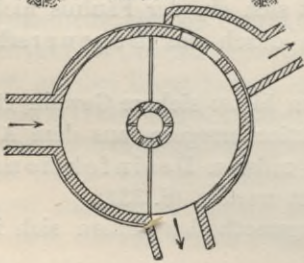


Fig. 1. Berliner Sandfang.

Die ältesten Sandfangkonstruktionen stellen einfach Vertiefungen mit rechteckigen oder runden Querschnitten dar, nach Art der in Fig. 1 abgebildeten Berliner Sandfänge. Um die Ausräumung der Sinkstoffe bequemer zu gestalten, ging man dazu über, der Sohle des Sandfanges ein starkes Gefälle, meistens nach der Zulaufseite hin, zu geben. Hier und da findet man auch Sandfänge, deren Sohle umgekehrt ein Gefälle nach der Abflufs-

seite hin hat (Fig. 2). Eine solche Konstruktion kann, wie wir noch sehen werden, selbst für Absitzbecken nicht als rationell gelten, in denen auch leichtere ungelöste Stoffe ausgeschieden werden sollen. Für Sandfänge dürfte es sich unter allen Umständen empfehlen, das Sohlengefälle nach der Zuflussseite hin zu verlegen, wie Fig. 3 zeigt, die den von Mairich für Ohr-

drufrerbauten Sandfang darstellt. Sand und andere schwere Stoffe verteilen sich hier nicht über eine größere Fläche der Sohle, sondern sie sin-

ken nach Eintritt in den Sandfang sofort nach dem tiefsten Punkt nieder, von wo sie ausgeräumt werden können. Bei kleineren Anlagen geschieht das in der Regel von Hand mit Schaufeln, aus dem Ohrdrufer Sandfange werden die Sinkstoffe nach Öffnung eines Schiebers in Eimer hinüber geschwemmt, die von dem im Querschnitt abgebildeten Kanal aus herausgehoben werden können. Solche Vorkehrungen wird man nur

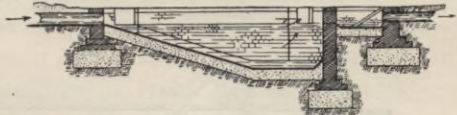


Fig. 2. Sandfang einer englischen Abwasserreinigungsanlage im Längsschnitt.

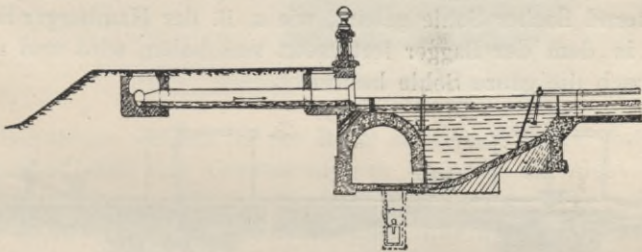


Fig. 3. Sandfang Ohrdruf.

in den seltensten Fällen nachbilden können. Das direkte Einsetzen von Gefäßen zum Auffangen von Sinkstoffen wird aber vielfach geübt, so z. B. in dem in Fig. 4 dargestellten Sandfang der Allgemeinen Städtereinigungsgesellschaft, Berlin.

Bei den Schneppendahlschen Anlagen (Fig. 5) werden in die Sandfänge durchlochte Metallgefäße hinabgelassen, die man zwecks Ausräumung der Sinkstoffe mittels Krahn hebt.

In der Regel werden die Sandfänge getrennt von etwa nachfolgenden Klär- oder Reinigungsanlagen gebaut. In dem von Steuernagel für Köln konstruierten Absitzbecken ist dagegen der Sandfang als direkte Fortsetzung des an anderer Stelle noch zu beschreibenden Absitzbeckens an der Zuflussseite ausgebildet. (Fig. 6). In diesem Falle werden die Sinkstoffe mittels Vakuumpessels aus dem Sandfange abgesaugt. In

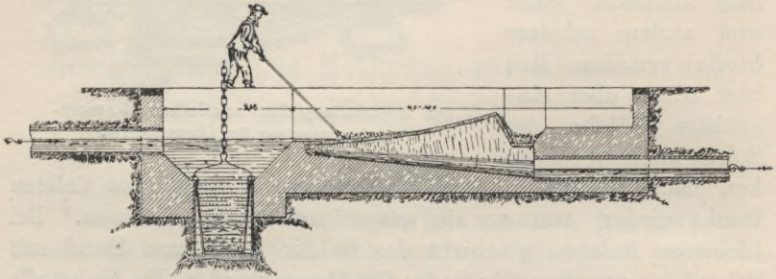


Fig. 4. Sandfang der Allgem. Städtereinigungsgesellschaft.

vielen größeren Anlagen werden die Sinkstoffe mittels Pater-nosterwerk herausgebaggert. Die Mehrzahl der mir bekannten großstädtischen Anlagen hat die Sandfänge aber mit flacher oder annähernd flacher Sohle gebaut, wie z. B. der Hamburger Sandfang, in dem der Bagger fortgesetzt verschoben wird und nach und nach die ganze Sohle bestreicht.

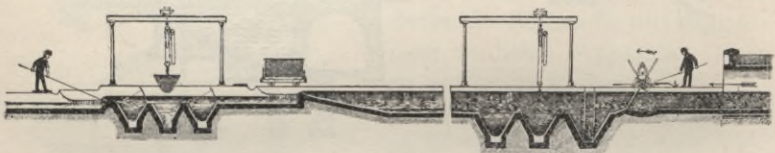


Fig. 5. Schneppendahl'sches Sieb- und Sandfangsystem.

In Birmingham bedient man sich eines Greifbaggers (Fig. 7) der fahrbar konstruiert ist, damit er die Sinkstoffe von allen Punkten der annähernd flachsohligen großen Sandfänge ausräumen kann.

Der Fall, dass man bei städtischen Anlagen auf Sandfänge überhaupt verzichtet, ist selten. Zu nennen wäre hier Kassel, wo das Abwasser direkt in die Absitzbecken geleitet wird. Die



Schlammausräumung kann aus dem Grunde in Kassel nicht mittels Pumpen geschehen, sondern man verwendet hierzu wegen der beigemischten Sperrstoffe Vakuumpessel. In Marburg hat Riensch aus prinzipiellen Gründen davon abgesehen, einen Sandfang vor den Rechenwerken zu bauen. Ein solcher wurde anfänglich hinter den Rechen konstruiert, und zwar in eigenartiger Ausgestaltung, die sich im Betriebe nicht bewährt hat und deshalb hier nicht näher beschrieben werden soll. Bei der später nach dem System Riensch in Düsseldorf hergestellten Anlage sind Sandfänge, allerdings in recht flacher Konstruktion, vor den Rechen eingebaut.

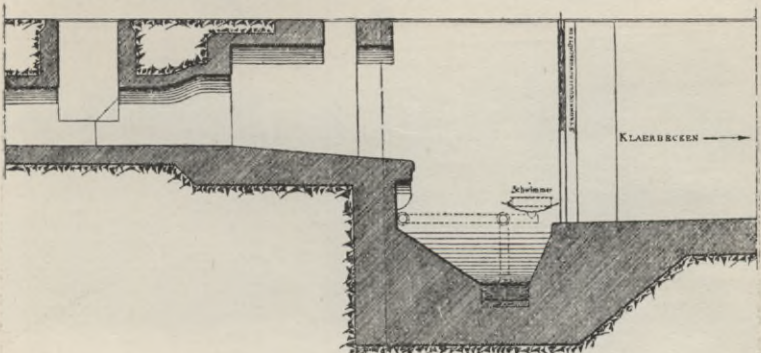


Fig. 6. Sandfang des Kölner Klärbeckens.

Sandfänge werden in der Regel so dimensioniert, daß die Geschwindigkeit des Abwasserstromes in ihnen auf nicht mehr als etwa 5 cm pro Sek. herabgesetzt wird. Da der Weg meistens kurz ist, so halten sich die Abwässer nur wenige Minuten im Sandfang auf. Bei dem Kölner Probebecken hat der Sandfang z. B. nur eine Breite von 3,4 m, die Sandfänge in Frankfurt a. M. haben eine Breite von 6 m. Die Sandfänge in Manchester sind 8 m breit und haben an Regentagen ganz ungewöhnlich große Mengen von Sinkstoffen aufzunehmen, weil Manchester keine Straßengullys hat. Die Sandfänge der Pariser Pumpstation in Clichy haben die ungewöhnliche Länge von 60 m.

In der später noch zu erwähnenden Dresdener Versuchsanlage soll sich die in Fig. 34, S. 89 im Grundrifs abgebildete Sand-

fangkonstruktion besonders gut bewährt haben. Der für eine tägliche Abwassermenge von 45 000 cbm kreisförmig angelegte Sandfang hat einen Durchmesser von 6 m. Anfänglich war er trichterförmig gestaltet. Auf Grund der gemachten Beobachtungen hat man die Sohle flacher gebaut und einen zweiten Sandfang konzentrisch in den schon vorhandenen eingebaut. Die Wandung dieses kleinen Sandfanges ist an einer Seite geöffnet (Fig. 34). Das Abwasser tritt zunächst in den äußeren

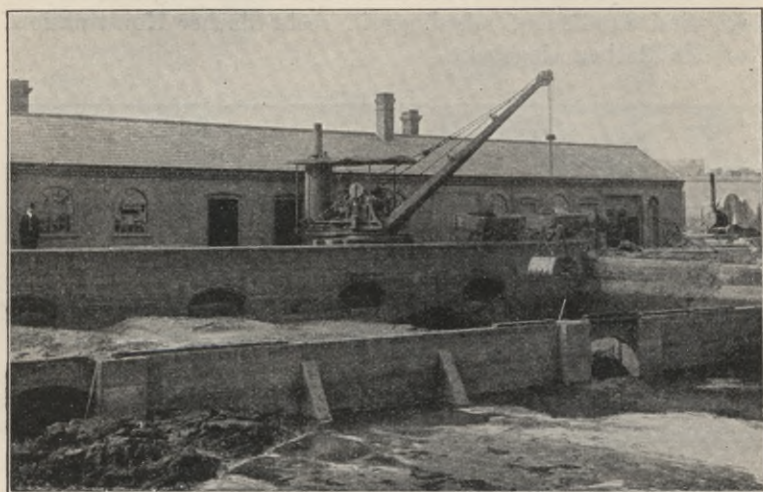


Fig. 7. Greifbagger Birmingham.

Brunnen und bewegt sich nach rechts und links um den kleinen Brunnen herum. Vor der durchbrochenen Wand stoßen die beiden Zuflüsse gegeneinander. Die Störung in der Abwasserbewegung läßt die Sinkstoffe zu Boden fallen. Da die Sohle nach der Brunnenmitte zu stark geneigt ist, rutschen sie nach dem tiefsten Punkt ab, von wo sie mittels Bagger gehoben werden.

Durchweg pfl egt man mindestens zwei Sandfänge parallel nebeneinander zu schalten, die alternierend ausgeräumt werden können. Selbst wo die Ausräumung durch Bagger geschieht, wird der Betrieb während der Ausräumung meistens unterbrochen. Eine absichtliche Ausnahme hiervon macht Watson in Birmingham, und zwar aus dem Grunde, weil er möglichst

viel fäulnisfähige Stoffe nach den noch zu beschreibenden Faulbecken hinüberschwemmen möchte.

Eine Hintereinanderschaltung von Sandfängen ist mir nur in der Wiesbadener provisorischen Anlage bekannt geworden. Die damit gemachten Erfahrungen sollen nicht ermutigend gewesen sein.

Der Name »Sandfang« ist nicht eigentlich bezeichnend für die Aufgabe der beschriebenen Anlagen. Ihrer Menge sowie auch ihrer Zusammensetzung nach sind die Stoffe, die darin abgefangen werden, von den örtlichen Verhältnissen sehr abhängig und deshalb sehr verschieden. In Kanäle, die nach dem Sammelsystem ausgebaut sind, wird an Regentagen der Strafsendetritus hineingespült, der, je nach der Befestigungsart der Strafsen, nach Menge und Zusammensetzung sehr verschieden ist. In die Birminghamer Kanäle z. B. liefern die langen, angeschlossenen makadamisierten Strafsenzüge ungewöhnlich große Mengen von mineralischem Detritus. Zumeist werden diese durch Strafsengullys abgefangen. Manche Städte, wie z. B. Manchester, verzichten aber auf Strafsengullys und suchen den ganzen Strafsendetritus zur Kläranlage hinunterzuschwemmen. Nach heftigen Regengüssen beläuft sich dessen Menge gelegentlich bis auf 300 t Sinkstoffe pro Tag. In Städten, die nach dem Trennsystem kanalisiert sind, verringern sich die Ansprüche, die an die Sandfänge gestellt werden, wegen Fortfalles der Strafsenschmutzstoffe, nicht unerheblich.

In der Regel bildet sandiges Material einen Hauptbestandteil der aus den Sandfängen auszuräumenden Stoffe. Man darf sich dieses Material, wie schon erwähnt, aber nicht als reinen Sand vorstellen; selbst unter den günstigsten Verhältnissen erweist er sich durch faserige Stoffe und organische Materie aller Art, die durch den Sand festgehalten und mit niedergeschlagen werden, ganz erheblich durchsetzt. Deshalb ist das aus den Sandfängen gewonnene Material für bauliche oder ähnliche Zwecke selten geeignet, auch muß man bei der Unterbringung auf die starke Fäulnisfähigkeit desselben Rücksicht nehmen.

Die Menge der Stoffe, die sich in Sandfängen ausscheiden lassen, kann man aus den dargelegten Gründen nicht allgemein pro cbm oder pro Kopf berechnen. Ich beschränke mich deshalb darauf, einige in der Praxis gewonnene Daten weiter unten (S. 374) anzuführen.

### b) Siebe, Gitter und Rechen.

Siebe, Gitter, Rechen und ähnliche Vorrichtungen zum Abfangen ungelöster Stoffe aus Abwässern wurden bis vor etwa zwei Jahrzehnten ausschliesslich nur in solchen Fällen zur Anwendung gebracht, wo das Abwasser durch Pumpen zu heben war und Sperrstoffe sowie mineralische Teilchen von den Pumpen ferngehalten werden mussten. In den meisten Ländern spielen diese Apparate auch heute noch eine nebensächliche Rolle. In Deutschland dagegen hat sich die Anwendung von Rechenwerken im Laufe des letzten Jahrzehntes zu einer selbständigen Methode entwickelt, die überall dort angewendet wird, wo Abwässer in Flüsse geleitet werden können, die eine so starke Verdünnung gewährleisten, dass die Behandlung des Abwassers weniger aus hygienischen als aus ästhetischen Gründen vorgeschrieben wird; wo es lediglich darauf ankommt, zu verhüten, dass unappetitliche Stoffe an den Flusufnern hängen bleiben, oder aber sich an der Wasseroberfläche bemerkbar machen. Allerdings haben die ungelösten Stoffe auch eine gewisse, wenn auch geringere Bedeutung als Vehikel für Infektionserreger.

Im Laufe der Jahre sind solche Anlagen für Köln, Düsseldorf, Göttingen, Dresden, Hamburg und eine grosse Anzahl kleinerer Städte zur Ausführung gelangt.

Die Aufgabe, alle ungelösten Stoffe bis hinab zu solchen von etwa 3 mm oder gar 1 mm Durchmesser aus dem Abwasser auszuscheiden, ohne Errichtung umfangreicher Kläranlagen, d. h. ohne die Stromgeschwindigkeit des Abwassers erheblich herabzusetzen, ist nicht ganz leicht zu lösen. Die Natur der abzufischenden Stoffe bringt das mit sich. Denn faserige Substanzen, Papierfetzen, Haar und ähnliche Stoffe verfilzen den Reinigungsapparat und machen es schwer, die Durchtrittsöffnungen frei zu halten.

Die Schwierigkeit der Aufgabe hat den Scharfsinn der Ingenieure angespornt, immer wieder neue mechanische Abfangkonstruktionen zu ersinnen. Die Entwicklung, welche die Konstruktionen von Sieb- und Gitterwerken im Laufe der letzten Jahre genommen haben, bildet deshalb ein sehr interessantes Studium.

Mit Rücksicht auf die zunehmende Bedeutung der mechanischen Abfangvorrichtungen, die heute kaum noch in irgend-

einer modernen Abwasserreinigungsanlage fehlen, habe ich Wert darauf gelegt, nachstehend eine möglichst vollständige Übersicht über die bislang ausgebildeten Typen von Gitter- und Siebwerken zu geben.

Gitter vor Abwasserpumpen wurden zumeist aus Rundeisen mit Stababständen von 15—25 mm hergestellt. Die angeschwemmten Stoffe wurden von Hand abgestrichen. Hier und da konstruierte man ein bewegliches Gitter, das sich vor einem festmontierten auf und ab bewegte, um Fäkalien und sonstige Stoffe zu zerkleinern und so in eine pumpbare Form zu bringen.

Um die Zeit, als in England eine gröfsere Reihe von Städten Versuche zur Reinigung ihrer Abwässer mittels Filtration anstellte,

hat man sie oft einer Vorbehandlung unterworfen, um der schnellen Verstopfung der Filter vorzubeugen. Zumeist liefs man das Abwasser durch ein grobes Koks- oder Schlackefilter hindurchlaufen, welches die Sperrstoffe abfing. In Amerika wurden hier und da auch Strohmatte zu solchem Zwecke verwendet. Auch liefs man das Abwasser über Flächen laufen, die mit spitzkantigem Stein Schlag bedeckt waren. Die ungelösten Stoffe blieben an den Steinen hängen. Alternierend wurden die Flächen aufser Betrieb gesetzt; dann trockneten die zurückgehaltenen organischen Stoffe schnell ein. Alle diese primitiven Einrichtungen versagten, indem sie sich bald verstopften oder

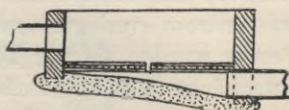


Fig. 8. Abwassersieb in Wayne.

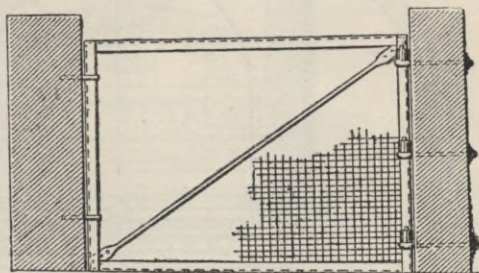


Fig. 9. Siebtür White Plains.

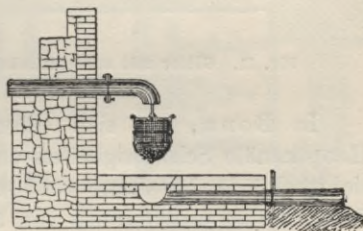


Fig. 10. Siebkorb Rhode Island.

aber die Umgebung durch üble Gerüche belästigten. Die nächstfolgenden Versuche richteten sich darauf, Vorteile dadurch zu erzielen, daß man Gitter in verschiedenen Richtungen zum Abwasserstrom verlegte, gelegentlich auch horizontal (s. Fig. 8). Ferner wurden sie wie Türen in Angeln drehbar in die Kanäle eingehängt (Fig. 9). Außerdem wurden Körbe aus Metallgewebe zum Abfangen der gröberen ungelösten Stoffe benutzt (Fig. 10.)

Längsschnitt.

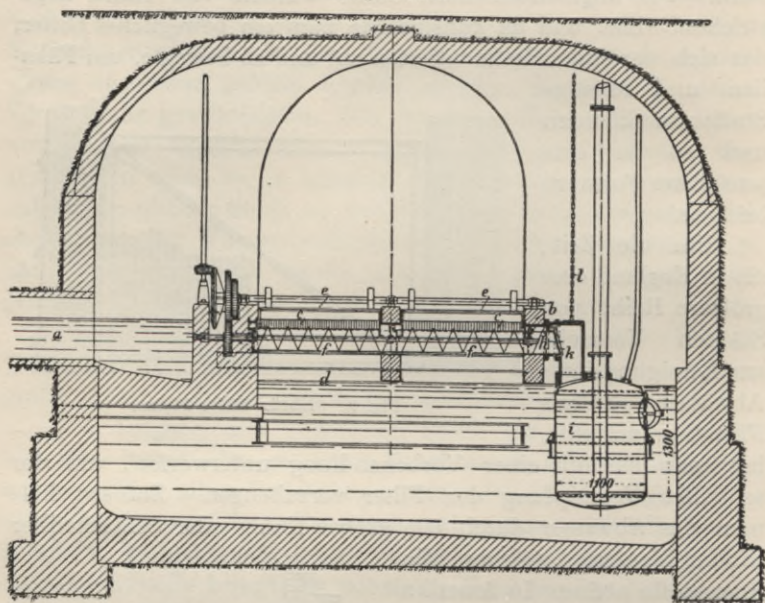
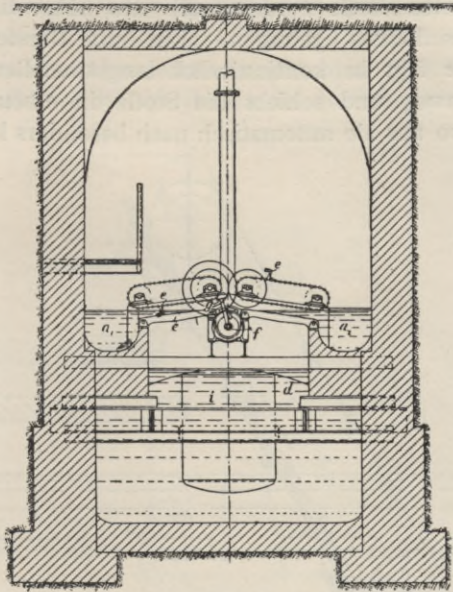


Fig. 11. Gitter mit automatischer Abstreichvorrichtung, Bromberg.

In Bonn, wo sich einer Vereinigung der vorhandenen Hauptkanäle Schwierigkeiten entgegenstellten, und wo die Aufsichtsbehörde im Jahre 1903 eine Abfangung der ungelösten Stoffe bis zu einer Größe von 5 mm hinunter forderte, hat man sich so zu helfen gesucht, daß man in der Nähe der Ausmündungsstelle der einzelnen Kanalstränge Schächte baute, in die man Gitterkörbe einsetzte. Das Abwasser muß durch diese Körbe hindurchtreten. Die Körbe werden zwecks Reinigung mittels Kranwagen herausgehoben.

Für Bromberg und Insterburg hat Metzger die durch Figg. 11, 12 und 13 veranschaulichten Abfangvorrichtungen

Querschnitt.



Grundriß.

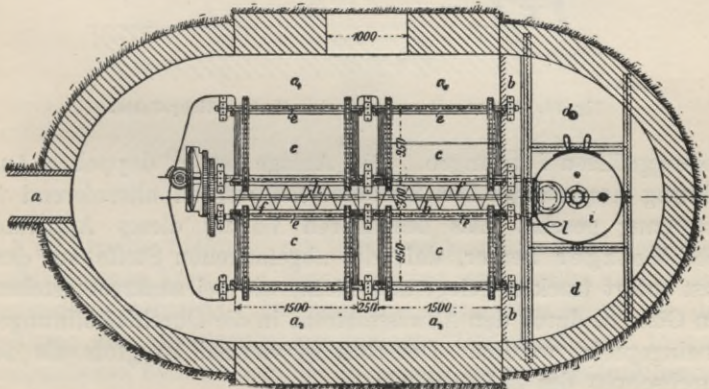


Fig. 12 u. 13. Gitter mit automatischer Abstreichvorrichtung, Bromberg.

konstruiert. Das Kanalwasser ergießt sich in trogartige Rinnen *a*, über deren Seiten es übertritt und auf Rostflächen *c* von

3 mm Stababstand gelangt, die mit schwacher Steigung, fast horizontal, verlegt sind. Sobald die tiefer liegenden Teile des Rostes verschlammte sind, staut sich das Abwasser an und die angeschwemmten Stoffe werden nach den höher liegenden Abschnitten des Rostes getragen. Ein mit Bürste versehenes Streichblech *e* fegt in kontinuierlich langsamer Bewegung über den Rost hinweg und schiebt die Stoffe in einen Schnecken-trog *f*, von wo aus sie automatisch nach besonders konstruierten

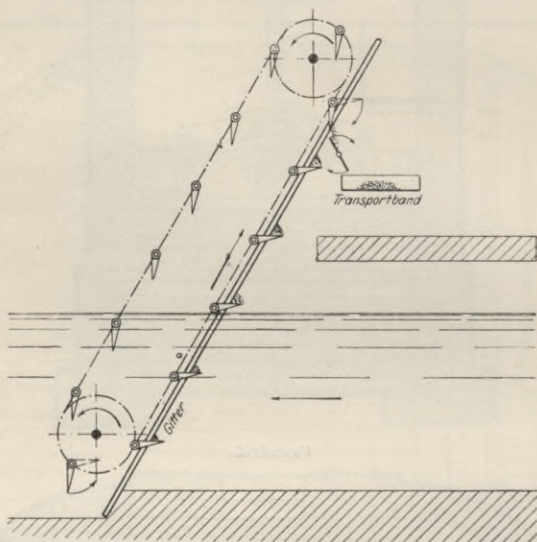


Fig. 14. Gitter mit automatischer Harke, Clichy-Paris.

Abfanggefäßen *i* gelangen. Die Anlage ist in doppelter Ausführung hergestellt. Die Streichbleche werden alternierend in Bewegung gesetzt. Als besonderen Vorzug dieses Apparates hebt Metzger hervor, daß die abgefangenen Stoffe auf dem Rost sofort trocken gelegt und nicht, wie bei senkrecht stehenden Gittern, durch den Abwasserstrom in die Durchlaßöffnungen hineingepreßt werden. Der Rost ist viermal so groß als der Durchschnitt des Zufluskanals.

Bei vielen von den neueren Anlagen läßt man das Abwasser durch Gitter hindurchtreten, die in vertikaler oder annähernd vertikaler Stellung fest eingebaut sind und von denen



die angeschwemmten Stoffe abgeharkt werden durch Rechen, deren Zinken in die Durchlaßöffnungen der Gitter eingreifen und automatisch in aufsteigender Richtung bewegt werden. Die älteste derartige mir bekannte Anlage ist diejenige der Clichy-Pumpstation in Paris (Fig. 14). Das Gitter ist in diesem Falle schräg gegen den Abwasserstrom gerichtet. Die Harkenzinken nehmen, sobald sie die Oberkante des Rechens erreicht haben,

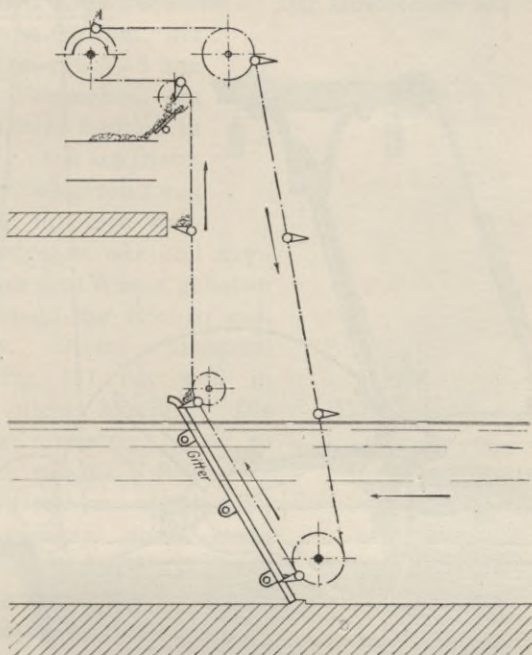


Fig. 15. Gitter mit automatischer Harke, Manchester.

eine senkrechte Stellung ein und werfen die angeschwemmten Stoffe in einen Trog. In Manchester ist dasselbe Prinzip zur Anwendung gebracht, nur sind die Gitter hier schräg in der Richtung des Abwasserstromes verlegt. Der durch Fig. 15 veranschaulichte Rechen befindet sich deshalb an der Zufußseite.

Die größten Verdienste um die Ausbildung der mechanischen Abfangvorrichtungen hat sich der Ingenieur Hermann Riensch erworben, der seit mehr als einem Jahrzehnt rastlos

bestrebt ist, zu Konstruktionen zu kommen, durch die auch die feinsten Schlamnteilchen zurückgehalten und bei denen alle unappetitlichen Arbeiten automatisch verrichtet werden sollen, die vordem von Hand zu leisten waren. Er experimentierte erst an industriellen Abwässern, aus denen er mit Erfolg solche

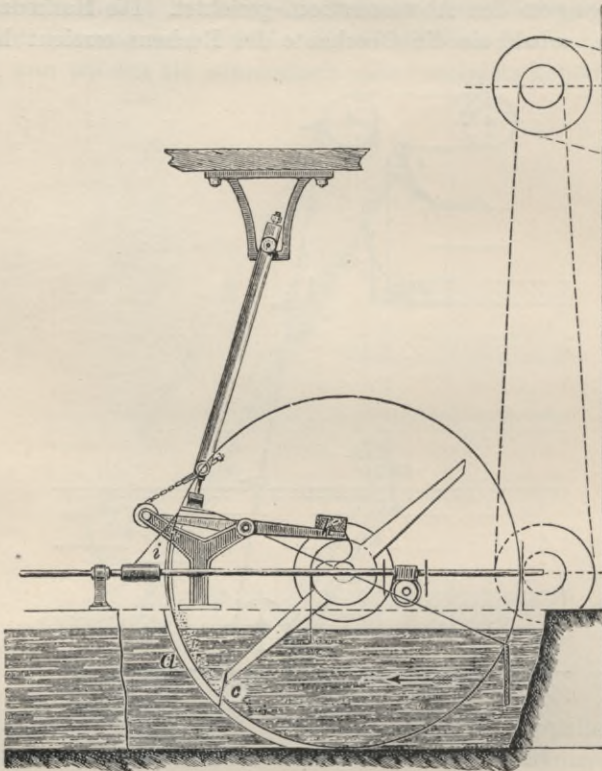


Fig. 16. Riensch'scher Mittelrechen (Längsschnitt).

Stoffe herausfischte, die sich mit Gewinn verwerten ließen. An städtischen Abwässern hat er seine ersten Versuche in Wiesbaden, darauf in größerem Maßstabe in Marburg ausgeführt. Unter steter Vervollkommnung der Apparate hat Riensch später die Abfangvorrichtungen für andere Städte entworfen, zuletzt für Düsseldorf. Das dort von Riensch verwendete Prinzip stellt eine weitere Ausbildung der schon beschriebenen Einrich-

tungen von Paris und Manchester dar. Riensch verlangsamte aber, wie an anderer Stelle schon hervorgehoben wurde, nicht den Abwasserstrom vor den Rechenapparaten, sondern er suchte ihn in Marburg sogar zu beschleunigen, um alle ungelösten Stoffe, einschliesslich der Sinkstoffe, auf den Reinigungsapparat zu bringen. Die Rienschschen Grob- und Mittelrechen stellen, wie in Fig. 16 veranschaulicht, nicht gerade Flächen dar, sondern Kreisabschnitte *a*. Der Grobrechen hat einen Stababstand von 15 mm, der Mittelrechen von 5—6 mm

und der Feinrechen von 3 mm. Dieser bestand in Marburg noch aus Draht, der in Abständen von 1 mm harfenartig in einen Rahmen eingespannt war und automatisch aus dem Wasser gehoben wurde, sobald der Rechen sich verstopfte. Diese »Schlammharfe« (Fig. 17) hat sich in Marburg nicht bewährt. Die Feinrechen werden jetzt so konstruiert wie die Mittelrechen. Der Mittelrechen wird automatisch gereinigt durch einen rotierenden Kamm *c* (Fig. 16), dessen elastische Stahlzähne in die Durchlaßöffnungen eingreifen

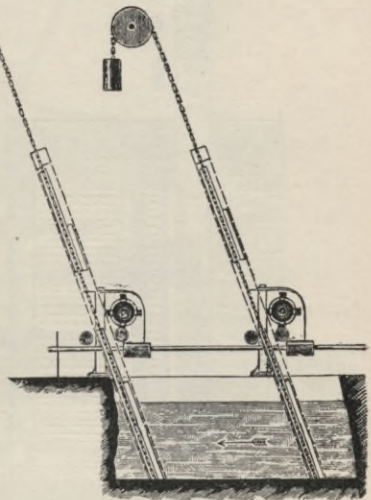


Fig. 17. Schlammharfe nach Riensch.

und die angeschwemmten Stoffe bis zu einem Führungsblech *i* heben, wo eine Bürste sie auf ein Transportband *b* (Fig. 18) wirft, das sie nach einem Feldbahnwagen führt.

Im Jahre 1899 hat der Wiesbadener Klärmeister Schnependahl eine Abfangvorrichtung hergestellt, die insofern neuartig war, als hier das Gitter nicht fest montiert, sondern beweglich konstruiert wurde in Form eines sog. Flügelrechens. Die fünf bis sechs Flügel bestanden aus Rechentafeln. Die Kanalsole ist als Kreissegment derartig ausgebildet, daß bei jeder beliebigen Stellung des drehbaren Flügelrechens eine Rechentafel den Kanal durchschnitt ganz abschleift. Der Rechen kann gegen den Ab-

wasserstrom gedreht werden. Die angeschwemmten Stoffe werden herausgehoben, trocken gelegt und mittels Bürste in Kipprinnen abgestreift. Dieses von Schnependahl meines Wissens zuerst angewendete, sehr praktische Prinzip ist inzwischen, wie wir noch sehen werden, in verschiedenen Modifikationen anderweitig verwertet worden. Schnependahl ist der Meinung, daß es nicht rationell sei, mittels solcher Rechen Stoffe von einem

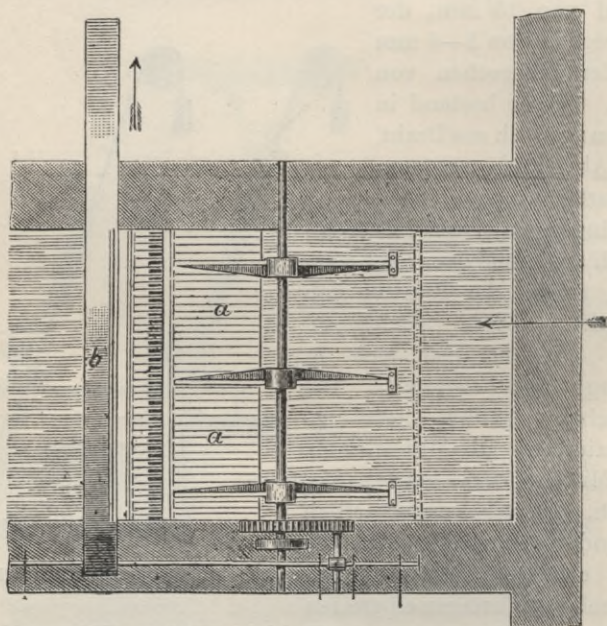


Fig. 18. Riensch'scher Mittelrechen (Aufriß).

Durchmesser von weniger als 5—10 mm abzufischen. Er hat deshalb ein ganzes System von Sandfängen mit Korbeinsätzen und Sieben ausgebildet (Fig. 5). Die Flügelrechen sind von Uhlfelder seither in Frankfurt a. M. verwertet worden. (Fig. 19.) In Allenstein ist der Rechen nicht drehbar hergestellt, sondern er wird zwecks Reinigung von Hand aus dem Abwasser herausgehoben und auf einen Abfuhrwagen übergekippt (Fig. 20 und 21).

In dem Bestreben, alle mit der Abwasserbehandlung zusammenhängenden, unappetitlichen Arbeiten automatisch, ohne Heranziehung von Menschenhand, verrichten zu lassen, ist man

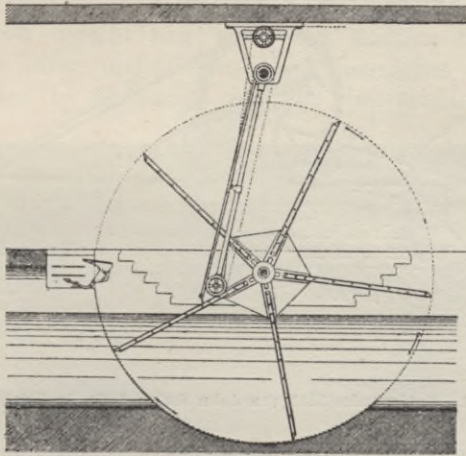


Fig. 19. Flügelrechen (Längsschnitt).

in neuerer Zeit wegen der Schwierigkeiten, die mit dem Reinhalten feststehender Gitter verknüpft sind, wie aus obiger Darstellung hervorgeht, mehr und mehr dazu gekommen, die Gitter

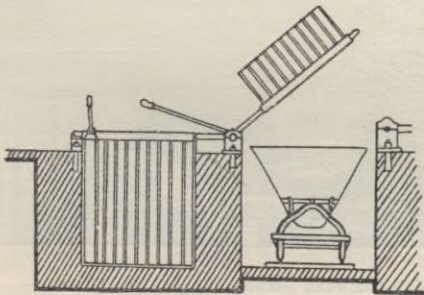


Fig. 20.  
Flügelrechen Allenstein.

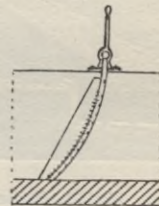


Fig. 21.

bzw. Siebe beweglich zu gestalten, so daß die angeschwemmten Stoffe aus dem Abwasser herausgehoben, trocken gelegt und so bequemer von dem Gitter entfernt werden können. Wir können

nach dieser Richtung zwei Haupttypen von Einrichtungen unterscheiden, nämlich bewegliche Siebe, die aus durchlochem Blech oder Drahtgewebe hergestellt sind, und bewegliche Gitter, die sich aus Stäben zusammensetzen.

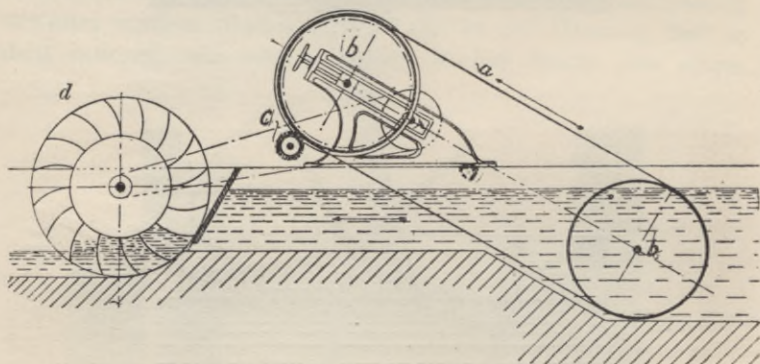


Fig. 22. Rotierendes Sieb von John Smith & Co. in Carshalton.

In England ist der in den Fig. 22 und 23 abgebildete Apparat von John Smith & Co.-Carshalton im Laufe der Jahre von verschiedenen Städten in Betrieb genommen worden und soweit ich feststellen konnte, ist man überall damit zufrieden.

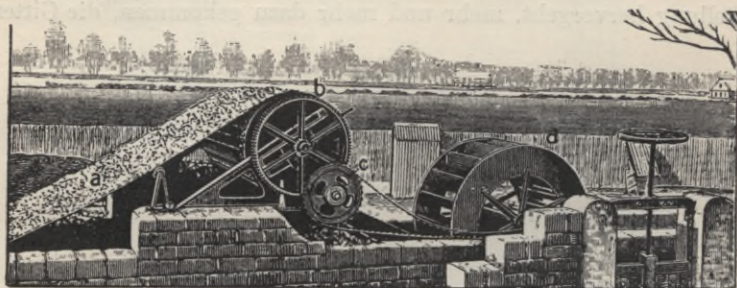


Fig. 23. Rotierendes Sieb von John Smith & Co. in Carshalton.

Mir persönlich hat der Apparat wegen seiner Einfachheit gefallen. Ein aus Drahtgewebe hergestelltes Siebband *a* ist über zwei Zylinder *b* gelegt, welche sich bewegen. In der Regel genügt der Abwasserstrom, um die Zylinder vermittelst eines unterschlächtigen Wasserrades *d* (Fig. 22) in Bewegung zu setzen.

Die angeschwemmten Stoffe werden durch eine rotierende Bürste *c* (Fig. 22) in eine vorgeschaltete Rinne abgestrichen.

Ein ähnlicher Apparat ist von Herzberg in Göttingen konstruiert und im Jahre 1903 in Betrieb genommen worden. Das Drahtnetz besteht hier nicht aus flachem Drahtgewebe, sondern aus einer matrattenartigen Konstruktion mit 10 mm Maschenweite. In Abständen von 1 m sind Messingwinkel auf



Fig. 24. Abfangvorrichtung, Hamburg.

dem kupfernen Drahtgewebe befestigt, um ein Abrutschen der angeschwemmten Stoffe zu verhindern. Das Sieb wird durch Dampfbetrieb bewegt mit einer Geschwindigkeit von etwa  $2\frac{1}{2}$  m in der Minute. Die Stoffe werden wie bei dem Smithschen Apparat abgestrichen durch eine Piassavabürstenwalze, die in entgegengesetzter Richtung rotiert und unterstützt wird durch Wasserstrahlen, welche aus einem perforierten Rohr von unten zugeleitet werden. Die Stoffe fallen in Kippwagen, die das überflüssige Wasser in die Kanäle zurücklaufen lassen. Die Abfallstoffe werden mit Torfmuß und Straßenekehricht kompostiert und für landwirtschaftliche Zwecke verwendet.

Dafs man anstatt rotierender Drahtgewebe auch ähnlich angeordnete Gewebestoffe zum Abfiltrieren der festen Substanzen vorgeschlagen hat, mag hier nur erwähnt sein.

In Glasgow wird seit mehr als 10 Jahren ein rotierendes Gitter benutzt, das sich aus flachen Eisenstäben zusammensetzt, die in Abständen von reichlich 15 mm montiert sind und vorstehende Winkeleisen tragen, durch welche die angeschwemmten Stoffe am Abrutschen verhindert werden. In Hamburg ist ein nach ähnlichen Prinzipien konstruiertes Gitter vor einigen Jahren in Betrieb genommen worden. In der Aufsicht (Fig. 24) ähnelt der Apparat zwar dem rotierenden Siebe von Smith & Co. Es

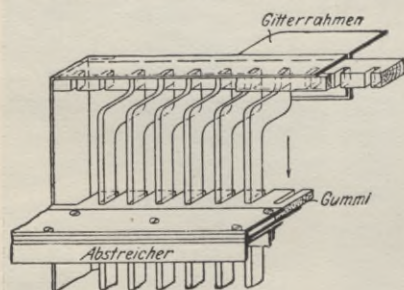


Fig. 25.

Gitterstäbe der Abfangvorrichtung Hamburg.

handelt sich aber hier nicht um ein Sieb, sondern um ein aus Stäben (Fig. 25) zusammengesetztes bewegliches Gitter. Die einzelnen Stäbe sind 36 cm lang, und in Abständen von 15 mm zu Feldern von 3 m Länge zusammengebaut. Der gesamte Rechen besteht aus 46 derartigen Feldern. Anfänglich wurden die Stäbe aus Hartgummi hergestellt,

später wurde eine leichte Metallegierung verwendet. Die beschriebene Form wurde gewählt, damit die Abnehmer (Rechen) durch die einzelnen Stäbe hindurchgreifen könnten. Die abgestreiften Stoffe werden durch einen kammartig eingefrästen Gummistreifen abgenommen und durch einen Gummiabstreifer auf ein Förderband geworfen. Das Gitter läuft mit 3—4 cm in der Sekunde. Dabei setzen sich die Zwischenräume so weit zu, daß auch feinere Stoffe abgefangen werden. Der Apparat ist in einen etwa 17 m langen, 9 m breiten und 2 m tiefen Sandfang eingebaut, aus dem die Sedimente durch einen Schwingbagger herausgehoben und ebenfalls auf ein Förderband geworfen werden. Der Baggerapparat läuft auf Eisenschienen und läßt sich leicht nach jedem Punkte des Sandfanges befördern, so daß er die ganze Sohle streifenweise zu beherrschen vermag.



Die in den Figg. 26 und 27 abgebildete, schon vor Jahren von Latham für Croydon ausgeführte Abfangvorrichtung

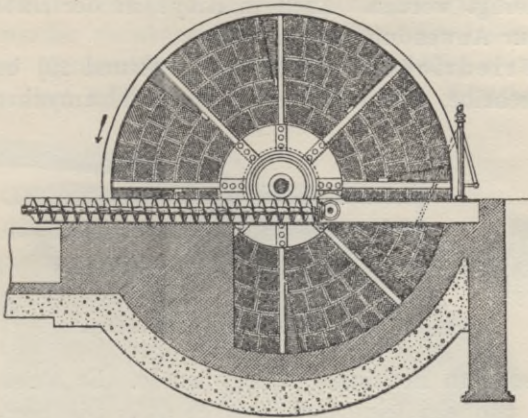


Fig. 26. Abfangvorrichtung Croydon.

ist aus Drahtgewebe hergestellt, das über eine Scheibe gespannt ist, die quer in den Abwasserkanal eingebaut wurde und durch Wasserkraft gedreht wird. Die angeschwemmten Stoffe werden

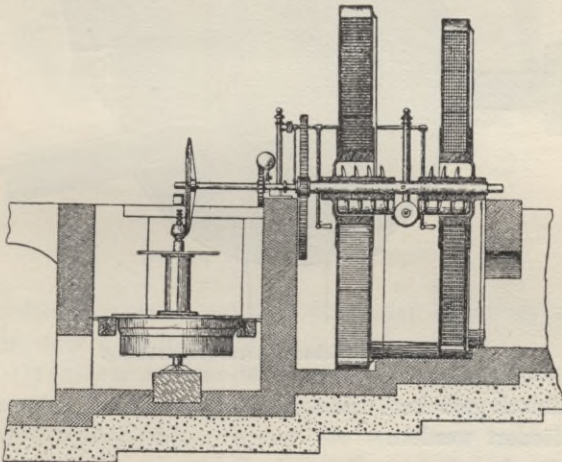


Fig. 27. Abfangvorrichtung Croydon.

mittels beweglicher Schnecke von der Scheibe abgestreift. Ursprünglich hatte man in Croydon zwei Scheiben vor-

gesehen und zwar eine mit grobmaschigem, die andere mit feinmaschigem Gewebe. Der gröbere Apparat ist später, weil unnötig, beseitigt worden. Auch in Rhyl ist der Lathamsche Apparat zur Anwendung gekommen.

Der Friedrichsche Apparat (Fig. 28 und 29) besteht aus einer Siebscheibe, die nicht wie bei dem Lathamschen Apparat

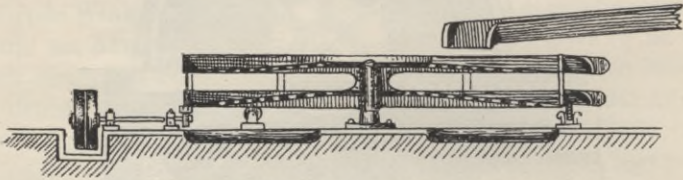


Fig. 28. Friedrichsche Abfangvorrichtung.

vertikal, sondern horizontal verlegt wurde. Er weist ebenfalls ein grob- und ein feinmaschiges Sieb auf. Die Siebe werden durch Federdruck erschüttert. Die angeschwemmten Stoffe

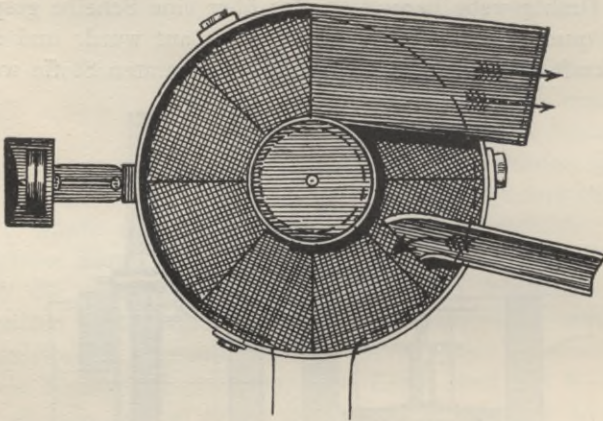


Fig. 29. Friedrichsche Abfangvorrichtung.

sollen dadurch gelockert und selbsttätig in eine besondere Abflusssrinne befördert werden.

Riensch hat neuerdings die Bahnen verlassen, auf denen sich seine Bestrebungen während des letzten Jahrzehnts bewegt haben, und sich Konstruktionen zugewendet, die sich an die zuletzt beschriebenen anlehnen. Eine Siebscheibe wird fast hori-

zontal in den Abwasserstrom verlegt, jedoch schräg genug, daß die zurückgehaltenen Stoffe durch die Drehung der Scheibe aus dem Abwasser herausgehoben werden (Fig. 30). Durch rotierende Bürsten werden sie abgestrichen (Fig. 31). Ein besonderer Vorzug dieser Konstruktion gegenüber den früher von ihm verwendeten liegt nach Riensch darin, daß die abgefangenen

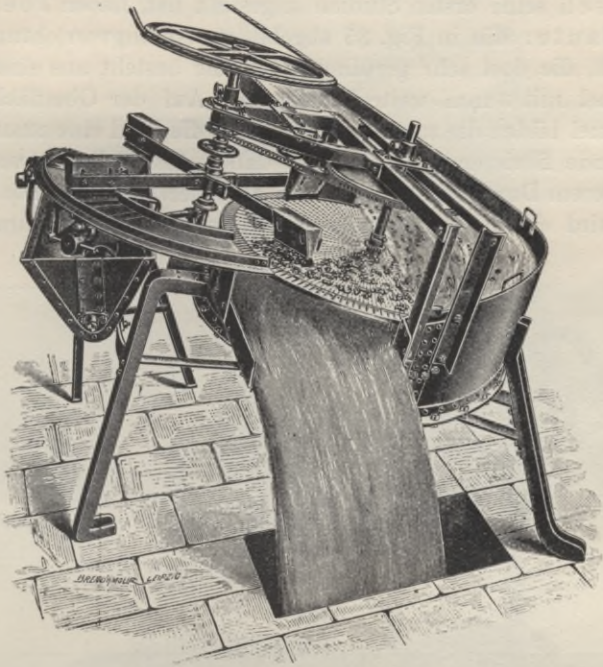


Fig. 30. Rienschsche Siebscheibe.

Stoffe sofort trocken gelegt und durch den Rechenapparat nicht zermahlt oder aufgelöst werden.

In Dresden ist die in Figg. 32—34 abgebildete Einrichtung in einer Versuchsanlage seit mehreren Jahren im Betriebe. In dieser Versuchsanlage treten die Abwässer zunächst durch einen auf S. 69 beschriebenen, 6 m langen Sandfang (Fig. 33), um dann auf die Separatorscheibe zu gelangen, die einen Durchmesser von 4,6 m und Schlitze von 2 mm Breite hat. Durch die Scheibe fließen die Abwässer von  $\frac{1}{4}$  Million Einwohnern,

tächlich 45 000 cbm, hindurch unter Zurücklassung von 8 cbm fester Stoffe. Sand, Steine und andere Sinkstoffe werden schon vor der Siebscheibe abgefangen. Die von der Scheibe abgestäuberten Stoffe fallen in eine Grube, aus der sie mittels Bagger zwecks Abfuhr herausbefördert werden.

Für die Zuckerfabrik von Stendal, in der übrigens auch Riensch seine ersten Studien angestellt hat, haben Joerning und Sauter die in Fig. 35 abgebildete Abfangvorrichtung hergestellt, die dort sehr gerühmt wird. Sie besteht aus einer Siebtrommel mit 3 mm weiten Schlitzten. Auf der Oberfläche der Trommel bilden die zurückgehaltenen Stoffe bald eine zusammenhängende filtrierende Schicht, so daß selbst Teilchen von weit geringerem Durchmesser als 3 mm abfiltriert werden. Die Trommel wird durch Dampfgebläse gereinigt. Diesem Apparat wird

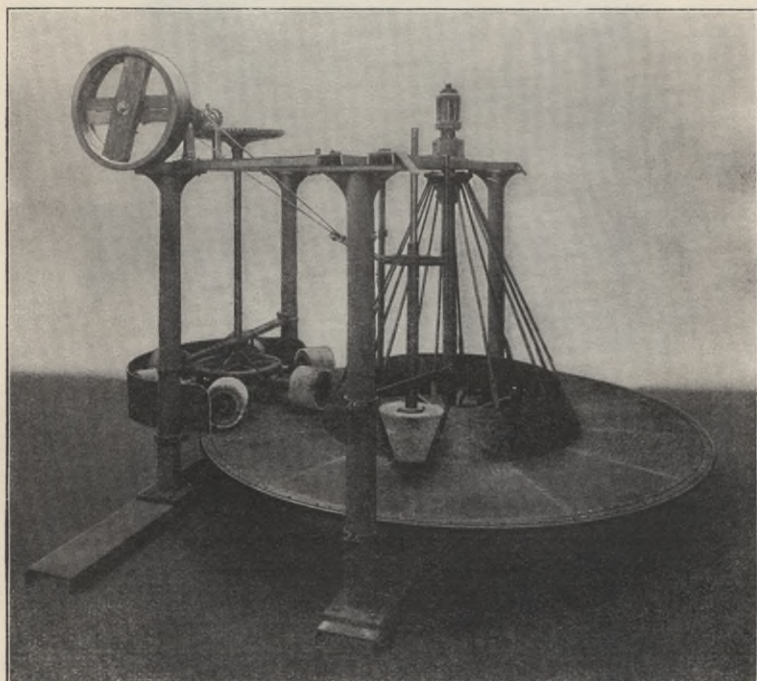


Fig. 31. Rienschsche Siebscheibe.

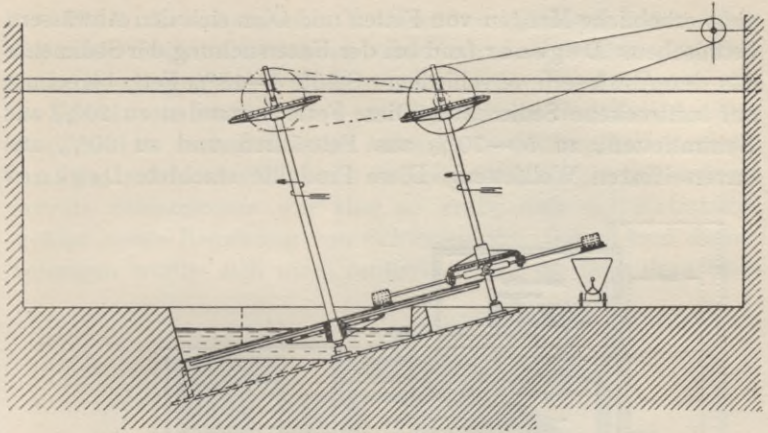


Fig. 32. Rienschsche Siebscheibe.

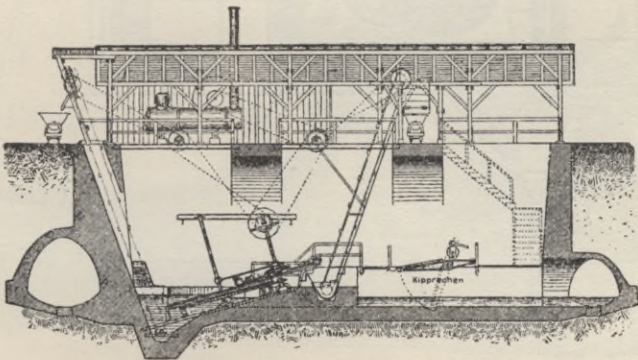


Fig. 33. Versuchsanlage nach Riensch, Dresden (Längsschnitt).

aufser großer Einfachheit namentlich große Stabilität nachgerühmt.

Schließlich mag erwähnt sein, daß auch die Zentrifugalkraft für die Abscheidung ungelöster Stoffe aus Abwasser in Vorschlag gebracht worden ist.

### c) Fettfänge.

Obgleich man in kanalisiertten Städten die Einschaltung von Fettfängen in den angeschlossenen Gebäuden obligatorisch zu machen pflegt, so läßt sich dadurch doch nicht vermeiden, daß

ganz erhebliche Mengen von Fetten und Ölen sich den Abwässern beimischen. Degener fand bei der Untersuchung der Sedimente aus den Abwässern verschiedener Städte 4—18% Fett, berechnet auf lufttrockene Sedimente. Diese Fette bestanden zu 20% aus Neutralfetten, zu 50—70% aus Fettsäuren und zu 30% aus unverseifbaren Wollfetten. Diese Produkte erachtete Degener

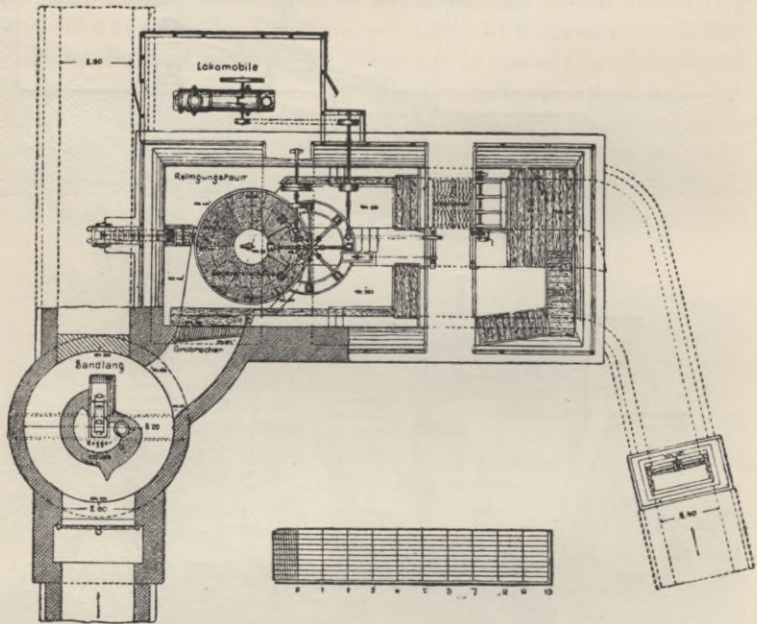


Fig. 34. Versuchsanlage nach Riensch, Dresden. (Grundriß.)

ihrer Zusammensetzung nach als gut geeignet für Kerzen-, Seifen- und Oleinfabrikation. Sein Vorschlag, diese Fettmassen wieder zu gewinnen und industriell zu verwerten, wurde in größerem Maßstabe zuerst in Kassel durchgeführt, wo die Sedimente der dortigen Absatzbecken auf Fett verarbeitet wurden, und zwar durch Benzolextraktion; später wurde Extraktion mittels Schwefelkohlenstoff vorgeschlagen. Mehrere Jahre hindurch klangen die Berichte über dieses Vorgehen sehr verheißungsvoll. Im Laufe der Zeit stellte sich aber doch heraus, daß die Kosten der Fettextraktion zu hoch waren, um eine Rentabilität zuzulassen.

Die Wollwäschereien in Yorkshire (England) haben schon seit einer Reihe von Jahren verschiedene Methoden der Fettextraktion angewandt. Dort wurden in der Regel, ebenso wie in Kassel, die Sedimente zur Bearbeitung auf Fett benutzt. Man fand es vorteilhaft, die Abwässer mit Chemikalien zu behandeln, welche das Fett mit zu Boden schlugen. Die dadurch erzielte Schlammmasse war aber so groß, daß die Extraktion, welche unter Benutzung von Schwefelsäure, Dampf und Benzin vollzogen wurde, sich nicht rentierte. Man ist dann dazu über-

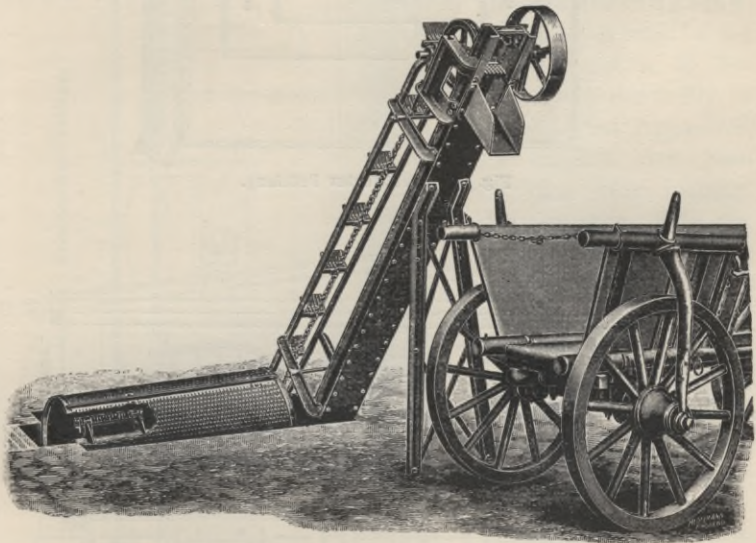


Fig. 35. Abfangvorrichtung von Joerning & Sauter.

gegangen, den Schlamm zu zentrifugieren, nachdem man durch Erhitzen seinen ursprünglichen Wassergehalt auf  $\frac{1}{5}$  reduziert hatte. Beim Zentrifugieren ergaben sich drei Schichten, nämlich:

1. Schlamm, der nicht weiter verwandt wurde.
2. Eine konzentrierte Kaliseifenlösung. Diese wurde ge-  
glüht und auf Kalikarbonat verarbeitet.
3. Verkäufliches Rohlanolin.

Bei einem Marktpreis von etwa 400 M. pro 1000 kg Rohlanolin und von etwa 460 M. für Kalikarbonat soll sich dieser Prozeß rentiert haben.

Es liegt auf der Hand, daß solche Vorgänge sich nicht ohne weiteres auf städtische Verhältnisse übertragen lassen, wo der Fettgehalt der Abwässer unvergleichlich niedriger liegt.

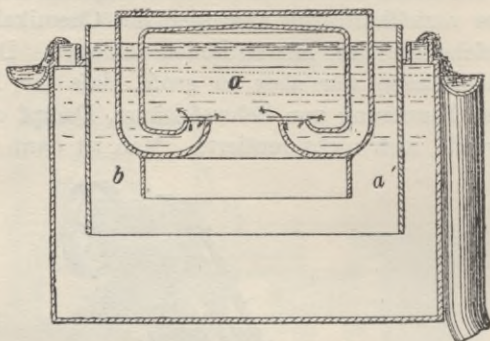


Fig. 36. Frankfurter Fettfang.

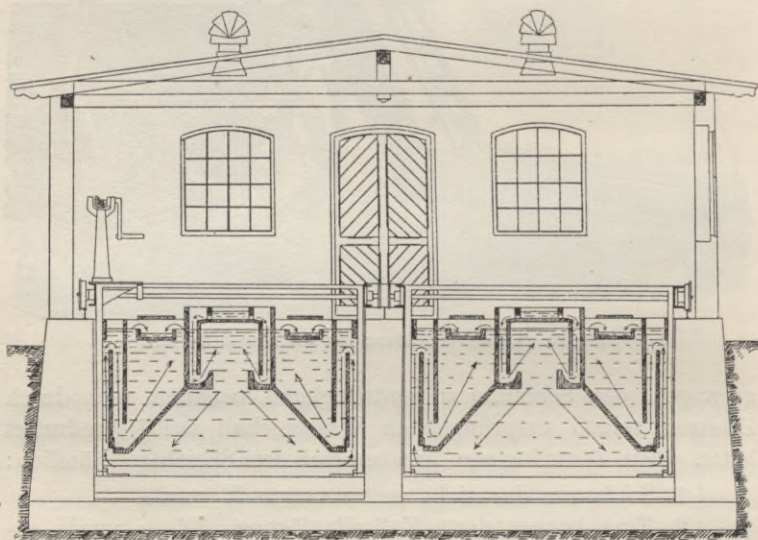


Fig. 37. Kremerscher Fettfang.

Neuerdings haben verschiedene Versuche großes Interesse erweckt, welche davon absehen, die Sedimente städtischer Abwässer auf Fett zu verarbeiten, und sich auf die Abfangung



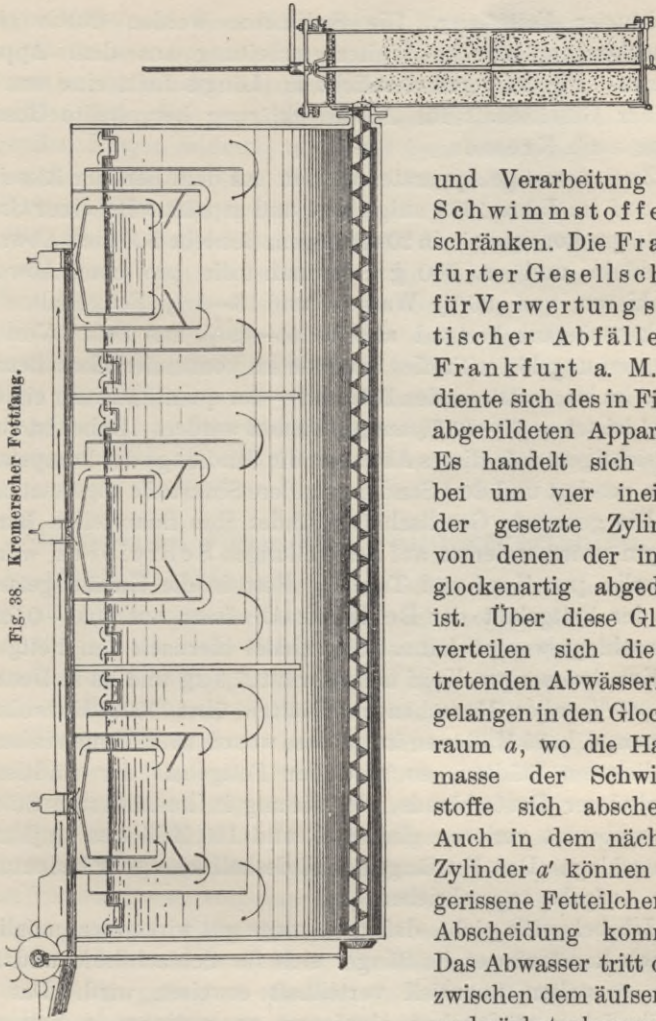


Fig. 38. Kremerscher Fettfang.

und Verarbeitung der Schwimmstoffe beschränken. Die Frankfurter Gesellschaft für Verwertung städtischer Abfälle zu Frankfurt a. M. bediente sich des in Fig. 36 abgebildeten Apparates. Es handelt sich hierbei um vier ineinander gesetzte Zylinder, von denen der innere glockenartig abgedeckt ist. Über diese Glocke verteilen sich die zutretenden Abwässer. Sie gelangen in den Glockenraum *a*, wo die Hauptmasse der Schwimmstoffe sich abscheidet. Auch in dem nächsten Zylinder *a'* können mitgerissene Fetteilchen zur Abscheidung kommen. Das Abwasser tritt dann zwischen dem äußersten und nächstgelegenen Zylinder aus und fließt oben ab, während die Sedimente zu Boden sinken.

Ganz ähnlich ist der Kremersche Apparat konstruiert. Figg. 37 und 38 zeigen einen derartigen, aus mehreren Elementen zusammengesetzten Apparat, bei dem der Weg des Wassers ähnlich läuft und die Fettabscheidung sich ebenso abspielt wie bei dem

Frankfurter Fettfänger. Die Sedimente werden durch einen Schneckengang zwecks Weiterverarbeitung aus dem Apparat entfernt. Fig. 38 veranschaulicht im Längsschnitt eine von der Berliner Gesellschaft für Abwasserklärung hergestellte Gesamtanlage nach Kremer.

Zwei derartige Apparate, wurden auf dem Berliner Rieselfeld Osdorf im Jahre 1903 aufgestellt und geprüft. Bei einer Größe von 12 qm konnten sie in 20stündigem Betriebe 900 cbm Abwasser behandeln und ca. 500 g Schwimmstoffe pro cbm Abwasser extrahieren von 86 % Wasser- und 6—9 % Fettgehalt. Die Trockensubstanz bestand also zu 44—49 % aus Fett. Von den gesamten ungelösten Stoffen konnten im kontinuierlichen Betriebe 50 %, im intermittierenden Betriebe — der quantitativ nur ein halb soviel leistet — 70—93 % ausgeschieden werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß dieses Abwasser die Sandfänge der Pumpstation schon passiert und dort Sand und andere Sinkstoffe abgesetzt hatte.

Die genannte Gesellschaft gründet ihre finanziellen Berechnungen unter anderem auf Feststellungen Schreibers, wonach in Berlin pro Kopf und Tag 20 g Fett in die Kanäle gelangen und der Fettgehalt der Berliner Abwässer auf 0,01—0,026 % veranschlagt werden kann. Sie schätzt hiernach den Fettgehalt der Kanalwässer pro Kopf und Jahr auf 7,3 kg und da in Deutschland 40 % aller Menschen in Städten über 5000 Einwohnern wohnen, d. h. 25 Millionen im ganzen, wovon 15 Millionen in bereits kanalisierten Städten, so wird der Fettgehalt der städtischen Kanalwässer Deutschlands, der bislang in kanalisierten Städten unausgebeutet verloren ging, auf rund 110 Millionen kg jährlich veranschlagt. Den Fettfängen wird deshalb eine sehr bedeutungsvolle Aufgabe zugeschrieben.

Ich bezweifle nicht, daß die Anlage gut wirkender, möglichst einfach konstruierter Fettfänger sich für Schlachthöfe und ähnliche Anstalten finanziell vorteilhaft erweisen wird. Das aus gewöhnlichen städtischen Abwässern zu gewinnende Fett wird aber, wie ich befürchte, immer sehr teuer werden, wenn man sich nicht darauf beschränkt, es in so einfacher und billiger Weise zu gewinnen, wie es in einzelnen englischen Städten geschieht, wo das Fett einfach abgeschöpft wird, welches sich überall dort an der Oberfläche abscheidet, wo der Abwasserstrom zur Ruhe gebracht wird. In großen Städten kann man mit

geringer Mühe auf diese Weise etwas Fett gewinnen, das von Seifenfabrikanten immer gern gekauft wird. John D. Watson in Birmingham, der mit praktischem Sinn und nie versagendem Eifer sich allen mit der Abwasserbehandlung zusammenhängenden Fragen widmet, steht auf dem Standpunkt, daß es sich nicht verlohnt, das Fett aus finanziellen Gründen aus städtischen Abwässern auszuschcheiden.

Wo die Vorflut so gut ist, daß die Abwasserbehandlung sich auf Sandfänge und Rechenwerke beschränken läßt, da werden die verhältnismäßig doch unbedeutenden Fettmengen zu Mißständen im Vorfluter keinen Anlaß geben. Wichtiger erscheint mir eine möglichst durchgreifende Fettausscheidung in allen den Fällen, wo eine biologische Abwasserreinigung durchzuführen ist. Bei Rieselfeldern scheinen gerade die Fettablagerungen auf der Oberfläche besonders störend zu wirken.

### **Das Absitz-, Faul- und Fällungsverfahren.**

Nach manchen Literaturangaben sollte man meinen, es gelänge mittels der besseren Sandfang- und Rechenkonstruktionen, 50—60%, ja noch mehr der ungelösten Stoffe aus dem Abwasser auszuschcheiden. Solche Auffassungen sind unberechtigt, wie in Kapitel 11 des näheren begründet werden wird. Selbst mit den besten Konstruktionen kann man nicht erwarten, mehr als 20—25% auszuschneiden. Der ganze Rest besteht aus feinen Teilchen, die durch mechanische Abfangvorrichtungen nicht greifbar sind, von denen man aber einen erheblichen Anteil zur Ausscheidung bringen kann, wenn man den Abwasserstrom verlangsamt, bzw. das Abwasser für die Dauer von einer halben bis zu einer oder mehreren Stunden ganz zur Ruhe bringt. Ein solcher Prozeß wird als Absitzverfahren bezeichnet (mechanische Sedimentierung). Durch dasselbe gelingt es niemals, ein vollständig klares Produkt zu gewinnen, selbst wenn man das Abwasser 24 Stunden oder noch länger ruhig stehen läßt. Es bleiben dann immer noch 10—20% der ungelösten, trübenden Stoffe im Abwasser. Diese vermag man durch bestimmte chemische Substanzen, sog. Fällungsmittel, annähernd vollständig zur Ausscheidung zu bringen. Die Vor- und Nachteile des Fällungsverfahrens im Vergleich zum Absitzverfahren sollen weiter unten erörtert werden (S. 141).

Als eine Abart des Absitzverfahrens ist das sog. Faulverfahren zu bezeichnen (septic tank treatment), das neuerdings im Zusammenhange mit den biologischen Reinigungsmethoden in zahlreichen Städten zur Anwendung gekommen ist. Weiter oben wurde dargelegt, daß man Abwässer durch den Prozeß der Ausfaulung zu klären vermag. Praktisch läßt sich aber der Faulprozeß nicht bis zur Beseitigung sämtlicher ungelösten Stoffe treiben (siehe S. 124).

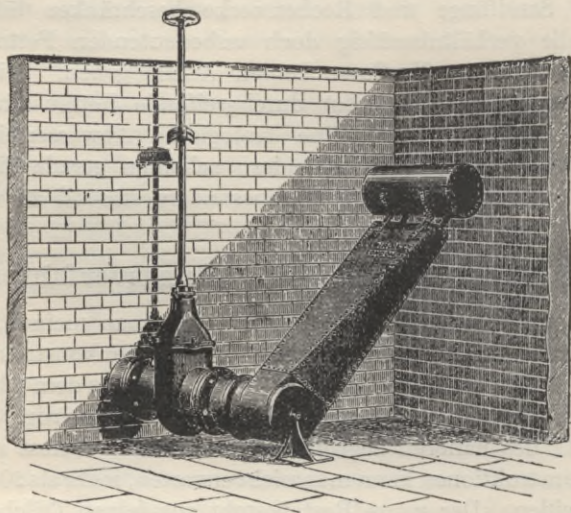


Fig. 39. Apparat zur Entleerung von Absitzbecken.

In diesem Kapitel sollen nur die Prinzipien besprochen werden, nach denen die drei eben erwähnten Verfahren in der Praxis durchgeführt werden. Auf die Beurteilung der damit erzielbaren Wirkungen sowie auf sonstige Vor- und Nachteile, Kosten derselben etc. komme ich weiter unten zurück (Kap. 10 und 11).

#### d) Absitzverfahren.

Die Absitzbecken sucht man so zu konstruieren, daß der Abwasserstrom in ihnen so schnell wie möglich annähernd zum Stillstand gebracht wird und daß sich der Betrieb, namentlich die Ausräumung des abgeschiedenen Schlammes, möglichst einfach gestaltet.

Die ältesten Absitzbecken, wie sie vorwiegend in den Kohlen-distrikten Englands ausgeführt wurden, waren Gruben primitivster Art, durch die das Wasser einfach hindurchfloss und um die sich zumeist niemand bekümmerte. Sie waren deshalb in der Regel von Schlamm ganz angefüllt. Die vor einigen Jahrzehnten für englische Städte konstruierten Absitzbecken waren durchweg für intermittierenden Betrieb eingerichtet und für Zusatz chemischer Fällungsmittel berechnet.

Theoretisch genommen müßte das intermittierende Verfahren, bei dem das Abwasser ja völlig zur Ruhe kommt, wirksamer

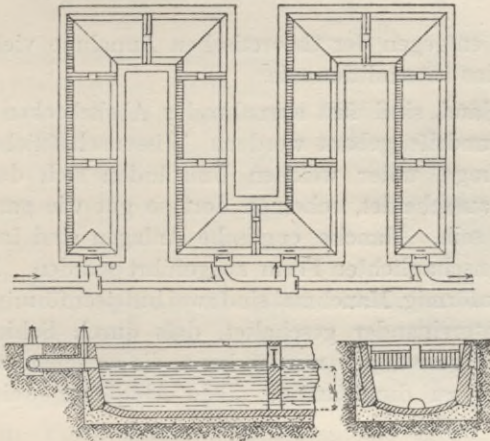


Fig. 40. Hufeisenförmige Beckenanordnung.

sein, als das kontinuierliche, bei dem der Abwasserstrom ununterbrochen durch die Becken hindurchfließt. Der kontinuierliche Betrieb hat aber mancherlei praktische Vorzüge vor dem intermittierenden. Bei jeder Entleerung und Füllung der Becken liegt die Gefahr des Aufwühlens von Schlamm vor. Aus den Becken müßte deshalb eigentlich nach jeder Entleerung der Schlamm ausgeräumt werden. Dies wird jedoch unnötig dadurch, daß man das Wasser durch einen Schwimmerauslaß stets von der Oberfläche her abschöpft (Fig. 39). Das intermittierende Verfahren bringt einen Gefälleverlust gleich der Füllungshöhe des Beckens mit sich. Die Zeit des Füllens und Entleerens der Becken geht für den Reinigungsprozeß verloren. Zudem konnte

St. Crimp an den Londoner Klärbecken, die zuerst für intermittierenden Betrieb eingerichtet waren, nachweisen, daß nach Übergang zum kontinuierlichen Verfahren, ohne irgendwelche sonstige Betriebsänderung, die Menge des abgeschiedenen Schlammes von 1056 auf 3338 cbm täglich stieg, das kontinuierliche Ver-

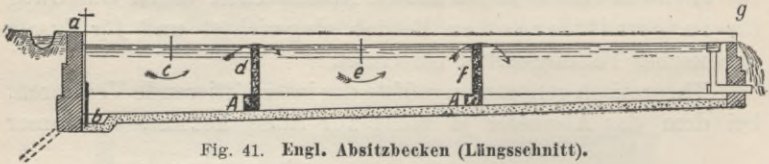


Fig. 41. Engl. Absitzbecken (Längsschnitt).

fahren also entgegen der theoretischen Annahme viel intensiver wirkte als das intermittierende.

In England sind fast ausnahmslos Absitzbecken von rechteckigem Grundrifs gebaut worden. Wissenschaftliche Versuche über die Frage, unter welchen Umständen sich der Schlamm am besten ausscheidet, scheinen dort so gut wie gar nicht ausgeführt zu sein. Manche englische Anlagen sind in der durch Fig. 40 veranschaulichten Form ausgeführt worden. Die Becken sind hufeisenförmig. Manchmal sind zwei hufeisenförmige Elemente derartig hintereinander geschaltet, daß durch Schieberstellung das Abwasser gezwungen werden kann, die verschiedenen Becken nacheinander zu durchlaufen. Jede Abteilung weist mehrere Quermauern auf.

Fig. 41 zeigt im Längsschnitt ein Absitzbecken, wie es in England ebenfalls mehrfach zur Anwendung gekommen ist. Die Sohle hat ein Gefälle nach der Zuflußseite hin, wo sich ein Pumpensumpf *b* befindet. Das Abwasser fließt in der ganzen Breite des Beckens über ein Wehr *a*, muß unter ein Schwimmbrett *c* hindurch, dann über eine untergetauchte Querwand *d*, wiederum unter ein Schwimmbrett *e* hindurch, dann über eine zweite Tauchwand *f* hinweg, ehe es die Abflußseite erreicht, wo es wiederum in der ganzen Breite des Beckens über ein Wehr *g* abläuft. Zwecks Entschlammung werden Löcher in den Querwänden (*A*) geöffnet. Fließt der Schlamm nicht von selbst nach

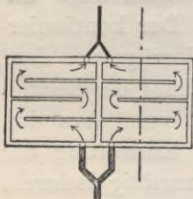


Fig. 42.  
Absitzbecken mit  
Querwänden.

dem Pumpensumpf ab, so müssen die einzelnen Abteilungen für sich gereinigt werden.

Die Absitzbecken wurden auch so konstruiert, wie in Fig. 42 abgebildet. In diesem Falle muß das Abwasser mehrere eingebaute Mauern in horizontaler Richtung umfließen, ehe es die Abflußöffnung erreicht. Fig. 43 veranschaulicht eine Anlage, wo das Abwasser mehrere seitlich gegeneinander verschobene Becken durchlaufen muß. Bei dieser Konstruktion rechnet man darauf, daß die Sedimente sich seitlich von dem Abwasserstrom in der durch das Bild veranschaulichten Weise abgelagern.

Neuerdings scheint man allgemein dazu überzugehen, die Becken möglichst einfach zu konstruieren, weil man annimmt, daß das Wasser dann am schnellsten zur Ruhe kommt, und weil die Schlammausräumung sich in solchem Falle am einfachsten gestaltet.

Auf die Vorkehrungen zur Schlammausräumung hat man früher, wie schon angedeutet, wenig Wert gelegt. Die Sedimente gingen in Fäulnis über. Dabei bildeten sich in ihnen Gasblasen, die sie in Form großer Fladen in die Höhe trieben, und diese entleerten sich schubweise in den Vorfluter. Außerdem hatte das austretende Wasser durch die Auslaugung des faulen Schlammes einen fauligen Charakter angenommen. Solche Mißstände gaben Anlaß dazu, daß man vor etwa 20 Jahren das einfache Absitzverfahren vollständig verwerfen zu müssen glaubte und die Becken ausschließlicly unter Verwendung von Chemikalien betrieb. Erst im Laufe des letzten Jahrzehntes ist die Überzeugung zum Durchbruch gekommen, daß das Absitzverfahren ohne Chemikalienzusätze für viele Fälle vollständig genügt und sogar gewisse Vorzüge vor dem chemischen Verfahren hat, sofern man den abgelagerten Schlamm vollständig ausräumt und die Becken jedesmal gründlich säubert, sobald die Sedimente zu faulen beginnen. Denn wenn man Abwässer in Becken leitet, in denen fauliger Schlamm lagert, so gehen sie schon innerhalb weniger

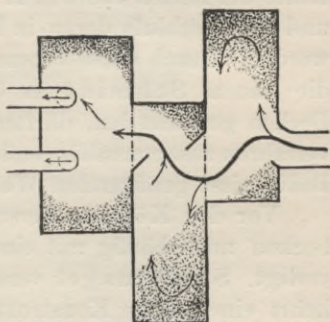


Fig. 43.  
Gegen einander verschobene  
Absitzbecken.

Stunden in Fäulnis über. Hierauf komme ich bei dem Faulverfahren noch zurück. An heißen Sommertagen muß die Ausräumung gelegentlich schon jeden dritten Tag erfolgen, im Winter genügen oft 8—10tägige Zwischenräume. Aus diesem Grunde legt man bei Konstruktion der Absitzbecken neuerdings großen Wert darauf, die Entschlammung so einfach wie nur möglich zu gestalten.

Die wertvollsten Versuche über das Absitzverfahren sind im Laufe der letzten Jahre in Hannover von Bock und Schwarz und im Anschluß daran in Köln von Steuernagel ausgeführt worden. Durch diese Versuche sowie auch durch Beobachtungen, die Baurat Schmidt in Oppeln über die Strömungen im Becken gemacht hat, dürften die wesentlichsten, mit dem Absitzverfahren zusammenhängenden Fragen in einer für die praktischen Bedürfnisse genügenden Weise gelöst worden sein.

Vor den Kölner Versuchen hat man die Sohle der Absitzbecken noch häufig mit einem Gefälle nach der Abflußseite zu verlegt. Steuernagel veranschaulichte durch Fig. 44, wie verkehrt eine solche Konstruktion sei. Hat die Sohle ein Gefälle nach der Abflußseite zu, so verengern die Sedimente, die sich größtenteils in der Nähe der Zulaufseite schon ablagern, den ohnehin schon kleineren Querschnitt des Beckens noch weiter. Dadurch wird einer Wiederaufschwemmung und Auslaugung der Stoffe durch den Abwasserstrom Vorschub geleistet.

Von besonderer Bedeutung haben die erwähnten Hannoverschen und Kölner Versuche sich deshalb erwiesen, weil sie den alten Glauben beseitigten, als ob die Geschwindigkeit des Abwasserstromes im Absitzbecken bis auf etwa 2—3 mm pro Sek. oder bis auf noch geringere Geschwindigkeit, unter allen Umständen herabgesetzt werden müßte. Noch im Jahre 1894 wurde der Stadt Köln durch Ministerialerlaß auferlegt, Absitzbecken für eine Durchflußgeschwindigkeit von 4 mm zu konstruieren.

In Becken, die 50 bzw. 75 m lang waren, haben Bock und Schwarz im Jahre 1899 mit Durchflußgeschwindigkeiten von 4—19 mm pro Sek. operiert. Dabei stellte sich heraus, daß die während der Nachtstunden produzierten Abwässer in den Becken annähernd gar keine Sedimente ablagerten, gelegentlich aber sogar Schlamm mit sich rissen, der sich während der Tageszeit in den Becken abgesetzt hatte. Während der Tagesstunden gelang es



in dem 50 m langen Absitzbecken mit Geschwindigkeiten von 4—8 mm in der Sekunde durchschnittlich 55,7% der ungelösten Stoffe aus den Abwässern auszuschleiden, in dem 75 m langen Becken 61,5%. Steigerte man die Durchfluggeschwindigkeit bis auf 19 mm in der Sekunde, so sank der Effekt bei dem 75 m langen Becken nur auf 57%. Aus denselben Wässern schieden sich bei 24stündigem Stehen 88,8% ab. 11,2% der ungelösten Stoffe setzten sich aus feinsten Schwebestoffen zusammen, die sich nicht

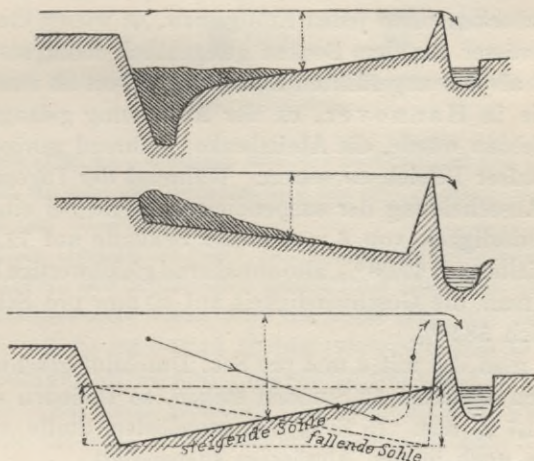


Fig. 44. Richtige und verkehrte Ausbildung des Sohlengefälles bei Absitzbecken nach Steuernagel.

niederschlagen ließen. Ein 1½ stündiges Absitzen war fast ebenso wirksam wie ein 3—4 stündiger Sedimentierprozess. Während dieser Zeit wurden 68,1% der ungelösten Stoffe abgeschieden.

Diesen Feststellungen folgten im Jahre 1900 diejenigen Steuernagels, die in dem durch Fig. 45 veranschaulichten Kölner Probebecken ausgeführt wurden. Da dieses Klärbecken nach dem derzeitigen Stande unserer Kenntnisse als mustergültig für Flachbecken gelten darf, so möge es hier kurz beschrieben werden. Nach Durchfließen eines Sandfanges und einer Rechenanlage gelangen die Abwässer durch zwei Einläufe, ohne über ein Überfallwehr zu treten, in das Becken, dessen Sohle gleich hinter der Einlaufstelle zu einem Pumpensumpf vertieft ist.

Hinter dem Pumpensumpf steigt die Sohle des 45 m langen Beckens nach dem Ablauf zu an. Der Stofs des Abwasserstromes wird hinter dem Sumpf durch hölzerne Regulierschützen gebrochen und das zufließende Abwasser gleichmäßig über den Querschnitt des Beckens verteilt. Am Ablaufende des Beckens befindet sich ein verstellbares Überlaufwehr. Sonst ist der ganze Beckenraum frei gelassen. In diesem Becken wurden Versuche mit Durchflusgeschwindigkeiten von 4—77 mm pro Sek. ausgeführt.

Auch in Köln blieb die Behandlung der Nachtwässer in den Absitzbecken ohne jeden Erfolg, bzw. es wiesen die Abflüsse der Nachtwässer aus dem Becken gelegentlich mehr suspendierte Stoffe auf als die zugeführten Rohwässer. Dort ist man deshalb, ebenso wie in Hannover, zu der Auffassung gelangt, daß es sich empfehlen würde, die Absitzbecken während gewisser Nachtstunden außer Betrieb zu setzen. Während der Tageszeit belief sich die Ausscheidung der suspendierten Stoffe bei einer Durchflusgeschwindigkeit von 4 mm in der Sekunde auf 72,31 %, bei 20 mm erzielte man 69,08 %, also annähernd gleichwertige Resultate. Steigerte man die Geschwindigkeit auf 40 mm pro Sekunde, so ergaben sich 58,9 %.

Liefs man die mit 4 mm pro Sek. Durchflusgeschwindigkeit behandelten Abwässer 12 Stunden stehen, so schieden sich noch weitere 11,7 % aus. 15,99 % der ungelösten Stoffe verblieben auch dann noch in den Abwässern suspendiert.

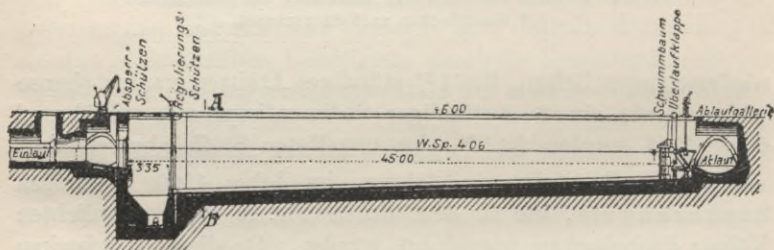


Fig. 45. Kölner Probeklärbecken (Längsschnitt).

Diese Resultate erscheinen noch günstiger als die in Hannover erzielten, wenn man berücksichtigt, daß das Kölner Becken kürzer war. Die Abwässer verschiedener Städte scheiden nicht alle ihre suspendierten Stoffe in gleicher Weise ab. Steuer-

nagel ist aber der Auffassung, daß seine besseren Resultate doch sicher auch auf die zweckmäßigere Konstruktion des Kölner Beckens zurückzuführen sind. Besonderen Wert legt er auf zwei Maßnahmen, die sich früher auch schon in England be-

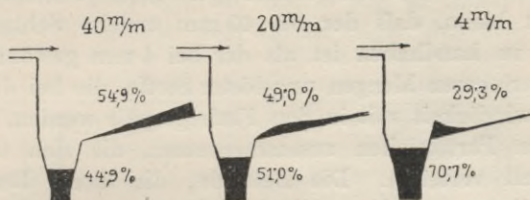


Fig. 46. Wirkung des Kölner Pumpensumpfes bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

währt haben (Fig. 41), nämlich auf die Anordnung des Schlamm-sumpfes am Anfang des Beckens und auf den Anstieg der Becken-sohle nach der Ablaufseite zu.

Bei einer Geschwindigkeit von 4 mm pro Sek. lagerten sich in Köln 70,7 % des Schlammes gleich im Pumpensumpf ab, nur 29,3 % verteilten sich weiter über die Sohle (Fig. 46). Bei 20 mm lagerten sich 51 % im Sumpf ab und verteilten sich 49 % weiter über das Becken, bei 40 mm rund 45 % im Sumpf und 55 % auf das Becken. Bei noch größeren Geschwindigkeiten wurden die Schmutzteil bis weit in die Becken hineingetrieben. Aus diesen Beobachtungen zieht Steuernagel den Schlufs, daß für geringere Geschwindigkeiten kurze Becken ausreichen, größere Geschwindigkeiten aber längere Becken erheischen.

Pro 1000 cbm Kanalwasser wurden im Kölner Becken bei 4 mm 4,04 cbm Schlamm, bei 20 mm 2,474 cbm und bei 40 mm 1,838 cbm Schlamm gewonnen. Der Wassergehalt betrug bei:

	Wasser in %	Trocken- substanz
4 mm Durchflusgeschwindigkeit pro Sek.	95,57	4,43
20 » » » » »	92,87	7,13
40 » » » » »	91,34	8,66

Aus dieser Übersicht ergibt sich, daß 1 cbm bei 40 mm gewonnener Schlamm etwa doppelt soviel ungelöste Stoffe enthält als 1 cbm bei 4 mm gewonnener Schlamm. Vergleicht man auf Grund dieser Zahlen die Wirkung, die bei 4 mm und bei 40 mm

erzielt wurde, und nimmt man das spezifische Gewicht der zurückgehaltenen Schlammmassen als gleich an, so kommt man zu dem Resultat, daß bei 40 mm Geschwindigkeit fast ebenso große Mengen ungelöster Stoffe im Becken zurückgehalten worden sein müssen wie bei der 10fach geringeren Geschwindigkeit. Es kommt hinzu, daß der bei 40 mm erzielte Schlamm weit bequemer zu handhaben ist als der bei 4 mm gewonnene und daß die geringeren Mengen ungelöster Stoffe, die bei der größeren Geschwindigkeit mit in den Fluß gespült werden, sich aus sehr feinen Partikelchen zusammensetzen, die sich im Flußlauf schnell verteilen. Die Befunde, die dieser Berechnung zugrunde liegen, ergaben sich bei einem nur eintägigen Versuche; die Frage, ob die Resultate sich nicht anders gestaltet hätten, wenn man die Anlage mehrere Tage in Betrieb gelassen hätte, läßt Steuernagel noch offen. Weitere Untersuchungen darüber würden sehr wertvoll sein, denn man würde durch sie möglicherweise zu der Überzeugung gelangen, daß man mittels kurz dauernder Absitzbehandlung im Absitzbecken eine Ausscheidung der ungelösten Stoffe von weniger als etwa 5 mm Durchmesser billiger erreichen könnte als durch Rechen, deren Konstruktion, Betrieb und Instandhaltung ganz erhebliche Kosten verursachen.

Die eben beschriebenen Feststellungen haben für Köln zunächst den praktischen Erfolg gehabt, daß die Aufsichtsbehörden die kostspieligen Abwasserreinigungsaufgaben, die sie der Stadt gemacht hatten, zurückzogen und ihr gestatteten, die Abwässer in den Rhein abzulassen, nachdem ihnen nur durch geeignete Rechen oder Siebanlagen die ungelösten Stoffe bis zu einem Durchmesser von 3 mm hinunter entzogen sind.

Bock und Schwarz haben bei ihren Versuchen die Frage studiert, welche Strömungsverhältnisse in verschiedenen Tiefen der Absitzbecken vorlägen. Sie verwandten Glasfläschchen mit Federkielen, welche sie in Tiefen von  $\frac{1}{2}$ —2 m versenkten und konnten auf solche Weise zeigen, daß die Abwässer bald oben, bald unten, bald an den Seiten des Beckens sich mit einer zwei- bis dreimal so großen Geschwindigkeit fortbewegten, als nach der berechneten Durchschnittsgeschwindigkeit anzunehmen gewesen wäre.

In sehr anschaulicher Weise hat später auch Baurat Schmidt in den Absitzbecken zu Oppeln diese Fehlerquellen nachge-

wiesen. Durch Zusatz eines Farbstoffes (Uranin) konnte er nachweisen, daß sich in kühleren Jahreszeiten das zufließende wärmere Abwasser über den kälteren Inhalt des Beckens hinwegschob. Mit den Schwankungen der Temperaturverhältnisse ändern sich die Fehlerquellen, wie in Fig. 47 und Fig. 48 veranschaulicht. Die gestrichelten Linien zeigen den Weg, den die

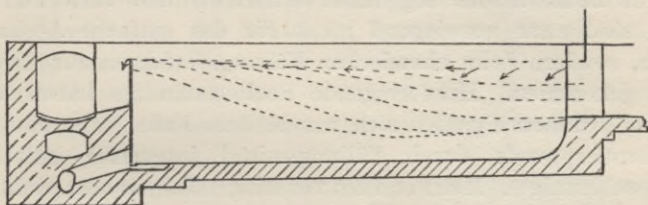


Fig. 47. Durchtritt des Abwassers an kalten Tagen nach Schmidt.

zufließenden Abwasser nehmen, je nachdem sie wärmer oder kälter sind als der Beckeninhalt.

Nähere Angaben über die Schlammengen, die sich bei dem Absitzverfahren ergeben, sowie über die Möglichkeit einer Verwertung des gewonnenen Schlammes finden sich im Kap. 11.

Weiter oben wurde gesagt, das kontinuierlich arbeitende Absitzverfahren hätte vor dem intermittierenden den Vorzug, daß es keinen Gefälleverlust bedingte. Diese Behauptung ist zutreffend,

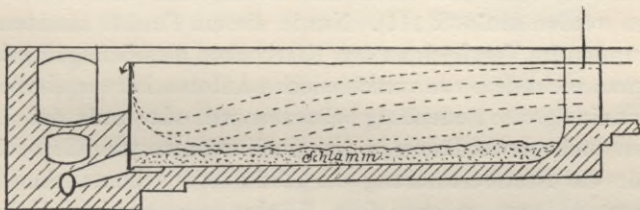


Fig. 48. Durchtritt des Abwassers an warmen Tagen nach Schmidt.

nur soweit der Sedimentierbetrieb an und für sich in Betracht kommt. Will man aber den Schlamm ausräumen, so muß auch aus den beschriebenen kontinuierlich arbeitenden Flachbecken das über dem Schlamm stehende Wasser jedesmal vorher abgelassen werden. Die hier in Frage kommende Abwassermenge ist freilich nur ein kleiner Bruchteil der gesamten zu behandeln-

den Abwassermenge, so dafs man mit verhältnismäfsig kleinen Pumpanlagen zum Ziele kommen kann.

Mehrere Ingenieure haben sich die Aufgabe gestellt, Absitzbehälter so zu konstruieren, dafs sie sich für kontinuierlichen Betrieb eignen und selbst für die Zwecke der Schlammausräumung nicht entleert zu werden brauchen. In erster Linie kommen hier in Betracht die sog. Klärbrunnen und Klärtürme. Diese sind zwar vorwiegend nicht für das einfache Absitzverfahren, sondern beim chemischen Fällungsverfahren zur Anwendung gekommen. Hervorragende Sachverständige haben auch erklärt, Brunnen eigneten sich nur in dem Falle, dafs man den Sedimentierprozeß durch Fällungsmittel intensiver gestaltete und beschleunigte. Mairich hat vor einigen Jahren aber praktisch demonstriert, dafs diese, Jahre hindurch maßgebend gewesene Auffassung doch nicht allgemein zutrifft und dafs man bei geeigneter Konstruktion der Brunnen auch ohne Chemikalienzusatz zu guten Resultaten kommen kann. Die Brunnen haben jedoch gewisse Nachteile, auf die ich nachher noch zurückkomme, so dafs es mir fraglich erscheint, ob sie für die Ausscheidung der ungelösten Stoffe aus Rohwässern eine grofse Verbreitung gewinnen werden, zumal, wie wir noch sehen werden, neuerdings Apparate und Konstruktionen ersonnen sind und sich bewährt haben sollen, die darauf hinauszielen, auch aus Flachbecken die Sedimente auszuräumen, ohne dafs dabei das Abwasser aus dem Becken abgelassen werden mufs (S. 114). Nur in diesem Punkte konnten die Klärbrunnen im Vergleich zu den Klärbecken als überlegen gelten, wenn man nicht dem von verschiedenen Autoren hervorgehobenen Moment eine grofse Bedeutung beimessen will oder mufs, dafs Klärbrunnen nicht soviel Raum in Anspruch nehmen wie Klärbecken.

Für die Nachbehandlung der Abflüsse aus künstlichen biologischen Anlagen mögen aber Klärbrunnen gewisse Vorzüge vor Klärbecken haben, und da diese Aufgabe, wie im Kap. 8 noch näher dargelegt werden wird, zurzeit grofses Interesse beansprucht, so mögen an dieser Stelle die Haupttypen der bekannten Klärbrunnen kurz geschildert werden. Wir müssen aber im Auge behalten, dafs verschiedene von diesen Konstruktionen sich für das Absitzverfahren überhaupt kaum eignen dürften und nur für das später zu besprechende chemische Fällungsverfahren in Frage kommen könnten.

Im Jahre 1886 konstruierten Müller und Nahnsen den in Fig. 49 abgebildeten Brunnen in Halle a. S. Die Abwässer laufen erst durch einen Sandfang und werden dann dem 7,5 m tiefen Brunnen bei *a* 2,5 m über der Sohle zugeführt. Beim Verlangsamten der Stromgeschwindigkeit sollen die ungelösten Stoffe zu Boden sinken, während das Abwasser aufsteigt und oben abfließt, ev. noch einen zweiten Brunnen passiert. Der Schlamm wird von der Sohle des Brunnen bei *b* abgepumpt, ohne dafs man den Klärbetrieb unterbricht.

Bald darauf konstruierte Kniebühler für Dortmund den in Figg. 50—52 abgebildeten 13,7 m tiefen Brunnen, der sich von dem Hallenser

Brunnen hauptsächlich nur dadurch unterscheidet, dafs eine gleichmäfsigere Verteilung der Abwässer über den ganzen Querschnitt des Brunnen durch sternförmige, horizontal angeordnete Rinnen angestrebt wird (Fig. 51). Außerdem sollten die Abwässer aufsteigend durch ein dünnes Filter hindurchtreten und oben in Rinnen zum Abflufs gebracht werden, die den ganzen Querschnitt

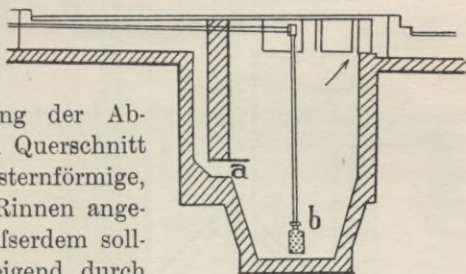


Fig. 49. Klärbrunnen in Halle, Müller-Nahnsen.

beherrschen (Fig. 52). Die Dortmunder Brunnen waren so berechnet, dafs das Wasser nach Vorbehandlung mit Kalk und schwefelsaurer Tonerde bzw. Eisensulfat bei stärkster Inanspruchnahme (an Schlachttagen) mit 0,36 mm Geschw. pro Sek. aufwärts steigen und nach  $1\frac{3}{4}$  Stunden zum Ablauf kommen sollte.

Mairich hat für Stargard und Neustadt in Oberschlesien Klärbrunnen gebaut, die sich an das Dortmunder System eng anlehnen, jedoch verschiedene Eigenarten aufweisen. In den Neustädter Brunnen (Fig. 53), deren Gesamttiefe 6,8 m beträgt, wird das Abwasser 4,5 m unter dem Wasserspiegel zugeführt, und zwar durch 12 tangential angeordnete Zufuhrrohren *a*, die im Klärbrunnen horizontal nach der Mitte zu verlaufen, sich dort vereinigen und unten offen sind, also rinnenförmig gestaltet, wie in Dortmund. Die Stargarder Brunnen (Fig. 54) sind so berechnet, dafs das Wasser bei einer Aufsteiggeschwindigkeit von

0,5 mm pro Sek. zwei Stunden im Brunnen verbleibt. Der Abfluss erfolgt wie in Dortmund durch strahlenförmig angeordnete Rinnen, jedoch tritt das Abwasser durch Löcher in diese ein, während es in Dortmund in die Rinnen überläuft. Die Schlammleerung erfolgt in Neustadt, wie aus der Abbildung ersichtlich, durch Öffnung eines Ventils *b*, nachdem ein dicht über der Brunnensohle angebrachtes Rührwerk *c* in Bewegung gesetzt ist.

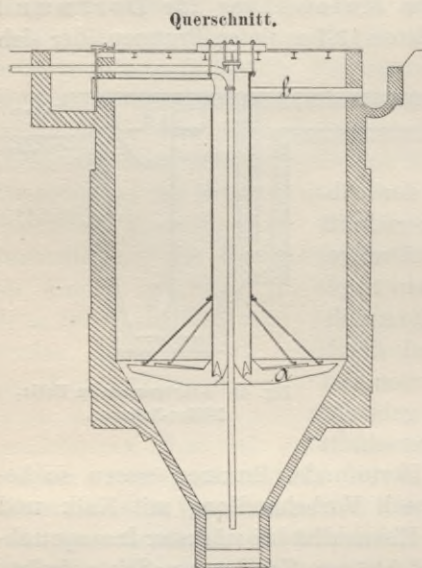


Fig. 50.

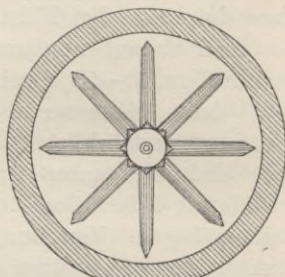


Fig. 51.

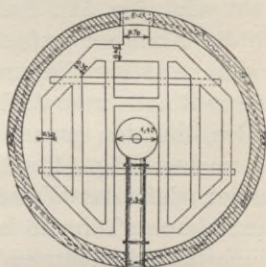


Fig. 52.

Klärbrunnen in Dortmund, Kniebühler.

Später hat Mairich die Brunnen kleiner konstruiert und in größerer Anzahl angewendet. So z. B. wurden für die Stadt Ohrdruf mit einer Einwohnerzahl von 6000 Personen nicht weniger als 28 Klärbrunnen gebaut, für Langensalza mit 13000 Einwohnern 40 Klärbrunnen, für Guben mit 33000 Einwohnern bei täglich 9000 cbm Abwasser 84 Brunnen. Diese kleinen Mairichschen Brunnen mit einer nutzbaren Höhe von 2,6 m bei 5 qm Grundfläche, in denen die Zuführung des Abwassers sich an die Dortmunder Einrichtung mehr anlehnt als



bei den älteren Ausführungen, werden durch Fig. 55 und 56 in der für Guben getroffenen Anordnung veranschaulicht.

In Birmingham hat Watson der Brunnenkonstruktion für bestimmte Zwecke den Vorzug vor Flachbecken gegeben, und zwar hauptsächlich, weil die Ausräumung des Schlammes sich bequemer gestaltete. Die Abflüsse aus den dortigen Faulkammern werden, nachdem sie einen langen, großen Kanal durchflossen haben, noch durch Klärbrunnen geschickt. Außerdem

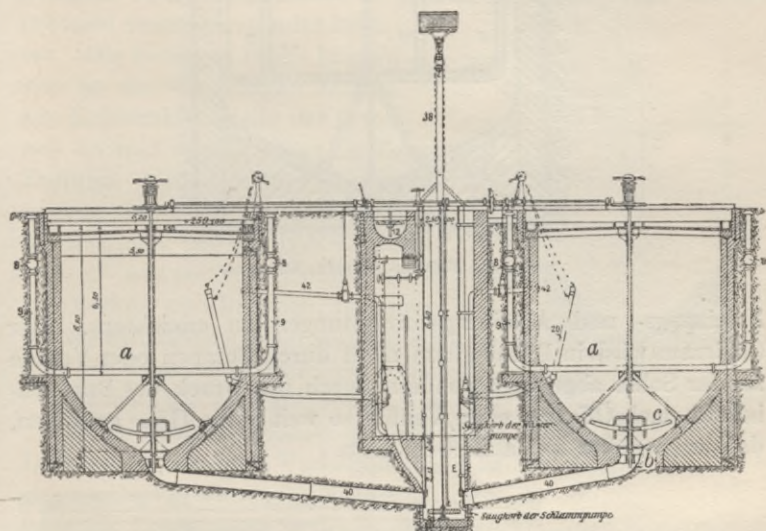


Fig. 53. Mairich-Brunnen, Neustadt i. O.-Schl.

läßt Watson die Abflüsse aus den Tropfkörpern zwecks Ausscheidung der flockigen Sedimente durch Klärbrunnen laufen, deren Bauart durch Fig. 57 veranschaulicht wird und die den Namen »Birmingham Separator« führen. Vorwiegend für die Nachklärung der Abflüsse aus biologischen Anlagen dürfte sich die Brunnenkonstruktion eignen. Watson ist der Meinung, daß der zylindrische Teil der Dortmunder Brunnen, an welche die Konstruktion des Birmingham Separator sich anlehnt, wenig wirksam sei, weil der Abwasserstrom sich in diesem Teil der Brunnen gleichmäßig fortbewegt. Er legt mehr Wert auf den trichterförmigen Teil der Brunnen, in dem die Geschwindig-

keit des Abwasserstromes sich fortgesetzt verringert. Deshalb hat er diesen Teil besonders stark ausgebildet. Der zylindrische Aufsatz hat hauptsächlich nur den Zweck, die Montierung der

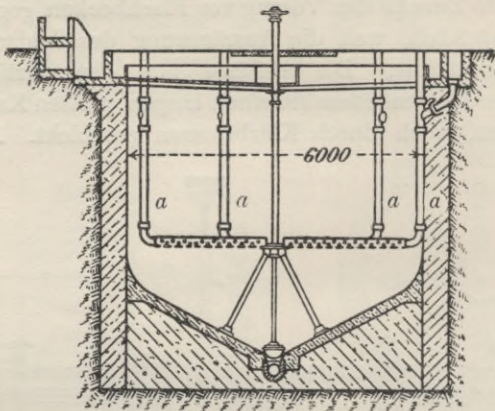


Fig. 54. Mairich-Brunnen, Stargard.

Zuleitungs- und Ableitungsvorrichtungen zu erleichtern. Der Schlamm wird in Birmingham nicht durch Pumpen oder Ventile an der Sohle abgesaugt, sondern durch den Druck des Brunneninhalts nach Öffnung eines Ventils so weit in die Höhe getrieben, daß er nachher frei abfließen kann.

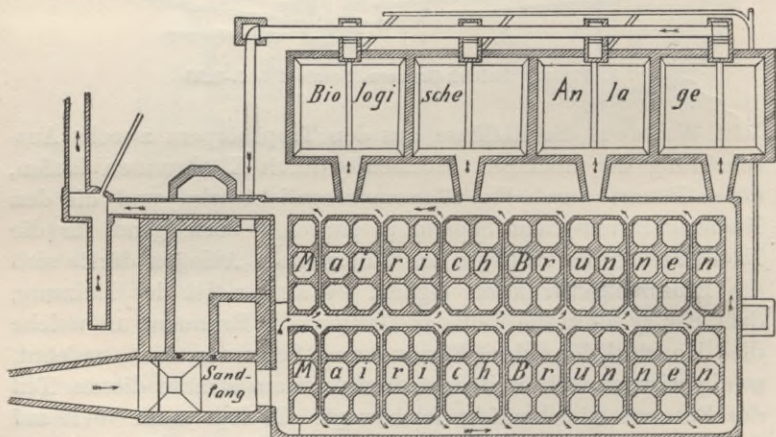


Fig. 55. Mairich-Brunnen, Guben (Grundriß).

Wenn der Beschreibung der Klärbrunnen hier ein weiterer Raum gewidmet worden ist, so geschah das hauptsächlich mit Rücksicht auf die zuletzt angeführte Verwendungsart der Brunnen; denn hier handelt es sich um die Abscheidung von Stoffen, die in der Regel grobflockig sind und zur fauligen Zersetzung weniger neigen als die ungelösten Stoffe des Rohwassers. Selbst bei verhältnismäßig einfachen Konstruktionen, wie den Dortmunder Brunnen, soll es bei der Behandlung von Rohwasser schwierig gewesen sein, die Brunnen so sauber zu halten, daß Fäulnisprozesse vermieden werden konnten. Die klebrigen Stoffe hängen sich an die Wandungen und an alle Konstruktionsteile der Brunnen an und verfallen dort der Zersetzung. Dadurch wird dem durchfließenden Abwasser, selbst bei nur kurzem Aufenthalt im Brunnen, ein fauliger Charakter verliehen. Aus solchen Gründen muß man bei Becken und Brunnen, in denen Rohwasser behandelt werden soll, auf Einfachheit der Konstruktion großen Wert legen.

Dervaux ist, ausgehend von der Annahme, daß die Leistung eines Klärbeckens im direkten Verhältnis stehe zu der gegebenen Klärfläche auf Grund theoretischer Erwägungen zu der in Fig. 58 abgebildeten Konstruktion gekommen, bei der die Klärfläche durch Einsetzen einer großen Anzahl von Klärschirmen außerordentlich stark vergrößert wird. Mit dieser Konstruktion hat ein Vorschlag große Ähnlichkeit, den Travis kürzlich gemacht hat und auf den ich weiter unten noch zurückkomme (S. 130). Die von Dibdin vorgeschlagenen, aus Schiefertafeln hergestellten Absitzbehälter sollen an anderer Stelle beschrieben werden.

Durch Experimente, die ich durchgeführt habe im Zusammenhang mit der Frage, welche Zuleitungsart bei Klärbrunnen die zweckmäßigste sei und ob es sich empfehlen würde, das Abscheiden der ungelösten Stoffe durch Hindernisse zu begünstigen, die man dem Abwasserstrom entgegenstellt, habe ich mich davon überzeugt, daß letzteres zweifelsohne zutrifft.

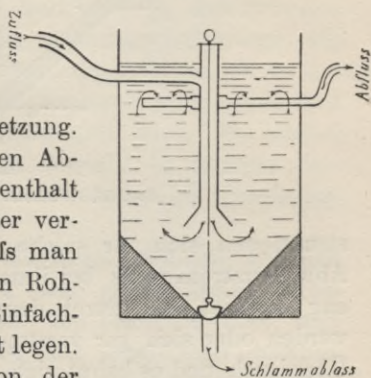


Fig. 56.  
Mairich-Brunnen  
(Querschnitt.)

Gewisse Vorkehrungen, durch die der Weg festgelegt wird, den das Abwasser im Absitzbehälter nehmen soll, dürften sich wohl empfehlen, wo es sich um die Nachbehandlung von Abflüssen aus biologischen Reinigungsanlagen handelt. Ich glaube aber nicht, daß der Dervauxsche Apparat oder ähnliche Kon-

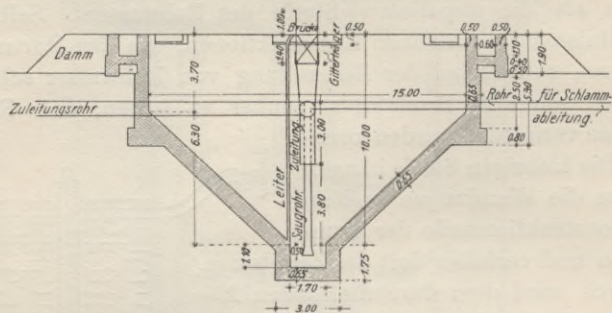


Fig. 57. Watsons Birmingham Separator.

struktionen sich für solche Zwecke eignen werden, denn der Abwasserstrom muß bei ihnen Wege zurücklegen, die ohnehin eng begrenzt sind, durch den abgelagerten Schlamm noch enger werden oder sich gar verstopfen. Dann gewinnt das Abwasser Überdruck und es bahnt sich selbst seinen Weg unter Mitreißen des vorher abgelagerten Schlammes. Bei der von Travis vorgeschlagenen Anordnung dürften solche Vorkommnisse weniger zu befürchten sein als bei derjenigen von Dervaux.

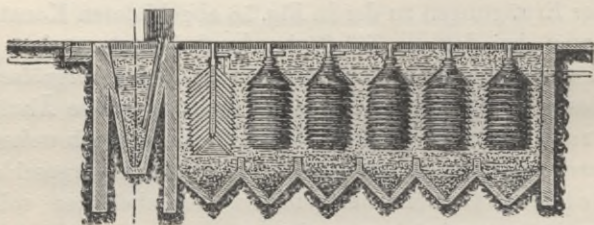


Fig. 58. Klärapparat mit Schirmen nach Dervaux.

Für die Behandlung von Rohwasser scheinen mir aber Einfachheit der Konstruktion, Fernhaltung von Konstruktionsteilen, an denen sich fäulnisfähige Stoffe ansetzen könnten, und insbesondere auch möglichste Glättung der Wandungen von wesentlichster Bedeutung zu sein.

Den Klärbrunnen wird nachgesagt, daß der Vorteil, den die Möglichkeit einer Ausräumung des Schlammes ohne Betriebsunterbrechung bedeutet, mehr als aufgewogen würde durch den Nachteil, daß bei der Schlammausräumung viel Wasser mitgerissen würde. Bei nicht ganz sorgfältiger Betriebsleitung ist mit solcher Gefahr sicher zu rechnen. Bei manchen Brunnenkonstruktionen wird sich das Mitreißen unnötig großer Wassermengen auch wohl kaum verhindern lassen. Auch ist, soweit meine Beobachtungen reichen, damit zu rechnen, daß Klärbrunnen, wenn der Schlamm nicht ganz regelmäßig ausgeräumt wird und sich in den Brunnen ansammelt, bei Veränderungen in der Abwasserzuzufuhrmenge, wie sie sich an Regentagen ergeben, außerordentlich schnell in der Weise reagieren, daß der abgesetzte Schlamm aufgewühlt und mit dem Abwasser aus den Becken ausgespült wird. Da solcher Schlamm sich bei vernachlässigtem Betriebe in fauliger Zersetzung befindet, so können auf diese Weise unter Umständen erhebliche Mißstände erwachsen.

Flachbecken stellen sich in der Regel in bezug auf den Kostenpunkt günstiger als Brunnen. Der ganze Betrieb ist bei ihnen übersichtlicher und einfacher. Ich bezweifle nicht, daß man ihnen überall den Vorzug geben wird, sobald man imstande ist, den Schlamm aus ihnen auszuräumen, ohne das Abwasser vorher aus den Becken entleeren zu müssen. Nach dieser Richtung hin sind in Bolton Versuche gemacht worden mit einem von Fidler konstruierten, in Fig. 59 abgebildeten Apparat. In der Abbildung hat dieser Apparat nur die Aufgabe, den Schlamm von der flachen Sohle eines Klärbrunnens nach dem, im Zentrum befindlichen Schlammentil zu befördern. Man kann ihn aber auch in rechteckigen Flachbecken verwenden (Fig. 60). In den Hamburger Sandfängen verfährt man, wie schon erwähnt, ähnlich mit einem Baggerapparat. Sollte sich herausstellen, daß solche Schlammensammler nicht für alle Zwecke genügen, so könnte ich mir doch wohl denken, daß es gelingen müßte, zweckmäßige, bewegliche Vorrichtungen zur Beseitigung des Schlammes zu konstruieren, mittels derer man auch flach ausgebildete Sohlen von Absitzbecken sauber halten könnte, ohne die Becken zu entleeren. Die Fig. 61 zeigt, wie diese Aufgabe in Bolton früher von Hand erledigt wurde, und Fig. 62 veranschaulicht einen Apparat, der dort jetzt für solche

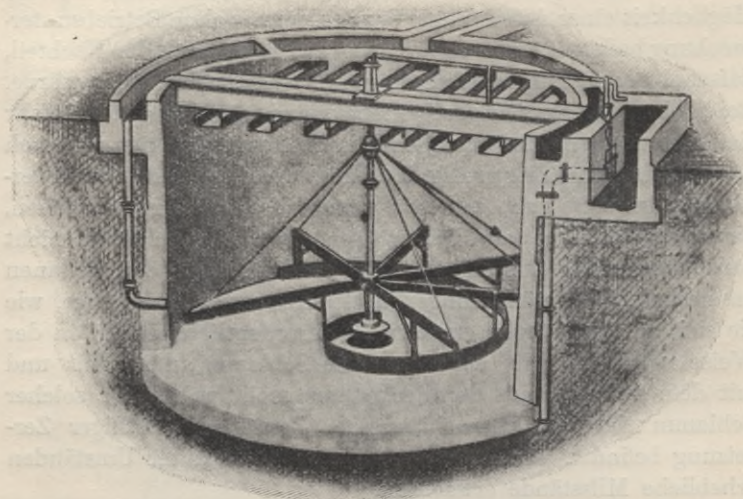


Fig. 59. Schlamm­sammler nach Fidler (Ham, Baeker & Co.).

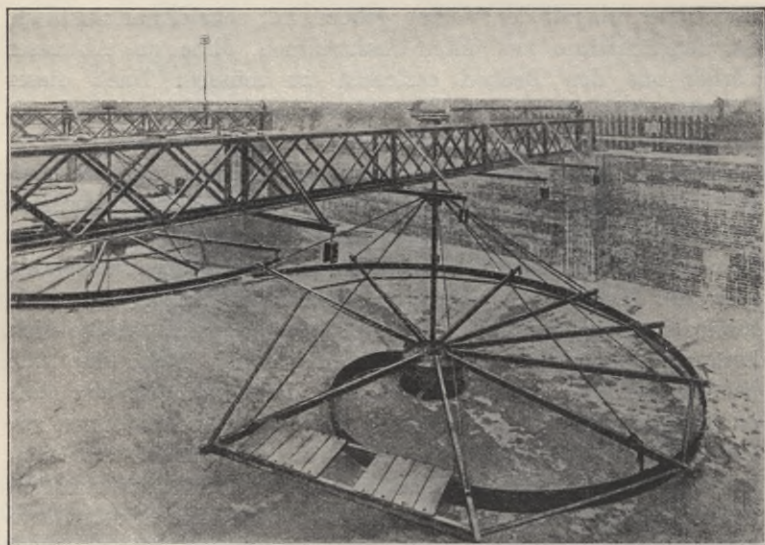


Fig. 60. Schlamm­sammler nach Fidler für rechteckige Flachbetten (Ham, Baeker & Co.).



Fig. 61. Ausräumung von Schlamm aus Flachbecken, alte Methode Bolton.

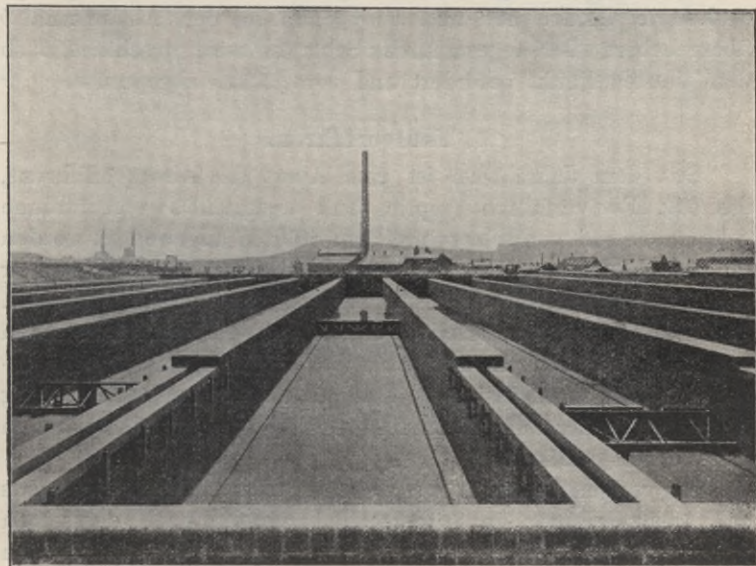


Fig. 62. Ashton-Apparat zur Ausräumung von Schlamm aus Flachbecken, Bolton.

Zwecke benutzt wird, neben dem schon in Fig. 60 abgebildeten. Es soll möglich sein, mittels dieser Apparate innerhalb 15 Minuten den Schlamm aus Becken von mehr als 100 m Länge auszuräumen.

In Barmen-Elberfeld hat man neuerdings die Sohle von Absitzbecken mit trichterartigen Vertiefungen ausgebildet wie in Fig. 58, sodafs dort aus Flachbecken der Schlamm entleert werden kann wie aus Brunnen. Ich glaube nicht, dafs dieser Vorgang als eine definitive Lösung der eben erörterten Frage aufzufassen ist.

Anstatt der Klärbrunnen hat man auch Klärtürme konstruiert. Hauptsächlich sollten dadurch die grofsen Kosten vermieden werden, welche mit Erdarbeiten in gröfseren Tiefen in der Regel verknüpft sind. Man hat also die Klärbrunnen oberirdisch anstatt unterirdisch hergestellt. Am konsequentesten ist dieses Prinzip von der Firma *Rothe-Röckner* verfolgt worden, deren letzte, für das *Degenersche Kohlebreiverfahren* ausgearbeitete Konstruktion durch Fig. 63 veranschaulicht wird. Das Abwasser tritt unter einer metallenen Glocke (Klärzylinder) durch tangential verteilte Röhren *a* ein, steigt in die durch Luftpumpe evakuierte Glocke auf und wird dann in den Ablaufkanal *b* übergehebert. Der angesammelte Schlamm wird maschinell nach dem tiefsten Punkt befördert und von da aus abgepumpt.

### e) Faulverfahren.

Seit dem Jahre 1895 ist eine Abart des Absitzverfahrens, das sog. Faulverfahren (*septic tank treatment*), in Aufnahme gekommen und von sehr zahlreichen Städten angewendet worden im Anschlufs an Versuche, welche der städtische Ingenieur von *Exeter*, Herr *Donald Cameron*, damals angestellt hatte. Das Faulverfahren unterscheidet sich von dem Absitzverfahren hauptsächlich dadurch, dafs man den Schlamm aus den Absitzbecken nicht regelmäfsig ausräumt, ehe er in faulige Zersetzung übergeht, sondern die Sedimente monate- oder gar jahrelang in den Becken beläfst.

Im vorigen Abschnitt wurde schon darauf hingewiesen, dafs das Absitzverfahren in früheren Jahrzehnten nach demselben Prinzip behandelt wurde, und zwar nicht absichtlich, sondern infolge von Vernachlässigung des Betriebes. Die Folge war, dafs



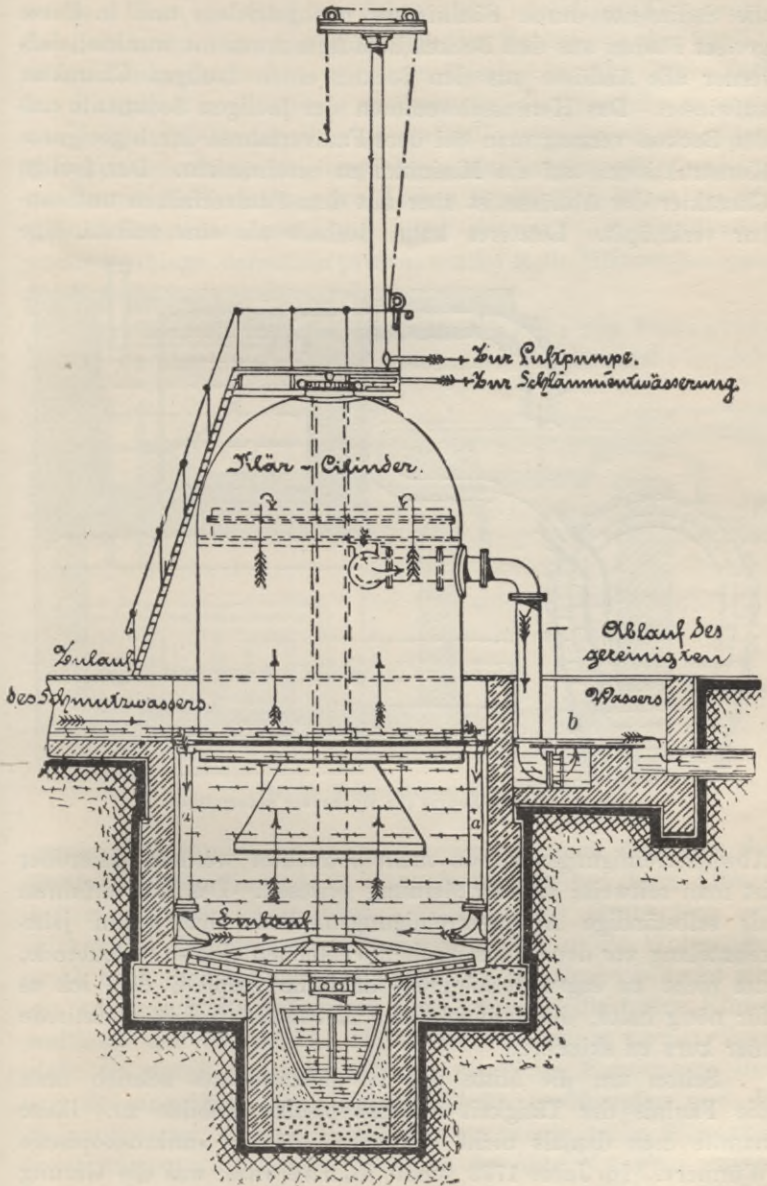


Fig. 63. Klär-turm nach Rothe-Röckner.

die Sedimente durch Fäulnisgase hochgetrieben und in Form großer Fladen aus den Becken herausgeschwemmt wurden; daß ferner alle Abflüsse aus den Becken einen fauligen Charakter aufwiesen. Das Herausschwemmen der fauligen Sedimente aus den Becken vermag man bei dem Faulverfahren durch geeignete Konstruktionen auf ein Minimum zu beschränken. Der faulige Charakter der Abflüsse ist aber mit dem Faulverfahren untrennbar verknüpft. Letzteres kann deshalb als eine selbständige

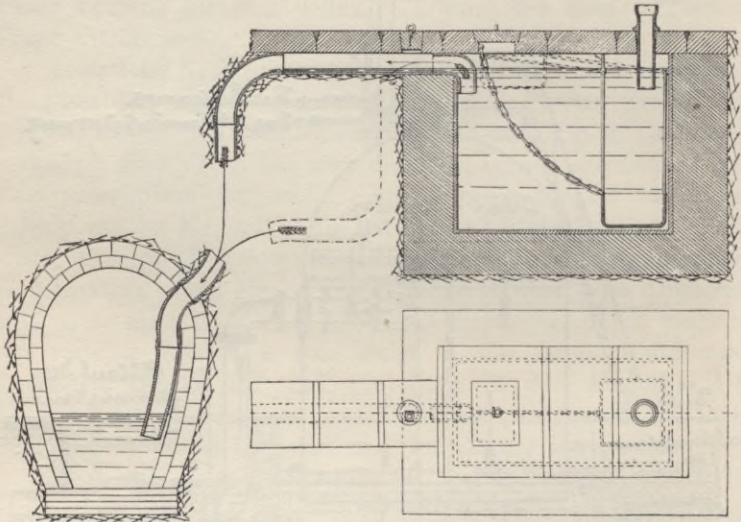


Fig. 64. Fosses Mouras (La vidangeuse automatique).

Abwasserreinigungsmethode nicht betrachtet werden. Hierüber ist man zeitweise anderer Meinung gewesen. Das Faulverfahren als selbständige Abwasserreinigungsmethode hat schon jahrzehntelang vor den Cameronschen Versuchen eine so bedeutende, um nicht zu sagen verhängnisvolle Rolle gespielt, daß ich es für nötig halte, die geschichtliche Entwicklung dieser Methode hier kurz zu skizzieren.

Schon um die Mitte des 17. Jahrhunderts schrieb man die Fäulnis der Tätigkeit mikroskopischer Gebilde zu. Diese nannte man damals nicht Bakterien, sondern »mikroskopische Würmer«. Im Jahre 1773 suchte Linné »das, was die Gärung und Fäulnis verursacht« unter den mikroskopischen Kleinlebe-

wesen. Plenciz fand im Jahre 1762 unzählige »Animacula« in allen faulen Dingen und schrieb die Entstehung der Fäulnis einem »mikroskopischen würmigen Gesäm« zu. Im Jahre 1863 hat Pasteur im Anschluß an Versuche, durch welche er nachwies, daß die Gärung als eine von Mikroorganismen ausgelöste Tätigkeit aufzufassen sei, empfohlen, man möchte alle Vorgänge, welche mit der Zersetzung von Zucker, organischer Säure, eiweißartigen Substanzen usw., und alles, was mit der Nitrifikation zusammenhinge, daraufhin prüfen, welche Rolle Mikroorganismen dabei spielten.

Um das Jahr 1860 hat Louis M. Mouras aus Vesoul die in Fig. 64 abgebildete Grube konstruiert, durch welche erreicht

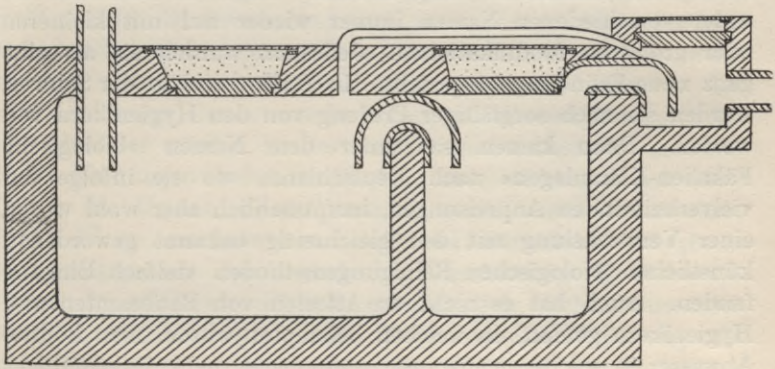


Fig. 65. Fosses Mouras Bordeaux.

wurde, daß sowohl die Hausleitungen, als auch das nach den Straßkanälen führende Ableitungsrohr derselben durch Flüssigkeit stets abgeschlossen blieben. Die in der Grube sich entwickelnden Fäulnisgase konnten also weder in die Wohnungen noch auch in die Kanäle gelangen. In der Grube befindet sich ein an einer Kette befestigter Korb, welcher die festen Körper auffängt und zurückhält. Diesen Gruben wurde nachgerühmt, daß sie durch anaerobe Gärung sämtliche Exkremente und sonstige ungelösten fäulnisfähigen Stoffe verflüssigten und die Schmutzwässer in eine homogene, nur wenig trübe Flüssigkeit verwandelten. Auf eifriges Betreiben des Abbé Moigno wurden solche Gruben in Paris gebaut, jedoch mit nicht zufrieden-

stellendem Erfolge. Später aber kamen sie in zahlreichen Orten unter dem Namen »Fosses Mouras« zur Ausführung. In Bordeaux wurden die Fosses Mouras gemäß der Forderung des städtischen Ingenieurs, zweikammerig ausgeführt (Fig. 65) und mit einem Entgasungsrohr ausgestattet. Es hatte sich nämlich gezeigt, daß, entgegen der Annahme des Erfinders, sich Gas über der Flüssigkeit ansammelte und gelegentlich eine so starke Tension gewann, daß es den Flüssigkeitsspiegel bis zu den Rohrmündungen herabdrückte und dann größere Mengen von Schwimstoffen in das Ablaufrohr hinüberprefste. Französische Hygieniker, unter anderen Richard, haben sich auf Grund ihrer Beobachtungen dahin ausgesprochen, die Fosses Mouras seien zum mindesten völlig nutzlos. Trotzdem tauchten sie unter verschiedenen Namen immer wieder auf mit kleineren oder größeren Modifikationen. Jedesmal wurden sie als eine ganz neue Erfindung hingestellt. In Italien und in der Schweiz wurden sie nach sorgfältiger Prüfung von den Hygienikern verworfen. Dann kamen sie unter dem Namen »biologische Fäkalien-Kläranlagen« nach Deutschland, wo sie infolge der vielverheißenden Anpreisungen, hauptsächlich aber wohl wegen einer Verwechslung mit den gleichzeitig bekannt gewordenen künstlichen biologischen Reinigungsmethoden vielfach Eingang fanden. Auch hat es nicht an Attesten von Baubeamten und Hygienikern gefehlt, in welchen behauptet wurde, man könnte Abwasser in solchen Apparaten in ein nicht mehr fäulnisfähiges Produkt verwandeln. Enttäuschungen sind natürlich nicht ausgeblieben. Viel Geld ist für solche Apparate nutzlos verwendet worden. Alle einschlägigen Versuche haben gezeigt, daß die Verwandlung von Schmutzwässern in ein nicht mehr fäulnisfähiges Produkt unter alleiniger Anwendung eines Faulprozesses praktisch nicht in Frage kommen kann, wenngleich die Möglichkeit theoretisch zuzugeben ist (s. S. 46). Zurückgreifend möchte ich noch erwähnen, daß Alexander Müller im Jahre 1878 ein Verfahren zum Patent angemeldet hat, bei welchem Schmutzwässer in Faulkammern geleitet und unter Ausschluss atmosphärischer Luft, wenn nötig unter Zusatz von Hefe und anderen fäulniserregenden Stoffen, biologisch behandelt werden sollten. Müller hielt jedoch die Abflüsse aus solchen Faulkammern nicht für gereinigt, sondern er setzte voraus, daß

sie noch zu filtrieren, bzw. für Rieselszwecke zu benutzen wären. Auch Cameron hat den Faulprozess nicht als eine selbständige Reinigungsmethode aufgefasst, sondern lediglich als einen vorbereitenden Prozess für biologische Nachbehandlung. Er wollte durch die Faulkammer die ungelösten Stoffe aus den Abwässern ausscheiden und die Menge der in der Faulkammer zurückgehaltenen Sedimente durch den Ausfaulungsprozess verringern. Die sehr verheißungsvollen Berichte über seine, nach dieser Richtung erzielten Erfolge lenkten bald die Aufmerksamkeit der ganzen zivilisierten Welt auf sich. Das Verfahren wurde erst in England, später auch in anderen Ländern mit einer Schnelligkeit und in einem Umfange aufgenommen, die in der Geschichte der Abwasserreinigung beispiellos dastehen. Verschiedene Autoren stellten bald die Behauptung auf, man könnte Schmutzwasser auf künstlich biologischem Wege überhaupt nicht reinigen, wenn man sie nicht vorher dem Faulprozess unterwürfe, und von den verschiedensten Seiten wurde behauptet, die ungelösten Stoffe der Abwässer würden in der Faulkammer vollständig verzehrt. Beide Meinungen haben anfänglich viele Anhänger gefunden. Durch die Hamburger Versuche wurde zuerst in einwandfreier Weise nachgewiesen, dass der künstliche biologische Reinigungsprozess durch vorherige Überführung der Schmutzwässer in stinkende Fäulnis grundsätzlich nicht unterstützt, sondern erschwert wird. Die Frage, welche Bedeutung der Schlammverzehrung beizumessen wäre, die durch den Faulprozess erzielt wird, ist auch heute noch hart umstritten. Anfänglich wurde behauptet, der Schlamm würde in der Faulkammer ganz verflüssigt und vergast, später meinte man, er würde um 50% seines Volumens verringert. In der neuesten mir zur Kenntnis gekommenen einschlägigen Arbeit, welche sich auf jahrelange Versuche stützt, wird sogar behauptet, die Schlammmenge lasse sich durch den Faulprozess höchstens um 9% verringern.

In nachstehendem möchte ich den Versuch machen, klarzustellen, welche gesicherten Unterlagen zur Verfügung stehen, auf Grund deren wir die unzweifelhaft vorhandenen Nachteile gegenüber den ebenso unzweifelhaft vorhandenen Vorteilen des Faulprozesses abwägen können. Als Vorteile werden hingestellt: 1. die Ausscheidung der Sedimente, 2. Herstellung einer gleichmäßigen Mischung aus den in ihrer Zusammensetzung stark

schwankenden Abwässern, 3. Aufschließen der Abwässer für biologische Nachbehandlung, 4. Verwertbarkeit der Fäulnisgase, 5. Verringerung der Schlammmenge, 6. leichtere Drainierbarkeit des Faulschlammes, 7. Schädigung pathogener Keime. Als Nachteile findet man hervorgehoben: 1. den üblen Geruch der Abflüsse, 2. Erschwerung der biologischen Behandlung, 3. Angreifen von Zement, 4. Schädlichkeit Fischen gegenüber, bedingt durch hohen Gehalt der Faulkammerabflüsse an Schwefelwasserstoff.

Der Sedimentierprozess spielt sich in der Faulkammer nicht so einfach ab wie in Absatzbecken. Sobald die Sedimente in Fäulnis übergehen, werden sie in Form von Fladen aufgeschwemmt. An der Oberfläche entweichen die Fäulnisgase und die Sedimente beginnen wieder niederzusinken. Hierdurch wird die Gefahr ihrer Abschwemmung aus den Becken bedingt, die sich jedoch durch Einschaltung von Schwimmbrettern oder anderweitigen zweckmäßigen Konstruktionen bis zu dem Grade einschränken läßt, daß größere Partikelchen nicht abgeschwemmt werden. Mit der Zeit beginnt der aufgetriebene Schlamm eine Decke zu bilden, die sog. Schwimmdecke. Diese nimmt manchmal einen lederartig zähen Charakter an. Soweit meine Beobachtungen reichen, scheint diese Festigkeit bedingt zu werden durch Schimmelvegetationen, welche die Schwimmdecke ganz durchsetzen. Vorwiegend fanden wir *Pilobolus Oedipus*, äußerlich kenntlich an seinen braunen Fruchtkörpern, und einen roten Pilz, *Peziza omphalodes*, ebenfalls ein Mistbewohner. Von den Hyphen solcher Pilze wird die Schwimmdecke, die sich aus Pflanzenresten, Papier, Haar, Fett etc. zusammensetzt, ganz durchwuchert und dadurch zu einer festen, zähen Masse vereinigt, in der allerlei Würmer, und zwar echte Regenwürmer, Lumbriziden, sowie die Maden von Insekten, wie Fliegen (vornehmlich *Psychoda ptalaenoides*), lebhaft gedeihen. Zu bestimmten Jahreszeiten stirbt der Schimmel ab, dann wird die Schwimmdecke bröckelig und sie sinkt in kleinen Partikelchen zu Boden. An einzelnen Orten, z. B. in Leeds, wurde beobachtet, daß der Gehalt der Faulkammerabflüsse an ungelösten Stoffen zu verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden ist. Das mag seinen Grund in den eben erwähnten Vegetationsverhältnissen haben. Auch soll bei offenen Faulbecken der Regen

einen gewissen Einfluss auf die Zerstörung der Schwimmdecke gewinnen können. Aus der Schwimmdecke sinkt der Schlamm allmählich zu Boden in Form einer feinkrümeligen erdigen Masse, die der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich ist.

Am stärksten wird man die Schwimmdecke immer in solchen Faulbecken finden, in denen das Abwasser zugeführt wird, ohne einen Sandfang und Gitter passiert zu haben, also mit dem ganzen Gehalt der ungelösten Stoffe. Bei Abwässern, welche keine Fäkalien oder ähnliche, leicht zersetzbare, ungelöste Stoffe enthalten, pflegt die Schwimmdecke keine erhebliche Stärke zu gewinnen. In überwölbten Faulkammern pflegt die Entwicklung der Schimmelvegetationen in den Schwimmdecken keine solche Intensität zu gewinnen wie in offenen Becken. Die Schwimmdecke hat deshalb in überwölbten Kammern in der Regel nicht die feste Konsistenz wie in offenen Faulkammern. Aber auch hier ist der Charakter der Abwässer von erheblichem Einfluss. In den Fosses Mouras z. B. sind Schwimmdecken von mehr als 1 m Stärke und von wachsartiger fester Konsistenz zur Beobachtung gekommen, die schliesslich die Zu- und Ablaufröhren verstopften und infolgedessen Kalamitäten hervorriefen. Man kann auch nicht sagen, dass das Klima auf die Bildung der Schwimmdecke von entscheidendem Einfluss sei. Bei dicht nebeneinander gelegenen Städten kann man in der einen Stadt Schwimmdecken bis zu 50 cm antreffen, in der anderen fast gar keine Neigung zur Schwimmdeckenbildung. Die oberflächlichen Partien der Schwimmdecke nehmen mit der Zeit einen erdig krümeligen Charakter an, und es bilden sich auf ihnen grosse Inseln von Gräsern und anderen Gewächsen. Die Schwimmdecke riecht nicht und verhindert die Verbreitung übler Gerüche. Aber auch ohne nennenswerte Schwimmdeckenbildung pflegen Faulkammern weniger zu Geruchsbelästigungen Anlass zu geben, als anfänglich befürchtet wurde. In Birmingham z. B. haben die offenen, nur teilweise Schwimmdeckenbildung zeigenden Faulkammern eine Oberfläche von 22000 qm. Trotzdem hat eine villenmäßige Bebauung sich bis zu einer Entfernung von nur  $\frac{1}{2}$  englischen Meile an diese Faulbecken heran entwickelt. Neuerdings wurde sogar eine Häuserreihe nur etwa  $\frac{1}{4}$  englische Meile von den Faulbecken entfernt errichtet.

Die beschriebenen Vorgänge bringen es mit sich, daß die Berechnung der Ausgiebigkeit des Sedimentierprozesses sich bei Faulkammern viel schwieriger gestaltet als bei Absitzbecken. Zu einigermaßen sicheren Resultaten kann man eigentlich nur kommen, wenn man, wie Calmette in Madeleine bei Lille es getan hat, ununterbrochen einen Bruchteil des zu behandelnden Abwassers in ein besonderes Becken laufen läßt und ebenso bei dem Abflus aus dem Faulbecken verfährt, um auf diese Weise zuverlässige Durchschnittsproben zu bekommen. Immerhin zeigen die zahlreichen vorliegenden Analysenergebnisse im allgemeinen eine so gute Übereinstimmung, daß man für die Praxis genügende Schlüsse daraus ziehen kann. In Leeds betrug die Ausscheidung der ungelösten Stoffe, die durch Faulbecken erzielt wurde, durchschnittlich 69%, in Manchester 61,5%, in Birmingham 60%, in Hamburg 71,3%, in Exeter 56%, in Massachusetts 61% und in Leicester 60—70%. Man wird also nicht weit fehlgehen mit der Behauptung, daß durch das Faulverfahren in der Regel 60—70% der ungelösten Stoffe aus städtischen Abwässern ausgeschieden werden und daß bei sorgfältigem Betriebe 70% erreicht werden können. Da in der Regel selbst unter den günstigsten Verhältnissen sich nicht viel mehr als 80% der ungelösten Stoffe durch Sedimentieren aus den Abwässern ausscheiden lassen, so darf obiges Ergebnis als ein durchaus zufriedenstellendes gelten. Die Dauer des Sedimentierprozesses ist nicht von ausschlaggebendem Einflusse. Durch 12stündigen Aufenthalt werden in der Regel ebenso gute Resultate erzielt wie durch 24- oder 48stündigen Aufenthalt des Abflusses in der Faulkammer. Es genügt sogar ein 6stündiger Aufenthalt, um dieselben Sedimentierresultate zu erzielen. Durch zweistündigen Aufenthalt in der Faulkammer unserer Versuchsanlage vermochten wir nur rd. 30% der ungelösten organischen Stoffe aus dem Abwasser auszuscheiden. Bei offenen Faulkammern pflegt die Ausscheidung ebenso günstig zu verlaufen wie bei überwölbten. — Das Gesagte gilt nur für häusliche oder städtische Abwässer von normaler Beschaffenheit. Eine schwach saure Reaktion der Abwässer genügt schon, um den Sedimentierprozess erheblich zu benachteiligen.

In bezug auf Mischung der Abwässer haben die Faulkammern keinen Vorzug vor Absitzbecken. Auch habe ich mich



nicht davon überzeugen können, daß der Herstellung einer gleichmäßigen Mischung des Abwassers die Bedeutung für nachfolgende biologische Behandlung beizumessen wäre, welche ihr verschiedene Autoren zuschreiben, solange es sich nur um häusliche oder normale städtische Abwässer handelt. Anders liegt es natürlich für Städte, wo große Mengen schwer zu behandelnder Industrie-wässer von teils saurer, teils alkalischer Reaktion produziert werden, wie z. B. in Manchester.

Die Frage, eine wie weit gehende Ausscheidung gelöster Stoffe durch das Faulverfahren erzielbar sei, wird bis in die neueste Zeit hinein sehr verschieden beantwortet. Dzierzgowsky ist durch jahrelang fortgesetzte Versuche zu der Auffassung gelangt, der Gehalt der Abwässer an gelösten organischen Stoffen würde in den Faulbecken überhaupt nicht nennenswert verringert. Andere Autoren meinten, daß die Oxydierbarkeit und der Gehalt an organischem Stickstoff bzw. Albuminoid-Ammoniak in der Faulkammer um 60 % und mehr herabgesetzt würde. In Leeds wurde eine Herabsetzung der Oxydierbarkeit um durchschnittlich 50 % tatsächlich beobachtet, in Leicester 36—60 %, in Birmingham 29 %. In unserer Hamburger Versuchsanlage wurde die Oxydierbarkeit durchschnittlich um rund 33 % herabgesetzt. Der Gehalt an Albuminoid-Ammoniak nahm durch den Faulprozeß ab in Exeter um 38—54 %, in Leicester um 50 %, in Birmingham um 36 % in der Hamburger Faulkammer um rund 23 %. Der Gehalt an organischem Stickstoff wurde bei uns um rund 37 %, an organischem Kohlenstoff um rund 40 % herabgesetzt. Hiernach darf es als zweifellos gelten, daß der Faulprozeß, allgemein gesprochen, eine Herabsetzung des Gehaltes der Abwässer an gelösten organischen Stoffen bedingt, welche mindestens so groß ist wie sie beim chemischen Fällungsverfahren unter günstigsten Verhältnissen erzielt werden kann. Dagegen zeigen die Abflüsse der Faulkammer einen höheren Gehalt an den Abbauprodukten der organischen Stoffe. Z. B. betrug die Zunahme des Gehaltes der Abwässer an freiem Ammoniak in Hamburg durchschnittlich 13 1/2 %, in Manchester 15,9 %, in Birmingham 22,4 %, in Exeter 36,1 %, in Lille 26 %, in Leeds sogar um mehr als 100 %. Neben dem freien Ammoniak tritt hauptsächlich der Schwefelwasserstoff in den Faulkammerab-

flüssen hervor. Quantitative Angaben über die Menge des Schwefelwasserstoffes finden sich in der Literatur wenig. In Hamburg haben wir bis zu 15 mg Schwefelwasserstoff in den Faulkammerabflüssen beobachtet. Hierdurch wird den Faulkammerabflüssen der offensive Charakter verliehen, der sich besonders bemerkbar macht, wenn die Abwässer stark bewegt werden, wie es bei Verteilung über biologische Körper zu geschehen pflegt. Ich habe zurzeit Versuche im Gange, den in der Faulkammer entwickelten Schwefelwasserstoff durch eine Schicht Eisenspäne zu binden, durch welche die Abwässer vor Verlassen der Faulkammer hindurchtreten müssen. Die Resultate sind bei mehrmonatigem Betriebe bislang auffällig günstig gewesen. Die Bindung des Schwefelwasserstoffes durch Zusatz von Eisensalzen scheint mir praktisch nicht empfehlenswert, weil das sich bildende, sehr feinflockige Schwefeleisen die biologischen Körper verstopft oder aber durch sie hindurchtritt und die Abflüsse schwärzlich verfärbt.

Die Frage, ob der Faulprozefs die biologische Nachbehandlung erleichtere, darf auf Grund obiger Darlegungen zunächst dahin beantwortet werden, dafs der Faulprozefs in quantitativer Beziehung eine erhebliche Entlastung der biologischen Körper bedeutet. Nicht allein wird der grösste Teil der ungelösten Stoffe ferngehalten, sondern auch noch ein nicht unerheblicher Teil der gelösten Stoffe. Dadurch wird einer Verschlammung der biologischen Körper in sehr weitgehendem Mafse vorgebeugt. Ohne Frage wird auch die Verwitterung des Materials, aus dem die biologischen Körper aufgebaut sind, durch Vorschaltung einer Faulkammer erheblich eingeschränkt. Eine andere Frage aber ist es, ob der Faulprozefs die organischen Bestandteile des Abwassers so verändert, dafs die definitive Reinigung der Abwässer dadurch erleichtert, bzw., wie von einzelnen Autoren behauptet wurde, sogar erst ermöglicht wird.

Die Abwässer von Zuckerfabriken, Bierbrauereien und ähnlichen Betrieben, welche grofse Mengen von Kohlehydraten enthalten und deshalb beim Faulprozefs einen sauren Charakter annehmen, sind in faulem Zustande entschieden schwieriger biologisch zu behandeln als in frischem. Diese schon seit einer Reihe von Jahren von mir hervorgehobene Tatsache ist neuerdings auch von anderer Seite bestätigt worden.

Aber auch häusliche und städtische Abwässer, die beim Faulen [nicht sauer werden, sind in frischem Zustande leichter biologisch zu reinigen als in faulem. Füllkörper konnten wir in Hamburg mit frischem Abwasser täglich sechsmal füllen, ohne daß die Abflüsse unbefriedigend wurden, mit faulem Abwasser aber nur zweimal.

Die gegenteiligen Meinungen englischer Autoren sind darauf zurückzuführen, daß diese Vergleiche anstellten zwischen frischen Abwässern, die von ungelösten Stoffen nicht befreit worden waren, und den Abflüssen von Faulbecken, aus denen der größte Teil solcher Stoffe entfernt worden war. Unter solchen Umständen müssen natürlich die biologischen Körper durch frische Abwässer eher verschlammt werden als durch vorgefaulte. Nachdem man in Leeds angefangen hatte, frische Abwässer zu verwenden, aus denen die ungelösten Stoffe entfernt worden waren, ist man zu Resultaten gekommen, die sich mit den in Hamburg erzielten decken, d. h. zugunsten einer Behandlung nicht vorgefaulten Abwassers ausfielen. Auch in Sutton sollen die Versuche zur biologischen Reinigung frischer Abwässer günstiger ausgefallen sein, seit man die ungelösten Stoffe aus dem Abwasser vorher ausscheidet.

Weshalb ein vorgefaultes Abwasser der biologischen Reinigung grundsätzlich besser zugänglich sein sollte als ein frisches, kann ich auch auf Grund rein theoretischer Erwägungen nicht einsehen, trotz aller gegenteiligen Behauptungen verschiedener hervorragender englischer Chemiker. Durch den Faulprozeß werden die im Abwasser enthaltenen gelösten organischen Stoffe so verändert, daß ihre Absorbierbarkeit und ihre hervorragenden Absorptionskräfte Einbuße erleiden. Anstatt ihrer schlagen sich an der Oberfläche der biologischen Körper Stoffe nieder, welche schwer zersetzbar sind, den Verschlammungsprozeß deshalb begünstigen, die Absorptionsvorgänge aber stören.

Irreleitend scheint mir die sehr verbreitete Auffassung gewesen zu sein, als käme es bei dem biologischen Verfahren einzig oder doch ganz vorwiegend nur auf Nitrifikationsprozesse an, d. h. auf die Verwandlung des Stickstoffs in Salpetersäure. Man hat außerdem irrümlicherweise angenommen, die Nitrifikation könnte erst eingeleitet werden, nachdem der organische Stickstoff mineralisiert, in Ammoniak übergeführt wäre. Das

scheint mir die einzige theoretische Unterlage zu sein, auf der alle Erklärungen zugunsten des Faulprozesses fußen. Nun gibt es aber nitrifizierende Organismen, die nicht Ammoniak nitrifizieren, sondern nur organischen Stickstoff. Nach Beobachtungen, die unter meiner Leitung mit solchen Mikroorganismen ausgeführt wurden, oxydieren sie den Stickstoff viel schneller als die bekannten Winogradskyschen nitrifizierenden Bakterien. Dafs aufser den letzteren noch andere oxydierende Mikroorganismen in den biologischen Reinigungskörpern eine sehr wichtige Rolle spielen, ist mir, wie ich schon vor mehreren Jahren dargelegt habe, von vornherein klar gewesen. Mit der eben angeführten Tatsache ist aber den ganzen Ausführungen über die günstige vorbereitende Wirkung der Faulkammer auf die gelösten organischen Stoffe der Boden entzogen.

Es kommt hinzu, dafs es uns gar nicht so sehr auf die Nitrifikation ankommen kann, wie allgemein angenommen wird. Sie wird immer hervorgehoben, weil man annimmt, die durch Abwasser hervorgerufenen Mifsstände rührten hauptsächlich von stickstoffhaltiger organischer Materie her. Dafs eine ausgiebige Mineralisierung und Oxydierung des organischen Stickstoffs als ein günstiges Anzeichen für ausreichende biologische Reinigung anzusehen ist, gebe ich gern zu. Darüber hinaus vermag ich aber der Nitrifikation keine erhebliche Bedeutung beizumessen, wenn ich die Frage wegen Verwertung der gereinigten Abflüsse hier zunächst aufser acht lasse. Andere Zersetzungs- und Oxydationsvorgänge scheinen mir viel wichtiger zu sein, vor allem die Mineralisierung des organischen Schwefels. Es ist doch gerade der Schwefel, nicht aber der Stickstoff, der bei der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Materie im Abwasser zu Mifsständen Anlafs gibt durch Bildung des übel riechenden und für Fische stark giftigen Schwefelwasserstoffs. Das Ammoniak riecht man aus fauligen Abwässern, wie schon dargelegt wurde, nicht heraus. Diese wichtige Tatsache hat in der Abwasserliteratur bislang wenig Berücksichtigung gefunden.

Der Schwefel verläfst die Faulkammer in der Regel in Gasform, oder aber er findet sich in den Abflüssen als Schwefeleisen. Gasförmiger Schwefelwasserstoff entweicht in die Luft, sobald das Abwasser bewegt, in großer Oberfläche der Luft ausgesetzt, oder fein verteilt mit dieser in Berührung gebracht wird. Die

hiermit verknüpften Mifsstände wird man ev. durch Mafsnahmen wie die weiter oben erwähnten zu beseitigen lernen. Bei ruhig fließendem Abwasserstrom kann er bis in die biologischen Körper hinein geführt und dort durch Absorption festgehalten werden. Das Schwefeleisen findet sich in den Abflüssen aus den Faulkammern meistens in kleinsten Partikelchen verteilt, die nicht durch alle Oxydationskörper zurückgehalten werden können. Am sichersten wird das Schwefeleisen durch Rieselfelder und intermittierende Filter zurückgehalten. Neben den Schwierigkeiten, die es bietet, das Entweichen des Schwefelwasserstoffs und Schwefeleisens zu verhindern, kommt noch in Betracht, dafs die Oxydation des Schwefeleisens viel schwieriger ist als die Oxydation organischen Schwefels.

Die Oxydation des organischen Kohlenstoffs scheint sich ebenfalls aerob günstiger und leichter abzuspielden als anaerob. Es ist dieses bei den einschlägigen Versuchen in Hamburg bei Prüfung des Füllverfahrens beobachtet worden. Ich werde später noch darauf zurückkommen.

Nach Obigem mufs ich trotz der günstigen Ergebnisse, über die vorhin zu berichten war — in bezug auf Ausscheidung der ungelösten Stoffe und Herabsetzung des Gehalts an gelösten organischen Stoffen —, mich doch für die Auffassung entscheiden, dafs frisches Abwasser der biologischen Reinigung grundsätzlich leichter zugänglich ist als vorgefaultes Abwasser. Darin soll kein allgemein absprechendes Urteil über das Faulverfahren liegen. Bei dessen Beurteilung sind, wie wir schon gesehen haben und noch sehen werden, eine grofse Reihe anderer Fragen noch mit zu berücksichtigen, die sich nur von Fall zu Fall entscheiden lassen. In erster Linie kommen da in Betracht die Fragen, welche zusammenhängen mit der Schlammverzehrung, mit der Umwandlung des Schlammes in ein weniger offensives Produkt und mit der bequemeren Aufspeicherung des Schlammes für längere Zeit.

Die mit der Schlammverzehrung zusammenhängenden Fragen sind noch schwieriger zu beurteilen als diejenigen, welche die eben erörterte Zersetzung der gelösten Stoffe betreffen. Als das Faulverfahren aufkam, schätzte man die Schlammverzehrung auf 70, 80 oder gar 90% des gesamten Schlammes. Später sind

angegeben worden: für Hampton 58%, für Glasgow 50%, für Huddersfield 40%, für Accrington 35%, für Sheffield 30%, für Leeds 20—60%, für Birmingham 25%, neuerdings 10% und für Manchester 26%.

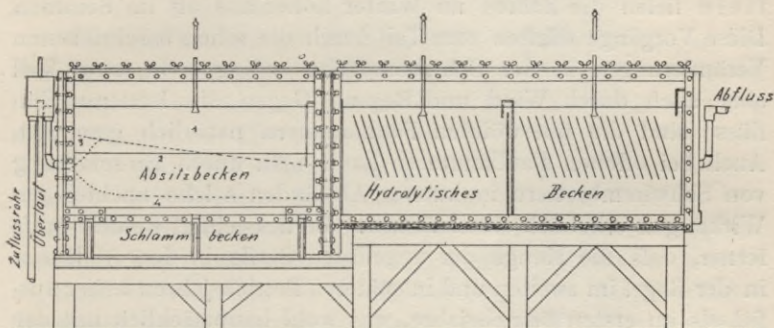
Diese Zahlen müssen bei verschiedenen Städten natürlich verschieden ausfallen, weil sowohl der Charakter wie auch die Behandlung der Abwässer vor Einleitung in die Faulkammer sehr verschieden ist. In einer Stadt enthalten die Abwässer von Natur sehr viel mehr unzersetzbare Stoffe, wie Strafsendetritus, Metallsalze etc., als in einer anderen Stadt, und während manche Städte die Abwässer durch Sandfänge und Gitter laufen lassen, geschieht das bei anderen nicht. Es kommt hinzu, daß je nach Konstruktion und Betrieb der Faulbecken die Menge der ungelösten Stoffe, welche mit den Faulbeckenabflüssen fortgeht, sehr verschieden ausfällt. Darauf hat man noch vor wenigen Jahren nicht genügend Wert gelegt.

In Manchester z. B. betrug der Gehalt der Faulbeckenabflüsse an ungelösten Stoffen durchschnittlich rund 193 mg im Liter, in Sheffield 157 mg, in Oldham 143 mg, in Accrington 178 mg, in Leeds 129 mg bei 12stündigem Aufenthalt, dagegen 114 mg bei 24stündigem Aufenthalt, in Birmingham 244 mg und in Burnley 130 mg bei 8stündiger Aufenthaltsdauer. Vergleichsweise mag hervorgehoben werden, daß durch das chemische Fällungsverfahren der Gehalt der Abwässer an suspendierten Stoffen sich in London bis auf rund 90 mg, in Manchester auf rund 60 mg reduzieren ließe, in Leeds jedoch nur auf 140 mg, in Salford auf 30—40 mg und in Birmingham auf 163 mg.

Martin meint, daß man unter Benutzung der neueren Erfahrungen beim Faulverfahren bessere Resultate müßte erzielen können. In Barrhead konnte er den Gehalt der Abflüsse aus der Faulkammer an suspendierten Stoffen bis auf 80 mg herabsetzen. Das stimmt annähernd überein mit den in der Hamburger Versuchskläranlage erzielten Ergebnissen, wo sich 85,9 mg ergaben (Durchschnitt der Jahre 1901—1904).

An dieser Stelle möchte ich kurz auf ein Verfahren eingehen, das W. O. Travis in Hampton ausgebildet hat und durch welches er anstrebt, den fäulnisfähigen Schlamm so schnell wie möglich von den zu reinigenden Abwässern zu trennen und ihn

getrennt der Fäulnis zu überlassen. Die Idee seines Verfahrens wird am besten an der Hand der Fig. 66 verstanden werden. Das Abwasser tritt zunächst in ein Absitzbecken. Die spezifisch leichteren Bestandteile steigen aufwärts (3) in die ruhende, schon geklärte Flüssigkeit (1). Die spezifisch schwereren Bestandteile sinken zu Boden (4) in den trüben Inhalt des Beckens (2). Der Schlamm fällt in das unter dem Absitzbecken liegende Schlammbecken hinein. Aus der geklärten Schicht fließt das Abwasser nach dem sog. »Hydrolytischen Becken« (Hydrolytik Tank), in welches zahlreiche Tafeln eingebaut sind. In dem abgebildeten



1. Klare, ruhende Flüssigkeitsschicht.
2. Trübe Schicht.
3. Weg der specif. leichteren Flüssigkeit.
4. Weg der specif. schwereren Flüssigkeit.

Fig. 66. Modell eines hydrolytischen Beckens nach Travis.

Modell handelt es sich um parallel, etwas schräg gestellte Glasplatten. Das Abwasser tritt von oben her zwischen die einzelnen Platten. Beim Durchtritt setzen sich die noch vorhandenen trübenden Bestandteile, welche Travis als Kolloide auffasst, an den Glasplatten ab. Sobald die abgesetzte Lage eine gewisse Stärke und Schwere erfahren hat, fällt der Schlamm zu Boden. Da es sich nach Travis hier um Stoffe handelt, die einer lebhaften Gärung nicht mehr zugänglich sind, so bleiben diese Stoffe ruhig am Boden liegen, ohne den Prozefs weiter zu stören. Das Abwasser tritt nach der zweiten Abteilung des hydrolytischen Beckens hinüber, wo der noch vorhandene Rest abscheidbarer Stoffe in derselben Weise abgefangan werden soll. Die Idee, welche dem Verfahren von Travis zugrunde liegt, ist jedenfalls

rationell. Die Übertragung des Verfahrens in die Praxis erweist sich bislang aber noch als recht kostspielig und es steht zur Frage, ob die Mehrleistung dieser Apparate in bezug auf Ausscheidung ungelöster Stoffe im richtigen Verhältnis zu den Mehrkosten steht.

Die Menge der ungelösten Stoffe in den Faulkammerabflüssen variiert anscheinend, wie schon erwähnt, regelmässig mit den Jahreszeiten. In Leeds z. B. betrug die Menge der ungelösten Stoffe in den Abflüssen im Frühjahr durchschnittlich 127 mg, im Sommer 156 und im Winter 213 mg. Auch in Huddersfield fielen die Zahlen im Winter höher aus als im Sommer. Diese Vorgänge dürften zum Teil durch die schon beschriebenen Veränderungen in der Schwimmdecke bedingt sein, zum Teil aber auch durch Wind und Regen. Gegen die letzteren Einflüsse sind die überwölbten Faulkammern natürlich geschützt. Auch bei offenen Faulkammern kann man durch Einschaltung von Schwimmbrettern in kurzen Abständen solche nachteiligen Wirkungen erheblich einschränken. Berücksichtigt werden muss ferner, dass die Menge der ungelösten Stoffe in den Abflüssen in der Regel im zweiten und in späteren Betriebsjahren höher ausfiel als im ersten Betriebsjahre, was wohl hauptsächlich mit der Vermehrung der Schlammablagerung im Faulbecken zusammenhängen dürfte.

Alle diese Momente tragen dazu bei, dass wir aus den Ergebnissen grosser praktischer Betriebe nicht auch nur annähernd sichere Schlussfolgerungen auf die Schlammverzehrungsvorgänge zu ziehen vermögen. Im allgemeinen kann man aber sagen, dass in der Regel etwa  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  der Gesamtmenge an ungelösten Stoffen die Faulkammer mit den Abflüssen verlässt.

Die Abschätzung der Schlammverzehrung wird auch noch dadurch erschwert, dass der Charakter der Sedimente sich in der Faulkammer ändert und der Schlamm allmählich konzentrierter wird. Frische Sedimente pflegen einen Wassergehalt von rund 90% aufzuweisen, ältere Sedimente einer Faulkammer dagegen rund 80%. Bei ihnen beläuft sich der Gehalt an Trockensubstanz dann auf 20% gegenüber 10% in frischem Schlamm. Jeder Kubikmeter solchen ausgefaulten und konzentrierten Schlammes enthält also so viel feste Stoffe wie 2 cbm frischen Schlammes.



25—30% der sog. Schlammverzehrung sind nach Obigem als Schlammausscheidung charakterisiert worden, und ein noch größeres Prozentsatz hat seine Erklärung in der Schlammkonzentration gefunden. Die Feststellung solcher Tatsachen hat einzelne Autoren so skeptisch gestimmt, daß sie die Existenz einer Schlammverzehrung in der Faulkammer entweder ganz leugnen oder ihr einen nur ganz geringen Wert beimessen, z. B. Dzierzowsky 9%. Mit solchen Auffassungen schießt man weit über das Ziel hinaus. Diese Frage läßt sich aber, wie schon gesagt wurde, nicht in großen Anlagen beantworten, sondern nur durch das Experiment.

Verfasser hat eine große Reihe fester organischer Körper, wie Gemüse, Kohl, Rüben, Kartoffeln, Erbsen, Bohnen, Brot, Zellulose in verschiedener Form und Fleischteile in Gestalt abgehäuteter und nicht abgehäuteter Tiere, verschiedene Arten von Fett, Knochen, Knorpeln etc., in Faulkammern gehängt und hat konstatieren können, daß manche Stoffe innerhalb eines Zeitraumes von 3—4 Wochen bis zum vollständigen Verschwinden aufgelöst wurden. Erst quollen sie auf und nahmen erheblich an Gewicht zu, dann bildeten sich bei den Rüben Löcher an der Oberfläche, die allmählich tiefer wurden. Die Ränder der Kohlblätter zeigten sich angefressen. In ähnlicher Weise verliefen die äußerlich erkennbaren Zersetzungsprozesse bei den übrigen Körpern. Von den abgehäuteten Tieren war bald nur noch das Skelett vorhanden, die nicht abgehäuteten widerstanden etwas länger. Eine detaillierte Beschreibung dieser Vorgänge wird an anderer Stelle erfolgen. Hier möchte ich nur noch hervorheben, daß der Versuch so angeordnet war, daß kein Teil der Objekte hätte fortgeschwemmt werden können. Sie verschwanden vielmehr durch allmähliche Auflösung und Vergasung. Fig. 67 veranschaulicht die Wirkung solcher Zersetzungsprozesse. Von einem abgehäuteten Meerschweinchen, das in die Faulkammer gebracht worden war, waren nach dreiwöchentlichem Verbleib darin nur noch die photographierten, blanken, weißen Knochen übrig geblieben.

Bei der Auflösung nimmt der Gehalt der umgebenden Flüssigkeit an gelöster organischer Materie zunächst zu. Die gelöste organische Materie wird aber sehr schnell weiter zersetzt. Dieser Auflösungsprozess spielte sich in einer Faul-

kammer, in welcher das Abwasser etwa 12 Stunden verbleibt, nur anfänglich intensiver ab als in einer Faulkammer, in welcher das Abwasser sich nur etwa 2 Stunden aufhält, jedoch ganz

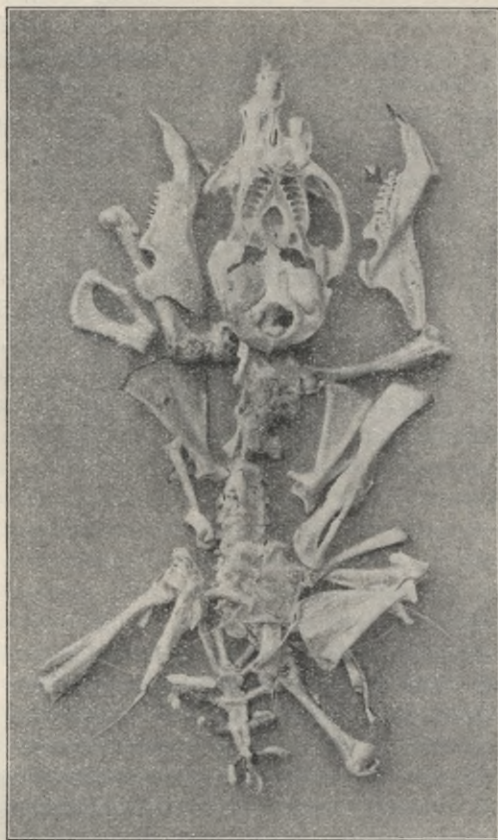


Fig. 67. Reste eines Meerschweinchens nach dreiwöchentlichem Aufenthalt in einer Faulkammer.

erheblich schneller als in einer Faulkammer, in welcher das Abwasser stagnierte. In frischen Abwässern geht die Auflösung fast so schnell vor sich wie in gefaultem Wasser. In reinem Wasser findet man die Objekte noch fast völlig frisch aussehend zu einer Zeit, wo sie in Abwässern, seien diese frisch oder faul,

schon ganz verschwunden sind, sofern eine Erneuerung des umgebenden Abwassers erfolgte.

Angesichts solcher Beobachtungen wird man die Behauptung schlechterdings fallen lassen müssen, daß die organischen Bestandteile der Sedimente in der Faulkammer nicht zersetzt, d. h. in Lösung oder Gasform übergeführt würden.

Objekte, die man direkt in den Schlamm hineinhängt, zersetzen sich fast ebenso schnell wie diejenigen, welche in freier Flüssigkeit hängen. Ich habe den Eindruck, als ob diejenigen Kräfte, welche die Auflösung bedingen, sich im Innern der organischen Körper, z. B. der Rüben, Kartoffeln, Kadaver etc., selbst entwickelten. Der Auflösungsprozess scheint sich bei Anwesenheit sehr beträchtlicher Schlammengen im Faulbecken ungünstiger abzuspielen als in dem Falle, daß die Schlammmenge im Faulbecken nur einen verhältnismäßig kleinen Bruchteil des Beckeninhaltes darstellt. Alle diese und noch andere Fragen, deren Erörterung hier zu weit führen würde, suche ich gegenwärtig auf experimentellem Wege zur Entscheidung zu bringen. Ohne derartige Experimente wird man in der Schlammverzehrungsfrage nicht viel weiterkommen können.

Die Frage, durch welche Vorgänge die Schlammverzehrung bedingt würde, ist bislang ohne experimentelle Unterlagen allgemein dahin beantwortet worden, daß es sich um Bakterientätigkeit handle. Ich habe vor einigen Jahren auf Grund ausgeführter Vorversuche die Meinung ausgesprochen, daß Enzymwirkungen hier wohl eine nicht unbedeutende Rolle spielen müßten. Meine einschlägigen Versuche haben bislang ergeben, daß der Inhalt von Faulbecken genügende Mengen diastatischer und proteolytischer Enzyme enthält, um alle Verflüssigungsvorgänge zu erklären. In einem Meerschweinchenkadaver, der der Zersetzung in einer Faulkammer überlassen worden war, fanden wir nur proteolytische Enzyme und zwar in beträchtlichen Mengen; in einer faulenden Rübe diastatische Enzyme. Also in diesen beiden Fällen gerade diejenigen Enzyme, welche geeignet waren, die betreffenden Körper aufzulösen. Analog waren die Befunde bei den übrigen untersuchten Gegenständen. Diese Enzyme werden aus ihnen ausgelaugt und sie teilen sich dem flüssigen Faulkammerinhalt mit. Je nach Art und Zersetzungsgrad der Sedimente schwankt der Gehalt

des Faulkammerwassers an den verschiedenen Enzymen. Es hat sich des weiteren gezeigt, daß die aus der Faulkammer isolierten Enzyme die in Frage kommende Zersetzung unter Ausschluss der Bakterien bewirken, jedoch weniger schnell als bei Anwesenheit von Bakterien. Ich bin der Meinung, daß eine weitere Aufklärung der Vorgänge, die sich bei Faulprozessen abspielen, nur von derartigen Versuchen zu erwarten ist, und habe solche deshalb in entsprechendem Umfange eingeleitet.

Die Menge organischer Stoffe, die nach Zersetzung in der Faulkammer gasförmig entweicht, ist ganz bedeutend. Bringt man nur wenige Kubikzentimeter Schlamm aus einer Faulkammer in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, so kann man beobachten, wie sich alsbald literweise Gas daraus bildet. Die Faulkammergase sind von verschiedenen Beobachtern analysiert worden. Die Resultate, zu denen man gekommen ist, sind außerordentlich verschieden. So z. B. wurde Methan von einer Seite in Mengen von wenig mehr als 20%, von anderer Seite aber bis zu annähernd 80% gefunden, Wasserstoff von einzelnen Beobachtern gar nicht, von anderen bis zu reichlich 36%, Kohlensäure von einzelnen Beobachtern kaum  $\frac{1}{2}$ %, von anderen reichlich 40% usw. Das zeigt nur wieder, daß man auf dem bislang beschrittenen Wege zu befriedigenden Resultaten nicht kommen kann. Überläßt man Objekte, wie die vorhin bezeichneten, einzeln der fauligen Zersetzung, so findet man, daß die gebildeten Gase zunächst vorwiegend aus Kohlensäure mit erheblichen Mengen von Wasserstoff bestehen. Es deutet dieses darauf hin, daß zunächst die Kohlehydrate zersetzt werden. Durch Bildung von Milchsäure, Essigsäure und Ameisensäure entwickelt sich eine saure Reaktion. Später beim Überhandnehmen von Ammoniak und Fäulnisbasen tritt alkalische Reaktion auf. Die Bildung von Wasserstoff nimmt ab und es treten Stickstoff und Methan in den Vordergrund. Näher kann ich auf diese Vorgänge an dieser Stelle noch nicht eingehen. Das Gesagte mag nur zur Erläuterung der sehr verschiedenen Ergebnisse dienen, die in bezug auf Gasbildung bislang publiziert wurden.

Sehr häufig findet man die Behauptung, der hauptsächlichste Wert der Faulkammer sei zu suchen in der Zersetzung der Zellulose. Auch diese Behauptung bedarf der Korrektur,

wie ich an anderer Stelle näher darzulegen gedenke. Sedgwick weist mit Recht darauf hin, daß Zaunpfähle dicht über der Erde sich schneller zu zersetzen pflegen als unter der Erde. Ich bin der Meinung, daß man die Bedeutung aerob wachsender Schimmelpilze für die Zersetzung der Zellulose nicht genügend gewürdigt hat. Unsere weiter oben erwähnten Versuche über die Enzymwirkungen werden ebenfalls bei der Frage über Zellulosezersetzung mit zu berücksichtigen sein. Sie zeigen, daß die Natur nicht allein die Bakterien gerade überall dorthin liefert, wo sie nötig sind, um vorhandenes fäulnisfähiges Material zu zersetzen, sondern daß sie anscheinend überall auch diejenigen Enzyme bereitstellt, welche geeignet sind, solche Tätigkeit zu unterstützen.

Aus dem Gesagten geht nicht allein hervor, daß den Schlammverzehrungsvorgängen in der Faulkammer eine nicht zu unterschätzende Bedeutung beizumessen ist, sondern sie geben auch die Erklärung dafür, daß es nicht nötig ist, das Abwasser 48 Stunden oder gar noch länger in Faulkammern zu belassen, wie es angenommen wurde zu einer Zeit, wo man nur an Bakterientätigkeit dachte. Unter Umständen genügt ein Aufenthalt von wenigen, z. B. 2—4 Stunden, um dieselbe, eben beschriebene, Wirkung zu erzielen, wie bei längerem Aufenthalt der Abwässer in den Faulkammern. Die englische Local Government Board hatte ursprünglich einen Faulbeckenraum gefordert, welcher der  $1\frac{1}{2}$ fachen 24stündigen Trockenwetterabflußmenge entsprechen sollte. Später hat sie die  $1\frac{1}{4}$ fache Größe vorgeschrieben.

Die Faulkammern müssen jedenfalls so groß sein, daß in ihnen plötzliche starke Strömungen niemals entstehen können. Diese Gefahr liegt besonders bei kleinen Anlagen vor. Die Folge ist die Aufschwemmung von Schlamm in den Becken. Auch sollte es vermieden werden, den Wasserspiegel in den Faulkammern zu senken. Dadurch wird die Druckhöhe vermindert und bewirkt, daß die mit Fäulnisgasen reichlich durchsetzten Sedimente plötzlich in großen Mengen aufsteigen und abgeschwemmt werden.

Aus den zum Teil festen, meist schleimigen Sedimenten entsteht infolge der Zersetzungsvorgänge in der Faulkammer allmählich ein krümeliges Produkt, daß nicht dieselben wasserbinden-

den Eigenschaften zeigt wie frischer Schlamm, sondern leicht drainierbar ist und sich beim Stehen an der Luft alsbald in eine nicht offensiv, nur moderig riechende Materie von erdiger Beschaffenheit verwandelt.

In großen Städten, wo gerade die Schlammabseparierungsfrage in früheren Jahren Schwierigkeiten machte und bedeutende Kosten verursachte, müssen die Folgen der beschriebenen Veränderungen naturgemäß ziffernmäßig zum Ausdruck kommen. In Manchester sind seit Einführung des Faulverfahrens jährlich reichlich 100 000 tons Schlamm weniger zur See abgefahren worden als zur Zeit der chemischen Fällung. Dadurch ist eine erhebliche Kostenersparnis erzielt worden. In Birmingham waren früher 26 Arbeiter ständig mit der Schlammabseparierung beschäftigt. Seit Einführung des Faulverfahrens wird die ganze Arbeit durch 6 Mann verrichtet. Außerdem spart man durch Fortlassung der Chemikalien jährlich ungefähr 80 000 M. Die Sedimente aus den Faulkammern werden unbedenklich zur Aufhöhung von Terrain verwertet, was man mit dem früher gewonnenen Schlamm nicht wagen durfte.

Für kleinere Städte, Anstalten bzw. Privathäuser liegt ein Hauptvorteil des Faulverfahrens darin, daß man den Schlamm monate- oder gar jahrelang in den Faulbecken liegen lassen und sich mit der Ausräumung nach den landwirtschaftlichen Bedürfnissen richten kann. Aus der Umgebung der Kläranlagen können mithin die berüchtigten Schlammlager verschwinden.

Die Überwölbung der Faulkammern sollte in der Winterzeit vor Wärmeverlust schützen, üblen Ausdünstungen und Fliegenbelästigungen vorbeugen und, wie einige Autoren meinten, nötig sein, um strenge Anaerobiose zu gewährleisten. Ferner rechnete man auf Verwertung der in den Faulkammern aufgefangenen Gase. Eine solche hat sich aber nicht ökonomisch erwiesen. Die strenge Anaerobiose wird auch in offenen Faulkammern gewährleistet. Eine schädliche Abkühlung hat sich in Großbritannien und Deutschland auch in offenen Faulbecken nicht nachweisen lassen, ebensowenig Geruchs- und Fliegenbelästigungen. In unmittelbarer Nähe von Wohnungen wird man geschlossenen Faulbecken freilich den Vorzug geben, jedoch wird in der Regel Bohlenbelag, ev. mit Erdaufsüttung, genügen.

Allgemein wird angenommen, pathogene Keime würden in Faulbecken erheblich geschädigt oder gar innerhalb kurzer Zeit abgetötet. Die Versuche, die wir hierüber in Hamburg ausführen konnten, haben uns von der Richtigkeit dieser Auffassung nicht überzeugen können. Selbst wenig widerstandsfähige choleraähnliche Vibrionen hielten sich in der Faulkammer mehrere Tage lang lebensfähig. Eine nicht unwesentliche Bedeutung hat aber der Faulprozess im Zusammenhang mit infektiösem Material dennoch, weil durch ihn die schleimigen Substanzen, in welche die pathogenen Bakterien in der Regel eingehüllt sind, aufgelöst und die Infektionskeime dadurch der Wirkung der Desinfektionsmittel zugänglich gemacht werden. Näheres hierüber findet sich in dem Kapitel »Desinfektion«.

Der Vollständigkeit halber mag hier noch erwähnt werden, daß Scott Moncrieff im Jahre 1891 in Ashtead, später auch noch an verschiedenen anderen Orten einen sog. Cultivation Tank konstruierte, auf den ich im 8. Kapitel noch zurückkomme und der seiner ganzen Anordnung nach eine Faulkammer darstellt, jedoch mit Steinen vollgepackt ist, und bei dem das Abwasser von der Sohle aus zugeleitet wird und oben abfließt. Die Wirkung dieses Cultivation Tanks entspricht qualitativ und quantitativ derjenigen einer Faulkammer.

Fasse ich das Gesagte zusammen, so komme ich zu folgenden Schlusfolgerungen in betreff der Vor- und Nachteile des Faulverfahrens im Vergleich zu den anderen vorbereitenden Methoden:

1. Das Faulverfahren ist kein selbständiges Abwasserreinigungsverfahren, sondern nur eine vorbereitende Methode, und zwar zurzeit ausschließlich für biologische Nachreinigung bzw. für Desinfektion.
2. Es entlastet die für die definitive Reinigung bestimmten Anlagen
  - a) durch Fernhaltung ungelöster Stoffe, und zwar in mindestens ebenso hohem Mafse wie das Absitzverfahren und in fast so hohem Mafse wie chemische Fällungsverfahren,
  - b) durch Vergasung und Mineralisierung von etwa  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  der im Rohwasser enthaltenen gelösten organischen Stoffe.

3. Die Menge des in den Faulbecken zurückgehaltenen organischen Schlammes wird durch den Faulprozess infolge Vergasung und Verflüssigung (»Schlammverzehrung«) sowie auch durch Konzentration erheblich vermindert.
4. Die Sedimente werden durch den Faulprozess in der Regel in eine fast inoffensive, leicht drainierbare Substanz verwandelt. Abweichende Beobachtungen sind in sog. Fäkalklärgruben gemacht worden.
5. Die Möglichkeit, den Schlamm in den Faulbecken monatelang lagern zu lassen, erweist sich für manche Städte, namentlich auch für Anstalten und Privathäuser, als ein großer Vorzug.

Diesen Vorzügen stehen gegenüber die Nachteile, dass

1. die Abflüsse aus Faulkammern immer fauligen Charakter haben und bei jeder Bewegung und Durchlüftung durch Freiwerden von Fäulnisgasen einen üblen Geruch verbreiten. Es scheint jedoch die Möglichkeit zu bestehen, den hier in erster Linie in Frage kommenden Schwefelwasserstoff schon in den Faulkammern zu binden;
2. die nachträgliche biologische Reinigung sich bei Faulkammerabflüssen in der Regel weniger günstig als bei frischen Abwässern abspielt;
3. der in Faulkammern gebildete Schwefelwasserstoff Zement angreift. Bei richtiger Auswahl des Baumaterials und durch genügendes Stehenlassen der Anlage vor Inbetriebnahme sollen sich solche Erscheinungen jedoch vermeiden lassen;
4. eine Ansammlung faulender Stoffe aus allgemeinen sanitären Rücksichten soweit irgend möglich vermieden werden sollte. Dies gilt namentlich für Anlagen, die in unmittelbarer Verbindung mit Wohnhäusern stehen.

#### f) Fällungsverfahren.

Die Vorschläge, Abwässer durch Zusatz chemischer Fällungsmittel zu klären, reichen mehr als 100 Jahre zurück.

de Boissieu liefs sich schon im Jahre 1762 ein chemisches Verfahren zur Reinigung von Schmutzwässern patentieren. Eine praktische Bedeutung begannen die chemischen Methoden aber erst zu gewinnen, als die englischen Behörden



auf Reinigung der städtischen und industriellen Abwässer drangen und sich mit den Resultaten der vernachlässigten Absatzbecken nicht mehr begnügen wollten. Um dieselbe Zeit tauchten die im 3. Kapitel schon besprochenen Vorschläge auf, den Abwässern durch chemische Fällung die dungwertigen Bestandteile zwecks Verwertung zu entziehen. Die Spekulation bemächtigte sich der Sache, und bald wurden Hunderte von chemischen Fällungsverfahren patentrechtlich geschützt. Die Reihe der zum Vorschlag gebrachten Fällungsmittel ist sehr lang. An eine erschöpfende Wiedergabe derselben kann hier nicht gedacht werden, wer sich dafür interessiert, findet Beschreibungen und Literaturhinweise in dem bekannten Werke von J. König, Verunreinigung der Gewässer.

Die Hoffnungen, welche man in bezug auf finanzielle Ausbeutung in die chemischen Fällungsprozesse gesetzt hatte, haben sich in keiner Weise erfüllt. Eine im Jahre 1894 angestellte Enquete hat ergeben, daß von 234 Städten, welche chemische Prozesse anwendeten, 204 nur Kosten, gar keine Einnahmen hatten; die übrigen 30 hatten zwar Einnahmen, zum Teil handelte es sich aber nur um den Erlös von wenigen Mark, die man hier und da für den Verkauf einiger Fuhren Schlamm erzielte. Von Überschüssen konnte nirgends die Rede sein.

Auch in bezug auf den Reinigungseffekt haben die Fällungsverfahren nur immer wieder enttäuscht. Durch die glänzenden Erfolge, die in Laboratoriumsversuchen und besonderen Versuchsanlagen demonstriert wurden, ließen sich die englischen Städteverwaltungen immer wieder zu neuen Experimenten überreden. Die Stadt Salford hat im Laufe der Zeit 13 verschiedene Methoden angewendet, Birmingham 7 verschiedene Verfahren, und fast alle größeren englischen Städte können sich ähnlicher Statistiken rühmen. Auch in einzelnen deutschen Städten wurden chemische Fällungsverfahren nach englischem Muster vor etwa zwei Jahrzehnten eingeführt. Überall fanden sich die im 2. Kapitel zitierten Urteile der englischen Prüfungskommissionen bestätigt, dahingehend, daß sich durch chemische Fällung nur eine Klärung der Abwässer bewirken lasse, d. h. eine recht ausgiebige Ausscheidung der ungelösten Stoffe, daß aber das geklärte Produkt fäulnisfähig bleibe und nachträglich im Vorfluter Niederschläge ausscheide; daß das Verfahren

kostspielig sei und namentlich zur Produktion von Schlamm-mengen führe, die viel größer wären, als beim Absitzverfahren. Der Schlamm [sei so gut wie gänzlich unverkäuflich, dabei fäulnisfähig, so daß die sich schnell vergrößernden Schlamm-lager die Umgebung weithin belästigten. Es entstanden aus-gesprochene Schlammkalamitäten. Solcher Kalamitäten gelang es erst einigermaßen Herr zu werden durch Einführung von Schlamm-pressen, auf die ich später zurückkommen werde. Solche Schlamm-pressen wurden zuerst in Aylesbury, dann in Merton und Wimble-don (1884) eingeführt, z. Z. findet man sie in fast allen Kläranlagen. Durch Pressung vermag man den Schlamm in feste Kuchen zu verwandeln, die wenigstens transportabel sind. Die Hoffnungen auf Verwertbarkeit des Schlammes haben sich aber auch durch den Prefsprozess nicht verwirklichen lassen.

Als vor bald zwei Jahrzehnten die künstlichen biologischen Reinigungsmethoden aufkamen, atmeten alle diejenigen auf, welche sich Jahre hindurch mit den lästigen chemischen Fällungs-verfahren abgemüht hatten. Sie glaubten, das Sterbeglöckchen dieser Methoden habe nunmehr geläutet. Damals hoffte man, die noch zu beschreibenden künstlichen biologischen Methoden würden sich ganz erheblich billiger stellen als das chemische Verfahren. Die dahingehenden Erwartungen haben sich nicht erfüllt. Trotzdem sind die meisten chemischen Kläranlagen in-zwischen außer Betrieb gesetzt worden, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil die Behörden sich mit den durch sie erzielten Resultaten nicht mehr zufrieden gaben, nachdem sich gezeigt hatte, daß man mit dem künstlichen biologischen Ver-fahren Besseres zu leisten vermag.

Als selbständige Abwasserreinigungsmethode findet sich das chemische Fällungsverfahren nur noch in wenigen Städten. Auch diese tragen sich zumeist schon mit Projekten, es durch biologisches Verfahren zu ersetzen. Bei dieser Sachlage glaube ich mich auf eine nur sehr kurze Beschreibung der Fällungs-verfahren beschränken zu dürfen. Ich habe deshalb als Typen der z. Z. noch in Frage kommenden Fällungsprozesse die Methoden herausgegriffen, welche man in London, Glasgow und Leipzig zurzeit noch anwendet.

In London werden die Abwässer von rund  $4\frac{1}{2}$  Mill. Ein-wohnern, täglich etwa 900 000 cbm, in 19 Klärbecken geleitet,

von denen sich 13 auf dem nördlichen Themseufer in Barking und 6 auf dem südlichen Ufer in Crossnefs befinden und die einen Gesamtfassungsraum von nahezu 200 000 cbm haben. Diese Becken wurden früher intermittierend betrieben. Man füllte sie mit Abwässern, denen die chemischen Fällungsmittel zugesetzt waren, liefs sie eine Zeitlang voll stehen, um sie dann zu entleeren. Im Jahre 1891 sah man aber ein, dafs sich bessere Kläreffekte erzielen liefsen, wenn man die Abwässer in ununterbrochenem Strome durch die gefüllten Becken hindurchfliessen liefs. Als Fällungsmittel werden verwendet Kalk und Eisensulfat, und zwar in Barking in der Regel 60 g CaO und 14 g  $\text{FeSO}_4$  pro cbm. In den Becken setzen sich täglich etwa 6000 cbm Schlamm ab, der in Schlammbecken übergepumpt wird. Nachdem das Wasser, welches sich beim Stehen über diesem Schlamm abscheidet, abgelassen ist, wird der Schlamm in Tankdampfer geleitet, die ihn etwa 70 km weit ins Meer abfahren. Sechs Tankdampfer mit je 1000 cbm Fassungsraum sind jahraus, jahrein mit der Schlammabfuhr beschäftigt. Dieser Transport allein verursacht alljährlich einen Kostenaufwand von rund 1 Mill. Mark. Für Ankauf von Chemikalien werden jährlich etwa  $1\frac{1}{2}$  Mill. Mark ausgegeben. Die Gesamtkosten des Betriebes betragen rund 3 Mill. Mark. Durch dieses Verfahren werden aus den Londoner Abwässern etwa 75% der suspendierten Stoffe ausgeschieden. Das hat genügt, um die vollständig unhaltbaren Zustände in der Themse, welche sogar den Schiffsverkehr vor einigen Jahrzehnten unmöglich zu machen begannen, in solchem Grade zu verbessern, dafs zurzeit eine Verunreinigung im unteren Laufe der Themse grobsinnlich nicht mehr wahrnehmbar ist und dafs sorgfältige Untersuchungen im Laufe der letzten Jahre an keiner Stelle zur Auffindung von Verschlammungen des Flussbettes geführt haben.

In Glasgow hat man zeitweise geschwankt, ob das biologische Verfahren, oder das chemische Fällungsverfahren eingeführt werden sollte. Schliesslich hat man sich für letzteres entschieden. Der Klärprozess ist wie in London kontinuierlich. Als Klärmittel verwendet man Kalk und schwefelsaure Tonerde. Die Zusatzmengen richten sich nach der Konzentration des Abwassers. Nach Literaturangaben schwankt z. B. der Kalkzusatz zwischen 71 und 572 g pro cbm Abwasser, der Zusatz an schwefelsaurer Tonerde zwischen 36 und 286 g. Die Klärung kostet

durchschnittlich 0,8 Pf. pro cbm Abwasser und soll reichlich  $8\frac{1}{2}$  l Schlamm pro cbm Abwasser ergeben mit reichlich 90% Wassergehalt. In London gewinnt man reichlich  $6\frac{1}{2}$  l Schlamm pro cbm Abwasser und durchschnittlich 464 l Schlamm pro Kopf und Jahr. Die Klärungskosten betragen dort 0,86 Pf. pro cbm, also ebensoviel wie in Glasgow, obgleich man hier den Schlamm nicht ins Meer abfährt, sondern ihn nach nochmaligem Kalkzusatz in Filterpressen entwässert. Ein kleiner Bruchteil des so gewonnenen Produktes, jährlich etwa 1000—1500 tons, findet Absatz für 20—25 M. pro ton.

In Leipzig werden Eisensalze als Fällungsmittel verwendet (technisches Eisensulfat, in Eisensulfat gelöstes Eisenoxyd). Mit der Zusatzmenge richtet man sich nach der Konzentration des Abwassers. Durchschnittlich werden rund 63 g pro cbm verbraucht. Die Klärung kostet durchschnittlich 1,8 Pf. pro cbm oder 74,6 Pf. pro Kopf und Jahr. Es ergeben sich durchschnittlich rund 4 l Schlamm pro cbm Abwasser. Dabei ist zu berücksichtigen, daß noch nicht alle Fäkalien in die Abwässer gelangen. Der in Leipzig erzielte Kläreffekt ist besser als in London oder Glasgow. Im Jahre 1904 waren in Leipzig rund 22 Mill. cbm Abwasser zu klären, die Gesamtkosten beliefen sich auf rund 400 000 M. Es sind Versuche darüber eingeleitet worden, ob man nicht mit dem biologischen Verfahren ebenso billig zum Ziele kommen könnte.

In England wird das chemische Fällungsverfahren noch vielfach als vorbereitende Methode für biologische Verfahren gebraucht. So z. B. in Bolton, wo 98 g Kalk und 28 g Eisensalaun pro cbm als Klärmittel verwendet werden, ferner in Salford, wo pro cbm 170 g Kalk und 85 g Eisenvitriol und durchschnittlich 120 g Eisensalaun verwendet werden. Auch Leeds hat kürzlich ein Projekt fertiggestellt, wonach die Abwässer einem chemischen Fällungsverfahren unterworfen und dann biologisch gereinigt werden sollen. Die Mehrkosten des Fällungsverfahrens im Vergleich zum Absitz- oder Faulverfahren sollen, wie man berechnet hat, reichlich aufgewogen werden durch die Ersparnisse in der biologischen Reinigung. Außerdem hofft man die Geruchsbelästigungen zu vermeiden, die sich beim Faulverfahren ergeben. Auf diesen Punkt werde ich im nächsten Kapitel noch näher einzugehen haben.

Das Degenersche Kohlebreiverfahren ist eigentlich zu den Fällungsmethoden zu rechnen. Es gehört aber andererseits zu den Verfahren, durch welche man Produkte herzustellen sucht, die der Fäulnis nicht mehr zugänglich sind. Ich werde dasselbe deshalb im nächsten Kapitel behandeln.

Durch die chemischen Fällungsprozesse vermag man günstigstenfalls 20—30% der gelösten organischen Stoffe aus dem Abwasser auszuschcheiden. Eine bis zu diesem Maße durchgeführte Reinigung genügt unter besonderen Verhältnissen, wie z. B. in London, vollständig, so daß Abänderungsprojekte lediglich auf Kostenersparnis hinauszielen. Bei ungünstigeren Vorflutverhältnissen, wo gefordert werden muß, daß das gereinigte Produkt der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich ist und wo eine Verschlammung der Vorfluter durch nachträgliche Niederschlagbildung zu befürchten wäre, wird das chemische Fällungsverfahren nirgends in Frage kommen können.

## 8. Kapitel.

### Methoden zur Beseitigung der Fäulnisfähigkeit.

#### a) Berieselung.

Bis vor etwa 40 Jahren war das Berieselungsverfahren für die Behandlung von Schmutzwässern nur hier und da in einzelnen Fällen zur Anwendung gekommen. Nachdem die Gutachten der von der englischen Regierung herangezogenen Sachverständigen einstimmig immer wieder das Berieselungsverfahren als einzig brauchbare Abwasserbehandlungsmethode genannt hatten (Kapitel 2), begannen die Aufsichtsbehörden mit grossem Nachdruck die Einführung dieses Verfahrens zu fordern. Als Beispiel dafür, wie diese Forderung durchgesetzt wurde, mag das unweit von London gelegene Städtchen Croydon dienen, welches damals weniger als 20000 Einwohner aufwies. Infolge starker Zunahme der fieberhaften Krankheiten sah sich die Stadtverwaltung von Croydon veranlaßt, die Schwemmkanalisation einzuführen und ihre ganzen Schmutzwässer in ein kleines Flüschen, den Wandle, einzuleiten. Hierdurch entstanden Mifsstände und die Stadt hatte fortgesetzt Prozesse zu führen, die ihr einen Kostenaufwand von reichlich 200000 M. verursachten. Ausserdem hatte sie für Chemikalien mehr als  $\frac{1}{2}$  Mill. Mark aufgewendet, um ihre Abwässer zu desodorisieren, ohne jedoch dadurch die entstandenen Mifsstände beseitigen zu können. Durch Gerichtsbeschluss wurde die Aufleitung der Abwässer auf Land gefordert. Sobald dieses bekannt wurde, stiegen die Preise des Geländes ganz erheblich. Trotzdem fanden sich Unternehmer, die bereit waren, für die Hergabe der städtischen Abwässer nicht unerhebliche Summen zu bezahlen und sich kontraktlich zur jahrelangen Abnahme der gesamten städtischen Schmutzwässer zu verpflichten. Der Vorgang fiel in die

Zeiten, wo Liebig, A. W. Hoffmann und andere für das Berieselungsverfahren eingetreten waren und den Wert der städtischen Schmutzwässer auf nicht weniger als 12—18 M. pro Kopf und Jahr berechneten. Als Folge solcher Vorgänge darf es angesehen werden, daß schon im Jahre 1876 nicht weniger als 64 englische Städte das Berieselungsverfahren eingeführt hatten.

Man muß sich nun nicht etwa vorstellen, daß die Durchführung der Berieselung so geschehen wäre, wie wir es von deutschen Rieselanlagen her kennen. Will eine Stadt in Deutschland rieseln, so läßt sie durch Sachverständige erst feststellen, ob wohl auch geeignetes Gelände in erreichbarer Nähe zu haben sei. In England wurde zu jener Zeit und auch noch bis in die neueste Zeit hinein bei Forderung des Berieselungsverfahrens wenig danach gefragt, ob und wie dasselbe durchführbar wäre. Manchen Städten, denen die Rieselei auferlegt wurde, stand nur Tonboden zur Verfügung, den wir in Deutschland als für die Berieselung völlig unbrauchbar anzusehen pflegen. Als Beispiel dafür, wie man sich zu helfen suchte, wenn man sich gezwungen sah, auf Tonboden zu rieseln, möchte ich die Vorgänge in Leicester anführen. Das Gelände in der Umgebung von Leicester ist wellig geformt. Das Abwasser wurde bis zum höchsten Punkte des Riesellandes aufgepumpt und in offene Gräben geleitet, aus denen es übertrat und sich, der Bodenneigung folgend, über das zunächstliegende Land verbreitete. Der zutage liegende Tonboden wurde dadurch so durchweicht, daß man nach jeder Rieselung bis zu drei Monaten warten mußte, ehe die landwirtschaftliche Bearbeitung möglich war. Obgleich es allgemein als durchaus unzulässig gilt, Tonboden zu drainieren, so sah man sich doch gezwungen, das Gelände bei Leicester durch Flachdrainage zu entwässern. Aus den Drains floß eine noch faulig zersetzbare Flüssigkeit ab. Diese fing man durch Quergräben auf und leitete sie über ein zweites Feld, das mit Gras bestellt war. Flossen auch von diesen Wiesen noch faulige Abflüsse ab, so wurden sie durch weitere Quergräben über eine dritte Serie von Parzellen verteilt, von der sie in der Regel in nicht mehr fäulnisfähigem Zustande abflossen. Dieses Verfahren, welches man Oberflächenberieselung (surface irrigation) nennt, scheint in England sehr verbreitet zu sein, und zwar aus dem

Grunde, weil in der Umgebung der meisten Städte dort Tonboden vorwiegt, der in anderer Weise sich für Berieselungszwecke nicht verwenden läßt.

Mittels des eben beschriebenen Berieselungsverfahrens kann man das Abwasser in ein einwandfreies Produkt günstigstenfalls nur dann verwandeln, wenn eine mehrmalige Behandlung des Abwassers durchführbar ist. Daraus ist ohne weiteres zu entnehmen, daß solchen Rieselanlagen eine verhältnismäßig sehr große Oberflächenentwicklung gegeben werden muß. Nach angestellten Schätzungen kann man auf ihnen die Abwässer von höchstens etwa 60 Personen pro ha behandeln. Man braucht nur an die Stadt Leeds zu denken, die mit ihren 444 000 Einwohnern in einem Distrikt gelegen ist, der nur Tonboden aufweist und wo das Gelände außerordentlich teuer ist, um einzusehen, daß die Forderung der Berieselung unter solchen Umständen einfach unausführbar ist.

In ähnlichen Fällen, z. B. in Draycott und Beverley ist wohl der Versuch gemacht worden, den Boden für die Berieselung künstlich brauchbar zu gestalten. Z. B. wurde der Ton ausgehoben, gebrannt und in die Ausschachtungen wieder zurückgebracht. Gute Resultate hat man damit nicht erzielt. Andere Städte haben Asche und Müll auf den Tonboden aufgebracht oder aber solche Materialien in den Tonboden eingegraben, um ihn durchlässig zu machen. Hier und da ist man durch solche Maßnahmen zu befriedigenden Resultaten gekommen, z. B. in Eccles.

Ebensowenig wie Ton eignet sich Torfboden für Berieselungszwecke. Das hat nicht daran gehindert, daß einzelne englische Städte sich gezwungen sahen, auf solchem Gelände zu rieseln. Die derzeitige königliche Kommission hat sich nach sehr gründlichen Studien dahin erklärt, daß Torfboden sich für Berieselung überhaupt nicht eigne. Eine nähere Begründung dürfte sich erübrigen.

In Deutschland pflegen wir den Berieselungsprozess nicht so aufzufassen, daß das aufgebrachte Schmutzwasser entweder verdunstet oder oberflächlich zum Abfluß gebracht werden soll, wie bei der beschriebenen Oberflächenberieselung, sondern wir denken uns stets einen Filtrationsprozess mit dem Berieselungsverfahren verknüpft. Das Abwasser soll durch den Boden hin-



durchtreten und die Herrichtung der Rieselanlagen ist deshalb durchweg entsprechend getroffen. In England wird das Abwasser, soweit ich mich durch Augenschein orientieren, bzw. aus den Erhebungen der königlichen Kommission entnehmen konnte, noch vorwiegend in der für Leicester beschriebenen Weise verteilt. Bei flacheren Geländen muß ein Wärter (waterman), nachdem er den Hydranten oder den Zuleitungsgraben geöffnet hat, dem Abwasser den Weg bahnen, d. h. Hindernisse aus dem Wege räumen, so daß es sich gleichmäßig über das Gelände verteilen kann und sich nirgends aufstaut. Von leitenden Beamten, die sich eines hervorragenden Rufes als Rieselsachverständige in England erfreuen, wurde mir gesagt, diese Verteilungsart sei die rationellste. Mawbey in Leicester nennt sie »die alte orthodoxe Art zu rieseln.« In Deutschland pflegt man das Rieselgelände so herzurichten, daß das Abwasser nach Öffnen von Schützen, Dämmen etc. den vorgeschriebenen Weg selbst nimmt. Als einfachste Verteilungsmethode, welche sich an die eben beschriebene, primitive anlehnt, darf die sog. Hang- bzw. Rückenberieselung gelten. Beim Hangbau tritt das Abwasser am höchsten Punkte des Geländes aus. Nach Herabrieseln über ein Stück Land wird es in einem Graben aufgefangen, von dem aus es wieder gleichmäßig über das nächste Feld verteilt wird. Bei stark geneigtem Gelände muß man Gräben ziehen oder Dämme aufwerfen, welche den Lauf des Abwassers aufhalten und dieses von neuem verteilen. Bei weniger abschüssigem Gelände kommt der Rückenbau zur Verwendung, wie in Fig. 68 im Querschnitt und in Figg. 69 und 70 in der Aufsicht dargestellt. Bei einer nach den Figg. 68 bis 70 hergestellten Anlage ist der Betrieb, der sich übrigens direkt an den für Leicester beschriebenen anlehnt, folgendermaßen zu verstehen: Das Abwasser tritt aus den Kanälen oder besser aus den Absitzbecken in einen Verteilungsgraben *A*, der quer vor der Rieselanlage liegt und in Verbindung steht mit senkrecht dazu angelegten kleineren Zuleitungsgräben *B*. Diese sind am Ende abgedämmt. Aus ihnen tritt das Abwasser seitlich in das Gelände ein und sobald der Graben gefüllt ist, tritt es über dessen Rand und läuft es über die etwas geneigte Wiesenfläche, um sich in tiefer gelegenen Gräben *C* zu sammeln. Diese Sammelgräben stehen in Verbindung mit einem zweiten Verteilungsgraben *D*, aus dem

das Abwasser in senkrecht dazu stehende kleinere Gräben eintritt, welche das Abwasser über die etwas tiefer gelegene zweite Reihe von Wiesenstücken (Fig. 70 II) in derselben Weise verteilen wie bei der ersten Reihe. Eventuell läuft das Abwasser dann noch über eine dritte Reihe von Wiesenenglände. Die einzelnen Rieselstücke werden in der Regel in einer Breite von nicht mehr als 10 m angelegt. Anlagen, wie die eben beschriebene, kommen



Fig. 68. Rieselanlage, Rückenbau (Querschnitt).

vorwiegend nur dort in Frage, wo das Gelände so tief liegt, daß es sich nicht trocken legen läßt und eine geregelte Drainage nicht gestattet.

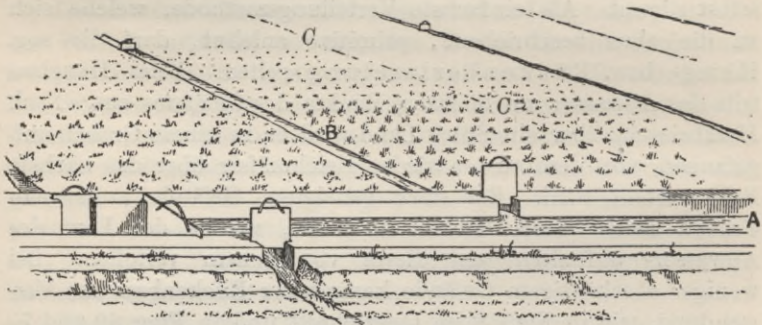


Fig. 69. Rieselanlage, Rückenbau (Aufsicht).

Wo irgend möglich sucht man in Deutschland und anscheinend auch in Frankreich (Paris) das Berieselungsverfahren nach dem Prinzip des sog. Beetbaues durchzuführen. Bei diesem fällt oberflächliches Abfließen der gereinigten Abwässer grundsätzlich fort. Das Abwasser wird gezwungen, durch den Boden hindurch zu filtrieren. Die derzeitige englische Königliche Kommission schlug vor, ein derartig geleitetes Verfahren als Landfiltration zu benennen, wohl zu unterscheiden von der Franklandschen intermittierenden Bodenfiltration, auf die wir später zurückkommen werden.

Beim Beetbau wird das Abwasser durch Gräben zugeführt, wie in Fig. 69. Es wird aber nicht das Gelände damit überschwemmt, sondern man läßt die Verteilungsgräben sich nur teilweise anfüllen, so daß das Abwasser in die bebauten Beete nur von der Seite her und unter der Oberfläche eintreten kann (Fig. 71). Man vermeidet bei diesem Betriebe eine Benetzung der zum Genuß bestimmten Stengel und Blätter der Pflanzen und beschränkt sich auf eine Befeuchtung und Düngung der Wurzeln. Die Beete pflegt man in einer Breite von nur etwa 1 m anzulegen und in einer Länge von höchstens 20—40 m, weil eine gleichmäßige Verteilung des Abwassers sonst schwer zu erreichen ist. Hierdurch werden zahlreiche Zuleitungsgräben erforderlich und außerdem auch Wege, von denen aus man die Beete erreichen

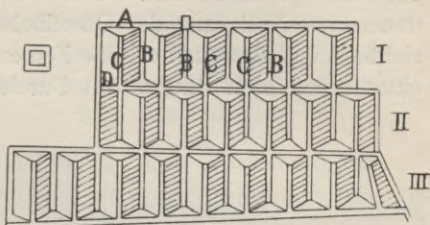


Fig. 70. Rieselanlage, Rückenbau (Aufsicht).



Fig. 71. Beetbau (Querschnitt).

und pflegen kann. Beetanlagen bedingen deshalb einen großen Verlust an Betriebsfläche.

Schließlich kommt noch das sog. Stauverfahren in Frage, bei dem ein Stück des Geländes, in der Regel 2—10 ha,

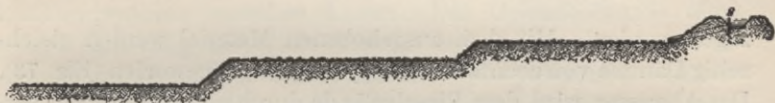


Fig. 72. Terrassenbau (Querschnitt).

eingedämmt und in einer Höhe von 25—50 cm mit Abwasser überstaut wird. Mit diesem Verfahren pflegt man sich hier und da im Winter durchzuhelfen. Andererseits pflegt man Beetanlagen vor Inbetriebnahme und Bepflanzung, mit Abwasser zu überstauen.

Beetanlagen eignen sich nur für ebenes Gelände. Es lassen sich jedoch auch geneigte Flächen durch Anlage von terrassenförmigen Abschnitten für Beetanlagen herrichten (Fig. 72).

Gerson hat im Jahre 1882 in Hohenschönhausen eine Verteilungsart des Abwassers angewendet, die schon Jahrzehnte vorher in England (Fulham) empfohlen und angewendet worden, seither aber in Vergessenheit geraten war und erst infolge der Gersonschen Versuche wieder Beachtung und Interesse gefunden hat. Gerson sieht von jeder festen und dauernden Aptierung der Oberfläche des Rieselgeländes ab. Er richtet möglichst quadratische Felder von 2—3 ha her, die mittels eines besonderen Pfluges mit Furchen von etwa  $\frac{1}{2}$  m Tiefe um-

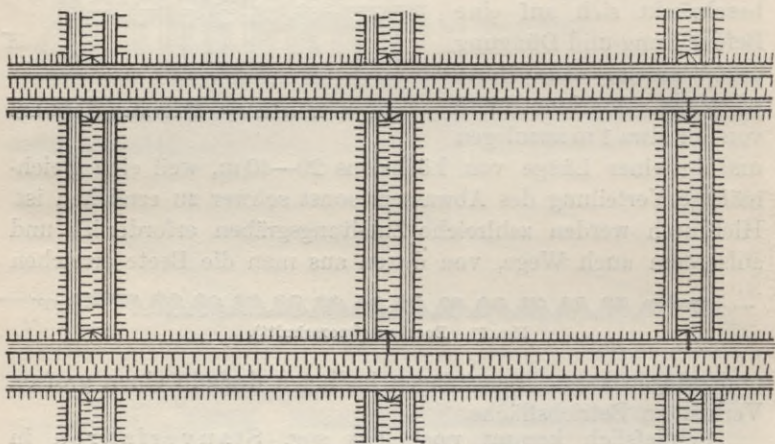


Fig. 73. Gerson-System (Aufsicht).

zogen werden. Mit dem ausgehobenen Material werden gleichzeitig Dämme von ebenfalls etwa  $\frac{1}{2}$  m Höhe aufgeworfen (Fig. 73). Das Abwasser wird dem Rieselgelände durch ein unterirdisch verlegtes Rohrnetz zugeführt, das in Entfernungen von je etwa 200 m mit Hydranten versehen ist. An diese Hydranten werden Rohrstränge angeschlossen, deren einzelne Glieder beweglich miteinander verkuppelt sind und die auf Gabeln gelegt werden. Jeder Strang wird von zwei Personen bedient. Das Abwasser läuft entweder aus seitlich angebrachten Löchern aus dem Rohrstrang ab, oder man verspritzt es durch einen Schlauch.

In England hat man diese Verteilungsart hauptsächlich aus dem Grunde aufgegeben, weil die Anwendung derselben höchstens

im Winter und kurze Zeit im Frühjahr möglich erschien, wenn man nicht die Kulturpflanzen mit dem Abwasser bespritzen wollte.

Im Jahre 1897 hat A. Wulsch dieses Verspritzungsverfahren wieder aufgenommen, und zwar in Eduardsfelde bei Posen. Dort und in Magdeburg wurde die Oberfläche überhaupt gar nicht aptiert. Es wurden nur Zapfstellen verlegt ähnlich wie es Gerson getan hatte. Mit diesen wurde ein Schlauch verbunden, mittels dessen man das Abwasser verspritzte (Fig. 74). Die städtische Ackerbaudeputation von Magdeburg hat durch Wulsch eine Fläche von 160 ha mit unterirdischen, eisernen

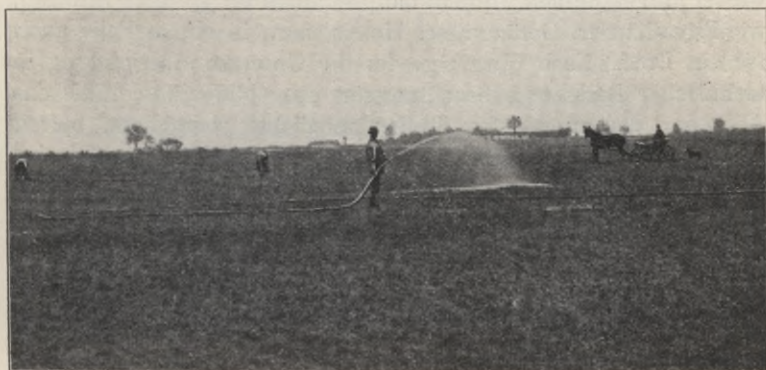


Fig. 74. Verspritzen von Abwasser mittels Schlauch nach Wulsch.

Zuführungsröhren versehen lassen. Das Gelände wurde ohne weitere Aptierung als Wiese benutzt und in der eben beschriebenen Weise bewässert. Das Abwasser wurde jedesmal 5—10 mm hoch aufgespritzt. Es steht unter einem Leitungsdruck von 4 Atm. und wird durch drei oberirdische, bewegliche Feldeleitungen aus schmiedeeisernen Röhren von 70 bzw. 80 mm Weite und je 400—600 m Länge verteilt; außerdem durch 20 m lange Hanfschläuche von 60 mm Weite und Strahlröhren von 30 mm Weite. Die Aptierung kostete 160 M. pro ha, wogegen die Aptierung von Rieselwiesen pro ha 1100 M. kostete. Obgleich also die Baukosten der Wulschschen Anlage nur  $\frac{1}{7}$  so hoch waren wie bei der sonst üblichen Aptierung, so ergab dieses Gelände doch 2—3 mal höhere Pachterträge als beim gewöhnlichen Rieserver-

fahren, da das Gras von den mit Schlauch bewässerten Wiesen eine bessere Nachfrage hatte.

Der Direktor der Magdeburger Rieselfelder hat sich in einem Gutachten dahin geäußert, daß die Schlauchberieselung die einzige Möglichkeit biete, die Wiesen ohne Zerstörung des landschaftlichen Bildes und ohne Belästigung des den Herrenkrug besuchenden Publikums ertragreicher zu gestalten.

Schließlich wäre die sog. Untergrundberieselung zu erwähnen. Diese ist, soweit bekannt, zuerst von Charpentier bei Bordeaux, später von Henri Moule in England ausgeführt und im Jahre 1875 von Col. Waring in Nordamerika wieder aufgenommen worden, hauptsächlich für kleinere Anlagen, wie Privathäuser, Gefängnisse, Hotels usw., in einem Falle auch für ein Dorf. Nach Waring, der die Untergrundberieselung in technischer Beziehung beachtenswert ausgebildet hat, muß das

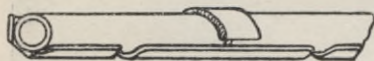


Fig. 75.

Untergrundberieselung, geschlitzter Drain.

Abwasser von ungelösten Stoffen möglichst weitgehend befreit werden, ehe man es den unterirdisch verlegten Verteilungsdrains zuführt. Diese letzteren werden aus 5—10 cm weiten, bei sandigem Boden in einer Tiefe von etwa 1 Fuß und in gegenseitigen Abständen von 1—2 m zu verlegenden Tonröhren hergestellt, die lose nebeneinander liegen, jedoch auf Halbrohren gelagert und an den Verbindungsstellen mit Halbrohren bedeckt werden, um den Eintritt von Erde, Wurzeln usw. zu ver-

hüten (Fig. 75). Das unterirdische Berieselungsverfahren hat große Vorzüge, wo man aus ästhetischen Rücksichten möglichst jedes Zutreten der Schmutzwässer vermeiden möchte. Die Bedenken gegen dieses System beziehen sich durchweg auf die sehr schwer zu kontrollierende Gefahr einer Verstopfung der Verteilungsrohre. Nach Angabe Warings hatte aber Oldcott schon vor längerer Zeit mehr als 70 Anlagen hergestellt, die alle zufriedenstellend arbeiteten und deren Kosten sich für ein Familienhaus unter den teuren amerikanischen Verhältnissen auf etwa 4000 M. stellten.

In Deutschland dürften sich nur wenige, und zwar kleinere Rieselanlagen finden, die nicht künstlich drainiert sind. In England scheint man die Drainage nach den seitens der

Königlichen Kommission angestellten Erhebungen nicht als ein so unerläßliches Erfordernis bei der Berieselung aufzufassen. Verschiedene Sachverständige haben sogar darauf hingewiesen, daß die Drainage sich schädlich erwiesen hätte. Solche Angaben dürften sich durchweg auf toniges Gelände beziehen. Vielfach hat man nämlich die Schächte, die zwecks Verlegung der Drainröhren hergestellt werden mußten, mit Tonbrocken oder anderem groben Material, oft auch absichtlich mit Kies aufgefüllt. Das Abwasser nahm dann natürlich seinen Weg nicht durch den Tonboden, sondern es fiel durch die Schächte direkt zu den Drains hinunter, ohne gereinigt zu sein. Dieser Weg wurde dem Abwasser noch besonders erleichtert dadurch, daß man die Zuleitungsgräben oder -röhren direkt über die Drainschächte verlegte, nicht aber möglichst weit entfernt davon. Durchfeuchteter Tonboden wird überdies im Winter rissig, und zwar bis zu solcher Tiefe, daß das Abwasser ungereinigt ohne weiteres bis zu den Drains hinunterlaufen kann. In Deutschland hält man allgemein nur durchlässigen, sandigen Boden zum Durchführen des Berieselungsverfahrens für geeignet. Unter solchen Umständen wird eine künstliche Drainierung des Geländes keinerlei Nachteile, sondern nur Vorteile haben. Ganz besonders gilt dieses für Gelände, das nicht von Natur trocken liegt.

Der weiter oben beschriebene Beetbau wird meines Wissens überhaupt nur auf künstlich drainiertem Gelände durchgeführt. Drainiert man das Rieselland gar nicht oder in unrichtiger Weise, so entstehen Gefahren nach zwei Richtungen hin. Einerseits wird dann nicht mit genügender Sicherheit gewährleistet, daß das aufgebrachte Abwasser schnell genug durch den Boden hindurchsickert. Es füllt dann die Bodenporen aus. Der atmosphärische Sauerstoff kann in den Boden nicht eindringen, die Mineralisierung und Oxydation der organischen Stoffe unterbleibt, und die Abwässer kommen in fäulnisfähigem Zustande zum Abfluß. Die zweite Gefahr, die sich ebenfalls nicht nur theoretisch konstruieren läßt, sondern bereits verhängnisvolle Erscheinungen gezeitigt hat, liegt darin, daß das Abwasser nicht in den Vorfluter abfließt, in den man es leiten möchte, sondern im Boden bis zu undurchlässigen Schichten hinabsickert, auf diesen weiterläuft und sich irgendwo aufstaut, unter Umständen weit entfernt von der Rieselanlage das Gelände vollständig versumpft und,

wenn es städtisch bebaut ist, die betreffenden Distrikte fast oder völlig unbewohnbar macht. Der entstehende Schaden kann unberechenbar groß werden, und deshalb sollte ein jeder, der eine Rieselanlage anlegt, sich vorher auf das genaueste Rechenschaft darüber geben, ob er imstande sein wird, den Abfluss des in den Boden geschickten Schmutzwassers zu beherrschen.

Die Drainage pflegt man ebenso zu bewerkstelligen wie bei Trockenlegung von Geländen für landwirtschaftliche Zwecke. Die nach dieser Richtung in Schweden entwickelte Technik ist vorbildlich geworden. In einer Tiefe von 1—2 m werden, wenn

möglich mit einem Gefälle von etwa 2:100, in gegenseitigen Abständen von etwa 8—10 m sog. Saugdrains aus unglasierten Röhren von 5—8 cm Durchmesser und 30 cm Länge angelegt, deren Enden man ohne Muffenverbindung lose aneinanderfügt. Diese Rohrstränge verbindet man mit sog. Sammeldrains, die in

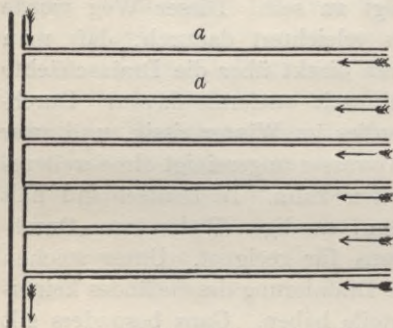


Fig. 76. Längsdrainage, Aufsicht.

der Regel aus glasierten, durch Muffen verbundenen Tonröhren von nicht unter 6 cm Durchmesser hergestellt werden.

In der Anordnungsweise der Drains richtet man sich nach der Formation des Geländes. Man pflegt drei Drainagetypen zu unterscheiden, nämlich das sog. Längssystem (Fig. 76), bei dem die Saugdrains (a) in der Richtung des stärksten Gefälles verlegt werden, das in der Figur durch Pfeile angedeutet wird. Bei der Querdrainage, die kostspieliger, aber wirksamer sein soll, werden die Saugdrains senkrecht zum Grundwasserstrom, jedoch ebenfalls parallel angelegt wie bei der Längsdrainage. Bei der sehr verbreiteten sog. Diagonaldrainage verlaufen die Saugdrains in schräger Richtung zu den Sammeldrains, so daß sich eine fischgrätenartige Gruppierung ergibt (Fig. 77).

Je nach den örtlichen Verhältnissen sollen die Kosten der Drainage sich auf 400—1600 M. pro ha stellen.

Daß sich Rieselanlagen, je nach der Apterungsart, in bezug auf den Kostenpunkt außerordentlich verschieden stellen müssen,



läßt sich aus dem Gesagten schon entnehmen. Die Gesamtaptierungskosten stellten sich für Berlin und Breslau auf rund 2000 M., für Freiburg i. Br. aber auf rund 4000 M. pro ha. Noch erheblicher wird die Kostenfrage beeinflusst durch die Lage der Rieselgelände. Muß man sie z. B. in die Nähe von Großstädten verlegen, so stellt sich der Anschaffungspreis für das Gelände unter Umständen sehr hoch. Berlin mußte für Ankauf des Geländes durchschnittlich 2100 M. pro ha bezahlen, Breslau 1500—1600 M., Freiburg durchschnittlich 800 M. Das erworbene Land verliert mit der Zeit nicht an Wert, sondern es wird wertvoller. Bei Berechnung der Gesamtkosten würde

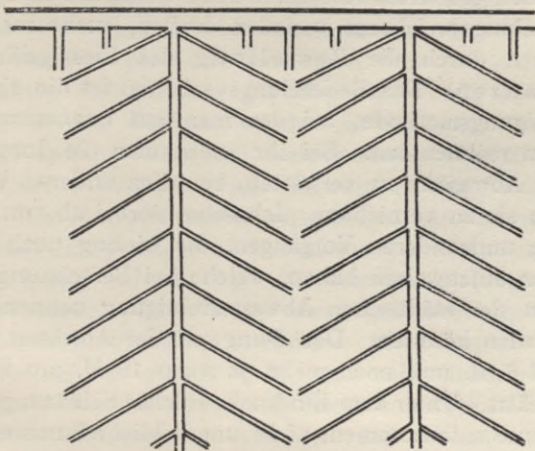


Fig. 77. Diagonaldrainage, Aufsicht.

man deshalb meines Erachtens eine Amortisation für den Geländeankauf nicht einzusetzen brauchen. Wohl aber sollte man diesen Faktor für alle diejenigen Einrichtungen berücksichtigen, die nötig sind, um das Abwasser nach dem Rieselgelände hinzuschaffen. Will man städtisches Abwasser ohne Pumpen, also durch natürliches Gefälle über weite Strecken hinweg nach dem Rieselgelände befördern, so läßt sich das unter Umständen nur ermöglichen durch Kanäle von außerordentlich großem Querschnitt, die so viel kosten können, daß der Pumpbetrieb sich unter Umständen nicht viel teurer stellen würde. Alle hierher gehörigen Anlage- und Betriebskosten müssen mitsamt Verzinsung

und Amortisation in Rechnung gezogen werden, wenn man die Kosten des Berieselungsverfahrens mit denjenigen anderer Verfahren vergleichen will. Denn bei dem Berieselungsverfahren muß man das Abwasser unter Umständen viele Kilometer weit fördern, in Berlin z. B. bis zu reichlich 20 km, um das Rieselgelände zu erreichen. Andere Reinigungsanlagen würden sich nahe der Stadt einrichten lassen und die Förderkosten würden sich bei ihnen deshalb naturgemäß weit geringer stellen. Es liegt auf der Hand, daß ein Vergleich, der diese Tatsachen unberücksichtigt läßt, durchaus ungerecht sein muß, und an solchen ungerechten Vergleichen fehlt es in der Literatur nicht.

Die eben erörterten Kosten, welche wohl stets zu Ungunsten des Berieselungsverfahrens ausfallen dürften, sucht man wieder einzubringen durch die Bestellung des Rieselgeländes mit Nutzpflanzen. Das Berieselungsverfahren ist die einzige Abwasserreinigungsmethode, bei der man auf nennenswerte Einnahmen zu rechnen hat. Bei ihr sucht man die dungwertigen Stoffe des Abwassers zu verwerten, bei allen anderen Verfahren sucht man sie zu vernichten. Ich sehe hierbei ab von der Fettgewinnung und anderen Vorgängen, die bislang noch keinerlei Einnahmen aufzuweisen haben, welche bei Berechnung der Gesamtkosten der städtischen Abwasserreinigung nennenswert ins Gewicht fallen könnten. Den Dungwert der Abwässer hat man früher auf 8 M. und noch mehr, ja sogar 18 M. pro Kopf und Jahr geschätzt. Unter dem Eindrucke solcher Schätzungen haben es Privatleute unternommen, nicht unerhebliche Summen für die Überlassung städtischer Abwässer zu zahlen, so z. B. William Hope im Jahre 1864 etwa 12000 M. jährlich für die Abwässer von 6000—7000 Einwohnern. Dieser Unternehmer dachte sogar daran, die ganzen Abwässer der Riesenstadt London anzukaufen. Im Jahre 1868 noch erzielte das Gesundheitsamt von Croydon als Pächter fast 4 M. pro Kopf und Jahr für die Abwässer der Stadt Norwood. Aird fand sich noch im Jahre 1869 bereit, die ganzen Aptierungs- und Förderkosten zu tragen gegen kostenlose Überlassung der städtischen Abwässer Danzigs.

Neuerdings schätzt man den Wert der Dungstoffe städtischer Abwässer in der Regel auf 4—5 M. pro Kopf und Jahr.

Bei rationeller Ausbeutung der städtischen Abwässer müßte also jede Stadt von 100000 Einwohnern auf eine Jahreseinnahme

von rund  $\frac{1}{2}$  Million Mark aus ihren Abwässern rechnen können. Auf solche Überschüsse kommt man nicht einmal, wenn man alle Aptierungs- und Förderkosten aufser Rechnung stellt und lediglich die Betriebseinnahmen den landwirtschaftlichen Betriebskosten gegenüberstellt. Eine Kalkulation nach kaufmännischen Grundsätzen ergibt aber bei keiner Rieselanlage Überschüsse, sondern stets und überall nur Kosten. Das hängt aufser mit den schon erwähnten hohen Aptierungs-, Förder- und Betriebskosten in erster Linie damit zusammen, daß die Nutzpflanzen, selbst bei intensivster, wissenschaftlich geleiteter Bewirtschaftung und bei günstigsten Bodenverhältnissen, nur den Stickstoff der Abwässer von etwa 60—80 Personen, den Phosphorsäuregehalt von rund 100 Personen und den Kaligehalt der Abwässer von rund 200 Personen pro ha aufzunehmen vermögen. Selbst wenn die bestellten Gelände Tag für Tag regelmäfsig mit Abwasser beschickt werden dürften, würden sich hieraus doch aufserordentlich umfangreiche und deshalb kostspielige Rieselgelände ergeben, wollte man die volle Verwertung der Dungstoffe anstreben. Den Nutzpflanzen ist aber nicht jederzeit, sondern nur zu gewissen Jahreszeiten die Beschickung mit Abwasser zuträglich. In bezug auf die hiermit zusammenhängenden, grundlegenden Fragen scheint unter den Agrikulturchemikern noch keine Übereinstimmung zu herrschen. Ein bekannter deutscher Agrikulturchemiker erklärt z. B., man sollte Rieselgelände vorwiegend mit Gras bestellen, weil dieses auch zur Winterzeit die Beschickung mit Abwasser vertrüge. Auf der anderen Seite erklärte mir ein Rieseltechniker, dessen praktische Leistungen allgemein anerkannt werden, man dürfe Gras im Winter nicht berieseln, weil die Wurzeln darunter leiden würden. Diese letztere Auffassung scheint bei englischen Rieseltechnikern allgemein zu bestehen. Bei Besichtigung der englischen Rieselanlagen gewinnt man den Eindruck, daß diese vorwiegend nur mit Gras und Wurzelpflanzen (Rüben, Mangolds) bestellt sind. Auf Anfrage, wie man dazu gekommen sei, wurde mir regelmäfsig erklärt, Graswuchs rentiere sich bei der Berieselung im allgemeinen am besten. Man könne aber Gras nicht fortgesetzt, namentlich nicht in der Winterzeit, mit Abwasser beschicken. Aufser Gras nähme man deshalb Hackfrüchte, weil das Land mit diesen nur während weniger Monate bestellt wäre, während der übrigen

Jahreszeit, namentlich im Winter, vollständig brach liege und dann viel grössere Abwassermengen verträge. Auch während der Bestellzeit verträgen die Hackfrüchte mehr Abwasser als Gras.

In der Literatur finden sich aufser den genannten noch verschiedene andere Nutzpflanzen, die sich für Rieselbetrieb eignen sollen, z B. Weiden. Diese sollen üppig wachsen, jedoch wegen des hohen Salzgehaltes des Abwassers brüchig werden. Getreidebau wird von manchen Autoren empfohlen, von anderen vollständig verworfen. Auch die Bepflanzung mit Kartoffeln, Sellerie, Sonnenblumen wird von manchen Rieseltechnikern empfohlen, von anderen grundsätzlich verworfen. In Freiburg i. B., dessen Rieselbetrieb als mustergültig gelten dürfte, wird  $\frac{1}{4}$  des Geländes mit Gras,  $\frac{1}{4}$  mit Sommer-Halmfrüchten,  $\frac{1}{4}$  mit Rübengewächsen, Mais usw. und  $\frac{1}{4}$  mit Winter-Halmfrüchten bestellt. Man wird nicht fehlgehen in der Annahme, dafs eine solche Bewirtschaftungsart nur unter durchaus sachverständiger Leitung durchführbar ist und dafs man, wo diese fehlt, sowohl wirtschaftlich, wie auch in sanitärer Beziehung besser fahren wird mit einer einfachen Bestellungsart, wie sie vorhin als typisch für manche englischen Anlagen bezeichnet wurde.

Es besteht nämlich ein von Natur mit dem Rieselverfahren untrennbar verknüpfter Gegensatz zwischen den wirtschaftlichen und sanitären Aufgaben. Will man den wirtschaftlichen Aufgaben gerecht werden, so mufs man einen agrikulturchemischen Sachverständigen, d. h. einen Landmann, mit der Leitung betrauen. Zuzeiten, wo die Nutzpflanzen das Abwasser nicht vertragen, wird dieser es nicht über das Herz bringen können, ihnen Abwasser zuzuführen und die Ernte dadurch zu verderben. Ganz naturgemäfs wird er das Abwasser durch den nächsten Notauslaf ungereinigt in den Flufs ablaufen lassen. Will man die sanitären Aufgaben in den Vordergrund stellen, wie es theoretisch wohl überall geschieht, praktisch aber nur sehr selten, so wird man in erster Linie in der Wahl des Betriebsleiters entsprechend vorzugehen haben. Man wird einen Mann zu wählen haben, der es unter allen Umständen als seine vornehmste Pflicht erachtet, das Abwasser nur in durchaus reinem Zustande in den Flufs abzulassen. Ohne Zweifel gibt es hervorragende Männer, die es verstehen, diesen Gegensatz

auszugleichen und sowohl ihren wirtschaftlichen, wie auch ihren sanitären Pflichten gerecht zu werden. Je größer eine Rieselanlage ist, um so eher wird es gelingen, solche Männer dafür zu finden. Für kleinere Anlagen wird das verhältnismäßig selten möglich sein. Hier könnte aber die Oberleitung einem geeigneten Sachverständigen anvertraut werden.

Ohne Zweifel fallen die Ernten bei gut geleiteten Rieselanlagen besser aus als ohne Rieselei. Sehr interessante Vergleiche nach dieser Richtung sind schon vor fast 50 Jahren in Rugby durchgeführt worden, wo etwa 8 ha Land in vier Abteilungen von gleicher Größe eingeteilt wurden und  $\frac{1}{4}$  nicht berieselt wurde, die anderen  $\frac{3}{4}$  mit verschiedenen Abwassermengen. Die Ernteergebnisse sind bei dem berieselten Gelände ganz erheblich günstiger gewesen als bei dem nicht berieseltem. Seither sind sehr zahlreiche, wissenschaftlich höchst interessante vergleichende Versuche ähnlicher Art durchgeführt worden, deren Ergebnisse hier nicht im einzelnen erörtert werden können. Nur möge erwähnt sein, dass die Bewirtschaftungskosten bei Rieselanlagen sich erheblich höher stellen als bei gewöhnlicher Bestellung und dass die günstigeren Ernteergebnisse dadurch nicht unwesentlich in Anspruch genommen werden. In Berlin ist z. B. für je etwa 30 ha ein Wärter angestellt und für je 15 Wärter ein Meister. In Freiburg hat ein Wärter 100 ha zu besorgen, in Breslau fast 200 ha (170 ha).

Die örtlichen Verhältnisse und die Art der Kultur spielen hier natürlich eine sehr bedeutende Rolle. Auf manche Gelände kann man das Abwasser nur jeden 12. Tag oder noch seltener bringen. An anderen Stellen häufiger. Bei den eben zitierten Rieselanlagen darf man mit einer durchaus sorgfältigen Pflege der Anlage rechnen, obgleich in dem einen Falle dreimal, in dem anderen Falle sechsmal soviel Rieselwärter auf gleicher Fläche beschäftigt sind als in einem dritten Falle. Zahlreiche Anlagen werden aber vollständig vernachlässigt, und sie bieten schließlich ein Bild wie das in Fig. 78 gezeigte. Vor der englischen Kommission erklärte ein englischer Aufsichtsbeamter, Photographien, die er von Riesefeldern aufgenommen hätte, seien wiederholt für Szenen aus Seedistrikten gehalten worden. Derartige Zustände sind gewöhnlich nicht nur auf einfache Vernachlässigung der Anlage zurückzuführen, sondern sie hängen

oft damit zusammen, daß die Bevölkerungszahl der Städte sich im Laufe der Jahre erheblich vermehrt, ohne daß die Rieselanlagen vergrößert werden bzw. vergrößert werden können. Dieses Moment kann unter Umständen sehr erheblich ins Gewicht fallen. Die Stadt Birmingham z. B. wächst so schnell, daß man die Rieselanlage jede Woche um 0,4 ha vergrößern müßte, wenn den fortschreitenden Anforderungen genügt werden sollte. Eine derartige Ausdehnung der Rieselanlage ist aber aus



Fig. 78. Überstautes Rieselfeld.

örtlichen Gründen nicht möglich, und deshalb sieht sich Birmingham neuerdings gezwungen, zu einem anderen Abwasserreinigungsverfahren überzugehen. Vernachlässigte oder überanstrengte Rieselanlagen können natürlich keine guten Abflüsse liefern.

Im allgemeinen gilt das Berieselungsverfahren auch heute noch als die beste und sicherste Abwasserreinigungsmethode. Man hat diese Auffassung wohl damit motiviert, daß der Boden nur eine bestimmte Abwassermenge durchfließen lasse, daß also eine Überanstrengung nur so zum Ausdruck kommen könnte, daß das Abwasser auf dem Gelände stehen

bliebe, nicht aber ungerneigt entkommen könnte. Diese Erklärungsart läßt aber die Tatsache unberücksichtigt, daß die Abflüsse nicht mehr genügend gereinigt werden, sobald das Rieselland längere Zeit hindurch überstaut war. Sobald der in dem Boden angesammelte Sauerstoff verbraucht ist und die Absorptionskräfte erschöpft sind, fließt das Abwasser in fäulnisfähigem Zustande aus dem Boden ab. Zutreffend ist allerdings, daß die Aufsichtsbehörden schon durch die Tatsache der Überstauung des Geländes erkennen können, daß die Anlage nicht in Ordnung ist und daß man aus einer solchen Überstauung Rückschlüsse auf ungenügende Wirkung der Anlage ziehen kann. Wenn Überstauung nicht vorliegt, so muß sich der kontrollierende Beamte aber auch noch davon überzeugen, daß keine Notauslässe existieren, durch die man das überschüssige Abwasser fortschaffen bzw. in den Vorfluter ablassen kann, ohne es überhaupt auf Land zu bringen. Daß letzteres in der Praxis häufig geschieht, ist eine allgemein zugegebene Tatsache. In einem Falle habe ich mich sogar davon überzeugen müssen, daß senkrechte, bis an die Erdoberfläche reichende Drains hergestellt waren zum Ablassen des Abwassers, das nicht durch den Boden hindurch wollte. Der Wärter erklärte mir in harmlosester Weise, durch diese Drains hätte man das Abwasser abgelassen, das nicht freiwillig durch den Boden ginge. Dieser Vorgang hat einen um so tieferen Eindruck auf mich gemacht, als die Ergebnisse der betreffenden Versuche als Unterlagen benutzt worden waren zur Begründung gewisser Anschauungen über die quantitative Leistungsfähigkeit des Bodens. Selbst wenn man von solchen, auf absichtliche Täuschung berechneten Manipulationen absieht, findet man es sehr schwer, ein sicheres Urteil über die quantitative Leistungsfähigkeit von Rieselanlagen zu gewinnen. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß, soweit die Ausnutzung des Stickstoffes in Frage kommt, unter den allergünstigsten Verhältnissen auf 1 ha Land die Abwässer von 60 bis 80 Personen gebracht werden sollten. In der Praxis werden die Rieselanlagen allgemein viel stärker in Anspruch genommen, selten mit weniger als 400—600 Kopf pro ha. In den bekannten größeren städtischen Rieselanlagen Deutschlands z. B. mit 200 bis 500 Kopf pro ha (Berlin 263, Breslau 468, Braunschweig 220, Steglitz 462). Bis in die neueste Zeit hinein wird von agri-

kulturchemischer Seite die Auffassung vorgetragen, daß bei einer Belastung, welche die Aufnahmefähigkeit der Nutzpflanzen übersteige, die Abwässer in ungereinigtem Zustande abfließen würden. Diese sehr verbreitete Annahme beruht auf einer Verwechslung der Fragen, die zusammenhängen mit der rationellen Verwertung der Dungstoffe des Abwassers einerseits und mit der Frage wegen Reinigung anderseits. Daß der Boden auch ohne jede Bestellung mit höheren Pflanzen Abwasser in durchaus zufriedenstellendem Maße zu reinigen vermag, werden wir im folgenden Abschnitt sehen. Ein Vergleich würde deshalb nur in bezug auf die Frage in Betracht kommen, ob bei einer die Ausnutzungsfähigkeit der Pflanzen überschreitenden Inanspruchnahme der Rieselfelder größere Mengen von dungwertigen Stoffen, wie z. B. Salpetersäure, zum Abflufs kommen. Diese Frage ist theoretisch zu bejahen, praktisch läßt sie sich aber sehr schwer entscheiden, weil es sehr schwierig ist, Aufschlüsse darüber zu gewinnen, ob die Gesamtmenge des Abwassers zum Abflufs kommt, inwieweit sie mit Grundwasser oder Regenwasser vermischt ist, wieviel von dem Abwasser verdunstet ist und zu welcher Zeit die entnommenen Abflufsproben auf das Land gebracht wurden. Der Einflufs solcher Faktoren läßt sich kaum einigermaßen sicher abschätzen. Anderseits fehlt es auch gerade bei dem Rieselungsverfahren an so beharrlich, auf wirklich wissenschaftlichen Grundlagen durchgeführten Untersuchungen, wie sie für andere Verfahren, insbesondere für die intermittierende Filtration und für das künstliche biologische Verfahren, vorliegen.

Die quantitative Leistungsfähigkeit der Rieselfelder wird beeinflusst einerseits durch die Natur des Erdreichs, auf dem gerieselt werden soll, zweitens durch die Art der Bestellung des Landes, drittens hat das Klima einen erheblichen Einflufs und viertens der Charakter des Abwassers.

In Ländern mit trockenem Klima verdunstet ein erheblicher Teil des Abwassers. Anderseits wird die Abwassermenge nicht durch Regen stark vermehrt. Man kann das Abwasser auf einen trockenen und für Flüssigkeit deshalb aufnehmungsfähigen Boden bringen. Anders liegen die Verhältnisse bei dem Klima von Deutschland und England. Die Mehrzahl der Städte, welche Rieselanlagen haben, sind nach dem Sammelsystem



kanalisiert. An Regentagen vermehrt sich deshalb die Abwassermenge erheblich, die den Rieselanlagen zugemutet wird. In England pflegen die Behörden allgemein zu verlangen, daß das Abwasser bis zur sechsfachen Verdünnung, also bis zum sechsfachen Trockenwetterabfluß auf dem Gelände gereinigt wird. Dieses letztere ist an Regentagen durch die meteorischen Niederschläge schon an und für sich durchfeuchtet und deshalb nicht imstande, so viel Abwasser aufzunehmen wie an trockenen Tagen. Bei sandigem Gelände macht sich dieser Konflikt der Verhältnisse weniger geltend als bei tonigem Boden.

In größeren Städten wird der Charakter der Abwässer selbst beim Vorhandensein sehr ausgedehnter Industrien nicht so verändert, daß eine Reinigung durch Berieselung unmöglich würde (s. Kap. 5). Wesentlich kommt deshalb nur in Frage der Wasserkonsum, der übrigens bei fast sämtlichen größeren Städten 100 l pro Kopf und Tag erreicht und in der Regel nicht unerheblich überschreitet.

Der relativ hohe Salzgehalt der Abwässer wirkt ungünstig auf das Gedeihen der Nutzpflanzen. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß Weiden dadurch brüchig werden, z. B. in Breslau, wo der Chlorgehalt der Abwässer 137 mg im Liter betragen soll, also niedriger ist als in Berlin (167 mg im Liter), Birmingham (218 mg), Hamburg (zurzeit 238 mg) oder gar Wiesbaden (350 mg).

Von größter Bedeutung für die quantitative Leistungsfähigkeit der Rieselanlagen ist der Gehalt der Abwässer an ungelösten Stoffen. Insbesondere soll das in den Abwässern enthaltene Fett schädlich wirken. Hierüber hat Schreiber auf den Berliner Rieselanlagen sehr wertvolle Beobachtungen angestellt. Den Fettgehalt der Berliner Abwässer schätzt er auf rund 20 g pro Kopf und Tag und für die Stadt Berlin auf fast 13000 t pro Jahr. An der Hand dieser Zahlen berechnet er, daß auf den Quadratmeter des Rieselgeländes jährlich 0,5 g Fett gelangen. Der Schlick, der sich auf der Oberfläche der Rieseländer absetzt, enthielt nach den Schreiberschen Untersuchungen 16% Fett. In sandigem Boden soll 0,1% Fett genügen, um den Boden wasserundurchlässig zu machen. Hiernach wäre großer Wert darauf zu legen, das Fett von den Rieselanlagen fernzuhalten (s. Kap. 7 c). Aufser dem Fett sind

es natürlich auch noch andere Stoffe, wie hauptsächlich feine Gewebsfasern, welche zu einer Verschlickung des Geländes führen, so daß weder Wasser, noch auch der atmosphärische Sauerstoff genügend eindringen können und namentlich auch das Gedeihen der Nutzpflanzen geschädigt wird. Aus solchen Gründen, namentlich aber, um die quantitative Leistungsfähigkeit solcher Rieselanlagen zu erhöhen, die trotz starken Anwachsens der betreffenden Städte nicht vergrößert werden können, ist man dazu übergegangen, die ungelösten Stoffe aus den Abwässern möglichst weitgehend auszuschcheiden, ehe man diese auf die Rieselländer leitet. In Dortmund werden die Abwässer durch die von früher her noch vorhandenen Klärbrunnen (s. Kap. 7d) geleitet, ehe sie auf die Rieselanlagen gelangen. In anderen deutschen Städten wird, soweit mir bekannt, noch wenig getan in bezug auf Vorbehandlung der Abwässer für die Berieselung. In England dagegen bereiten verschiedene Städte das Abwasser durch das Faulverfahren vor (Birmingham), andere durch chemische Fällung, unter Anwendung von Kalk, Eisensulfat bzw. schwefelsaurer Tonerde. Soweit mir bekannt, sind aber die meisten englischen Städte ebenso wie Birmingham von der chemischen Vorbehandlung abgekommen und entweder zur Vorbehandlung durch Faulverfahren übergegangen oder aber zum künstlichen biologischen Verfahren. Tatton, der als Oberinspektor der Mersey und Irwell Rivers Board wohl über die größten einschlägigen Erfahrungen verfügt, schätzt den Wert solcher Vorbehandlung sehr hoch. Bei günstigsten Bodenverhältnissen lassen sich nach Tatton pro ha die Abwässer von 250 Personen reinigen, nach vorheriger chemischer Behandlung aber die Abwässer von 1250 Personen und nach vorheriger künstlicher biologischer Behandlung die Abwässer von 2500 Personen. Für Tonboden hält er es für möglich, auf 1 ha, ohne Vorbehandlung, die Abwässer von 125 Personen zu reinigen, bei chemischer Vorbehandlung die Abwässer von 250 Personen, nach künstlicher biologischer Vorreinigung die Abwässer von 750 Personen.

Für mich steht es außer Frage, daß sich eine möglichst ausgiebige Ausscheidung der ungelösten Stoffe, insbesondere des Fettes, für alle größeren Rieselanlagen empfehlen wird. Selbst bei kleinsten Rieselanlagen, wie z. B. bei privaten Landhäusern,

wo die häufige Ausräumung von Schlamm vermieden werden muß und deshalb das Absitzverfahren bzw. Fällungsverfahren nicht in Frage kommen können, wird die Vorbehandlung sich empfehlen, nachdem man gelernt hat, Faulbecken so anzulegen und so zu handhaben, daß sie zu Belästigungen keinen Anlaß geben.

Auch ohne Ausscheidung der ungelösten Stoffe haben aber Rieselanlagen eine lange Lebensdauer gezeigt (s. Kap. 3). Von den acht besten, zurzeit noch im Betriebe befindlichen englischen Rieselanlagen haben fünf eine Lebensdauer von mehr als 30 Jahren aufzuweisen, ohne daß ihre Leistungen irgendwie nachgelassen haben. Jede, auch die beste Rieselanlage wird vorübergehend durch übermäßige Zuleitung von Abwasser stellenweise infolge Verschlickung der Oberfläche, sowie Verstopfung der Poren, in einen Zustand geraten, daß der Boden für Wasser und Luft nicht mehr genügend durchlässig ist, die Abwässer deshalb nicht genügend gereinigt werden und auch die Pflanzen nicht mehr gedeihen können. Man nennt diesen Zustand »Abwasserkrankheit« (sewage sickness). Durch Umpflügen und Brachlegen des Landes haben sich derartige Zustände immer noch leicht beseitigen lassen.

Immerhin ist damit zu rechnen, daß bei der Zersetzung organischer Materien ein sehr beständiger, fast unzersetzlicher Teil, die sog. humösen Stoffe, zurückbleiben, welche die Sandkörner einhüllen und die Bodenporen verstopfen. Dieser Vorgang spielt aber bei der noch zu besprechenden intermittierenden Filtration eine weit größere Rolle als bei der Berieselung, wo einerseits die quantitative Belastung des Bodens stets geringer sein wird als bei der Filtration, und wo andererseits das Verfahren es mit sich bringt, daß die Oberfläche des Bodens durch Pflügen, Eggen, zeitweises Brachlegen etc. häufiger aufgelockert und regeneriert wird.

Die sanitäre Beurteilung der Rieselanlagen wird, wie aus dem Gesagten hervorgeht, durch die verschiedensten, zum Teil ganz unkontrollierbaren Vorgänge und Verhältnisse erschwert und doch erfreut sich die Rieselei nach wie vor des Rufes, die beste Abwasserreinigungsmethode zu sein. Nur in bezug auf die wirtschaftlichen Fragen hat diese Auffassung eine Einschränkung erfahren. Man hat allgemein eingesehen, daß

durch die Rieselei finanzielle Überschüsse nicht zu erzielen sind. Gegenteilige, durch keinerlei tatsächliche Beobachtungen erhärtete Behauptungen phantastischer Köpfe, die sich auch heute noch mit dem Eifer von Propheten vordrängen, darf ich füglich übergehen.

Nach der sanitären Seite hin aber erfreut sich die Rieselmethode noch immer des besten Rufes. Soweit die Gesundheitsgefährdung der Umgebung in Frage kommt, haben die theoretisch unzweifelhaft vorhandenen sanitären Bedenken durch die epidemiologischen Beobachtungen noch keinerlei praktische Unterstützung gefunden. Auch der Angriff, der nach dieser Richtung noch im Jahre 1893 gegen die Berliner Rieselanlage geführt worden ist, hat den allgemeinen Ruf der Rieselanlagen nicht schmälern können. Im Gegenteil werden nach wie vor Statistiken vorgebracht, aus denen man fast herauslesen könnte, daß die Rieselanlagen sich als klimatische Kurorte eignen. Sieht man von solchen Übertreibungen ab, so darf doch gesagt werden, daß nach allen bislang gemachten Erfahrungen die Gesundheit des auf Rieselanlagen beschäftigten Personals und der Nachbarschaft durch die Rieselanlagen im allgemeinen nicht gefährdet wird. Daß durch besondere Unvorsichtigkeiten, wie z. B. Trinken der Drainwässer, Darmkrankheiten ausgelöst werden können und auch mitunter ausgelöst werden, halte ich für eine unbestreitbare Tatsache. Auch ist nicht zu leugnen, daß Rieselanlagen bei besonders ungünstigen Witterungsverhältnissen unter Umständen üble Ausdünstungen verbreiten. Maclean Wilson, der Oberinspektor des West Riding of Yorkshire Rivers Board, glaubt, daß durch solche Gerüche Unpäßlichkeiten besonders bei Personen von zarter Gesundheit ausgelöst werden können, daß sie sich aber durch Umpflanzung der Rieselanlagen mit Buschwerk meistens vermeiden lassen. Solche Umpflanzungen werden überdies nicht allein aus ästhetischen Gründen gefordert, sondern auch als ein Mittel vorgeschlagen, die Entwertung der benachbarten Wohndistrikte erheblich einzuschränken.

Von besonderer Wichtigkeit ist natürlich die Frage, wie die reinigende Wirkung von Rieselanlagen auf die Abwässer zu beurteilen sei. Nach dieser Richtung begründet sich der Ruf der Rieselfelder, wie wir schon gesehen haben, auf der Annahme, der Boden lasse nicht mehr Abwasser durch, als er verarbeiten

könne. Auf wie schwachen Füßen eine solche Annahme steht, wurde schon gezeigt. Der Hauptfehler ist eben, daß man das Abwasser, das nicht durch den Boden will, auf anderem Wege fortlaufen läßt. Auf diese Weise gelangt dann oft völlig ungereinigtes Abwasser in den Vorfluter und dadurch wird ein Zustand erreicht, der entschieden noch ungünstiger ist als bei künstlichen Abwasserreinigungsanlagen, die man zurzeit in der Regel doch so herzustellen pflegt, daß man nie gezwungen ist, die Abwässer in völlig ungereinigtem Zustande in den Fluß zu lassen, soweit sie nicht durch Notausläufe abfließen. Der Hauptvorteil, den man den Rieselanlagen im Vergleich zu anderen Reinigungsmethoden zuschreibt, die Ausscheidung der Krankheitserreger aus dem Abwasser, verliert bei näherer Betrachtung ganz erheblich an Bedeutung. Ich brauche nur auf alle die oben beschriebenen Unregelmäßigkeiten im Betriebe der Rieselanlagen hinzuweisen, zu denen die eben erwähnte Praxis des Ablassens völlig ungereinigten Abwassers hinzukommt, um diese Auffassung zu begründen. Auch ich betrachte es als unbestreitbare Tatsache, daß der Bakteriengehalt der Abwässer bei günstigen örtlichen Verhältnissen, in sorgfältig geleiteten Betrieben sich ganz erheblich herabsetzen läßt. Nach den sehr eingehenden Untersuchungen von Schottelius und seiner Schüler wurde z. B. der Bakteriengehalt der Freiburger Abwässer von ursprünglich 790 600 auf 6700 im ccm herabgesetzt, durchschnittlich um 99,2%. Die sorgfältigen Untersuchungen von Beckurts und Blasius für Braunschweig haben ergeben, daß die durchschnittlich fast zwei Millionen pro ccm betragende Keimzahl der Rohwässer auf 5500 pro ccm herabgesetzt wird, also um 99,7%. Ebenso günstig lauten die Berichte von Paris. Eine Untersuchung Salkowskis im Jahre 1899 ergab für 1 ccm Berliner Kanalwasser (Sputendorf)  $12\frac{3}{4}$  Mill. entwicklungs-fähiger Keime; das Drainwasser von Rieselwiesen enthielt nur 3570 Keime im ccm = 99,9% Herabsetzung.

Diese Werte berücksichtigen natürlich nicht das völlig unbehandelt abfließende Abwasser und auch nicht die Verdünnung durch Grundwasser etc. Immerhin aber bringen sie deutlich zum Ausdruck, daß ein großer Teil der Abwasserbakterien durch die Rieselanlagen abgefangen und von den Flußläufen ferngehalten wird, und wer einzusehen gelernt hat, daß in der

Praxis Vollkommenes bekanntlich nie oder doch fast nie erreicht wird, der wird diese Leistung wegen der vorhandenen Fehlerquellen ebensowenig als wertlos bezeichnen wie die Leistungen von Trinkwasserfiltern, die bekanntlich auch nicht sämtliche Bakterien des Flufswassers abfangen. Man sollte aber auch nach der anderen Richtung hin vorsichtig sein und sich darüber klar bleiben, dafs selbst die besten Rieselabflüsse ein ungefährliches Trinkwasser nicht darstellen. Wird auch die Zahl der Bakterien durch ein gut geleitetes Berieselungsverfahren sehr beträchtlich herabgesetzt, so behalten doch die Abflüsse in bakteriologischer Beziehung den Charakter des Abwassers. Dieses ergibt sich sowohl aus eigenen, mir zur Verfügung stehenden Beobachtungen, wie auch aus den sehr gründlichen Untersuchungen, die Houston im Auftrage der englischen Kommission ausgeführt hat. Darnach weisen selbst die besten Rieselabflüsse Kolibakterien in nicht geringer Zahl auf. Hieraus läfst sich ohne weiteres entnehmen, dafs auch Krankheitserreger, wie Typhusbazillen, das Rieselland, wenn auch in geringerer Zahl, so doch ungeschädigt passieren und in den Vorfluter gelangen können.

Auch in physikalischer und chemischer Beziehung scheint man mir die Leistungen der Rieselanlagen zurzeit allgemein noch zu überschätzen. Diesen Eindruck habe ich schon seit Jahren immer wieder gehabt und er hat sich neuerdings noch weiter verstärkt durch den Besuch von englischen Rieselanlagen, die seitens der Königlichen Kommission als die besten, dort vorhandenen charakterisiert worden sind. Beschränkt man sich nicht darauf, die spärlichen Abflüsse kleiner Drains zu betrachten, sondern geht man einen Hauptsammelkanal entlang, so sieht man zwar ein fast klares und farbloses Produkt. In demselben schwimmen aber auffallend viele, zum Teil handgroße und noch gröfsere Flocken der charakteristischen Abwasserflora. In Birmingham hat man sich entschlossen müssen, diese Vegetationen durch Einbauen von Gittern abzufangen. Beim Vergleich des Rieselverfahrens mit dem künstlichen biologischen Verfahren sollte man sich also nicht immer ein vollständig klares Produkt als Ergebnis der Berieselung vor Augen halten und denken, dafs die noch zu besprechenden flockigen Abscheidungen der künstlichen biologischen Anlagen

für diese allein charakteristisch seien. Nur wegen dieses Vergleichs, der mir in der Regel ungerecht zum Nachteil der künstlichen biologischen Anlagen angestellt zu werden scheint, erwähne ich diese Vegetationen. Eine erhebliche ästhetische bzw. sanitäre Bedeutung für das Fischleben wird ihnen meines Erachtens nur beizumessen sein unter ganz besonders ungünstigen Vorflutverhältnissen.

Ihrem chemischen Charakter nach genügen die Abflüsse guter Rieselanlagen den höchsten Anforderungen. Sie stellen ein Produkt dar, welches zwar einen höheren Chlorgehalt aufzuweisen pflegt als die meisten öffentlichen Gewässer. Dasselbe gilt für einige andere anorganische Substanzen, die hygienisch nicht von nennenswerter Bedeutung sind. Die Oxydierbarkeit wird um 80—90% herabgesetzt (für Freiburg werden 77,2%, für Braunschweig etwa 85%, für Berlin etwa 90% angegeben). Der Einfluss, den Grundwasser, Regenwasser und Verdunstung auf diese Werte ausüben, wird, wie erwähnt, immer schwer zu bemessen sein.

in mg pro Liter	Berlin			Braunschweig			Freiburg i. Br.		
	Rohwasser	Drainwasser	Abnahme in %	Rohwasser	Drainwasser	Abnahme in %	Rohwasser	Drainwasser	Abnahme in %
Abdampfrückstand . . . .	978,4	987		848,4	601,9	29,1			
Glühverlust . . . .	285,2	124,0	56,5	700,7	200,0	71,1	254	58	77,2
Oxydierbarkeit Kal.-Pgt.-Verbrauch . . . .	333,7	33,6	89,9	244,2	36,5	85,1			
Chlor . . . . .	283,8	232,7	10,1	146,0	129,4	11,4	40	34	15,0
Ammoniak u. Album.-Ammoniak	99,5	2,3	97,7	143,2	4,15	97,1			
Keimzahl . . . .				1721000	5591	99,7	790600	6700	99,2
Salpetrige Säure u. Salpetersäure		146,6			148,5		8	8	

Im großen und ganzen darf man sagen, daß diejenigen Abflüsse, welche bei gut gepflegten Rieselanlagen wirklich durch das Erdreich hindurchgegangen sind, in chemischer Beziehung

nichts zu wünschen übrig lassen. Solchen Resultaten stehen, wie aus den obigen Darlegungen hervorgeht, andere gegenüber, welche alle Stufen des Reinheitsgrades durchlaufen bis hinauf zu Abflüssen, die in ihrem äusseren Charakter ungereinigten Abwässern gleichen und der stinkenden Fäulnis noch in hohem Mafse zugänglich sind.

#### **b) Bodenfiltration. (Franklands intermittierende Filtration.)**

Dafs man auf brach liegenden Rieselgeländen mehr Abwässer zur Versickerung zu bringen und zu reinigen vermag, als auf bestellten Parzellen, scheint bekannt gewesen zu sein, seit man das Rieselfverfahren anwendet. Trotzdem war man allgemein davon überzeugt, dafs eine fortgesetzte erfolgreiche Reinigung der Abwässer nur durch die Mitwirkung höherer Pflanzen zu erzielen sei. Es herrschte eben der Glaube, dafs die Schmutzstoffe im brach liegenden Boden nur zurückgehalten, nicht aber zersetzt würden. Durch solche Auffassung ist es wohl zu erklären, dafs der Rivers Pollution-Kommission vom Jahre 1868 bei ihren systematisch durchgeführten Besichtigungen von Abwasserreinigungsanlagen nur an zwei Orten Einrichtungen zur Beobachtung kamen, bei denen man das Abwasser durch Filtration zu reinigen versuchte unter grundsätzlichem Verzicht auf die Verwendung von Nutzpflanzen, nämlich in Ealing und Chorley.

In Ealing hatte man die Reinigung des Abwassers erst mit Sand- und Kieselfiltern versucht. Diese wurden später durch gebrannten Ton (burnt ballast) und Kohle ersetzt. Das Abwasser wurde nicht auf der Oberfläche der Filter zugeleitet, sondern von unten her. Bei der Besichtigung und auf Grund der ausgeführten Analysen kam die Kommission zu der Auffassung, dafs eine nennenswerte Reinigung des Abwassers durch dieses Verfahren in Ealing nicht erzielt würde. Ebenso erfolglos verliefen Laboratoriumsexperimente, die Sir E. Frankland nach dem Prinzip der aufsteigenden Filtration anstellte.

Im Juni 1868 besichtigte die Königliche Kommission die Abwasserreinigungsanlage in Chorley, wo die städtischen Abwässer auf brach liegendes, roh aufgepflügtes, nicht bestelltes Land geleitet wurden. Auch hier hatte man den Eindruck, dafs eine befriedigende Reinigung nicht erzielt würde und zwar aus dem Grunde, weil die behandelten Abflüsse Salpetersäure nicht



enthielten. Die mitgeteilten Analysendaten machen auf den ersten Blick den Eindruck, als ob trotzdem eine erhebliche Reinigung stattgefunden hätte. Der Gehalt der Abwässer an organischem Kohlenstoff wurde um 62,3 %, an organischem Stickstoff um 70,3 % herabgesetzt, Ammoniak um 68 %, Gesamtstickstoff um 68,8 %. Die Abflüsse waren annähernd frei von suspendierten Stoffen. Da aber die Chlorzahl der Abflüsse um etwa 34,5 % geringer war als diejenige der Zuflüsse, so ist anzunehmen, daß die entnommenen Proben von Abflüssen und Rohwasser nicht identisch waren oder aber, daß eine erhebliche Verdünnung durch Grundwasser stattgefunden hatte.

Im Anschluß an diese Besichtigungen führte Sir Edward Frankland Laboratoriumsversuche aus, die den Ausgangspunkt für die ganze moderne Entwicklung der biologischen Abwasserreinigung gebildet haben. Er benutzte 6 Fufs hohe, etwa 25 cm weite, oben und unten offene Glaszylinder, welche in flache irdene Tröge gesetzt wurden. Eine Glasröhre wurde in der Mitte angebracht, die als Lüftungsrohr dienen sollte. Zunächst wurde eine 3zöllige Schicht von Kies eingefüllt, darüber 5 Fufs der zu untersuchenden Bodenart. Bei dem gröberen Material wurde dieses mit einer 1 Zoll hohen Schicht feinen Sandes bedeckt, wodurch das Eindringen gröberer ungelöster Stoffe verhindert werden sollte. Zur Prüfung wurden herangezogen: 1. ein grober poröser Kies aus den oft zitierten Beddington-Rieselwiesen bei Croydon, 2. Sand aus rotem Sandstein bei Hambrook, 3. Boden der Rieselfarm bei Barking, 4. ein leichter gelblich brauner Lehm aus Mergelstein aus Dursley, 5. Torferde von Leyland.

Diese Bodenproben wurden täglich morgens und abends mit Abwasser aus London beschickt und zwar Probe 1 mit täglich etwa 22 bis fast 90 l pro cbm, 2 mit täglich 37 l pro cbm, 3 mit etwa 22 l pro cbm, 4 mit reichlich 23 bis fast 74 l pro cbm, 5 mit etwa 24 l pro cbm. Diese Versuche wurden etwa 4 Monate fortgesetzt. Die Resultate waren durchweg außerordentlich günstig. Das abfließende Produkt war klar, fast farblos und geruchlos und enthielt erhebliche Mengen von Salpetersäure. Das Bodenmaterial zeigte bei Abschluß der Versuche keinerlei Anzeichen von Verstopfung, und die Kommission kam zu der Auffassung, daß man bei der günstigsten untersuchten Bodenart (Probe 1) bei

1,8 m tiefer Drainage und 2 ha Fläche täglich rund 1000 cbm Abwasser gründlich zu reinigen vermöchte und zwar für unbegrenzte Zeiten, ohne daß eine Verstopfung der Bodenporen zu befürchten wäre. Frankland hielt die zugrunde liegenden Vorgänge für vergleichbar mit dem Atmungsprozefs in der tierischen Lunge. Seiner Meinung nach würde es genügen, die Oberfläche des Geländes zu ebnen, in vier gleiche Abschnitte zu teilen und hiervon einem nach dem andern je 6 Stunden hindurch das anfallende Abwasser zuzuführen. Eine Stadt von etwa 10000 Einwohnern würde nur 2 ha solcher Bodenfilter brauchen. Einer allgemeinen Einführung dieses intermittierenden Filtrationsverfahrens würden aber, wie Frankland und die kgl. Kommission, der er angehörte, glaubten, verschiedene erhebliche Bedenken entgegenstehen, nämlich 1. sei ein pekuniärer Ertrag von diesem Verfahren nicht zu erwarten; die Dungstoffe würden verschwendet. 2. wurde befürchtet, daß sich an der Oberfläche des Geländes Fäulnisprozesse und infolgedessen Belästigungen der Nachbarschaft ergeben würden, 3. befürchtete man, daß sich im Grofsbetriebe die durchaus notwendige gleichmäßige Verteilung des Abwassers über das Gelände schwer würde ermöglichen lassen. Diese Bedenken scheint die Kommission aber nicht als sehr schwerwiegend aufgefaßt zu haben, denn in ihrem im Jahre 1871 veröffentlichten Bericht spricht sie sich von neuem günstig über die intermittierende Bodenfiltration aus und meint sie, daß sogar konzentrierte Fabrikabwässer sich dadurch würden reinigen lassen.

Im Jahre 1877 konnten Robinson und Mellis schon 38 Städte anführen, die den Versuch gemacht hatten, ihre Abwässer durch Filtrationsprozesse zu reinigen. Nach ihrem Urteil sind alle diese Versuche erfolglos verlaufen. Einerlei ob man Ackerkrume, Kies, Koks oder andere Filtermaterialien versucht hätte, das Ergebnis sei immer gewesen, daß 1. die Poren der Filter sich bis zur völligen Undurchlässigkeit verstopften, daß 2. die ganze Oberfläche der Filter sich mit unzersetzten, fauligen Stoffen verschlickte und unerträgliche Belästigungen für die Umgebung daraus erwachsen. Die intermittierende Filtration könne nur in Frage kommen, wo sehr verdünnte Abwässer zu reinigen wären und zwar nach chemischer Vorbehandlung der Abwässer. Eine nähere Prüfung der vorliegenden Beschreibungen der hier in Frage stehenden Filteranlagen ergibt, daß zwar die Filtrations-

versuche in jeder erdenklichen Weise durchgeführt wurden, daß aber die von Frankland festgelegten Grundsätze an keiner Stelle befolgt worden waren. Diese waren anscheinend bald soweit in Vergessenheit geraten, daß Latham, einer der erfahrensten englischen Abwassertechniker, behaupten konnte, erst er habe im Jahre 1880 die intermittierende Bodenfiltration entdeckt im Anschluß an die noch zu besprechenden Feststellungen von Schloesing und Müntz. Zunächst stellte Latham ein Versuchsfilter in Croydon her und im Jahre 1883 entwarf er die Bodenfilter für Friern Barnet, von denen noch die Rede sein wird.

Einen treuen Schüler hat aber Frankland gehabt in Bailey Denton, der schon im Jahre 1871, also kurz nach Veröffentlichung der Franklandschen Experimente, dessen Verfahren in Merthyr Tydfil verwendete, um sich aus einer gewissen Notlage herauszuhelfen. Die Abwässer dieser Stadt sollten nämlich durch Rieselfverfahren gereinigt werden. Die Einrichtungen hierfür ließen sich nicht schnell genug fertigstellen. Deshalb wurden etwa 8 ha eines sehr porösen, sandigen, mit Humus bedeckten Bodens in einer Tiefe von 1,8 m drainiert, geebnet und in vier gleiche Felder geteilt. Jedes Feld wurde genau nach Franklands Vorschrift für die Dauer von 6 Stunden mit den zulaufenden Abwässern beschickt, die von 25 000 Personen stammten. Es wurden pro ha rund 400 bis 570 cbm Trockenwetterabfluß behandelt, und an Regentagen bis zur doppelten Menge. Der erzielte Reinigungserfolg war durchaus zufriedenstellend. Der Betrieb wurde aber nach Ablauf von 5 Monaten eingestellt, weil die Rieselanlagen, welche eine Fläche von rund 120 ha darstellten, inzwischen fertig geworden waren.

Bailey Denton hat in England und Schottland eine größere Anzahl von Anlagen zur Bodenfiltration hergestellt, durchweg im Anschluß an Rieselanlagen, um diese zu entlasten. Im Jahre 1896 veröffentlichte er eine Beschreibung von 8 derartigen typischen Anlagen, um zu zeigen, daß das Verfahren sich für alle Größenverhältnisse eigne, nicht nur für Schulen und Hospitäler, sondern auch für Städte und zwar für solche von etwa 1000 bis 70 000 Einwohnern. Die den Beschreibungen beigegebenen Atteste und Analysen lassen erkennen, daß die Reinigungsanlagen den höchsten Anforderungen genügten.

Im allgemeinen verwechselte man aber das Franklandsche Verfahren mit Abwasserfiltrationsversuchen, wie sie vorhin erwähnt wurden, und welche die Filtrationsmethode allmählich vollkommen in Mißkredit brachten.

Im Jahre 1880 wurde in Clichy ein kleines Versuchsfilter für Laboratoriumszwecke hergestellt und nach dem intermittierenden Verfahren 5 Jahre hindurch mit gutem Erfolge beschickt, ohne daß sich die Poren des verwendeten sandigen Bodenmaterials nach Ablauf der genannten Zeit verstopft gezeigt hätten. Diese Versuche sind aber, meines Wissens, ohne weitere praktische Folgen geblieben.

Die wichtigen experimentellen Feststellungen Franklands dürften allmählich in Vergessenheit geraten sein, wenn nicht die Gesundheitsbehörde von Massachusetts (State Board of Health) sich für das Verfahren interessiert hätte. Durch Gesetz vom Jahre 1886 war dieser Behörde das Aufsichtsrecht in betreff der Reinhaltung der öffentlichen Gewässer übertragen und ihr das Recht verliehen worden, Versuche zur Abwasserreinigung durch Sachverständige ausführen zu lassen. Zu diesem Zwecke wurde eine Prüfungsanstalt in der Stadt Lawrence errichtet. Schon im Jahre 1886 veranlaßte die genannte Behörde das Städtchen Medfield, eine Reinigungsanlage nach dem Franklandschen System herzustellen.

In ihrem 19. Jahresbericht (für das Jahr 1887) äußerte sich die Behörde dahin, daß man bei Anwendung der Berieselung höchstens rd. 30 cbm Abwasser pro ha täglich würde unterbringen können. Dagegen hätte Frankland 340—900 cbm pro ha täglich in seinen intermittierenden Filtern zu behandeln vermocht und in verschiedenen, nach dem Franklandschen System in England, sowie auch auf dem Kontinent hergestellten Anlagen, hätte man mit gutem Erfolge 400—1000 cbm pro ha zu reinigen vermocht. Man könne also auf solchen Filtern 10—12 mal so viel Abwasser reinigen als auf Rieselgeländen. Die Behörde müsse es deshalb als ihre Pflicht erachten, festzustellen, ob man auch bei dem Klima von Massachusetts zu ähnlichen Resultaten kommen könnte. Nicht allein im Interesse des Staates Massachusetts, sondern auch im allgemeinen Interesse sei es nötig, sorgfältige Experimente über die Verwendbarkeit der Franklandschen Methode anzustellen.

Dibdin hat kürzlich erklärt, die Gesundheitsbehörde von Massachusetts hätte die eben erwähnten Versuche in Angriff genommen, nachdem ein von ihm im Jahre 1887 gehaltener Vortrag veröffentlicht worden war, in welchem er darauf hinwies, Abwässer ließen sich nur durch Mikroorganismen-tätigkeit reinigen. Dafs diese Behauptung unzutreffend ist, ergibt sich schon daraus, dafs der mit September 1887 abschließende Bericht der Behörde von Massachusetts schon wichtige einschlägige Versuche bespricht, und dafs, wie erwähnt, das Städtchen Medfield auf Veranlassung dieser Behörde bereits im Jahre 1886 das Franklandsche intermittierende Verfahren einführen mußte.

Wenn die vorhin beschriebenen Franklandschen Experimente als der Ausgangspunkt für die modernen biologischen Abwasserverfahren bezeichnet werden durften, so haben sie diese Bedeutung doch nur gewonnen durch die in systematischer Weise, konsequent und auf durchaus wissenschaftlicher Grundlage durchgeführten Versuche der Gesundheitsbehörde von Massachusetts, denn diese begnügte sich nicht damit, die Fragen soweit zu fördern, wie es für die Verhältnisse in Massachusetts erforderlich schien, sondern sie hatte sich darüber hinaus vorgenommen, der Allgemeinheit durch ihre Feststellungen zu dienen. Deshalb dehnte sie ihre Fragestellungen auch auf Punkte aus, die alle Gegenden interessieren mußten, wo nicht ein poröser, sandiger Boden zur Verfügung stand, wie fast überall in Massachusetts. Insbesondere war man auch fortgesetzt bestrebt, die quantitativen Leistungen der intermittierenden Filter durch Auswahl dafür geeigneter Materialien und durch verschiedenartige Kunstgriffe immer weiter zu steigern. Hiermit war der Ausgangspunkt für die sog. künstlichen biologischen Methoden geschaffen, mit denen wir uns weiter unten noch zu befassen haben werden.

Bei der Versuchsstation in Lawrence wurden 10 Bottiche, die eine Tiefe von 1,8 m und eine Oberfläche von ca. 20 qm ( $\frac{1}{200}$  acre) hatten, eingegraben und mit Ableitungsröhren nach dem Gebäude der Versuchsstation hin versehen, wo sich Einrichtungen zur genauen Messung der Abflussmengen und für die Entnahme guter Durchschnittsproben fanden. In eines dieser Filter (Nr. 1) wurde eine 5 Fufs hohe Schicht von grobem Mörtel-sand eingebracht, in ein zweites feiner weißer Sand, in ein drittes Torf mit einer Deckschicht von Ackerkrume, in ein viertes feinsten

Flufssand; in andere Gartenerde, Mischungen aus Sand und Kies, sowie aus Lehm, bzw. Ton und Sand usw. Die Bottiche wurden erst mit Wasser gefüllt und in dieses wurden die verschiedenen Materialien geschüttet. Das hat zu einer besonderen Schichtung des Materials geführt, die nicht ohne Einfluss auf die Versuche geblieben sein dürfte.

Über die meteorischen Niederschläge, sowie über die Verdunstungsvorgänge wurden in einem der Bottiche genaue Untersuchungen angestellt.

Die Filter wurden zunächst täglich 9 mal beschickt. Bei dem Filter Nr. 1 wurden die Abwassermengen während der ersten 6 Jahre alljährlich gesteigert von zuerst rund 600 cbm pro ha, bis schliesslich auf rund 1400 cbm pro ha täglich. Die Abflüsse enthielten durchschnittlich 62,5 mg Salpetersäure i. L., und sie zeigten eine Herabsetzung der Oxydierbarkeit von 87,5%. Die Bakterienzahl verringerte sich von durchschnittlich  $1\frac{1}{2}$  Millionen pro ccm auf rund 40000 pro ccm.

Das zweite, aus feinem Sand hergestellte Filter reinigte in sechsjährigem Betriebe durchschnittlich täglich rund 375 cbm pro ha, die Oxydierbarkeit nahm dabei ab um 95,2%. Der Salpetersäuregehalt betrug durchschnittlich 61,3 mg pro l, der Bakteriengehalt durchschnittlich nur rund 550 pro ccm manchmal weniger als 100.

Der Torf erwies sich als fast undurchlässig für das Abwasser.

Im Jahre 1891 wurde ein Filter aus Kies von rund 1,4 mm Korngröfse hergestellt und in den darauffolgenden Jahren mit 270 bis reichlich 1100 cbm Abwasser pro ha täglich beschickt. Selbst bei dieser starken Inanspruchnahme wurde die Oxydierbarkeit um etwa 80% herabgesetzt und wiesen die Abflüsse durchschnittlich 77,6 mg Salpetersäure i. L. auf (anfänglich 24,3, später bis zu 126,9.) Die Keimzahl der Abflüsse schwankte zwischen etwa 100000 und 200000 und betrug durchschnittlich annähernd 140000 pro ccm.

Im Jahre 1894 wurde wiederum ein Filter aus gröberem Kies hergestellt und mit reichlich 150 cbm pro ha täglich beschickt. Schliesslich ging man dazu über, die suspendierten Stoffe durch Vorbehandlung mit Fällungsmitteln oder durch Koksfilter zu entfernen. Auch wurden Versuche mit künstlicher Durchlüftung der Filter angestellt. In solchen Filtern behandelte man

bis annähernd 4000 cbm pro ha. Selbst bei dieser starken Inanspruchnahme wurde noch eine Herabsetzung der Oxydierbarkeit um 60—85% erzielt, doch begannen die Poren der Filter sich bei solcher Belastung zu verstopfen.

Im Laufe der Jahre wurde eine grössere Anzahl von Städten in Massachusetts veranlaßt, ihre Abwässer durch Bodenfiltration zu reinigen. Das Verfahren wurde dort von 23 Städten mit einer Einwohnerzahl von 2000 bis 118000 zur Anwendung gebracht. Einige der wichtigeren, hierher gehörigen Anlagen habe ich auf Grund eigener Besichtigungen des näheren beschrieben. An dieser Stelle glaube ich, mich auf Schilderung zweier Anlagen beschränken zu dürfen.

Brockton ist eine unfern Boston im Flusstale des Salisbury Plain River gelegene Fabrikstadt, die im Jahre 1900 40000 Einwohner zählte und seit dem Jahre 1880 eine zentrale Wasserversorgungsanlage besitzt, welche täglich 5600 cbm (im Jahre 1903), also 140 l pro Kopf, liefert. Im Jahre 1893 wurde Brockton nach dem Trennsystem kanalisiert. Die Abwässer fließen nach einer Sammelgrube, von wo aus sie nach der mehrere Kilometer entfernt liegenden Reinigungsanlage gefördert werden. Die gereinigten Abwässer gelangen zunächst in einen Bach, dann in den oben genannten Fluss, der vom Tauntonfluss aufgenommen wird. Auf eine sorgfältige Reinigung der Abwässer mußte Wert gelegt werden, weil der Tauntonfluss die Stadt Taunton durchfließt. Die Gesamtlänge der größtenteils aus Tonröhren hergestellten Kanäle beläuft sich auf reichlich 50 km. Es sind nahezu 2000 Gebäude angeschlossen mit etwa 60 Fabriken. Ein Teil der Kanäle liegt im Grundwasser. Darauf wurde in weitgehendstem Maße Rücksicht genommen, indem die betreffenden Kanäle drainiert wurden. Die Figg. 79 und 80 lassen erkennen, daß man in sorgfältiger Weise das Eindringen des Grundwassers zu verhindern suchte. Trotzdem zeigte sich, daß in das fertiggestellte, noch nicht in Betrieb genommene Kanalnetz auf einer Strecke von etwa 600 m täglich reichlich etwa 60 cbm Grundwasser eindrang. Das ganze Kanalnetz führte täglich etwa 450 cbm Grundwasser ab, bei Hochwasser sogar reichlich 1300 cbm. Obgleich streng nach dem Trennsystem durchgeführt, war die Abwassermenge nach Inbetriebnahme an Regentagen gelegentlich 3 mal so groß, als an trockenen Tagen. Im Jahre 1903 z. B. im Minimum

2100, im Maximum 6348, durchschnittlich 3323 cbm täglich. Hier- nach ergibt sich für die an die Kanäle angeschlossene Einwohner- schaft (25 000 Kopf) im Minimum eine Abwassermenge von 84 l pro \*Kopf, im Maximum von 254 l und im Durchschnitt 133 l.

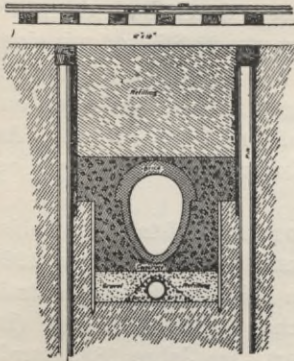


Fig. 79.

Schutz der Kanäle vor Eindringen des Grundwassers, Brockton.

pro Tag nur etwa 80 kg fester Stoffe abfängt, die in der Kessel- feuerung verbrannt werden. Die Sedimente aus dem Sammel-

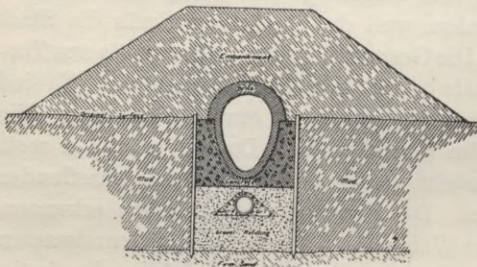


Fig. 80. Schutz der Kanäle vor Eindringen des Grundwassers, Brockton.

becken werden nicht aus dem Becken aus- geräumt und abge- fahren, sondern man rührt sie mittels per- forierter Rohrleitun- gen, die über der Sohle verlegt sind und mit dem Druckrohr in Verbindung stehen, auf und pumpt sie mit nach der Reinigungs-

anlage, wo diese Schlammwässer, wie wir noch sehen werden, ge- trennt behandelt werden. Das Abwasser wird aus dem Sammelbecken durch Pumpen mittels eines 5,3 km langen, 60 cm weiten Druckrohres, unter Überwindung einer Terrainsteigung von 13 m, nach der Reini-

Diese Zahlen lassen deutlich er- kennen, wie wünschenswert es ist, dafs die Städte fortlaufende genaue Erhebungen über ihre Abwasser- mengen anstellen.

Durch natürliches Gefälle ge- langen die Abwässer in ein über- wölbtes Sammelbecken von reich- lich 2000 cbm Fassungsraum, das abends leer gepumpt wird und dann die Abwässer von der Nacht auf- zunehmen vermag. Mithin läfst sich der Pumpbetrieb auf die Tageszeit beschränken. Vor Eintritt in das Sammelbecken laufen die Abwässer durch ein grobes Rechenwerk, das

pro Tag nur etwa 80 kg fester Stoffe abfängt, die in der Kessel- feuerung verbrannt werden. Die Sedimente aus dem Sammel- becken werden nicht aus dem Becken aus- geräumt und abge- fahren, sondern man rührt sie mittels per- forierter Rohrleitun- gen, die über der Sohle verlegt sind und mit dem Druckrohr in Verbindung stehen, auf und pumpt sie mit nach der Reinigungs-



gungsanlage gepumpt. Hierfür ist ein Areal von  $15\frac{1}{2}$  ha vorgesehen, das von Natur eben und horizontal war und in einem Umkreise von etwa 800 m bis auf wenige Häuser noch unbewohnt ist. Bis zum Jahre 1903 waren im ganzen 23 Filterbeete konstruiert (Fig. 81) mit einer Gesamtfläche von 8,7 ha. Die Apterung von 7 weiteren Beeten war damals geplant. Von 19 Filtern wurde aufser dem Mutterboden eine Lehmschicht abgetragen, um die darunter liegenden Sand- und Kiesschichten freizulegen. Bei den 4 übrigen Beeten wurde nur die Lehmschicht abgetragen.

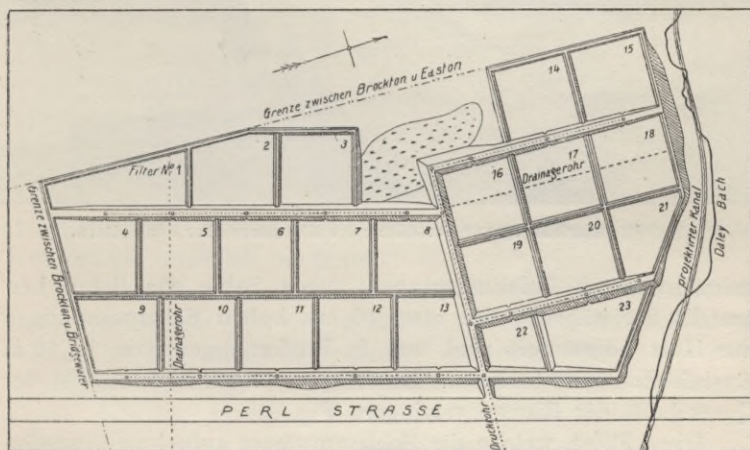


Fig. 81. Intermittierende Filteranlage, Brockton.

Die Korngröfse des Sandes liegt zu 90% über 0,04 mm, diejenige des Kieses zu 90% über 0,75 mm.

Die Filter wurden nur dort drainiert, wo schichtenweise feine Sandlager vorkamen, bzw. Tonschichten. Die Drains wurden 7—9 Fuß unter der Oberfläche in einem gegenseitigen Abstand von annähernd 10 m verlegt. Seit Inbetriebnahme der Filter sind verschiedene, ziemlich starke Quellen an den Ufern des Vorfluters aufgetreten, die man für gereinigtes Abwasser hält.

Den vorhin erwähnten schlammhaltigen Teil der Abwässer läfst man über nacht im Druckrohr stehen, um ihn morgens auf 4 besondere Filterbeete zu pumpen.

Die Beschickungsdauer für die einzelnen Beete beträgt durchschnittlich nur 30 Minuten. Das Abwasser wird auf die Filter

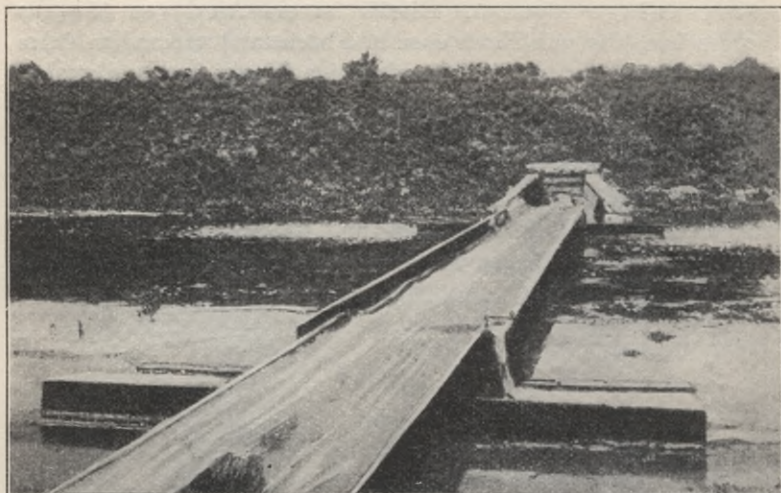


Fig. 82. Einrichtung zur Verteilung des Abwassers über den Filtern.

gebracht durch Zuleitungsrinnen, deren Sohle aus Beton hergestellt ist, während die etwa 30 cm hohen Seitenwänden aus Holz konstruiert sind und in Entfernungen von je 12 m Auslaßöffnungen besitzen. Hinter jeder Auslaßöffnung ist der Querschnitt der Rinnen verringert (Fig. 82).

Die 4 Filter, welche die Schlammwässer aufnehmen, werden nach etwa 20 facher Beschickung gereinigt, indem man die Oberfläche abkratzt. Hierbei ergaben sich pro Jahr etwa 1700 t Abraummateriel, für welches die Landwirte etwa 600 M. bezahlten. Um die übrigen Filter kümmert man sich fast gar nicht. Nur gelegentlich wird Gras oder anderes Unkraut von der Oberfläche entfernt. Einige Beete wurden jährlich mit Mais bepflanzt. Auch hat man Versuche mit Erbsen und Sonnenblumen angestellt. Die Maiskulturen waren am zweckmäßigsten, und man erzielte einen geringen Reingewinn mit ihnen, wenn die Filter nicht überanstrengt wurden. Dieser Betrieb ist aber so wenig lohnend, daß man ihn aufzugeben gedenkt. Im Herbst werden in die Oberfläche der Filter Furchen gepflügt (Fig. 83). Eis und Schnee bleiben auf den dadurch geschaffenen Rücken über den Furchen liegen, und das Wasser kann sich darunter genügend verteilen.

Mit Rücksicht auf die in Massachusetts oft strengen Frostperioden mag erwähnt sein, daß die Temperatur des dem Sammelbecken zufließenden Abwassers mit  $7,1^{\circ}\text{C}$  im Februar am niedrigsten war und im September mit  $15,8^{\circ}$  das Maximum erreichte. Die Temperatur, des den Beeten zufließenden Abwassers stimmt annähernd damit überein. Die Abflüsse aus den Drains erreichen im Februar mit  $5,2^{\circ}\text{C}$  ihr Minimum, mit  $15,7^{\circ}$  im September ihr Maximum.

Ein besonderes Interesse beansprucht naturgemäß die Frage, eine wie große quantitative Leistungsfähigkeit die Bodenfilter unter den skizzierten, ungewöhnlich günstigen Verhältnissen gezeigt haben. Durchschnittlich konnten pro qm Oberfläche nur etwa 30 l Abwasser täglich gereinigt werden. Dieses Abwasser ist größtenteils häuslichen Ursprungs. Die vorhandenen zahlreichen Schuhfabriken liefern aber nicht unerhebliche Mengen konzentrierten und namentlich schwarz gefärbten Abwassers. Andererseits wird das Abwasser, wie wir gesehen haben, durch Grundwasser erheblich verdünnt.

Über den Charakter des Abwassers einerseits und des Schlammwassers andererseits gibt die nachstehende Tabelle Aufschluß, in welcher ich die Analyseergebnisse aus dem Jahre 1897 und diejenigen von 1903 einander gegenübergestellt habe, welche zeigen, daß die Abwässer im Laufe der Jahre erheblich konzentrierter geworden sind. Die mitgeteilten Ergebnisse sind Durchschnittswerte von Analysen, die regelmäßig ausgeführt werden von einem Chemiker, für den auf der Anlage ein Laboratorium eingerichtet worden ist.

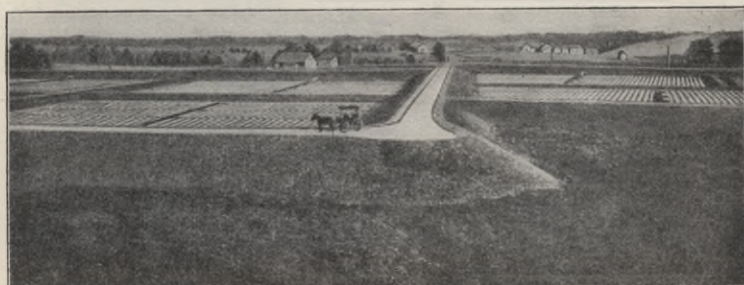


Fig. 83. Furchen an der Oberfläche der Filter.

**Brockton. Chemische Untersuchungsergebnisse des Rohwassers im jährlichen Durchschnitt mg pro l.**

Jahr	Abdampftrückstand				Ammoniak				Chlor		Oxydierbarkeit entspr. Kaliumper- manganatverbrauch	
	Gesamtrückstand		Glühverlust		frei	Albuminoid		unfiltriert	filtriert	unfiltriert	filtriert	
	Gesamt- Menge	Gelöste Stoffe	Gesamt- Menge	Gelöste Stoffe		Gesamt- Menge	Gelöste Stoffe					Ungelöste Stoffe
1897	391,5	293,2	184,0	104,1	23,6	5,7	3,3	2,4	145,1	78,7		
1903	818,8	624,2	425,2	251,8	52,1	9,6	5,0	4,6	643,3	363,8		

**Chemische Untersuchungsergebnisse des Schlammwassers.**

1897	2340,0	364,9	1671,1	154,7	1516,4	44,1	37,6	8,2	29,4	68,2	976,2	139,5
1903	4729,2	690,2	3744,2	273,2	3471,0	61,9	70,5	6,0	64,5	139,0	2822,3	407,3

Über die Betriebsweise der Filter ist aus dem Betriebsjahre 1902 folgendes mitzuteilen: Die meisten Filter haben eine Oberfläche von rund 0,4 ha. Sie wurden durchschnittlich jeden dritten Tag beschickt, einige bis zu 168 mal im Jahre. Bei jedesmaliger Beschickung wurden durchschnittlich 300—400 cbm, gelegentlich bis reichlich 600 cbm auf die Filter gebracht, im Maximum gelegentlich jedoch bis zu 1000 cbm. Nur ein Filter erhielt einmal 2000 cbm. Aus diesen Zahlen berechnet sich eine durchschnittliche tägliche Beschickungsmenge für die einzelnen Filter von 107 cbm.

Das schlammhaltige Abwasser wurde aufser auf die erwähnten 4 Filter nur vorübergehend auf 2 weitere Filter geschickt. Die 4 Filter wurden durchschnittlich jeden vierten Tag beschickt und zwar mit reichlich 300 cbm, d. h. im Tagesdurchschnitt mit 80 cbm.

Die Abflüsse aus den Filtern sind klar,

farblos und geruchlos. Filter, die überanstrengt wurden, lieferten eisenhaltige Abflüsse. Das Auftreten von Eisen darf auch bei dem noch zu beschreibenden künstlichen biologischen Verfahren für ein Zeichen stattgehabter Überanstrengung angesehen werden.

Die durchschnittlichen Analysenergebnisse für die Jahre 1897 und 1903 finden sich in der nachstehenden Tabelle.

**Chemische Untersuchung der gereinigten Abwässer.**  
**mg pro l.**

Jahr	Abdampf- rückstand	Ammoniak		Chlor	Stickstoff als		Oxydier- barkeit, entspr. Kal.-Pgt. Verbrauch	Eisen
		frei	Albu- minoid		Nitrate	Nitrite		
1897	277,5	0,911	0,105	48,0	12,245	0,016	4,35	0,003
1903	531,7	2,250	0,166	111,3	30,750	0,103	13,05	0,601

Für das Jahr 1903 ergibt sich hiernach eine Herabsetzung des Gehalts an Ammoniak um 95,8% an Albuminoid-Ammoniak um 98,9%, Oxydierbarkeit 98,5%.

Auch während der strengsten Winterperioden war die reinigende Wirkung der Filter durchaus befriedigend. Im Jahre 1903 betrug z. B. in den Monaten Dezember-Mai die Herabsetzung des Gehalts an freiem Ammoniak 93,8%, an Albuminoid Ammoniak 98,8% und die Herabsetzung der Oxydierbarkeit 98,2%.

Bei Veranschlagung der Kosten muß man berücksichtigen, daß der 8stündige Arbeitstag im Jahre 1903 mit 9,50 M zu bezahlen war, mithin die Ziffern auf hiesige Verhältnisse nicht ohne weiteres übertragbar sind.

Für Landankauf . . . . .	M. 39 150
» Aptierung der Filterbeete . . . . .	» 213 280
» Druckrohr . . . . .	» 317 960
» Sammelbecken . . . . .	» 126 620
» Pumpstation . . . . .	» 189 055

Die Betriebskosten betragen im Jahre 1896 etwa 9000 M, seither sind sie allmählich gestiegen bis auf 15000 M. im Jahre 1903.

Diesen Betriebskosten stand eine Einnahme von 600 M. bis 1800 M. für Schlamm- und Maisverkauf gegenüber.

Die Reinigungsanlage von Framingham möchte ich aus dem Grunde noch kurz beschreiben, weil sie eine der ältesten der nach dem intermittierenden Filtrationssystem in Massachusetts hergestellten Anlagen ist. South-Framingham liegt mit seinen 7000 Einwohnern im Niederschlagsgebiet des Sudbury River oberhalb des Punktes, wo das Wasser dieses Flusses für die Wasserversorgung der Stadt Boston entnommen wird. Gleichzeitig liegt der Ort im Niederschlagsgebiet des Lake Cochituate, dessen Wasser ebenfalls zur Versorgung des Metropolitan Distrikt von Boston benutzt wird. Aus diesem Grunde mußten die Abwässer des in Frage stehenden Ortes einschließlic derjenigen eines Gefängnisses mit 350 Insassen auf das sorgfältigste gereinigt werden. Es wurde eine Kanalisation nach dem Trennsystem hergestellt mit rund 25 km Kanallänge, an welche im Jahre 1903 1165 Wohnhäuser angeschlossen waren, außerdem 27 Geschäftshäuser, 9 Fabriken, 6 Schulen, 3 Hotels und nicht weniger als 4 Kirchen.

Auch hier zeigten die Abwassermengen trotz strenger Durchführung des Trennsystems erhebliche Schwankungen. Sie betragen z. B. im Jahre 1903 im Minimum 1522, im Maximum 6964, im Durchschnitt 2468 cbm. Pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung in Minimum 203, in Maximum 929, im Durchschnitt 329 l. Bei der Kanalverlegung war man mit größter Sorgfalt vorgegangen unter systematischer Ableitung des Drainwassers. Bei späteren Erweiterungen liefs man die Drainage fort.

Es dürfte interessieren, daß in dem genannten Gefängnis ein Wasserverbrauch von 377 l pro Kopf und Tag im Jahre 1898 herrschte.

An industriellen Abwässern sind zu erwähnen diejenigen einer Farbenfabrik mit 150 cbm und einer Hutfabrik mit 68 cbm täglich. Die Kanalabflüsse passieren, ehe sie in ein Sammelbecken laufen, ein Rechenwerk. Dieses wird wöchentlich nur zweimal gereinigt und die angeschwemmten Stoffe, jedesmal etwa eine Schubkarre voll, werden in der Kesselfeuerung verbrannt.

Der Fassungsraum des Sammelbeckens beträgt rd. 1600 cbm. Der Pumpbetrieb kann deshalb auf die Tageszeit beschränkt werden. Die ganzen Sedimente werden, wie in Brockton,

nach der Reinigungsanlage geschafft, die etwa 3 km weit entfernt liegt. Sie ist auf ein ursprünglich mit Baumwuchs bestandenes flaches Gelände von 40,5 ha verlegt worden, das groben Kies aufwies und im Umkreise von 800 m, bis auf 6 Häuser, unbewohnt war.

18 Filter mit einer Gesamtoberfläche von 8 ha sind bislang in Betrieb genommen. Die Aptierungsarbeiten bestanden außer unbedeutenden Nivellierungen nur in der Beseitigung der Bäume und im Aufwerfen der die einzelnen Filter umschließenden Erddämme. In einem Filter hat man sogar die Baumstümpfe stehen lassen. Der Mutterboden wurde nicht entfernt. Nur 11 von den 18 Filtern sind drainiert worden durch je nur einen Drainagestrang, der unter der Mitte der Filter in einer Tiefe von 1,8 m verlegt wurde. Mehrere Quellen, die an den Ufern des Vorfluters aufgetreten sind, hält man für die Abflüsse der 7 nicht drainierten Filter. Bei einzelnen Filtern ist entlang der Böschung der Erddämme ein offener Kanal verlegt, durch den das Abwasser zufließt um an verschiedenen Stellen durch Auslaßöffnungen auf die Filter gelassen zu werden. Da einzelne Beete nicht genau horizontal geebnet sind, so verteilt sich das Abwasser auf ihnen nicht, oder in ungenügender Weise. Bei manchen Filtern sind die Zufuhrrohre einfach an zwei Stellen durch die Erdwälle hindurchgeführt. Das Abwasser muß von diesen zwei Punkten aus seinen Weg über das Filter suchen.

Während der Sommermonate muß je ein Filter den ganzen Tageszufluß aufnehmen. Im Winter und Frühling dagegen werden zwei bis drei Filter täglich in Betrieb genommen. Hiernach erhält jedes Filter mindestens mehrtägige Ruheperioden. Im Jahresdurchschnitt wurden in den Filtern täglich 30 l pro qm Oberfläche zur Versickerung gebracht, also eine Schicht von durchschnittlich nicht mehr als etwa 3 cm täglich. Diese Ziffer darf natürlich nicht verwechselt werden mit der Beschickung an einzelnen Tagen. Diese betrug in Framingham rd. 290 l pro qm. Die Filter wurden aber nur durchschnittlich 36 mal im Jahre, also etwa an jedem zehnten Tage beschickt, jedoch nicht ganz regelmäßig. Einzelne Filter wurden im Jahre 1903 z. B. nur 15 mal, andere 69 mal beschickt.

Die Pflege der Filter beschränkt sich darauf, daß man im Frühling von den ungenügend geebneten Beeten die Ober-

fläche abkratzt. Außerdem werden die Beete alljährlich umgepflügt und mit Mais bepflanzt. Darüber hinaus werden nur die Erdumwallungen in Ordnung gehalten und die Maispflanzen angehäufelt. Im Herbst schneidet man die Maisstauden 15 cm über der Erdoberfläche ab. Sobald sich im Winter eine Eisdecke bildet, legt diese sich auf die kleinen Hügel, welche jeden Maisstrunk umgeben. Hierdurch erreicht man, daß die Filter



Fig. 84. Intermittierendes Filter in Framingham zur Winterszeit.

den ganzen Winter hindurch unter der Eisdecke weiter arbeiten, obgleich die durchschnittliche Temperatur während zweier Monate bei  $-13^{\circ}\text{C}$  liegt und das Thermometer häufig unter  $23^{\circ}\text{C}$  fällt. Fig. 84 veranschaulicht die beschriebene Anlage in der Winterszeit unter fufshohem Schnee. An einer Stelle ist dieser abgeräumt und die Eisdecke abgebrochen. Das Bild läßt deutlich erkennen, wie die Filter darunter ungestört weiter arbeiten.

Die Temperatur des den Filtern zugeführten Abwassers lag von Januar bis Mai 1903 durchschnittlich bei  $7,2^{\circ}\text{C}$ . Erst im Juni stieg sie auf  $8,9$  und im August erreichte sie mit  $15,5^{\circ}\text{C}$



das Maximum. Die Abwässer von South-Framingham gelten, ebenso wie diejenigen von Brockton, für recht konzentriert im Vergleich zu denjenigen anderer amerikanischer Städte. Sie werden monatlich einmal analysiert. Die folgende Tabelle bringt die durchschnittlichen Werte für das Jahr 1903.

### Ergebnisse der chemischen Analyse des Rohwassers in Framingham.

(Jahresdurchschnitt monatlicher Analysen.)

mg pro l

Jahr	Abdampfrückstand						Ammoniak			Chlor	Oxydierbarkeit entspr. Kal. Pgt.- Verbrauch		
	Gesamtrückstand			Glühverlust			frei	Albuminoid			un- filtriert	filtriert	
	gesamt	gelöst	un- gelöst	gesamt	gelöst	un- gelöst		gesamt	gelöst				un- gelöst
1903	587,7	375,3	212,4	298,8	136,6	162,2	31,7	7,9	4,1	3,8	69,9	186,8	107,8

Die folgende Tabelle enthält die Analysenergebnisse desselben Jahres für drei Drains.

### Ergebnisse der chemischen Analyse der gereinigten Abflüsse in Framingham.

(Jahresdurchschnitt monatlicher Analysen.)

mg pro l

	Jahr	Abdampf- rück- stand	Ammoniak		Chlor	Stickstoff als		Oxydier- barkeit entspr. Kal. Pgt.- Ver- brauch	Eisen
			frei	Albu- minoid		Nitrate	Nitrite		
Östl. Drain	1903	291,5	2,359	0,226	53,2	10,021	0,174	12,6	0,444
Westl. Drain	1903	278,7	1,979	0,147	50,3	9,687	0,129	8,3	0,278
Quelle . .	1903	210,6	0,004	0,018	38,1	9,100	0	1,6	0,053

Der Reinigungseffekt betrug für das östliche Drain in bezug auf Ammoniak 92,6%, Albuminoidammoniak 97,1%, Oxydierbarkeit 93,2%. Die übrigen Abflüsse zeigten eine noch günstigere Beschaffenheit. Selbst in den kältesten Jahreszeiten, Dezember bis Mai, fand man eine Herabsetzung des Ammoniaks um 91,9%, des Albuminoidammoniaks um 97,4%, der Oxydierbarkeit um 92,6%. Korrigiert man diese Zahlen in bezug auf die erwähnte

Verdünnung durch Grundwasser, so kommt man auf eine Herabsetzung des Ammoniaks um 90,1%, des Albuminoidammoniaks um 96,2%, der Oxydierbarkeit um 90,9%.

Für Aptierung eines Filters von 8,1 ha, inkl. Drainage, wurden rd. 42000 M. ausgegeben, bei Löhnen, die etwa doppelt so hoch sind als bei uns. Die übrigen Kosten betragen:

Für Sammelbecken (Fassungsvermögen ca. 1630 cbm)	
und Druckrohr ca. . . . . .	163 100 M.
für Pumpstation ca. . . . . .	66 600 »
für Pumpen (Leistung 7570 cbm pro Tag) . . . . .	27 700 »
für Landankauf (40 ha) . . . . .	24 500 »
für Konstruktion der aptierten Filter (8,1 ha) . . . . .	42 400 »
	<hr/>
gesamt ca.	324 300 M.

Die Betriebskosten der Filter lassen sich nicht berechnen, weil die Arbeiten im Nebenamt erledigt werden. Aus der Maisernte erzielte man im Laufe der letzten sechs Jahre eine durchschnittliche Jahreseinnahme von 1700 M., wovon 10% Verkaufskosten abziehen sind. Die Pumpstation erforderte einen Betriebsaufwand von 17000 M. jährlich.

Die obigen Schilderungen lassen erkennen, daß die ganze Konstruktion und Betriebsweise bei der intermittierenden Bodenfiltration ungemein einfach ist. Man sollte meinen, Fehler könnten bei ihr gar nicht vorkommen. In der Praxis muß aber mit der Neigung gerechnet werden, selbst von sehr einfachen Vorschriften abzuweichen. Die ungemein günstigen Resultate, die man mit diesem Verfahren in Massachusetts erzielte, dürfen zurückgeführt werden auf die sorgfältige Überwachung, vonseiten der Beamten der State Board of Health, welche nicht allein die Projekte prüfen und die Ausführung des Baues überwachen, sondern den Betrieb fortgesetzt kontrollieren.

Jedwede Abweichung von den experimentell festgelegten Grundsätzen rächt sich bei der intermittierenden Bodenfiltration, ebenso wie bei jeder anderen Abwasserreinigungsmethode. Ein städtischer Ingenieur, der Erfahrungen in dieser Richtung gemacht hatte, erklärte in seinem Bericht: »Ein intermittierendes Filter muß behandelt werden wie ein tierisches Wesen. Überfüttert man dieses, so verdirbt es sich den Magen und verdaut

nicht mehr recht. Jedes Filter stellt sich nicht allein auf eine bestimmte Dosis von Abwasser, sondern auch auf eine bestimmte Art von Abwasser ein und jeglicher plötzliche Wechsel nach der einen oder anderen Richtung stört das Filter für kürzere oder längere Zeit in seiner gewohnten Leistungsfähigkeit. Damit soll nicht gesagt werden, daß die Filter einer kostspieligen Überwachung bedürfen, auch ist zuzugeben, daß eine Anpassungsfähigkeit der Filter bis zu einem gewissen Grade möglich ist. Unter allen Umständen muß aber der Betrieb nach ganz bestimmten festgesetzten Grundsätzen geregelt werden.«

Diese Bemerkung ist sehr beherzigenswert für jeden, der mit der Leitung einer Bodenfiltrationsanlage betraut wird.

Man hat also in Massachusetts in 20jähriger Praxis gelernt, Bodenfiltrationsanlagen selbst unter sehr schwierigen klimatischen Verhältnissen mit bestem Erfolg zu handhaben. Es bestand aber auch der Wunsch, in den Besitz von Unterlagen zu kommen, vermöge deren man von einer Bodenprobe von vornherein bestimmen könnte, ob sie sich für die Bodenfiltration eigne oder nicht. Daß gewisse Bodenarten, wie z. B. Lehm oder Ton, für die intermittierende Filtration nicht benutzt werden können, geht schon aus den Erfahrungen hervor, die man bei der Berieselung mit ihnen gemacht hat. Torf hat zwar Sir E. Frankland noch als für die Bodenfiltration geeignet gehalten. Bei den Versuchen in Lawrence hat Torf sich jedoch als völlig unbrauchbar erwiesen. Auch von manchen andersartigen Bodenmaterialien war ohne weiteres anzunehmen, daß es sich für die Bodenfiltration nicht eigne. Die Ergebnisse, zu denen man auf Grund einschlägiger, vergleichender Untersuchungen und Berechnungen gekommen ist, finden sich in dem 23. Bericht der State Board of Health vom Jahre 1891 veröffentlicht.

Die in Lawrence ausgebildete Prüfungsmethode ist folgende: Die zu prüfende Bodenprobe wird getrocknet und dann in einem Siebsatz behandelt, dessen Einsätze Maschenweiten aufweisen, die ich im folgenden in einer für das metrische Maß geeigneten Weise abgerundet habe: 10 mm, 5 mm, 2 mm, 1 mm,  $\frac{1}{2}$  mm,  $\frac{1}{4}$  mm und  $\frac{1}{10}$  mm. Von dem Material, welches durch das Sieb von  $\frac{1}{10}$  mm Maschenweite hindurchgeht, wird ein aliquoter Teil, etwa 5 g, abgewogen und mit 200 ccm destilliertem Wasser

in ein großes Becherglas gebracht, worin man es durch einen Luftstrom, den man mittels Pipette erzeugt, sorgfältig verteilt. Dann läßt man es 15 Sekunden absitzen und gießt ab. Der Niederschlag, der sich bis dahin gebildet hat, wird als  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{20}$  mm Korngröße betrachtet. Der Abgufs wird wiederum mittels Luftstrom gerührt. Dann läßt man 30 Sekunden absitzen, gießt wieder ab und betrachtet den Niederschlag als der Korngröße  $\frac{1}{20}$  bis  $\frac{1}{30}$  mm angehörig. Der Abgufs wird in derselben Weise weiter behandelt. Nur läßt man das dritte Mal 60 Sekunden absitzen. Der dann erhaltene Niederschlag gilt als Material von  $\frac{1}{30}$ — $\frac{1}{100}$  mm Korngröße. Das im dritten Abgufs enthaltene Material sieht man als organische Materie an. Die geschlemmten Proben werden bei  $105^{\circ}$  C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Durch das beschriebene Verfahren hat man die Bodenprobe in 14 Einzelproben aufgeteilt. Diese werden gewogen. Die erhaltenen Gewichtsergebnisse werden in folgender Weise verwendet: Hat man 100 g Bodenmaterial untersucht, so addiert man zu dem Gewicht des feinsten Materials das Gewicht des nächst gröbereren usw., bis zum größten Material fortfahrend, hinzu. Die Gesamtsumme ergibt 100 g minus des beim Schlemmprozeß verloren gegangenen Materials. Die ganze Serie ergibt also die verschiedenen Bestandteile des Bodens direkt in Prozenten ausgedrückt. Es empfiehlt sich jedoch, nicht weniger als 200 g getrockneten Bodenmaterials zu untersuchen. In diesem Falle würde man die einzelnen Gewichte sämtlich durch 2 zu dividieren haben, um zu der prozentualen Skala zu kommen. In die nachstehende Tabelle sind die so gewonnenen Ergebnisse über die Zusammensetzung eines Filters eingetragen, mit dem in der Lawrence Versuchsstation operiert wurde.

#### Ergebnisse der Korngrößenbestimmung, Filter 6 Lawrence.

Durchmesser in mm	feiner als	12,6	6,2	2,2	0,98	0,46	0,24	0,12	0,06	0,03	0,01
Filter Nr. 6 . . .	%	83	73	57	32	13	7	4	2	0,5	0

Unter Benutzung der in der Tabelle enthaltenen Zahlen ist die nachstehende Kurve hergestellt worden und zwar in der

Weise, daß die Ordinaten die Gewichtsprocente darstellen, die Abszissen die Korngröße. Die wirkliche Korngröße ist zahlenmäÙig eingetragen. Die Abstände sind aber entsprechend den Logarithmen dieser Zahlen abgemessen, weil die Kurve sonst zu lang und unübersichtlich werden würde, zumal die Darstellung in einem sehr kleinen Maßstabe nicht verwertbar sein würde (Fig. 85).

Man ist in Massachusetts zu der Überzeugung gekommen, daß die feineren Bestandteile des Bodenmaterials bis zu etwa 10% der Gesamtprobe einen ebenso großen Einfluß auf die Wirksamkeit der Filter ausüben wie der ganze Restbestand von 90%. Den Einfluß dieses feineren Materials erklärt man sich folgendermaßen: In einer Mischung verschiedener Korngrößen füllen die feineren Bestandteile die Poren zwischen den größeren Partikelchen aus. Während das Wasser an der Oberfläche der größeren Partikelchen hinunterlaufen kann, muß es durch die feineren Partikelchen hindurchsickern. Der Reibungswiderstand und die kapillare Attraktion werden vorzugsweise durch dieses feinere Material bestimmt. Eine Bodenprobe erweist sich in bezug auf Durchlässigkeit und Filterwirkung am günstigsten, wenn sie etwa 10% Bestandteile enthält, die recht fein, anderseits aber doch nicht staubförmig sind, weil sich sonst die größeren Poren dadurch verstopfen würden.

Aus solchen Gründen ist in der vorstehenden Kurve die Linie bei 10% stärker ausgezogen. Trägt man nun die Gewichtsteile der feinsten Bestandteile der Bodenprobe in diese Kurve ein, so wird die Kurvenlinie unter dem 10%-Strich um so weiter nach rechts gehen, je grobkörniger das bis hierher in Frage kommende Material ist. Projiziert man von dem Schnittpunkt der Kurve mit der 10%-Linie nach der Grundlinie, so fällt bei einem für die intermittierende Filtration gut geeigneten Bodenmaterial dieser Punkt zwischen die Zahl 0,24 und 0,46. Den betreffenden Schnittpunkt nennt man *wirksame Größe* (*»effective size«*). Nach dem umstehenden Diagramm würde also, soweit die *»effective size«* in Betracht kommt, die Filterprobe 6 günstig sein, denn sie liegt bei 0,35.

Neben der *»wirksamen Größe«* ist dem sog. GleichmäÙigkeitskoeffizienten (*uniformity coefficient*) Bedeutung beizumessen. Für diesen wird ebenso wie für die

wirksame Gröfse ein empirisch gewonnener Wert eingesetzt und zwar in folgender Weise: Man nimmt an, dafs das ungefähre Mittel zwischen den nach Abzug der wirksamen Gröfse restierenden 90% bei der 60%-Linie im Diagramm liegt. Diese Linie ist deshalb ebenfalls stärker ausgezogen worden. Bezeichnet

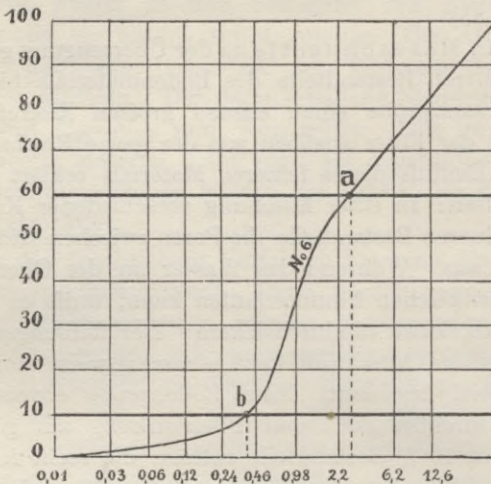


Fig. 85. Kurve von Filter 6.

man den Punkt, wo die Kurve diese 60%-Linie schneidet, mit  $a$  und den Punkt, wo die Kurve die 10%-Linie schneidet, mit  $b$ , und projiziert man von diesen Punkten nach der Grundlinie so fällt der Punkt  $a$  auf 2,73, der Punkt  $b$  auf 0,35. Dividiert man nun 2,73 durch 0,35, so erhält man die Verhältniszahl 7,8. Diese bezeichnet man als den Gleichmässigkeitskoeffizienten. Derselbe fällt bei größerem Material sehr groß aus, bis 10 und darüber, bei feinerem Material kleiner, 2 und darunter. Als besonders geeignet hat sich Material erwiesen, dessen wirksame Gröfse um etwa 0,3 liegt, wenn gleichzeitig der Gleichmässigkeitskoeffizient niedrig ist, etwa zwischen 2 und 5 liegt. Bei der vorstehenden Kurve liegt diese zweite Zahl etwas höher. Trotzdem darf das betreffende Material noch als gut geeignet für die intermittierende Bodenfiltration bezeichnet werden.

Durch die nachstehenden Tabelle und Kurve sollen zwei andere Filter mit dem eben besprochenen Filtersand Nr. 6 in Vergleich gesetzt werden.

**Ergebnisse der Korngrößenbestimmung, Filter 5 und 16, Lawrence.**

Durchmesser in mm.	12,6	6,2	2,2	0,98	0,46	0,24	0,12	0,06	0,03	0,01
Filter Nr. 5	99	96	92	89	80	67	51	33	16	6
Filter Nr. 16	98	27	0							

Nach obigen Ausführungen würde die Probe 5 ein schlecht geeignetes Material darstellen, weil die »effective size« sehr gering ist (0,02). Das Material des Filters 16 dagegen ist zu grob. Die wirksame Gröfse liegt bei 5. Eine gleichmäfsige Verteilung des

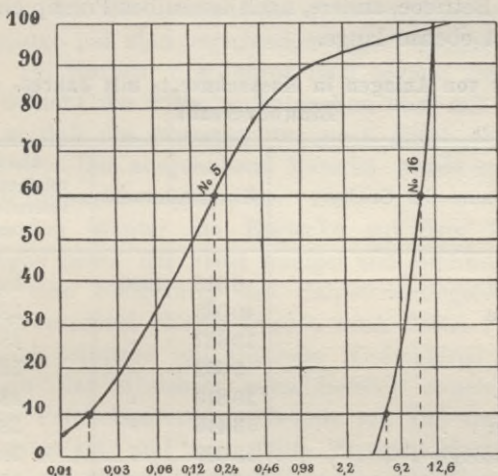


Fig. 86. Kurven von Filter Nr. 5 und 16.

Abwassers über dieses Material würde nur durch besondere Verteilungsapparate möglich sein.

Unter Wasserkapazität versteht man die Wassermenge, welche beim Anfüllen der vorher getrockneten Bodenprobe in dieser verbleibt. Bei Proben, deren »wirksame Gröfse« und

»Gleichmälsigkeitskoeffizient« ihren günstigsten Werten am nächsten kommen, zeigt die Wasserkapazität in der Regel einen Wert von 16—18%. Ist die wirksame Gröfse zu klein, so steigt die Wasserkapazität, ist sie zu grofs, so sinkt sie.

Bestimmt man das Porenvolumen der betreffenden Probe und zieht man die Wasserkapazität davon ab, so erhält man die Luftkapazität. Eine Bodenprobe, bei der die Wasserkapazität dem Porenvolumen sehr nahe kommt, ist für die intermittierende Filtration nicht geeignet, weil sie nach Aufnahme des Abwassers zu wenig Luft enthält.

Nach den in Massachusetts gemachten Erfahrungen soll man bei jedesmaliger Beschickung der intermittierenden Filter die Abwassermenge so bemessen, dafs die Wasserkapazität nicht überschritten wird.

Die Anlage von Framingham steht seit 18 Jahren im praktischen Betriebe, andere, nach demselben Prinzip eingerichtete Anlagen fast ebenso lange.

**Liste von Anlagen in Massachusetts mit Jahres- und Einwohnerzahl.**

Name der Stadt	Einwohnerzahl	Abwasser- reinigung durch intermitt. Filter seit
Andover . . . . .	6 813 (1900)	1898
Brockton . . . . .	40 063	1893/94
Clinton . . . . .	13 667	1898/99
Concord . . . . .	5 652	1898/99
Gardner . . . . .	10 813	1891
Leicester . . . . .	3 416	1894
Marlborough . . . . .	13 609	1890/91
Natick . . . . .	9 488	1895/96
Pittsfield . . . . .	21 766	1890
Spencer . . . . .	7 627	1897
Westborough . . . . .	5 400	1891/92
Worcester . . . . .	118 421	1890

In fast 20jährigem Betriebe hat die Anlage zu Framingham ununterbrochen die Abwässer in ein Produkt verwandelt,



wie es selbst von den besten Rieselanlagen nicht besser produziert wird, ohne daß die von Frankland ausgesprochenen Bedenken wegen Schwierigkeiten bei Durchführung des Verfahrens im Großen irgendwo in Erscheinung getreten wären. Bis in die letzten Jahre hinein hatte man den Eindruck, daß die Franklandsche Vorhersage wegen Verstopfung des Bodenmaterials sich nicht verwirklichen würde, und daß die Bodenfiltrationsanlagen eine unbeschränkte Lebensdauer haben würden. Kürzlich hat sich aber bei den ältesten Versuchsfiltern der Lawrence-Station gezeigt, daß der Gehalt der Abflüsse an Salpetersäure zurückgegangen war, namentlich im Winter, daß sich ein entsprechender Anstieg im Gehalt an freiem und Albuminoid-Ammoniak bemerkbar machte, und daß der Frost, der bei neuen Filtern fast gar nicht in die Tiefe drang, jetzt eine Tiefe von 15—20 cm erreichte. Man glaubt diese Erscheinung erklären zu dürfen durch eine allmähliche Verschlammung der Filter. Im Hinblick auf die große praktische Bedeutung dieser Vorgänge hat man verschiedenartige Versuche zur Abhilfe angestellt. Im Herbst des Jahres 1903 begann man die oberflächliche Schicht der Filter aufzubrechen und mit Furchen zu versehen, so daß das Abwasser nur noch durch diese Furchen verteilt wurde. Das ausgehobene Material wurde zwischen den Furchen zu Dämmen aufgeworfen. Die Folge war, daß in dem darauffolgenden Winter die Eisdecke auf dem Rücken der Dämme liegen blieb, der Frost weniger tief eindrang, und daß tatsächlich eine Steigerung des Salpetersäuregehaltes erzielt wurde. Bei einzelnen Filtern wurden auch tiefere Furchen ausgehoben und teilweise mit frischem Kiesmaterial wieder aufgefüllt, dem das Abwasser ausschließlich zugeleitet wurde. Durch diese Versuchsanordnung wurde ein Teil der Filteroberfläche brach gelegt, und man stellte Versuche darüber an, ob und in welchem Maße die Stoffe, welche zur Verschlammung des Sandes geführt hatten, sich während einer längeren Ruheperiode zersetzen würden. Ein Teil dieser Stoffe erwies sich der Zersetzung und Nitrifikation leicht zugänglich. Der größere Teil aber widerstand der Mikroorganismen-tätigkeit. Z. B. sank an einer Stelle der Gehalt an Albuminoid-Ammoniak von 744 mgr pro kg Sand auf  $460\frac{1}{2}$  mg, also um 38%. 3 Monate später fand man an derselben Stelle noch 459 mg.

In den tieferen Schichten der Filter fanden sich weit geringere Mengen organischer Stoffe, wie aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

**Befund an organischer Materie in verschiedenen Tiefen der intermittierenden Filter.**

Tiefe ca.	Albuminoid Ammoniak mg pro kg	
	23. Nov. 1903	10. Okt. 1904
15 cm	463	470
22 „	585	451
30 „	182	390
38 „	136	140
45 „	168	119
60 „	72	92
90 „	49	63
120 „	33	50
150 „	46	34

Nach einjährigem Betriebe wiederholte man die Untersuchungen. Dabei ergab sich, wie die Tabelle zeigt, keine nennenswerte Zunahme der stickstoffhaltigen Substanzen in den tieferen Schichten.

Stellte man aus den oberflächlichen, stark verschlammten Schichten des Filtersandes kleine Versuchsfilter her, die mit reinem Wasser anstatt mit Abwasser beschickt wurden, so wiesen die Abflüsse einen Salpetersäuregehalt von 150 mg im Liter auf. Daraus konnte man auf eine fortschreitende Zersetzung und Mineralisierung der zurückgehaltenen Stoffe schliessen. Die Salpetersäurebildung hörte aber im Laufe der Zeit auf, ohne dass die Gesamtmenge der zurückgehaltenen organischen Stoffe beseitigt gewesen wäre. Ein grosser Teil der organischen Stoffe war also dem Abbau und der Mineralisierung nicht zugänglich. Von je 1 g des in dem Sande zurückgehaltenen Gesamtstickstoffs erschien nur  $\frac{1}{4}$  g in Form von freiem Ammoniak, Nitrat oder Nitrit in den Abflüssen wieder. Ein erheblicher Teil musste also auf andere Weise verschwunden sein. Auf diese Frage werden wir noch zurückkommen.

Versuche, die Nitrifikationsvorgänge in dem aus verschlammtem Sand hergestellten, und mit reinem Wasser ausgelegten Versuchsfilter durch Zusatz von Kalk, Kaliumkarbonat, Salzsäure, Natronchlorid, sowie anderer Stoffe wieder zu beleben, blieben erfolglos. Nur wenn man von neuem den Filtern leicht nitrifizierbare stickstoffhaltige Stoffe zuführte, trat Salpetersäure in den Abflüssen wieder auf. Auch die Impfung mit nitrifizierenden Reinkulturen blieb erfolglos.

Vergleichende Versuche über den Glühverlust des Filtermaterials ergaben eine Zunahme von ursprünglich 0,42% auf 1,16%. Der Gesamtglühverlust des ganzen in Frage stehenden Filtermaterials belief sich damals auf 212 kg. Nach 17jähriger Betriebsdauer hatte er um 373 kg zugenommen. Davon lagen nahe der Oberfläche bis zu 1 Fuß Tiefe 204 kg, also mehr als 50%.

Den mit den Furchen erzielten besseren Resultaten steht man in Massachusetts aus dem Grunde skeptisch gegenüber, weil dadurch die Ansammlung unzersetzbarer organischer Materie in größere Tiefen verlegt werden würde. Die Ablagerung organischer Stoffe weiter nach der Tiefe zu ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

**Menge der im Filter Nr. 1 zurückgehaltenen organischen Substanz, berechnet auf Grund des Glühverlustes.**

Tiefe in Zoll	Glühverlust in %	Korrigierter Glühverlust	Sandmenge in kg	Glühverlust in kg	Glühverlust pro ha
0—6	2,53	2,11	5 045	106,5	52 610
6—9	2,51	2,09	2 522	52,7	26 025
9—12	2,20	1,78	2 522	44,9	22 192
12—15	1,05	0,62	2 522	15,6	7 734
15—18	0,91	0,49	2 522	12,4	6 120
18—24	0,90	0,48	5 045	27,2	13 427
24—36	0,86	0,44	10 090	44,4	21 945
36—48	0,82	0,40	10 090	40,4	19 950
48—60	0,71	0,29	10 090	29,1	14 391

Die angezogenen Beobachtungen führen zu dem Schlusse, daß man bei dem Filtrationsvorgange

mit dem Zurückhalten nicht unbeträchtlicher Mengen organischer Materie von sehr stabiler Natur zu rechnen hat. Diese Stoffe sind vergleichbar dem Humus des Ackerbodens, der ebenfalls jahraus jahrein unverändert bleibt, wenn man den Boden nicht durch sehr intensive Pflanzenkultur aussaugt. Die beschriebenen Ergebnisse scheinen auf den ersten Blick darauf hinzudeuten, daß man ohne Kultur höherer Pflanzen, also Anwendung des sog. Rieselsystems, bei der Bodenfiltration doch nicht zum Ziele kommen könnte. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die betreffenden Filter seit 17 Jahren fortgesetzt mit einer Abwassermenge beschickt worden waren, welche die bei der Berieselung mögliche Belastung um das 10—20fache übertraf. Es kommt hinzu, daß die Verschlammung, wie wir gesehen haben, nicht weit in die Tiefe reicht, sondern nur die oberflächlichen Schichten bis zu einer Tiefe von 20—30 cm betrifft. Schlimmstenfalls wird es sich also darum handeln, daß man diese oberflächliche Schicht des Sandes abhebt und durch frischen Sand ersetzt oder aber ihn wäscht und in die Filter wieder einfüllt.

Die Brauchbarkeit der Bodenfiltration scheint mir deshalb durch die eben beschriebenen allmählichen Verschlammungsvorgänge nicht in Frage gestellt zu sein. Die Regenerierungskosten dürften bei rationellem Betriebe verhältnismäßig gering ausfallen.

In Deutschland ist die intermittierende Filtration noch nicht in größerem Mafsstabe zur praktischen Anwendung gekommen. Wohl sind Vorgänge zu verzeichnen, wonach man Abwässer, hauptsächlich solche industrieller Natur, im Sande versickern liefs, gelegentlich in einer Weise, wie vor etwa 40 Jahren in Ealing, wo die Filterfläche nach Franklands Berechnungen um das 600fache zu klein war. Solche Vorgänge darf man nicht als intermittierende Bodenfiltration bezeichnen und sie sollen deshalb auch hier nicht näher erörtert werden.

Wo eine durchgreifende Abwasserreinigung sich notwendig erweist, das Berieselungsverfahren aber nicht in Frage kommen kann, da neigt man in Deutschland jetzt allgemein zu der Anwendung des künstlichen biologischen Verfahrens. Solche Anlagen stellen sich in manchen Gegenden sehr kostspielig, weil

Materialien, die zum Aufbau der biologischen Körper verwendet werden könnten, wie z. B. Schlacke, Ziegelbrocken, Naturgestein etc., nicht in der Nähe vorhanden sind. Für die Bodenfiltration ist in der Regel ein 10fach so geringes Terrain nötig als beim Rieselfverfahren. Es können deshalb bei der Bodenfiltration Aptierungsarbeiten in den Bereich der Möglichkeit fallen, die beim Rieselfverfahren ausgeschlossen sein würden. Mir ist z. B. ein Fall bekannt, wo man durch Abtragung der für Wasser fast undurchlässigen Ackerkrume bis zu einer Tiefe von etwa  $\frac{1}{2}$  m ein für die Bodenfiltration ausgezeichnetes Terrain freilegen konnte. Ähnliche örtliche Verhältnisse scheinen mir nicht selten vorzukommen, und ich habe deshalb die Ansicht gewonnen, daß die intermittierende Bodenfiltration für Deutschland noch eine praktische Bedeutung gewinnen könnte.

Vor allem schien mir die Frage einer Bearbeitung noch bedürftig, wie die Beschickungs- und Ruheperioden bei der Bodenfiltration zu bemessen wären. E. Frankland hatte bekanntlich empfohlen, die Filter 6 Stunden hindurch zu beschicken und dann ebensolange ruhen zu lassen. In Brockton gibt man den Filtern, wie wir gesehen haben, innerhalb 30 Minuten ihr Tagesquantum, in Framingham dagegen läßt man das Abwasser den ganzen Tag hindurch auf ein Filter laufen. Meiner Auffassung nach handelt es sich hier um eine Frage von eminent praktischer Bedeutung, die einer experimentellen Bearbeitung zugänglich erscheint.

Leitet man auf einen sterilen Sandboden Abwasser, so fließt dieses zunächst nicht in gereinigtem Zustande ab. Die nachstehende graphische Darstellung läßt erkennen, daß ein 1 m hohes Sandfilter, das in 3tägigen Perioden mit einer 15 cm hohen Schicht, täglich 5 cm, vorgefaulten Abwassers beschickt wurde, noch nach 4maliger Beschickung Abflüsse lieferte, deren Oxydierbarkeitsherabsetzung unter 50% lag und die fäulnisfähig waren. Erst nach der 5. Beschickung bildeten die Abflüsse mit über 60% Herabsetzung der Oxydierbarkeit ein der Fäulnis nicht mehr zugängliches Produkt. (Fig. 87.)

In Massachusetts pflügt man die Zeit der Einarbeitung, bzw. die Reifungsperiode, nach dem Auftreten von Nitraten zu bemessen. Abflüsse aus Bodenfiltern, die Nitrate enthalten, pflegen nicht mehr fäulnisfähig zu sein. Dieser Zustand wurde

in Massachusetts im Sommer schon innerhalb 8 Tagen erreicht, im Winter erst nach 2—3 Monaten.

Gießt man auf ein »gereiftes« etwa 1 m hohes Filter eine Menge von Abwasser auf, die ungefähr der Wasserkapazität entspricht, so dauert es bei Filtern, die aus gut geeignetem Material bestehen, etwa 10—20 Minuten, bis die Flüssigkeit unten aus dem Filter austritt. Man glaubt wohl allgemein, daß diese Abflüsse

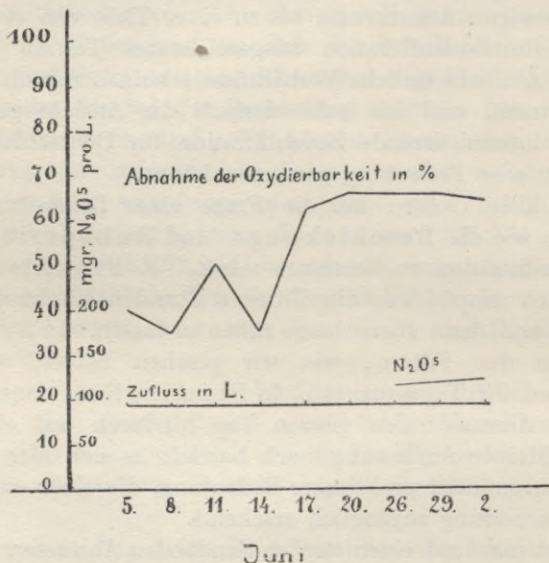


Fig. 87. Reinigungseffekt bei intermittierenden Filtern.

nicht dem eben aufgegossenen Abwasser entsprechen, sondern Wasser von der vorhergehenden Beschickung darstellen, das erst durch das neu aufgebrachte Abwasser verdrängt wurde<sup>1)</sup>. Gießt man z. B. auf ein Filter, das aus einem weiter unten noch zu besprechenden Material in einer Höhe von 1 m hergestellt ist,

<sup>1)</sup> In dem 22. Berichte des State Board of Health von Massachusetts findet sich zwar eine Auffassung ausgedrückt, die derjenigen vollständig entspricht, zu der Verfasser gekommen ist. Nach anderer Äußerung aber scheint man auch in Massachusetts abweichender Meinung gewesen zu sein.

und eine Oberfläche von 1 qm besitzt, 200 l Abwasser, so treten unten nur 20 l aus. 180 l verbleiben im Filter und entsprechen dessen Wasserkapazität von 18 0/0. Gießt man nun zum zweiten Male, gleich oder nach einigen Tagen, 10 l auf dieses Filter, so fließen 10 l Flüssigkeit aus dem Filter ab. Gießt man 100 l auf, so fließen 100 l ab, gießt man 180 l auf, so fließen 180 l ab. Deshalb hatte man geglaubt, daß von dem neu aufgegossenen Wasser immer die der Wasserkapazität entsprechende Menge in dem Filter verbliebe und nur Wasser verdrängt würde, das vorher im Filter stand, solange die Beschickung hinter der Wasserkapazität zurückbleibt. Ich habe auf Grund der bei den künstlichen biologischen Verfahren gemachten Beobachtungen Zweifel in bezug auf die Richtigkeit der eben dargelegten Auffassung gehabt und zwecks Entscheidung der wichtigen Frage dem Abwasser Stoffe zusetzen lassen, die im Filter und Abwasser nicht enthalten waren, und von denen man wußte, daß sie im Filter nicht zurückgehalten werden. Als solcher Stoff konnte in Betracht kommen: Kochsalz. Dieses ist im Abwasser aber schon enthalten, deshalb sind mit ihm genaue Feststellungen nicht möglich. Besser eignet sich Jodkalium oder nicht absorbierbare Farbstoffe, wie Fluoreszin. Setzten wir solche Stoffe dem Abwasser zu, und gossen wir 200 l Abwasser auf ein Filter von 1 m Höhe und 1 qm Oberfläche, das gereift war und eine Wasserkapazität von 18 0/0 aufwies, also 180 l Wasser enthielt, so trat schon im fünften, unten abfließenden Liter das Jodkalium bzw. Fluoreszin in derselben Konzentration auf, wie sie das eben aufgegossene Wasser hatte. Die hierüber wiederholt angestellten Versuche ließen keinen Zweifel daran aufkommen, daß das aufgebrachte Abwasser identisch war mit dem Wasser, was innerhalb 10—30 Minuten unten abfloß.

Diese Erscheinung beansprucht aus dem Grunde hervorragendes Interesse, weil die in dem Abwasser enthaltenen gelösten organischen Stoffe bis auf geringe Reste in den Abflüssen fehlten. Anstatt des organischen Stickstoffs findet man Salpetersäure. Goss man anstatt städtischen Abwassers eine Lösung von Eiweiß auf das Filter, so trat die Flüssigkeit vollkommen frei von Eiweiß unten aus. War das Filter auf eine Eiweißlösung von derselben Konzentration eingearbeitet, so enthielt der nach 10—30 Minuten austretende Abfluß eine der Eiweißmenge entsprechende, weiter unten noch näher definierte Menge von Salpetersäure.

Wie ist nun dieser Vorgang aufzufassen? Frankland hatte, wie wir gesehen haben, angenommen, die gelösten organischen Stoffe würden beim Durchtritt durch den Sand durch den Sauerstoff der in den Sandporen enthaltenen Luft oxydiert. Nachdem Schloesing und Müntz, sowie Warrington und Winogradsky die Bedeutung der Mikroorganismen für die Nitrifikationsvorgänge in den Bodenfiltern in den Jahren 1877—1890 festgestellt hatten, erklärte man sich in Massachusetts den Vorgang so, daß die in dem Abwasser und Filter enthaltenen Bakterien während des langsamen Durchtritts des Wassers durch das Filter Zeit fänden, die Mineralisierung der organischen Stoffe zu bewerkstelligen. Die Möglichkeit hierzu mußte man ohne weiteres anerkennen, solange man annehmen konnte, daß das Abwasser etwa 3 Tage lang in den Filtern suspendiert bliebe und dann erst infolge erneuter Beschickung aus dem Filter herausgedrückt würde. Nachdem aber festgestellt war, daß das Abwasser aus einem 1 m hohen Filter tatsächlich schon innerhalb 10 Minuten in vollständig gereinigtem Zustande austritt und aus flachen Filtern noch schneller (z. B. aus einem  $\frac{1}{2}$  m hohen Filter in 5 Minuten, aus einem 20 cm hohen Filter in 26 Sekunden und aus einem 10 cm hohen Filter in 12 Sekunden), mußten die eben angeführten Erklärungsversuche schlechterdings fallen. Man kann nicht annehmen, daß die Mikroorganismen hochmolekulare organische Substanzen innerhalb weniger Minuten oder Sekunden vollständig zersetzen, bis zur Bildung von Ammoniak und gasförmigem Stickstoff reduzieren, bzw. zu Salpetersäure oxydieren, den organischen Kohlenstoff zu Kohlensäure und den organischen Schwefel zu Schwefelsäure oxydieren usw. Hier kann nur eine Erklärungsweise annehmbar erscheinen, nämlich daß die gelösten organischen Stoffe beim Durchtritt des Abwassers durch das Filter zunächst ausgeschieden und zurückgehalten und erst während der nachfolgenden Ruheperiode zersetzt und oxydiert werden.

Ein Erklärungsversuch auf dieser Basis würde zu berücksichtigen haben 1. mechanische Filtration, 2. chemische Bindung, 3. Absorption.

Mit der Frage, wie weit die mechanische Filtration hier in Betracht zu ziehen wäre, habe ich mich vor etwa 10 Jahren bei Aufnahme meiner einschlägigen Untersuchungen eingehend



befasst. Dafs die gröberen ungelösten Bestandteile des Abwassers im Filter durch mechanische Filtration abgefangen würden, konnte von vornherein als feststehend gelten. Dafs mit beginnender Verschlammung des Filters auch kleinere Bestandteile durch den Schlamm abgefangen und zurückgehalten würden, so dafs das Filtrat zunehmend klarer abfließt, konnte ebenfalls als zweifellos gelten. Die Möglichkeit einer Ausscheidung der gelösten organischen Stoffe durch einfache mechanische Filtrationsprozesse schien mir aber vollständig ausgeschlossen. Selbst durch feinsten Filtersand, ja durch feinporiges Filtrierpapier und durch keimdichte Tonfilter passieren die gelösten organischen Stoffe in fast unveränderter Menge hindurch. Sogar bei Anwendung von Eiweißlösungen, welche aus noch zu erwähnenden Gründen an und für sich die günstigsten Chancen für die einfache mechanische Filtration bieten würden, zeigt das Filtrat einen fast ebenso hohen Gehalt an organischer Substanz wie die ursprüngliche Flüssigkeit. Filtriert man z. B. durch ein keimdichtes Berkefeldfilter eine Eiweißlösung mit einer Oxydierbarkeit von 393 mg pro l, so zeigten die Abflüsse noch eine Oxydierbarkeit von 336,9 mg. Abwasser mit einer Oxydierbarkeit von 778,8 mg. wies nach der Filtration durch keimdichte Filter noch eine Oxydierbarkeit von 692 mg auf. Dafs der Charakter der beiden Flüssigkeiten sich durch diesen weitmöglichst getriebenen Filtrationsprozess nicht verändert hatte, zeigte sich auch darin, dafs die Filtrate eine unveränderte Fäulnisfähigkeit aufwiesen. Trotz solcher Befunde wird neuerdings mit großer Beharrlichkeit die Behauptung vortragen, der hier in Frage stehende Reinigungsprozess würde durch mechanische Filtration bewirkt. Veranlaßt wurde diese irrige Hypothese durch unzutreffende bzw. mißverständene Befunde bei Untersuchung von Eiweißlösungen mittels Ultramikroskop. Ursprünglich hatte man geglaubt, mit diesem Instrument den Beweis dafür erbringen zu können, dafs das Eiweiß in seinen Lösungen nur suspendiert sei, dafs man mit Hilfe des Ultramikroskops die einzelnen Moleküle sogar sehen könnte. Solche Auffassungen haben sich als unrichtig erwiesen. Es kommt hinzu, dafs städtische Abwässer, soweit meine wiederholt auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen reichen, in der Regel vollständig frei sind von genuinem Eiweiß, wenn man nur die gelösten Bestandteile ins Auge faßt und nicht auch die unge-

lösten. Auf Grund solcher Befunde bin ich zu der Überzeugung gelangt, daß die eben beschriebenen Wirkungen als Ausdruck stattfindender mechanischer Filtration nicht aufgefaßt werden können.

Chemische Bindungen kommen nicht in Betracht, soweit es sich um Experimente mit reinen Eiweißlösungen oder ähnlichen Flüssigkeiten handelt. Im Abwasser finden sich aber in der Regel Stoffe, bei denen eine chemische Bindung durch Stoffe, die im Filtersand vorkommen, möglich ist. Versuchsweise habe ich z. B. einen biologischen Körper mit verdünnter freier Essigsäure beschicken lassen. Während diese Flüssigkeit eine stark saure Reaktion aufwies, reagierten die Abflüsse aus dem Körper neutral. In denselben liefs sich die Hälfte der zugesetzten Essigsäure in Form von Azetaten nachweisen. Es würde zu weit führen, wollte ich hier alle übrigen Möglichkeiten einer chemischen Bindung der Abwasserbestandteile durch biologische Körper erschöpfend erörtern. Es mag nur darauf hingewiesen sein, daß für manche, für Abwasser charakteristische Stoffe, sowohl chemische Bindung wie auch Absorption in Betracht kommen könnte, so z. B. für Ammoniak und für Schwefelwasserstoff. Man beobachtet unter Umständen bei biologischen Körpern eine Schwarzfärbung, die durch Anwesenheit reichlicher Mengen von Schwefeleisen zu erklären ist. Besonders ausgesprochen findet sich dieser Befund in überlasteten Filtern. Hier ist der Schwefelwasserstoff also entweder direkt oder auf indirektem Wege durch Eisen chemisch gebunden worden. Läßt man zu solchen Körpern Luft Zutreten, so entfärben sie sich infolge Oxydierung des Schwefeleisens unter Bildung von Schwefelsäure.

Soviel steht fest, daß die Hauptmenge der gelösten fäulnisfähigen Bestandteile des Abwassers sich durch chemische Bindung in den Bodenfiltern nicht festhalten läßt. Chemische Reaktionen, die hier in Frage kommen können, kennt man nicht.

Hiernach blieb nur die Annahme von Absorptionswirkungen übrig, um den beschriebenen Reinigungsprozess zu erklären. Schon im Jahre 1897 habe ich mich davon überzeugt, daß die biologische Reinigung von Abwässern in allen Fällen eingeleitet wird durch Absorptionswirkungen. Seither habe ich diese Frage fortgesetzt immer wieder von neuem ge-

prüft mit dem Ergebnis, daß die Richtigkeit dieser Erklärung in eindeutigster Weise nur bestätigt wurde. Von den verschiedensten Seiten sind motivierte und unmotivierte Einwendungen gegen meine Theorie gebracht worden. Bei Prüfung haben sich die gegen die Absorptionstheorie angeführten Gründe als nicht stichhaltig erwiesen.

Mit Rücksicht auf die heterogene und fortgesetzt schwankende Zusammensetzung häuslicher Abwässer habe ich von vornherein das Bedürfnis empfunden, mit Lösungen der einzelnen Bestandteile zu experimentieren, die im Abwasser vorkommen können. Im Hinblick auf die bekannte Tatsache, daß hochmolekulare, nicht dialysierbare Substanzen, wie z. B. Eiweiß, der Absorption viel leichter zugänglich sind als einfachere Verbindungen, habe ich häusliche und städtische Abwasserproben in großer Zahl auf Gehalt an Eiweiß untersuchen lassen, das bekanntlich nicht dialysierbar ist, um festzustellen, ob die intensiven Absorptionswirkungen, die ein gereiftes Filter auf die gelösten organischen Stoffe des Abwassers ausübt, wohl durch die Anwesenheit solcher kolloidalen Stoffe zu erklären wäre. Diese Untersuchungen sind durchaus negativ ausgefallen. Dagegen fanden wir stets peptonartige Abbauprodukte des Eiweißes. Diese sind dialysierbar und werden doch absorbiert, ebenso wie Eiweißlösungen. Eine stark fäulnisfähige dialysierbare Peptonlösung läßt sich durch Behandlung in einem gereiften intermittierenden Filter innerhalb einiger Minuten in ein nicht mehr fäulnisfähiges Produkt verwandeln.

Neuerdings wird behauptet, die richtige Erklärung der Absorptionstheorie sei erst erbracht worden durch den Nachweis, daß in häuslichen und städtischen Abwässern etwa 50% der gelösten organischen Stoffe nicht dialysierbar wären. Eine solche Auffassung ist unzutreffend schon aus dem Grunde, weil solche Abwässer nach Ausscheidung von 50% der gelösten organischen Stoffe durchweg noch fäulnisfähig bleiben. Wer sich mit der Frage der Absorptionvorgänge überhaupt befaßt hat, der weiß auch, daß zwar hochmolekulare, nicht dialysierbare Stoffe am leichtesten absorbiert werden, daß aber andererseits auch dialysierbare Substanzen der Absorption zugänglich sind. Ein Versuch, die von mir aufgestellte Theorie als nach dieser Richtung hin lückenhaft zu erklären, muß jedem Eingeweihten deshalb von vornherein aussichtslos erscheinen. Zum Teil sind die ein-

schlagigen Veröffentlichungen, welche in England unter dem nom de guerre »Colloid Theorie« bekannt sind, wie ich durch persönliche Aussprache mit den Autoren feststellen konnte, darauf zurückzuführen, daß diese meine Arbeiten nicht kannten. Auch von den Autoren, bei denen dieses nicht zutrifft, nehme ich natürlich nicht an, daß sie mala fide gehandelt haben. Andererseits fühle ich mich aber doch nicht allein im eigenen Interesse, sondern aus allgemeinen Gesichtspunkten heraus verpflichtet, auf das Unrecht hinzuweisen, das man begeht, wenn man die Ergebnisse jahrelanger, systematischer Versuche und die Früchte jahrelanger Kämpfe in solcher Weise schmälert, wie das hier geschehen ist. Ich kann es durchaus nicht für fair halten, daß aus meiner Absorptionstheorie eine Kolloidtheorie gemacht und an andere Namen geknüpft wird.

Die Absorptionstheorie ist im Laufe der Jahre in immer weiteren Kreisen als richtig anerkannt worden, und ich habe bei dem heutigen Literaturstande kaum noch Anlaß, dieselbe weiter zu begründen. Ich glaube jedoch den Wünschen mancher Leser entgegenzukommen, wenn ich die Hauptunterlagen dieser Theorie, soweit Experimente in intermittierenden Bodenfiltern ausgeführt wurden, nachstehend kurz schildere.

Gießt man Abwasser oder andere Flüssigkeiten, die gelöste organische Stoffe enthalten, auf ein aus ausgeglühtem Sand hergestelltes Filter in Mengen, welche die Wasserkapazität dieses Filters übersteigen, so fließt eine Flüssigkeit unten ab, die nur eine geringe Abnahme des Gehalts an gelösten organischen Stoffen aufweist. Gießt man eine nur der Wasserkapazität entsprechende Menge auf und wiederholt man die Beschickung erst nach Ablauf von einem oder mehreren Tagen, so findet man eine stärkere Abnahme des Gehalts an gelösten organischen Stoffen. Die Abflüsse sind noch fäulnisfähig. Beschickt man aber das Filter in derselben Weise mehrere Male hintereinander, so sinkt der Gehalt der Abflüsse an fäulnisfähigen Stoffen immer weiter. Sobald eine Abnahme von etwa 60—65% erreicht ist, was gelegentlich schon nach 4—5 Beschickungen, d. h. bei dreitägigen Ruheperioden innerhalb 2—3 Wochen erreicht wird, sind die Abflüsse nicht mehr fäulnisfähig. In dem Filter wird also ein allmählich steigender Bruchteil der organischen Stoffe zurückgehalten, obgleich diese in gelöster Form vorhanden waren. Die

einzelnen Sandkörner umkleiden sich mit einem anfänglich sehr dünnen, allmählich stärker werdenden, schmierigen Belag, der bei mikroskopischer Untersuchung die Anwesenheit vieler Bakterien und anderer Kleinlebewesen erkennen läßt, außerdem amorphe Bestandteile, die je nach Art des verwendeten Kiesel und Abwassers sich verschiedenartig zusammensetzen, in der Regel eisenhaltig sind. Dieser schmierige Belag, welchen man als Benetzungshäutchen bezeichnen könnte, wird im Laufe der Zeit immer stärker, so daß das Porenvolumen des Materials sich verringert, die Wasserkapazität sich aber vergrößert. In dem Maße, wie dieses Benetzungshäutchen im Laufe der Zeit stärker wird, erhöht sich die reinigende Kraft des Filters. Man pflegt die Ausbildung dieses Zustandes »Reifungsprozesses« zu nennen. Ein Filter wird in der Regel als gereift bezeichnet, nachdem seine Abflüsse anfangen, Salpetersäure zu enthalten. Man betrachtet das Auftreten von Salpetersäure als Ausdruck der höchsten Stufe der Mineralisierungs- und Oxydierungsvorgänge. Von dem erwähnten Benetzungshäutchen nimmt man an, daß es eine wabige Struktur hat, und daß ihm eine außerordentlich große Oberflächenentfaltung eigentümlich ist. Für quellbare Stärke hat man z. B. die Oberfläche eines Kubikmillimeters auf mehr als zwei Millionen Quadratmillimeter berechnet. Das Häutchen hat eine innere und eine äußere benetzbare Oberfläche und vermag sowohl Gase in ganz außerordentlich großen Mengen zu absorbieren, als auch viele gelöste Körper organischer, wie auch anorganischer Natur, namentlich Farbstoffe, riechende Substanzen, Bitterstoffe, Harze, Gerbstoffe, Enzyme und andere Körper von hohem Molekulargewicht. Um diese absorbierende Tätigkeit des Häutchens zu demonstrieren, habe ich verhältnismäßig geringe Mengen davon durch Abspülung von biologischen Körpern gewonnen, in dicht verschlossene Glasflaschen gebracht, die mit einem Manometer versehen wurden, und in welche ich abgemessene Mengen absorbierbarer Gase, wie Sauerstoff und Kohlensäure, einleitete. Nach Verschluss der Flaschen zeigte das Manometer schon nach kurzer Zeit ein erhebliches Vakuum, welches sich in dem Maße steigerte, wie die Gase von dem Schlamm absorbiert wurden.

Gießt man auf ein gereiftes Filter Abwasser, Eiweißlösungen od. dgl., so werden die organischen gelösten Stoffe durch diese

Absorptionswirkungen aus der Flüssigkeit herausgerissen und in dem Benetzungshäutchen niedergeschlagen, und zwar mit viel größerer Intensität, als es der frisch geglühte Kies durch einfache Oberflächenattraktion vermochte. Nimmt man anstatt ganz reinen Kiesel einen stark eisenhaltigen Kies, wie er in der norddeutschen Tiefebene an vielen Orten gefunden wird, so kann man auch von dem frisch geglühten Material von vornherein eine höhere Absorptionswirkung erwarten. Nachdem das aufgebrauchte Abwasser durch das Filter hindurchgeflossen ist, was, wie wir vorhin gesehen haben, je nach Korngröße und Höhe des Filters in wenigen Sekunden bis Minuten geschehen ist, bleibt genug Raum zwischen den Poren des Kiesel, um den Zutritt der atmosphärischen Luft zu gestatten. Durch die Mikroorganismen-tätigkeit werden die in dem Benetzungshäutchen zurückgehaltenen organischen Stoffe zersetzt. Dabei wird der absorbierte Sauerstoff verbraucht und aus der in den Filterporen enthaltenen Luft ergänzt. Es entsteht ein erheblicher Sauerstoffmangel und damit ein Vakuum in den Poren des Filters. Hierdurch wird atmosphärischer Sauerstoff aus der umgebenden Luft mit großer Energie in den Kies hineingesaugt. Durch ein Experiment konnte ich nachweisen, daß der Sauerstoff sogar durch enge Glasröhren hindurch aus einem angeschlossenen Gefäße mit solcher Energie angesaugt wurde, daß sich ein nicht unbedeutliches Vakuum ergab. Durch den so herbeigeschafften Sauerstoff wird die Oxydation der festgehaltenen und durch die Mikroorganismen zersetzten, organischen Stoffe bewirkt. Der Prozeß dokumentiert sich durch Auftreten reichlicher Mengen von Kohlensäure, die teilweise festgehalten wird, teilweise sich dem bei der nächsten Beschickung zugeführten Wasser mitteilt und mit diesem das Filter verläßt, teilweise auch durch Diffusion gasförmig entweicht. Über einem biologischen Körper liefs sich ein Kohlensäuregehalt der Luft von 0,6% nachweisen. Der Kohlensäuregehalt der Luft war also hier 20fach so hoch als in normaler Luft. Läfst man reines Wasser durch einen gereiften Körper hindurchfließen, so tritt es alsbald mit einem erheblichen Kohlensäuregehalt unten aus dem Filter aus. Wiederholt man diesen Versuch, so findet sich auch in den Abflüssen der nächsten Beschickungen noch Kohlensäure. Dies kann sich monatelang fortsetzen. Aus dem organischen Kohlenstoff der

zurückgehaltenen organischen Stoffe wird also Kohlensäure gebildet. Aus dem durch Absorption zurückgehaltenen organischen Stickstoff wird Salpetersäure und aus dem organischen Schwefel Schwefelsäure gebildet. So z. B. fanden wir in den Abflüssen aus einem Tropfkörper, der mit einer einpromill. Eiweißlösung beschickt wurde, durchschnittlich 62,2 mg Kohlensäure, durchschnittlich rund 40 mg Schwefelsäure und rund 80 mg Salpetersäure.

Die in den Abflüssen gefundene Schwefelsäure entspricht annähernd quantitativ genau dem Gehalt der Eiweißlösung an organischem Schwefel; die Salpetersäure dagegen stellt nur reichlich 20% des Stickstoffgehaltes der Eiweißlösung dar. Rund 58% des Gesamtstickstoffgehaltes werden in den Abflüssen wiedergefunden und zwar aufser der genannten Salpetersäuremenge rund 10% als Ammoniak und rund 25% als organischer Stickstoff. Rund 42% des Stickstoffes der Eiweißlösung entweichen gasförmig bzw. gehen in die humösen Stoffe über, die sich im Filter ablagern. Von dem Kohlenstoff der Eiweißlösung entweicht ebenfalls ein grosser Teil gasförmig in die Luft und wird ein bestimmter Teil in den humösen Stoffen im Filter zurückgehalten.

Die Bildung der Salpetersäure ist zurückzuführen auf die Tätigkeit von Mikroorganismen, wie Schloesing und Müntz, Warrington, Winogradsky und andere bewiesen haben. In welchem Mafse das auch für die Kohlensäurebildung und Schwefelsäurebildung zutrifft, ist noch nicht festgestellt. Sistiert man die Tätigkeit der Mikroorganismen dadurch, dafs man die Flüssigkeiten, mit denen die Filter beschickt werden, mit Desinfektionsmitteln versetzt, so hört die Bildung der Salpetersäure alsbald auf. Die Abflüsse sind also frei von Salpetersäure, sie sind aber anfänglich noch so weit gereinigt, dafs sie einer nachträglichen fauligen Zersetzung nicht mehr zugänglich sind. Bei fortgesetzter weiterer Beschickung mit bakterienfreier Flüssigkeit und Fernhaltung der Bakterien nimmt aber die Menge der zum Abflufs kommenden organischen Stoffe allmählich zu. Man spricht dann von einer Erschöpfung der Absorptionskraft. Dieser Erschöpfungszustand bleibt bestehen, bis man wiederum Bakterien zuführt bzw. die absorbierbaren organischen Stoffe durch Glühen oder anderweitig zerstört.

Die Bedeutung der Mikroorganismen für die Reinigung der Abwässer in biologischen Körpern habe ich durch Herrn Dr. Carnwath auch noch in folgender Weise demonstrieren lassen: In sterile Körper wurde sterile fäulnisfähige Flüssigkeit gebracht unter Vermeidung eines Zutritts von Bakterien. Bei der ersten Beschickung ergab sich eine bestimmte Herabsetzung der Oxydierbarkeit. Diese wurde allmählich geringer und hörte schliesslich ganz auf. Ein zweiter Versuchskörper wurde ebenso behandelt, nur hatte man keine Sorge getragen, den Zutritt von Luftkeimen auszuschliessen. In diesem Körper entwickelte sich allmählich Bakterientätigkeit. In dem Malse, wie die Bakterien sich in diesem Körper entwickelten, steigerte sich seine reinigende Wirkung. Unter sonst völlig gleichen Umständen hatte sich somit der eine Körper bald vollständig erschöpft, während in dem andern Körper infolge Zutritts von Luftkeimen die reinigende Wirkung nicht nur nicht aufhörte, sondern sich allmählich steigerte.

Nach dem Gesagten darf es als erwiesen angesehen werden, dass ein zufriedenstellendes Funktionieren der Bodenfilter ohne Mikroorganismen-tätigkeit praktisch undenkbar ist.

Die eben beschriebenen Erscheinungen treten in derselben Weise auf, wenn man anstatt der Mikroorganismen den Luftsauerstoff fernhält. Dieses lässt sich so nachweisen, dass man nach der Entleerung der Filter in diese Kohlensäure bzw. besser noch Wasserstoff oder Stickstoff eintreten lässt. Es hört auch in diesem Falle allmählich die Bildung von Kohlensäure, Salpetersäure und Schwefelsäure auf, und die Abflüsse aus dem Filter beginnen allmählich fäulnisfähig zu werden.

Die Absorptionswirkung wird also erschöpft einerseits durch Ausschaltung der Mikroorganismen-tätigkeit, andererseits durch Ausschaltung des atmosphärischen Sauerstoffs.

Soll ein intermittierendes Bodenfilter zufriedenstellend arbeiten, so genügt nicht die Anwesenheit der Mikroorganismen und des Luftsauerstoffs an und für sich schon, sondern es sind gewisse Ruheperioden nötig, d. h. es darf einem Filter eine gewisse Zeit hindurch keine organische Materie zugeführt werden, damit die durch Absorption zurückgehaltenen Stoffe zersetzt und mineralisiert werden können. Über diese Vorgänge haben wir Versuche angestellt mit einem 1 m hohen Filter, das ursprüng-



lich eine »effective size« von 0,24, einen Gleichmäßigkeitkoeffizienten von 2,2 und eine Wasserkapazität von 15,5% hatte. Das Filtermaterial kam ursprünglich den vorhin angegebenen Idealwerten ziemlich nahe. Beschickte man das Filter in dreitägigen Perioden mit einer der Wasserkapazität entsprechenden Menge, d. h. einer 24 cm hohen Wasserschicht, so wurde die Oxydierbarkeit fortgesetzt um mehr als 80% herabgesetzt, und die Abflüsse zeigten reichlich 50 mg Salpetersäure im Liter. Das Gesamtporenvolumen des Filtermaterials betrug 37%, die Wasserkapazität 15,5%. Es blieb im Filter also ein Luftraum von 21,5%. Entnahm man nun dem Filter kurz nach der Beschickung eine Luftprobe aus 10 bzw. 50 bzw. 90 cm Tiefe und untersuchte man diese auf Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure, so zeigte sich 10 cm unter der Oberfläche ein Sauerstoffgehalt von 20,8%, in 50 cm Tiefe 16,2% und in 90 cm Tiefe 12,5%. Der Kohlensäuregehalt betrug nahe der Oberfläche 0,3%, in 50 cm Tiefe 1,5% und in 90 cm Tiefe 2,0%. Liefs man dieses Filter nun einen Tag stehen, um es dann wiederum in derselben Weise zu untersuchen, so zeigte sich, wie aus der nachfolgenden Tabelle hervorgeht, der Sauerstoffgehalt in der Mitte und Tiefe des Filters noch weiter reduziert. Am darauf-

**Ergebnisse der Gasanalyse betreffend Sauerstoffkonsum und Kohlensäureproduktion bei dreitägigem Betriebe.**

Tiefe der Entnahmestelle	Kurz nach der Beschickung	Nach Tagen		
		1	2	3
Sauerstoffgehalt der Filterluft in %.				
10 cm	20,8	20,4	20,0	20,4
50 cm	16,2	10,8	13,0	15,7
90 cm	12,5	9,0	12,0	13,3
Kohlensäuregehalt der Filterluft in %.				
10 cm	0,3	0,6	0,8	0,7
50 cm	1,5	5,9	5,2	3,2
90 cm	2,0	7,6	6,6	4,1

folgenden Tage begann der Sauerstoff an beiden Punkten zu steigen und am dritten Tage hatte er annähernd dieselben Werte wieder erreicht wie bei Beginn des Versuchs. Der Kohlensäuregehalt stieg in der Mitte und in der Tiefe des Filters innerhalb der ersten 24 Stunden bis auf 5,9 bzw. 7,6 ‰, begann darauf zu sinken und war am dritten Tage bis auf 3,2 bzw. 4,1 ‰ gesunken.

Aus solchen Befunden läßt sich entnehmen, daß die Zersetzungstätigkeit im Filter ihren Höhepunkt am zweiten Tage erreicht hatte, daß aber an dem darauffolgenden Tage weniger Sauerstoff konsumiert wurde, als zu den Filtern von außen hinzutreten konnte. Dieses Ergebnis ist nicht ohne weiteres so aufzufassen, als ob dadurch der ganze im Filter enthaltene Sauerstoffgehalt repräsentiert würde. Viel wichtiger ist der absorbierte und durch Filterluftanalyse deshalb nicht nachweisbare Sauerstoff, wie ich an anderer Stelle noch zeigen werde.

Dasselbe Filter wurde darauf mehrere Monate nicht jeden dritten Tag, sondern jeden zweiten Tag mit der oben bezeichneten Abwassermenge beschickt. Die Ergebnisse der bei dieser Betriebsart ausgeführten Gasanalyse sind aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich. An der Oberfläche gleicht sich der Sauer-

**Ergebnisse der Gasanalyse bei Sauerstoffkonsum und Kohlensäureproduktion bei zweitägigem Betriebe.**

Tiefe der Entnahmestelle	Kurz nach der Beschickung	N a c h T a g e n	
		1	2
Sauerstoffgehalt der Filterluft in ‰.			
10 cm	20,8	17,2	18,4
50 cm	6,8	5,9	10,4
90 cm	3,6	1,0	4,4
Kohlensäuregehalt der Filterluft in ‰.			
10 cm	0,6	1,6	1,6
50 cm	5,4	7,8	6,6
90 cm	5,2	8,2	8,8

stoffgehalt der Filterluft auch jetzt noch leicht aus. In der Mitte des Filters dagegen ist der Sauerstoffgehalt kurz nach Beschickung auf 6,8% gesunken. Nach 24 Stunden ist er noch geringer und am zweiten Tage hat er 10,4% erreicht. Es besteht also ein größeres Sättigungsdefizit als zu derselben Zeit bei dreitägigem Betriebe. Noch ausgesprochener sind die Unterschiede in der Tiefe des Filters, wo kurz nach der Beschickung nur ein Sauerstoffgehalt von 3,6% gefunden wurde, nach 24 Stunden von 1,0% und am zweiten Tage von 4,4%. Die Kohlensäureproduktion ist in allen drei Punkten intensiver als bei mehr schonendem Betriebe. Am zweiten Tage, also zur Zeit, als die neue Beschickung fällig war, fanden sich am tiefsten Punkte des Filters noch 8,8% Kohlensäure.

Dasselbe Filter wurde dann mehrere Monate hindurch täglich mit derselben Abwassermenge beschickt. Kurz nach Einfüllung des Abwassers betrug der Sauerstoffgehalt am Boden 0,1% gegen 12,5% bei schonendem Betriebe. Nach 24 Stunden, also zu der Zeit, wo die nächste Beschickung fällig war, finden sich am Boden des Filters wiederum nur 0,1% Sauerstoff. Entsprechend dem geringen nachgewiesenen Sauerstoffgehalt in der Tiefe des Filters läßt sich hier eine Zunahme des Kohlensäuregehaltes nicht

**Ergebnisse der Gasanalyse, Sauerstoffkonsum und Kohlensäureproduktion bei eintägigem Betriebe.**

Tiefe der Entnahmestelle	Kurz nach der Beschickung	Nach 3 Stunden	Nach 24 Stunden
Sauerstoffgehalt der Filterluft in %.			
10 cm	16,8	11,7	16,5
50 „	11,3	8,8	10,9
90 „	0,1	0,8	0,1
Kohlensäuregehalt der Filterluft in %.			
10 cm	3,2	5,1	3,4
50 „	4,2	5,4	4,6
90 „	4,4	4,4	4,5

konstatieren. Das beweist, daß die hohen Befunde bei zweitägiger Beschickung sich nicht durch Kohlensäurestauung, sondern tatsächlich durch erhöhte Produktion erklären.

Auch lieferte das Filter bei der eintägigen Beschickung keine Salpetersäure mehr, während es bei der zweitägigen Beschickung 30—40 mg durchschnittlich in den Abflüssen aufwies gegen 50 mg bei dreitägiger Beschickung.

Bemerkenswert ist, daß dieses Filter bei der sichtlichen Überlastung, der wir es aussetzten, nach wie vor ein gut gereinigtes, der Fäulnis nicht mehr fähiges Produkt lieferte. Die Herabsetzung der Oxydierbarkeit lag bis zum Schlufs bei etwa 70<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Nachdem wir das Filter 3 Monate hindurch täglich einmal mit einer 24 cm hohen Wasserschicht beschickt hatten, liefs es Abwasser nicht mehr durch. Nach einer mehrwöchentlichen Ruheperiode zeigte sich das Filter wieder so weit regeneriert, daß es die ursprüngliche Abwassermenge bei dreitägiger Beschickung in zufriedenstellender Weise verarbeitete. Bei diesen Versuchen wurde stets frisches Rohwasser verwendet von einer Zusammensetzung, die städtischen Abwässern entsprach, und welches lediglich einer Sandfangbehandlung unterzogen gewesen war.

Der in der Filterluft nachgewiesene Sauerstoffgehalt darf, wie schon bemerkt wurde, nicht als dem Gesamtsauerstoffgehalt des Filters entsprechend angesehen werden. Bringt man ein gereiftes Filter in ein geschlossenes Gefäß, das mit einem Luft- oder Sauerstoffbehälter in Verbindung steht, so bemerkt man, daß das Filter gierig Sauerstoff ansaugt, ebenso wie es vorhin schon von dem, dem Filtersande anhaftenden Schlamm gesagt wurde. Dieser Sauerstoff wird grofsenteils absorbiert und ist deshalb in der Filterluft nicht nachweisbar. Ein überarbeitetes, durch Ablagerung von Schwefeleisen schwarz verfärbtes Filter bräunt sich bei Zuleitung von Luftsauerstoff unter Oxydation des Schwefeleisens. In ähnlicher Weise werden andere oxydable Substanzen verändert. Aufserdem wird Sauerstoff durch Absorption aufgespeichert. Diese Sauerstoffabsorption scheint bei der biologischen Reinigung unentbehrlich zu sein. Das geht aus folgenden, unter meiner Leitung ausgeführten Versuchen hervor: Ein gereiftes Filter wurde mit Abwasser bis zur Ausfüllung des Gesamtporenvolumens beschickt. Dieses kann man nur erreichen, indem man den Filterabfluß schliesst. Nun wurde Luft,

später auch Sauerstoff von unten her durch das Filter geleitet. Auf diese Weise liefs sich die Flüssigkeit selbst bei tagelangem Stehen in dem Filter nicht in ein fäulnisunfähiges Produkt verwandeln. Der einfach durchgeleitete Sauerstoff kommt in einem Filter, dessen ganzes Porenvolumen mit Flüssigkeit angefüllt ist, nicht zur Absorption, wie bei einem nur mit der Wasserkapazität gefüllten Filter. Der freie, nicht absorbierte Sauerstoff vermag aber die erforderliche oxydierende Wirkung nicht auszuüben. Das Ergebnis dieses Versuches scheint mir eine wichtige Erklärung für die Tatsache zu bringen, dafs der der Luft entzogene Sauerstoff so energische Oxydationswirkungen zu entfalten vermag, wie es in einem biologischen Körper geschieht. Wir dürfen uns diesen Sauerstoff nicht in molekularer Form in dem Körper vorstellen, sondern müssen annehmen, dafs er durch die im Benetzungshäutchen herrschenden hohen Druckverhältnisse ozonisiert und dadurch intensiv wirksam geworden ist.

Die Steigerung der reinigenden Wirkung eines eingearbeiteten, oder gereiften Filters ist nicht allein durch einfache Steigerung der Flächenattraktion zu erklären, sondern auch durch eine direkte aufsaugende Wirkung (Resorption) von seiten des gelatinösen Benetzungshäutchen, welches den Filtersand einkleidet, bzw. durch die Tierchen und Pflanzen gebildet wird, die sich hieran mit der Zeit ansiedeln. Auf diese Weise nur ist es zu verstehen, dafs ein gereiftes Filter Zucker, Harnstoff und andere, an und für sich nicht absorbierbare Substanzen festzuhalten vermag, so dafs diese in den Abflüssen aus Bodenfiltern nicht erscheinen. Diese Vorgänge habe ich vor einigen Jahren an den Abwässern einer Zuckerfabrik und später bei zuckerhaltigen Molkereiabwässern festzustellen vermocht. Später hat Dzierzowski nach dieser Richtung hin wichtige Versuchsergebnisse veröffentlicht.

Die hier in Frage stehenden Experimente würden unvollständig sein ohne einen Versuch zur genauen Feststellung über den Verbleib der den Bodenfiltern zugeführten Substanzen. Für einige Stoffe ist dieser Nachweis leicht zu führen. Behandelt man z. B. in einem Bodenfilter eine reine Eiweißlösung, so entspricht der von ihm ausgeschiedene Gehalt an Schwefelsäure fast quantitativ dem in der Eiweißlösung enthaltenen organischen Schwefel. Schwieriger liegen die Verhältnisse für die hauptsäch-

lichsten Bestandteile der organischen Substanz, für den Stickstoff und den Kohlenstoff. Die gebildete Kohlensäure diffundiert zum Teil in die Luft, zum Teil wird sie im Filter zurückgehalten und zwar derart, daß sie sich nur durch lang dauerndes Auswaschen ganz entfernen läßt. Ein Teil des Kohlenstoffs schlägt sich als schwer zersetzbare Substanz im Filter nieder. Die in Massachusetts ausgeführten Versuche zeigen das. Zum Teil entweicht er mit den Abflüssen. Ebenso schwierig liegen die Verhältnisse bei dem Stickstoff, in gewisser Beziehung noch schwieriger, denn der Stickstoff entweicht zum Teil gasförmig in elementarer Form, zum Teil als Ammoniak, zum Teil als Salpetersäure. Balance-Versuche lassen sich also nur in Filtern ausführen, die von der atmosphärischen Luft ganz abgeschlossen sind. Ich habe nach dieser Richtung durch Herrn Dr. K a m m a n n einen Versuch ausführen lassen, dessen eingehende Beschreibung hier zu weit führen würde. Als Hauptergebnis möge nur angeführt werden, daß sich in den Abflüssen eines mit frischem Abwasser beschickten Bodenfilters 59,7% Gesamtstickstoff wieder finden ließen, der hauptsächlich nach als Ammoniak, weil es zur Salpetersäurebildung bei der getroffenen Versuchsanordnung nicht kommen konnte. Als gasförmiger, elementarer Stickstoff wurden 22,8% wieder gefunden. Hiernach mußten im Filter 17,5% verblieben sein.

In Massachusetts fanden sich bei Filter Nr. 1 von dem zugeführten Gesamtstickstoff 69,3% in den Abflüssen wieder. Es fehlten 30,7%. Im Filter wurden nachgewiesen 3,8%, mithin wurde angenommen, daß 26,9% entwichen waren. Diese Zahlen stimmen ziemlich gut mit den von uns gefundenen überein.

Bei der Bodenfiltration wird das Auftreten von Salpetersäure in den Abflüssen als ein sehr brauchbarer Anhaltspunkt für den Zustand des Filters angesehen. Man könnte auch daran denken, die gebildete Kohlensäure und Schwefelsäure als Index zu benutzen. Die Salpetersäure gibt aber feinere Aufschlüsse. Einerseits, weil die unbehandelten Rohwässer in der Regel vollständig frei davon sind, andererseits, weil sie sehr leicht reduziert wird und deshalb etwa vorhandenen Mangel an Sauerstoff gut anzeigt. Die Bildung von Salpetersäure geschieht anscheinend stets nur durch Mikroorganismen-tätigkeit. Versuche, die ich über die Frage wegen direkter Oxydation der Stickstoffverbindungen

zu Salpetersäure habe anstellen lassen, nachdem die intensive oxydierende Wirkung biologischer Körper festgestellt war, sind durchaus negativ ausgefallen, und haben also die allgemein herrschende Auffassung bestätigt. Nur haben wir uns davon überzeugen müssen, daß nicht, wie es zurzeit noch behauptet wird, nur die Winogradsky-Bakterien in Frage kommen, sondern auch nitrifizierende Bakterien, welche Salpetersäure direkt aus organischem Stickstoff, unter Vermeidung von Reduktion bis zum Ammoniak, und zwar gleichzeitig Nitrite und Nitrate bilden. Ähnliche Beobachtungen sind auch von anderer Seite schon gemacht worden. Ich darf deshalb in diesem Falle von einer eingehenden Beschreibung absehen. Über den Ort der Salpetersäurebildung haben wir uns durch folgenden Versuch zu orientieren vermocht.

Ein 1 m hohes Filter wurde bis zum Verschwinden der Salpetersäure mit destilliertem Wasser ausgewaschen und dann in Schichten von 10 cm nach und nach abgetragen, die darin neu gebildete Salpetersäure ausgewaschen und bestimmt. Das Ergebnis war folgendes:

Ort der Salpetersäure in Bodenfiltern.

Tiefe in cm	Salpeter- säure in g pro 100 kg Boden	Tiefe in cm	Salpeter- säure in g pro 100 kg Boden
10	39,2	60	31,2
20	40,8	70	28,4
30	36,4	80	12,4
40	30,4	90	12,8
50	26,0		

Hiernach sinkt die Intensität der Salpetersäurebildung bis 70 cm tief allmählich, in den noch tieferen Schichten plötzlich, ohne aber auch dort vollständig sistiert zu sein.

Bei der Bodenfiltration schlägt sich, wie schon erwähnt, auf dem Sande eine schwer zersetzbare, bzw. unzersetzbare Schicht humöser Stoffe nieder, welche mit der Zeit wächst und die Poren verkleinert. In erster Linie wird die Wasserkapazität durch diese Schicht vergrößert, die Durchlüftungsverhältnisse

des Filters also verringert und der Widerstand gegen den Abfluss des Wassers allmählich vergrößert. Die Hauptablagerung erfolgt aber bei gut geeigneten Filtermaterialien, wie wir gesehen haben, nahe der Oberfläche bis zu einer Tiefe von nur 15 cm. Weiter oben habe ich mich schon dahin ausgesprochen, daß die Regenerierung dieser Schicht, sei es durch vollständiges Abtragen oder Entfernen, sei es durch Abspülen, mir im Bereiche der praktischen Durchführbarkeit zu liegen scheint.

In Massachusetts hat man eingehende Versuche darüber angestellt, ob die quantitative Leistungsfähigkeit der Filter sich würde erheblich steigern lassen durch vorherige Ausscheidung der ungelösten Stoffe. Dieses wurde bewerkstelligt 1. durch Absitzverfahren, 2. durch chemische Fällung, 3. durch Faulbecken, 4. durch Vorbehandlung in groben Koksfiltern, deren Wirkung man sich analog der eines Siebes vorstellte (strainers), die aber tatsächlich als künstliche biologische Körper aufzufassen sein dürften. Man ist zu der Auffassung gelangt, daß die Ausscheidung der ungelösten Stoffe sich unter allen Umständen empfiehlt, daß aber die Anwendung von Chemikalien so kostspielig und umständlich sei, im Vergleich zu der zu erzielenden Steigerung der quantitativen Leistungsfähigkeit, daß man, abgesehen von seltenen Fällen, rationeller tun würde, darauf zu verzichten. Die günstigsten Resultate erzielte man übrigens mit schwefelsaurer Tonerde. In England ist die chemische Vorbehandlung des Abwassers für die Bodenfiltration schon von Sir E. Frankland empfohlen worden. Nach den Erhebungen der derzeitigen englischen Kommission ist man dort zu der Ansicht gekommen, daß sich die quantitative Leistungsfähigkeit von Bodenfiltern durch chemische Vorbehandlung etwa verdoppeln lasse.

Auf die Vorbehandlung in künstlichen biologischen Körpern komme ich im nächsten Kapitel zurück. Hier sei nur erwähnt, daß man in Massachusetts damit die besten Resultate erzielt hat.

Die Vorbehandlung in Faulbecken scheint man dort grundsätzlich für nicht günstig zu halten. In den westlichen Staaten von Nordamerika, z. B. in Saratoga, Lake Forest, Wauwatosa dagegen, hat man durch Vorschaltung einer Faulkammer erheblich größere quantitative Leistungen ermöglicht als in Massachusetts. Einschlägige Versuche aus England sind mir nicht bekannt



geworden. Bei der Berieselung aber hat man nach Vorbehandlung in Faulkammern sehr günstige Erfahrungen gemacht (Birmingham).

Seit reichlich einem Jahre habe ich verschiedene Bodenfilter in Beobachtung, die regelmässig vergleichsweise teils mit frischem Abwasser, teils mit vorgefaultem Abwasser beschickt werden. Bislang habe ich den Eindruck erhalten, dass durch den Faulprozess eine bedeutende Entlastung der Filter erfolgt, infolge Ausscheidung der ungelösten Stoffe. Diese Entlastung überwiegt die zweifellos vorhandene nachteilige Wirkung des Faulverfahrens, welche sich hauptsächlich dadurch dokumentiert, dass die Faulbeckenabflüsse Schwefeleisen in feinsten Verteilung aufweisen, das bis tief in die Filter hineindringt. Bislang haben wir aber nach einjährigem Betriebe nennenswerte Verschlammungsvorgänge in diesen Filtern nicht zu verzeichnen. Eines der in Frage stehenden Filter war in einer Höhe von 2 m hergestellt aus einem Sande, der ursprünglich eine »effective size« von 0,3, einen Gleichmäßigkeitskoeffizienten von 1,6 und eine Wasserkapazität von 21,8% besaß. Das Filter wurde 2 Monate hindurch in 2-tägigen Perioden mit einer Abwasserschicht von 15 cm, pro Tag also 7½ cm, beschickt, das würden 750 cbm pro ha sein. Darauf wurde es einen Monat hindurch in zweitägigen Perioden mit einer Abwasserschicht von 30 cm beschickt, dann 2 Monate hindurch jeden zweiten und vierten Tag mit 30 cm, jeden sechsten Tag mit 60 cm. Diese Versuchsanordnung wurde getroffen, um Verhältnisse nachzuahmen, wo die Filter mit schwankenden Abwassermengen zu beanspruchen sein würden, d. h. also zeitweise mit Mengen, welche die Wasserkapazität überschreiten. Diese Beschickung vertrat der Körper ausgezeichnet. Die Herabsetzung der Oxydierbarkeit lag zwischen 60 und 80, meistens über 70%, der Salpetersäuregehalt betrug 75 mg i. L. Darauf wurde der Körper 4 Monate hindurch jeden zweiten Tag mit 30, jeden vierten Tag mit 60 cm Abwasser beschickt. Auch diese Beschickung hat das Filter ohne Beeinträchtigung vertragen. Der Salpetersäuregehalt liegt noch zwischen etwa 50 und 100 mg im Liter, die Herabsetzung der Oxydierbarkeit zwischen 70 und 80%. Das aufgebrauchte Wasser versickert noch mit derselben Geschwindigkeit in dem Filter. Vergleichen wir diese Resultate mit den vorhin beschriebenen (S. 216), so fallen sie zweifelsohne zugunsten des

## Herabsetzung des Keimgehaltes durch Bodenfiltration in Lawrence, jährlicher Durchschnitt für 1897.

Bezeichnung der Proben	Rohwasser	Abflüsse von Filter Nr.													
		1	2	4	5 A	6	9 A	10	12A*	13A*	14A*	19*	65*	80	81
Keimzahl pro cem	4758000	28800	242	58	70800	11700	11460	4350	1695	136	1445	800	21200	4100	530000
Abnahme in %		99,39	99,99	99,99	98,51	99,75	99,76	99,91	99,96	99,99	99,97	99,98	93,08	99,91	88,86

\* Vorbehandlung durch Sedimentation, Präzipitation und Filtration.

im Faulbecken vorbehandelten Abwassers aus. Ich habe noch weitere Versuche im Gange, durch welche ich zu genauen Aufschlüssen über diese Verhältnisse zu gelangen hoffe.

Um die Leistungen des eben erwähnten Filters in das richtige Licht zu stellen, hebe ich hervor, dafs dieses zurzeit eine Abwassermenge reinigt, die mehr als 2000 cbm Abwasser pro ha und Tag entspricht, während man bei guten Rieselfeldern nur auf höchstens etwa 70 cbm kommt. (Braunschweig 25 cbm, Berlin rund 36 cbm, Freiburg i. B. rund 55 cbm, Breslau rund 68 cbm.

In Betreff des Reinheitsgrades, der sich durch Bodenfiltration erzielen läfst, ist dem Gesagten nur wenig hinzuzufügen. In ihrer physikalischen und chemischen Beschaffenheit entsprechen die Abflüsse sorgfältig angelegter und betriebener Bodenfiltrationsanlagen vollständig denen, welche man nur unter den günstigsten Verhältnissen bei Rieselanlagen erzielt. Wir haben es aber auch hier mit einem Verfahren zu tun, das von den örtlichen Verhältnissen in hohem Mafse abhängig ist. Man wird also bei jeder einzelnen Anlage sich den vorliegenden Verhältnissen anpassen haben. Die vorhandenen wissenschaftlichen Unterlagen genügen meines Erachtens durchaus, um von einem Gelände vorhersagen zu können, ob und in welchem Mafse es sich für die Bodenfiltration eignet, wie stark man es belasten dürfe, um Abflüsse zu erzielen, die der stinkenden Fäulnis nicht

mehr zugänglich sind, bzw. wenn nötig, noch höheren Anforderungen genügen, d. h. auch klar und farblos sind, sowie möglichst frei von pathogenen Mikroorganismen. In bezug auf den letzten Punkt ist anzuführen, daß man die Reinigung der Abwässer in den Filtern von Massachusetts so weit getrieben hat, daß der Keimgehalt in 1 ccm unter Umständen von  $4\frac{3}{4}$  Millionen auf 58 herabgesetzt wurde (siehe Tabelle S. 222).

Große Bedeutung mißt man bekanntlich der Anwesenheit des Koli-Bazillus bei, eines Bakteriums, das sich in allen Abwässern in großer Zahl findet und eine weitgehende Ähnlichkeit mit Typhusbakterien zeigt. Durch den sorgfältigen Betrieb der Filter in Massachusetts hat man Koli bis zu dem Maße auszuschneiden versucht, daß die Untersuchung von 1 ccm stets negativ blieb und in 100 ccm der Abflüsse sich nur hin und wieder Kolibakterien fanden. Die einschlägigen Berechnungen ergeben, daß die einzelnen Filter 97—100% Koli ausschieden und etwa 98,2% der Gesamtmikroorganismen. In bezug auf Bakterienausscheidung würde ich einer sorgfältig hergestellten und betriebenen Bodenfiltrationsanlage grundsätzlich größeres Vertrauen schenken als irgendeiner Berieselungsanlage und, wie ich hinzufügen kann, irgendeiner andern Abwasserreinigungsmethode überhaupt. Denn die nunmehr zu besprechenden künstlichen biologischen Methoden bieten keinerlei Gewähr für die Ausscheidung pathogener Mikroorganismen.

#### e) Künstliche biologische Verfahren.

Im Jahre 1892 wurde der 23. Bericht des Massachusetts State Board of Health veröffentlicht, in dem Versuche beschrieben sind, die während der Jahre 1889—1891 an Filtern ausgeführt waren, die aus Kies von 3—19 mm Korngröße hergestellt waren, und in denen man bis zu 1900 cbm pro ha, später nach Einführung künstlicher Lüftung sogar 3800 bis 4700 cbm pro ha täglich behandelt hatte. Das Bekanntwerden dieser Versuche hat in England zu Nachprüfungen Anlaß gegeben, welche sich von epochemachender Bedeutung erweisen sollten, indem sich aus denselben heraus das sog. künstliche biologische Verfahren entwickelte. Bislang habe ich die Grenze zwischen dem natürlichen und dem künstlichen biologischen Verfahren da suchen zu sollen geglaubt, wo man absah von der Verwendung des natür-

lich gewachsenen Bodens und die Filter oder »biologischen Körper« künstlich baute. Will man diese Unterscheidung aufrecht erhalten, so sind schon die in Massachusetts ausgeführten Versuche, sowie auch noch ältere Versuche in England als der Ausgangspunkt zu betrachten. Es will mir aber scheinen, als ob man ein zweites Charakteristikum zu berücksichtigen hätte. In Lawrence war man, wie wir eben gesehen haben, allmählich zur Anwendung von Filtermaterial gekommen, welches so grobkörnig war, daß die gewöhnliche Beschickungsart nicht mehr genügte. Das Abwasser verteilte sich nicht mehr genügend über den Filtern, sondern fiel dort, wo man es aufgofs, direkt durch die weiten Poren des Kieses hindurch, ohne gereinigt zu werden. Um eine gleichmäßige Verteilung zu erzielen, wurde zunächst eine Schicht Lehm über den groben Kies geschichtet. Der Erfolg war unbefriedigend. Nunmehr wurde ein automatisch wirkender Heber konstruiert, der in Zeitabschnitten von etwa 20—30 Minuten regelmäßig das Filter mit Abwasser begofs. Dabei kam man bei guten qualitativen Ergebnissen zu so hohen quantitativen Leistungen, wie sie noch nie zuvor bei der biologischen Abwasserreinigung zur Beobachtung gelangt waren. Die Berichte darüber erregten das Interesse des Oberingenieurs von London, Sir Alexander Binnie und des städtischen Ingenieurs von Salford, J. Corbett. Die Versuche, welche beide unabhängig voneinander in Angriff nahmen, haben eine vollständige Umwälzung auf dem Gebiete der Abwasserreinigung eingeleitet. Unabhängig hiervon sind die sehr interessanten Versuche Stoddarts ausgeführt worden, auf die ich noch zurückkomme.

Der historische Hergang der hier in Frage stehenden Ereignisse ist im Laufe der Jahre sehr verschieden dargestellt worden. Binnie hat später geäußert, er habe sich seit Jahren mit dem Studium der Frage befaßt, ob man nicht die 800 000 cbm Abwasser, die London täglich lieferte, und aus denen er alljährlich 2 Millionen tons Schlamm extrahierte, auf eine rationellere Weise reinigen könnte. Das Erscheinen des Massachusetts-Berichtes hätte in ihm die Hoffnung erweckt, daß man auf die dort beschriebene Weise event. zum Ziel gelangen könnte und deshalb hätte er die Anstellung von Versuchen angeordnet, die von dem Ingenieur Santo Crimp und dem Chemiker Dibdin unter seiner Leitung durchgeführt worden wären. Corbett befand

sich in Salford wohl in einer noch schlimmeren Lage als Binnie in London, denn ihm stand für die Aufnahme der Abwässer einer schnell wachsenden Industriestadt nur der Shipkanal zur Verfügung und es fehlte jede Möglichkeit zur Berieselung oder Bodenfiltration. Corbett betrachtete es als eine Hauptaufgabe, den Filtern, die er mit den größtmöglichen Abwassermengen belasten wollte, gleichzeitig viel Luft zuzuführen und hielt es deshalb ebenso, wie man es in Massachusetts getan hatte, für unerlässlich, den Abfluß der Filter vollkommen freizulassen. Seine ganzen Experimente richteten sich darauf, das Abwasser regenförmig verteilt auf die Filteroberfläche zu bringen. Zuerst versuchte er das mit Rinnen, die er bald einige Fuß über der Oberfläche anbrachte, um das Abwasser tropfenförmig auf das Filter herabfallen zu lassen. Auch konstruierte er etagenartig übereinanderliegende Horden, aus denen das Abwasser von einer Filterschicht auf die andere regenförmig hinuntertropfen sollte. Die Technik der Verteilung allmählich vervollkommnend, stellte er im Jahre 1894 Versuche mit Drehsprengern an und in demselben Jahre ging er zu fest montierten Zerstäubern (Sprengermundstücke, Spray jets) über. Als die Corbettschen Versuche mit den Zerstäubern bekannt wurden, die das Abwasser fontänenartig verteilten, veranlaßten sie bei den meisten Sachverständigen nur ein Kopfschütteln. Man hielt sie für eine kostspielige und unnütze Spielerei. Zurzeit halten einige der erfahrensten Ingenieure diese Corbettsche Verteilungsmethode, die inzwischen von anderer Seite noch weiter vervollkommen worden ist, für die beste, und zwar gerade für diejenige der heute bekannten Verteilungsarten, welche für großstädtische Betriebe in erster Linie in Betracht kommen könnte. Es gereicht mir zur besonderen Genugtuung, die Bedeutung der Versuche des bescheidenen Mannes, der mit seinen Prioritätsansprüchen nie hervorgetreten ist, an dieser Stelle in das richtige Licht setzen zu können.

Die Versuche in London und die sich daraus entwickelnde Technik sind im Laufe der letzten 15 Jahre allein in den Vordergrund getreten. Man hat geglaubt, daß die dort in der Reinigungsanlage zu Barking ausgeführten Versuche der alleinige Ausgangspunkt für das künstliche biologische Verfahren gewesen wären. Solange das noch zu beschreibende Füllverfahren im Vordergrund des Interesses stand, hatte eine solche Auffassung eine

gewisse Berechtigung, sofern man dabei im Auge behielt, daß diese Versuche eine direkte Fortsetzung der Franklandschen und der Massachusetts-Experimente waren. Nachdem aber seit einer Reihe von Jahren die kontinuierlich arbeitende Form des biologischen Verfahrens, das sog. Tropfverfahren, mehr hervorgetreten ist, wird man anerkennen müssen, daß die ganze, nach dieser Richtung hin entwickelte Technik auf die Interpretation zurückzuführen ist, welche Corbett den Massachusetts-Versuchen gab.

Stoddart scheint sich, wie wir noch sehen werden, nicht auf den Massachusettsversuchen, sondern direkt auf den Franklandschen fußend, noch früher mit ähnlichen Gedanken getragen zu haben, jedoch haben diese nicht eine solche praktische Bedeutung gewonnen wie die Corbettschen Versuche. Aus diesen heraus hat sich das Tropfverfahren entwickelt, aus den Londoner Versuchen das Füllverfahren.

### Füllverfahren.

Dem Entwicklungsgange folgend, den die künstlichen biologischen Methoden im praktischen Leben genommen haben, möchte ich zunächst die in London ausgeführten Versuche schildern: Im Juni 1890 wurden vier Holzkästen von je  $\frac{1}{200}$  acre (20 qm) Oberfläche hergestellt. Der erste Kasten wurde mit gebranntem Ton in erbsengroßen Stücken gefüllt, der zweite mit Steinen von derselben Größe, der dritte mit Koksgrus, der vierte mit Sand und Kies von verschiedener Korngröße. Dieses vierte Filter hatte das Abwasser vorzubehandeln für ein Polaritefilter. Das Abflußrohr der Kästen war so hoch geführt, daß die Filter bis zu ihrer Oberfläche mit Abwasser aufgefüllt und voll gehalten werden konnten, bei kontinuierlichem Durchfluß. Während 8 Stunden floß das Abwasser täglich durch die Filter hindurch; dann wurde der Zufluß abgestellt und wurden die Filter entleert. Auf diese Weise gelang es, die chemisch vorbehandelten Abwässer Londons während eines etwa dreimonatlichen Betriebes in ein nicht mehr fäulnisfähiges Produkt zu verwandeln. Man hielt die beschriebene Versuchsanordnung damals für eine direkte Nachahmung der Versuchsanordnung von Massachusetts. Santo Crimp hat sich dahin geäußert, er hätte lange darüber nachgedacht, wie

er die in Massachusetts zuerst ausgeführte automatische Beschickung mittels Siphons für gröfsere Anlagen am besten nachahmen könnte. Er sei dann zu dieser Versuchsanordnung gekommen. Während man in Massachusetts den Betrieb alle 20—30 Minuten unterbrach, und die Poren des Filters niemals mit Abwasser ganz ausgefüllt waren, liefs man in London, wie wir gesehen haben, die Filter 8 Stunden lang mit Abwasser ganz gefüllt. Die erzielten Resultate waren denn auch keineswegs so gut wie in Massachusetts. Man erachtete es aber als ausreichend für die Londoner Verhältnisse, wenn die Abflüsse nur der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich waren und die Filter sich nicht verstopften.

Im November 1892 entschlofs man sich, ein gröfseres derartiges Filter von 1 acre Oberfläche (0,4 ha) in einer Höhe von 3 Fufs aus Koksgrus herzustellen, den man mit einer Kieschicht von 3 Zoll überschichtete, damit die Koksstücke nicht aufgetrieben würden. Bei diesem gröfseren Filter kam man mit der geschilderten Betriebsart nicht zum Ziel. Das Filter verstopfte sich schnell und schon nach Ablauf von 6 Wochen rochen alle Abflüsse faulig. Nach 12 Wochen war das Filter schon fast undurchlässig geworden, obgleich es nur mit chemisch vorbehandeltem Abwasser beschickt worden war. Das Wasser stand schliesslich 6 Zoll über der Oberfläche des Filters.

Der von Dibdin erstattete offizielle Bericht besagt, dafs man um jene Zeit einzusehen gelernt hätte, dafs man zum Ziele nur kommen könnte, wenn der Betrieb intermittierend durchgeführt und wenn das Filter anfänglich schonender in Anspruch genommen würde, als es geschehen war. Das totgearbeitete Filter liefs man  $3\frac{1}{2}$  Monate ohne Beschickung stehen. Nach Ablauf von 3 Monaten begann der faulige Geruch desselben sich zu verlieren. Vom 17. November 1894 ab wurde das Filter mit Abwasser gefüllt und schon nach 2 Stunden wieder entleert. Bei dieser Betriebsanordnung erzielte man ausgezeichnete Erfolge. Die Leistungsfähigkeit des biologischen Körpers erwies sich so vielversprechend, dafs Dibdin der Stadt Sutton vorschlagen konnte, einschlägige Versuche mit Abwasser zu machen, das nicht chemisch geklärt war.

Nachdem Vorversuche, die man während des Jahres 1894 mit geklärten Abwässern in Sutton machte, günstig verlaufen

waren, wurden nach Dibdins Angaben biologische Körper aus gebranntem Ton hergestellt und mit Abwasser beschickt, das nur durch ein Gitter von gröberem ungelösten Stoffen befreit worden war. Die Beschickung erfolgte ebenso wie in dem großen Londoner Koksfilter, nämlich durch alternierende Füllung und Entleerung, eine Betriebsart, die zurzeit als Füllverfahren bekannt ist. In Sutton vermochte man, pro ha berechnet, täglich 8664 cbm Abwasser so weit zu reinigen, daß es der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich war. Die Oxydierbarkeit wurde um  $86\frac{1}{2}\%$  herabgesetzt. Die Abflüsse aus dem biologischen Körper wurden in einen aus Koksgrus hergestellten biologischen Körper geleitet und dort in derselben Weise einer zweiten Behandlung unterzogen. Die Abflüsse dieser zweistufigen Behandlung waren klar, farblos und geruchlos. Man berechnete, daß innerhalb 76 Versuchstagen 77 tons Schlamm in dem biologischen Körper zurückgehalten wurden und glaubte, dieser Schlamm würde in dem Körper zerstört, d. h. vergast und verflüssigt. Jedenfalls erschienen die Resultate so verheißungsvoll, daß Sutton die bis dahin angewendete chemische Klärmethode mit nachfolgender Rieselei aufgab und das neue Verfahren definitiv einführte. Bald wurden auch in Manchester, Leeds und andern englischen Städten ähnliche Versuche eingeleitet. Überall fanden sich die in London und Sutton gemachten günstigen Beobachtungen bestätigt.

Im Vergleich zu den Resultaten, zu denen man in Massachusetts gekommen war, bedeuten die hier in Frage stehenden englischen Versuche ohne Zweifel einen wesentlichen Fortschritt, wenigstens soweit die quantitativen Leistungen in Betracht kommen. In Massachusetts hat man mit der Bodenfiltration im praktischen Betriebe in der Regel nur eine Abwasserschicht von etwa 3 cm Höhe täglich gereinigt, bei den Experimenten in Lawrence eine Abwasserschicht bis zu 11,6 cm täglich, nach chemischer Vorbehandlung allerdings bis zu einer Höhe von 40 cm täglich. In Sutton wurde in einem nur 70 cm tiefen biologischen Körper eine Schicht nicht vorgeklärten Abwassers von 86 cm Höhe täglich behandelt und in ein fäulnisunfähiges Produkt verwandelt. Bei den Nachuntersuchungen in Leeds kam man auf 45 cm, nach Einführung des Faulverfahrens aber auf reichlich 80 cm, nach chemischer Vorbehandlung sogar auf



130 cm, in Manchester nach Behandlung im Faulbecken auf  $62\frac{1}{2}$  cm.

Diese Ergebnisse erregten von vornherein das Interesse der weitesten Kreise. Sie wurden nicht nur in Fachzeitschriften, sondern auch in Tagesblättern erörtert. Der Boden war dafür in England gut vorbereitet. Die Flüsse befanden sich dort trotz aller behördlichen Mafsnahmen in einem Zustande, der kaum besser war als 25 Jahre zuvor. Die Technik der Abwasserreinigung hatte sich schon lange auf einem toten Punkte befunden. Mit der Rieselei war man nicht weiter gekommen, und die chemischen Verfahren hatten versagt.

Da mußte natürlich das Herz eines jeden Stadtvaters vor Freude hüpfen, wenn ihm von anerkannten, in verantwortlicher Stellung befindlichen Sachverständigen erklärt wurde, jetzt sei es vorbei mit aller Abwasserkalamität. Die kostspieligen Palliativmittel, wie chemische Verfahren, für welche selbst kleine Städte, wie Sutton mit seinen 18 000 Einwohnern, jährlich 20 000 M. oder mehr aufgewendet hatten, ohne zum Ziel zu kommen, könnten nunmehr abgeschafft werden. Es sei eine Methode gefunden, die fast gar nichts koste, und die bei allgemeiner Einführung in England, wenn selbst nur die Hälfte der städtischen Abwässer dort damit behandelt würden, eine jährliche Gesamtsparsnis von wenigstens 60 Millionen Pfd. Sterling, also mehr als 1 Milliarde Mark, bedeuten würde.

Im Frühjahr 1897, als solche Wunderkunde verbreitet wurde, hatten sich auch die Hamburger Behörden mit Abwasserfragen schwierigster Natur zu beschäftigen. Das wegen seiner Schönheit weltberühmte große Alsterbassin wurde in seiner Reinheit und damit, weil es mitten in der Stadt liegt, auch in seiner Existenz gefährdet durch Ansiedelungen, die sich mit zunehmender Schnelligkeit in dem größtenteils einem andern Bundesstaat angehörigen Niederschlagsgebiet dieses Flüsichens entwickelten. Besonders bedrohlich wurden die Verhältnisse aber dadurch, daß diese Ansiedelungen, welche allmählich städtischen Charakter annahmen, zur Schwemmkanalisation übergingen, und die Einleitung des Kanalinhalt in die Zuflüsse der Alster, nach nur chemischer Klärung, seitens der zuständigen Aufsichtsbehörden genehmigt wurde. Binnen weniger Jahre würde Hamburg sich gezwungen gesehen haben, die Alster

zuzuwerfen, wenn solche Pläne zur Ausführung gekommen wären. Dieses Beispiel führe ich nicht an, weil ich es etwa für den wichtigsten einschlägigen Vorgang hielte, sondern nur um zu zeigen, daß die Abwasserreinigungstechnik zu jener Zeit eine empfindliche Lücke aufwies, die auch durch die vorhin beschriebene Bodenfiltration unter Verhältnissen, wie sie in Hamburg vorlagen, sich nicht überbrücken liefs. Bei Besichtigung der englischen Anlagen konnte ich mich davon überzeugen, daß mit dem merkwürdigen neuen Verfahren tatsächlich Leistungen erzielt wurden, die man bis dahin für völlig unmöglich hatte halten müssen. Die gesehenen Anlagen und der Betrieb derselben schienen sich an die Bodenfiltration so eng anzulehnen, daß ich mich veranlaßt sah, die beteiligten Sachverständigen zu fragen, was denn eigentlich das Neue an diesem Verfahren wäre. Die Zeitungen berichteten damals, das Verfahren sei neu insofern als man das Abwasser nicht mehr in ununterbrochenem Strome durch die Filter laufen liefse, sondern mit intermittierendem Betriebe, und daß die Filter mit Lebewesen geimpft würden, welche den an den Filtern haften bleibenden Schlamm verzehrten und dadurch die Verstopfung der Filter verhinderten, mit der man früher bei der Abwasserfiltration immer zu kämpfen hatte. Von diesen Lebewesen wurde gesagt »this is secured first by putting in organisms, which have the nasty taste to feed and thrive on refuse.« Man stellte sich also die Sache so vor, daß die Filter mit Bakterien geimpft würden, welche die organischen Stoffe aus dem Abwasser herausfräsen. Diese Arbeit sollte, wie man annahm, verrichtet werden, während die biologischen Körper mit Abwasser gefüllt waren. Nach Ablassen des gereinigten Abwassers sollte eine Ruhepause folgen »until the filth destroyers again get hungry and ready to perform their office.« Diese schlammfressenden Bakterien interessierten mich aus dem Grunde besonders, weil alle meine eigenen Versuche, Bakterien zu finden, mittels derer man die Zersetzung der gelösten organischen Stoffe in Abwässern beschleunigen könnte, durchaus ergebnislos gewesen waren. Es stellte sich denn auch heraus, daß nach dieser Richtung hin günstigere Ergebnisse auch in London nicht zu verzeichnen waren. Mit Bakterienreinkulturen wurde also gar nicht gearbeitet, sondern es handelte sich nur um theoretische Annahmen. Man

hatte nur bei dem Versuche, die damals bekannt gewordenen Experimente mit dem Lawrence-Filter Nr. 16a in größerem Mafsstabe nachzuahmen, den beschriebenen, etwas abweichenden Betriebsmodus angewendet und hatte mit Erfolg gröberes und anderweitiges Filtermaterial verwendet, nämlich Koks, Schlacke und Ziegelbrocken.

Ebenso wie man in Massachusetts geglaubt hatte, die Bakterien zerstörten die gelösten organischen Stoffe während der Zeit des Durchtretens des Abwassers durch den Boden, so glaubte man nunmehr in England, dafs die Bakterien diese Zersetzung bewirkten, während das Abwasser in den Füllkörpern stand. Dem Koks und den übrigen Materialien mafs man nur die Bedeutung bei, dafs sie als Haftpunkte für die Bakterien dienten, und dafs sie gleichzeitig das Abwasser in den Poren des Materials quasi tropfenförmig zur Verteilung brächten, so dafs jeder Tropfen gesondert von den Mikroorganismen angegriffen werden könnte. Aus solcher Auffassung heraus nannte man die Anlagen damals »Bakterienbeete« (bacteria beds), das Verfahren nannte man bakterielle Reinigung (bacterial treatment). Von der Energie der Mikroorganismen erwartete man eine Zersetzung der Stoffe in so weitgehendem Mafse, dafs mit einer Verschlammung der Filter überhaupt niemals zu rechnen wäre. Stellenweise wurde auch ausgesprochen, dafs der Sand und mineralische Detritus durch die Bakterien mit zerstört würden, so dafs selbst dadurch eine Verschlammung nicht zu befürchten wäre. Solche Ansichten konnten natürlich nicht ernst genommen werden. Wohl aber schien mir die Frage von eminenter Tragweite zu sein, ob die Zerstörung der organischen Stoffe tatsächlich durch die Mikroorganismen während des Vollstehens der Körper erledigt würde, und ob diese Zerstörung ohne Gefahr einer allmählichen Verschlammung der Füllkörper durchgeführt werden könnte. Zu diesen Fragen habe ich durch eine lange Serie von Experimenten Stellung genommen. Das Füllverfahren hat an praktischer Bedeutung erheblich verloren durch Ausbildung der leistungsfähigeren Tropfverfahren. Für diese neuere Methode sind aber die durch die Hamburger Experimente festgelegten Vorgänge von derselben wissenschaftlichen und praktischen Bedeutung. Deshalb möchte ich dieselben in ihren Grundzügen nachstehend schildern. Es handelt sich hier um Versuche, die in der Zeit von 1897 bis 1900 ausgeführt worden sind.

Zur Frage, ob die gelösten organischen Stoffe des Abwassers direkt angegriffen, zersetzt und mineralisiert werden während des Vollstehens der Füllkörper.

Staut man in einem mit Schlackenstücken angefüllten Becken Abwasser bis zur Oberfläche der Schlacke auf, um es nach Ablauf von einer oder mehreren Stunden zu entleeren, so erweisen sich die Abflüsse der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich und sie enthalten Nitrate, wenngleich die Zuflüsse frei davon waren. Falls solche Veränderungen auf direkte Zerstörung der gelösten organischen Stoffe durch Mikroorganismen zurückzuführen waren, so mußte sich nachweisen lassen, daß die Zersetzung eine allmählich fortschreitende wäre. Um diese Frage zu prüfen, wurden 6 gleich große Schlackekörper aus identischem Material hergestellt und täglich mit ein und demselben Abwasser gleichzeitig beschickt. Der erste Körper wurde  $\frac{1}{2}$  Stunde nach vollzogener Füllung entleert und untersucht, der zweite nach 1 Stunde usw. Die Ergebnisse waren die folgenden:

#### Plötzliche Abnahme der Oxydierbarkeit in Füllkörpern.

	Dauer des Vollstehens in Stunden	Versuchstag				Abnahme in Prozent am 6. Tage
		1.	2.	4.	6.	
Rohwasser filtriert. . .		363	492	372	457	
Abfluß aus Körper 1 . .	$\frac{1}{2}$	234	164	175	143	68,71
» » » 2 . .	1	141	147	163	126	72,43
» » » 3 . .	2	129	123	105	91	80,09
» » » 4 . .	4	115	111	99	80	82,49
» » » 5 . .	6		117	93	74	83,81
» » » 6 . .	12	111	70	70	63	86,21

Die Tabelle zeigt deutlich, daß die Herabsetzung der Oxydierbarkeit, die hier als Maßstab der eingetretenen Veränderung gelten sollte, sich an dem ersten Tage weit ungünstiger stellte als an dem darauffolgenden. Am sechsten Versuchstage waren die Körper so weit »gereift«, daß sie eine erhebliche Herabsetzung der Oxydierbarkeit ergaben. Schon innerhalb  $\frac{1}{2}$  Stunde sank diese von 457 mg auf 143 mg Permanganatverbrauch, also um 68,71 %. Die Abflüsse waren schon um

diese Zeit der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich. Während der folgenden Stunden entwickelte sich die Herabsetzung der Oxydierbarkeit allerdings weiter, aber in viel langsamerem Maße. Die Hauptreinigungswirkung hatte sich innerhalb der ersten halben Stunde vollzogen. Der Versuch wurde wiederholt in der Weise, daß das Abwasser in dem ersten Körper nur 5 Minuten stehen blieb, im zweiten 30 Minuten usw. Schon innerhalb 5 Minuten ergab sich bei diesen besser gereiften Körpern eine Herabsetzung der Oxydierbarkeit von 555,0 auf 93,5 mg Permanganatverbrauch, also um 83,2%. Die Hauptwirkung war also innerhalb der ersten 5 Minuten erzielt worden. Die Ausscheidung der gelösten fäulnisfähigen Stoffe geschieht also nicht allmählich, wie es geschehen mußte, bei einer direkten Zersetzungstätigkeit der Bakterien, sondern sie erfolgt plötzlich. Diese plötzliche Herabsetzung in der Abnahme der organischen Stoffe konnte also nicht auf direkte biologische Zersetzung zurückgeführt werden, sondern wir mußten nach einer andern Erklärung dafür suchen.

Auch der Ausfall des nachstehenden Versuches würde sich durch direkte bakterielle Zersetzung der gelösten organischen Stoffe nicht erklären lassen. Ein Schlackefilter wurde mit Ab-

#### Abnahme der Wirkung biologischer Körper bei Füllung ohne Ruhepause.

	Rohwasser	Abfluß					
		nach ein- stünd. Stehen im Oxyda- tionskörper	nach Durchlaufen des Oxydationskörpers				
			1. Fül- lung	2. Fül- lung	3. Fül- lung	4. Fül- lung	5. Fül- lung
Oxydierbarkeit, entspr. Kaliumper- mangnt. - Verbrauch mg pro Liter . . .	406	178	142	136	276	295	339
Abnahme der Oxydierbarkeit in Prozenten . . . .		56,2	65	66,5	32	27,3	16,5
Geruch . . . . .	fäkal.	moderig	moderig	moderig	schwach fäkal.	fäkal.	fäkal.

wasser gefüllt, nach einer Stunde entleert, darauf in ununterbrochenem Strome mit einer Abwassermenge beschickt, die genügte, um den Körper 5 mal zu füllen. Das Filter blieb fortgesetzt bis zur Oberfläche mit Abwasser gefüllt. Die erzielten Resultate sind aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich.

Durch einstündiges Stehen in dem Schlackefilter wurde das Abwasser in ein nicht mehr fäulnisfähiges und nicht mehr fäkalisch, sondern modrig riechendes Produkt verwandelt. Dasselbe Resultat erzielte man bei der zweiten Füllung, die sich

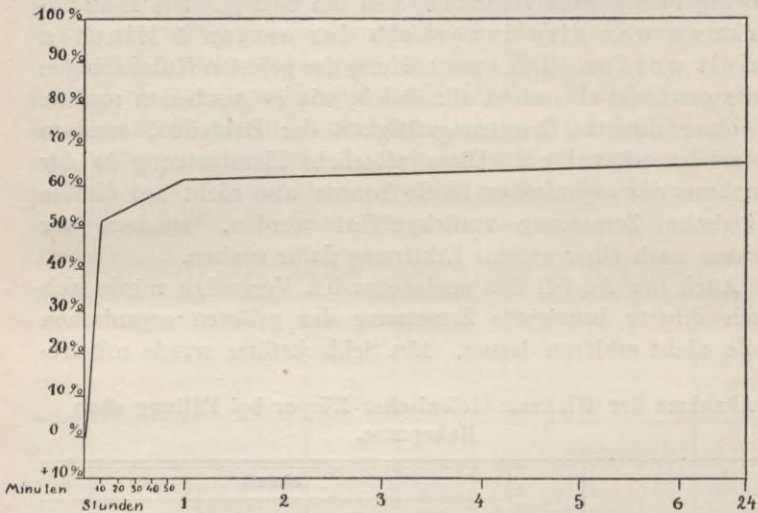


Fig. 88. Absorptionskurve von 0,1% Albuminlösung in steriler Schlacke.

sofort anschloß. Das Abwasser floß als ein nicht mehr fäulnisfähiges Produkt aus der Schlacke ab, obgleich es nur wenige Minuten darin verblieben war. Erst bei der dritten Füllung sank die reinigende Wirkung und lieferte das Filter ein Produkt, das schwach fäkalisch roch. Solche Wirkungen lassen sich schlechterdings durch die Annahme einer direkten Verzehung der Stoffe durch Bakterien in den Filtern nicht erklären, wohl aber durch die Annahme von Absorptionswirkungen. Von diesen weiß man, daß sie schnell, wie im vorliegenden Falle innerhalb weniger Minuten, eine erhebliche Menge gelöster organischer Stoffe aus einer Flüssigkeit auszuschleiden vermögen,

und daß diese Funktion sich bei wiederholter Beschickung mit derselben Schnelligkeit vollzieht, bis die Absorptionskräfte erschöpft sind. Dann müssen diese durch Mikroorganismen-tätigkeit regeneriert, d. h. die zurückgehaltenen organischen Stoffe müssen zersetzt und mineralisiert werden, ehe das Filter von neuem zu funktionieren vermag.

Bringt man in ein aus steriler Schlacke hergestelltes Filter eine Eiweißlösung, deren Gehalt an gelösten organischen Stoffen ungefähr demjenigen häuslicher Abwässer entspricht, und untersucht man die Flüssigkeit in Zeiträumen von wenigen Minuten bis zu einigen Stunden, so zeigt sich auch hier eine Ausscheidung der organischen Stoffe um 50 oder mehr Prozent innerhalb weniger Minuten, im Laufe der nächsten Stunden steigt die Wirkung viel langsamer (siehe vorstehende Kurve, Fig. 88.) Es wurde also ohne Anwesenheit irgendwelcher Bakterien dieselbe Wirkung erzielt wie bei Abwässern in biologischen Körpern.

Am leichtesten lassen sich solche Vorgänge unter Anwendung von Farbstoffen, z. B. Methylenblau, demonstrieren. Eine intensiv blau gefärbte Lösung davon wird durch einfaches Hindurchlaufen durch ein gereiftes Schlackefilter stark entfärbt und grünlich verfärbt; läßt man den Farbstoff aber zwei Stunden im Filter stehen, so ergibt sich ein fast völlig entfärbtes Produkt. Verfärbt man Abwasser mit ebenso konzentrierter Methylenblaulösung, so entfärbt es sich ebenfalls in ein bis zwei Tagen vollständig. Schüttelt man eine auf diese Weise entfärbte Probe, aber unter Luftzutritt, so färbt sie sich alsbald wieder blau. Auch nach wochenlanger Einwirkung tut sie das noch.

Anders verhalten sich die im Schlackefilter entfärbten Proben. Diese verfärben sich beim Schütteln unter Luftzutritt nicht mehr. Hier ist mithin der Farbstoff nicht, wie in der Abwasserprobe durch Bakterien reduziert, sondern er ist durch Absorptionswirkung im Oxydationskörper zurückgehalten worden. Versuche mit Fuchsin, Lackmus und andern ähnlichen Farbstoffen verliefen in derselben eindeutigen Weise.

Der weitaus größte Anteil der reinigenden Wirkung, welche das Abwasser während des Vollstehens in einem Schlackefilter erfährt, ist nach dem Gesagten zweifelsohne zurückzuführen auf Absorptionswirkungen (siehe S. 206). Daneben spielen sich allerdings bis zu einem gewissen Grade auch biologische Prozesse in

dem gefüllten Schlackefilter ab. Das läßt sich aus der Kohlensäurebildung entnehmen, die im gefüllten Körper vor sich geht. Ein Abwasser, welches freie Kohlensäure nicht enthielt, wies sofort nach Eintritt in den Körper 63,8 mg pro Liter auf und 4 $\frac{1}{2}$  Stunden später 115,1 mg. Zum näheren Studium dieses Vorganges liefs ich sieben Schlackefilter aus einem reifen Filter herstellen und eine Zeitlang täglich regelmäfsig mit Abwasser beschicken. Dann wurden sie gleichmäfsig energisch ausgespült und mit Abwasser beschickt. Das erste Filter wurde nach 5, das zweite nach 30 Minuten, das dritte nach einer Stunde entleert. Die erzielten Ergebnisse finden sich in nachstehender Tabelle wiedergegeben.

### Kohlensäurebildung in gefüllten biologischen Körpern.

	Dauer des Vollstehens	Kohlensäure mg im Liter			Oxydierbar- keitentspr. Kal. Per- manganat- verbrauch mg im Liter	Herab- setzung der Oxydierbar- keit in Pro- zenten
		ganz ge- bunden	frei und halb ge- bunden	frei		
Rohwasser Oxydationskörper:		101,2	132	30,8	397,5	
Nr. 1	5 Min.	110	178,9	68,9	82,6	79,2
» 2	30 »	112	208,3	96,3	82,6	79,2
» 3	1 Std.	110	214,1	104,1	82,6	79,2
» 4	2 »	101	217,1	116,1	81	79,7
» 5	3 »	112,2	243,5	131,3	80	79,9
» 6	6 »	114,4	249,3	134,9	84,5	78,8
» 7	12 »	116,6	272,8	156,2	80	79,9

Von ursprünglich 30,8 mg stieg der Gehalt an freier Kohlensäure innerhalb 5 Minuten auf 68,9 mg. Innerhalb 12 Stunden stieg er aber im vollstehenden biologischen Körper auf 156,2 mg im Liter. Die gebundene Kohlensäure vermehrte sich dagegen nicht in nennenswertem Mafse. Der erste plötzliche Anstieg ist durch Aufnahme von Kohlensäure zu erklären, die im Körper schon gebildet war. A priori könnte man annehmen, dafs auch die später hinzukommende Kohlensäure ähnlichen Ursprungs gewesen, jedoch langsamer in das Abwasser übergetreten wäre. In Versuchen, bei denen die Bakterientätigkeit ausgeschaltet war, wurde die nachträgliche Kohlensäureabgabe, wie wir noch sehen werden, während des Vollstehens auch beobachtet, jedoch



nicht in solcher Intensität. Hiernach müssen sich auch im gefüllten Oxydationskörper neben Absorptionswirkungen noch Zersetzungsprozesse abspielen. Im entleerten Körper nehmen diese aber unvergleichlich gröfsere Intensität an.

Bei dem eben beschriebenen Versuche ist auffallend, dafs zwar auch wiederum innerhalb 5 Minuten eine erhebliche Herabsetzung der Oxydierbarkeit erzielt wurde (79,2%), dafs bei längerem Vollstehen aber kein weiterer Rückgang zu beobachten war, wie man ihn sonst bei längerer Einwirkungsdauer findet. Es hängt das damit zusammen, dafs die Filter vor Beginn des Versuches mit dem Abwasser längere Zeit durchspült worden waren. Die mitgeteilten Versuchsergebnisse lassen darauf schliessen, dafs nicht die in der Flüssigkeit enthaltenen, gelösten organischen Stoffe unter Kohlensäurebildung zersetzt werden, sondern die vorher durch Absorption ausgeschiedenen. Denn die Oxydierbarkeit der im Filter stehenden Flüssigkeit blieb, nachdem sie innerhalb der ersten 5 Minuten um 79,2% herabgesetzt worden war, während der darauf folgenden 12 Stunden so gut wie unverändert. Der Kohlensäuregehalt stieg aber nicht unerheblich.

Bei Besprechung der Bodenfiltration wurde schon gezeigt, dafs, ganz entsprechend, auch nicht etwa der frei zirkulierende Sauerstoff verbraucht werden kann, sondern nur der durch Absorption vorher gebundene Sauerstoff, und dafs der Sauerstoff im vollstehenden Körper nicht absorbiert wird.

Durch die beschriebenen Versuche und durch andere Experimente, von deren Schilderung hier abgesehen werden mufs, hatte die schnelle Beseitigung der Fäulnisfähigkeit, welche Abwässer durch das sog. bakterielle Verfahren erfuhren, eine hinreichende Erklärung gefunden. Unsere Versuche hatten mich davon überzeugt, dafs dieser Wirkung nicht eine bakterielle Tätigkeit zugrunde lag, sondern Absorptionsvorgänge. Man hätte also das Verfahren zweckmäfsigerweise Absorptionsverfahren nennen können. Dieser Name würde aber vielen nicht verständlich gewesen sein. Mit Rücksicht auf die im vorigen Kapitel schon beschriebenen Oxydationsvorgänge habe ich deshalb den Namen »Oxydationsverfahren« in Vorschlag gebracht. Ohne Mikroorganismen-tätigkeit kommt man bei diesem Verfahren aber, wie wir im vorigen Abschnitt

gesehen haben und gleich noch weiter sehen werden, nicht zum Ziel. Es handelt sich also um ein biologisches Verfahren und man könnte, um es von den beiden schon besprochenen biologischen Verfahren, die als natürliche Verfahren gelten können, weil sie sich in dem von der Natur gegebenen Boden abspielen, unterscheiden als künstliche biologische Verfahren, weil künstlich hergerichtete Filter dazu benutzt werden. Im gewöhnlichen Leben spricht man aber bei der Berieselung und Bodenfiltration nicht von biologischen Verfahren und so wird auch eine Verständigung möglich sein, wenn man dieses neue Verfahren schlechthin »biologisches Verfahren« nennt.

Es empfiehlt sich nicht, die Anlagen als »Filter« zu benennen, da man von Filtern in der Regel nur ein mechanisches Zurückhalten ungelöster Stoffe erwartet. Dieses kommt bei dem biologischen Verfahren zwar auch in Betracht, das Hauptgewicht ist aber auf die Ausscheidung der gelösten organischen Stoffe zu legen. Es empfiehlt sich deshalb wohl, von »biologischen Körpern« zu sprechen. Das eben beschriebene Verfahren wurde ursprünglich als »intermittierendes«, dann als »Kontaktverfahren«, später noch mit anderen Namen bezeichnet. Im Hinblick auf die noch zu besprechende weitere Entwicklung der biologischen Abwasserreinigung empfiehlt es sich, von »Füllverfahren« zu sprechen und dadurch zu kennzeichnen, daß der biologische Körper bei dieser Methode mit Abwasser angefüllt wird, was bei den noch zu besprechenden anderen Ausbildungsformen nicht geschieht. Beim Füllverfahren kann man die biologischen Körper als »Füllkörper« bezeichnen.

Die oben besprochenen Versuche haben also ergeben, daß der weitaus größte Teil der gelösten organischen Bestandteile des Abwassers an der Oberfläche der Schlackekörper zunächst niedergeschlagen und dort festgehalten wird, und daß während des Vollstehens der Körper Zersetzungsprozesse sich nur in sehr geringem Maße abspielen, und zwar anscheinend nur in den vorher absorbierten, nicht aber in den in freier Lösung befindlichen Substanzen. Da die Absorptionswirkungen sich aber nach wiederholten Füllungen erschöpfen, so ist ein dauerndes Funktionieren nur möglich, wenn den Absorptionskräften während des Leerstehens der Körper Gelegenheit gegeben wird, sich zu regenerieren.

A priori war deshalb anzunehmen, daß die Periode des Leerstehens, oder besser gesagt, die »Lüftungsperiode« in biologischer Beziehung die wichtigste sein muß. Es stand nun zur Frage, wie man einen Einblick in diese Vorgänge gewinnen könnte.

Die Agrikulturchemiker pflegen den Grad der Zersetzungsvorgänge im Boden nach der Intensität der Kohlensäureproduktion zu bemessen. Wollny konnte feststellen, daß die Kohlensäureproduktion in dem Maße wuchs, wie dem Boden mehr organische Substanz zugeführt wurde. Sobald sich aber eine gewisse Menge Kohlensäure im Boden angehäuft hatte, hörte die weitere Zersetzung auf. Wollny meint, daß das keineswegs auf Sauerstoffmangel zurückzuführen gewesen wäre, denn nach Abzug des Volumens der entwickelten Kohlensäure sei noch ein genügendes Luftquantum in seinem Prüfungsapparat disponibel gewesen. Die gehemmte Tätigkeit der Mikroorganismen ließe sich also nur durch die angesammelte Kohlensäuremenge erklären. Die gleich zu besprechenden Versuche legen mir aber den Gedanken nahe, daß den von Wollny gemachten Beobachtungen doch wohl eine Erschöpfung des dargebotenen Sauerstoffvorrates zugrunde gelegen haben dürfte, und daß man bei einschlägigen Versuchen auf eine genaue Bestimmung des Sauerstoffgehaltes ebensowenig verzichten kann wie auf eine Untersuchung der gebildeten Kohlensäure.

Ich habe in tubulierten Fünfliterflaschen Füllkörper aus Schlacke herstellen und täglich einmal mit Abwasser beschicken lassen, das 4 Stunden darin verblieb. Die Entleerung wurde durch Zuleitung von einer von Kohlensäure befreiten Luft von 20,7% Sauerstoffgehalt bewerkstelligt. Dann blieben die Körper unter dichtem Verschluss der Zu- und Abflusöffnungen 6 Stunden leer stehen. Untersuchte man darauf Luftproben aus den Flaschen, so erwiesen sie sich regelmäÙig vollständig frei von Sauerstoff. Auch diese Flaschen wiesen ein erhebliches Luftquantum auf, Sauerstoff fehlte aber trotzdem vollständig darin. Dagegen enthielt die Luft 6,4—9,1% freie Kohlensäure, gelegentlich — und zwar bei Versuchen, wo nicht atmosphärische Luft, sondern Sauerstoff in die biologischen Körper geleitet worden war — sogar bis zu reichlich 35%, mithin einen weit höheren Kohlensäuregehalt, als Wollny bei seinen Experimenten angetroffen hatte.

Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft muß aber aus einem zweiten Grunde noch als unzureichend für die Beurteilung der sich abspielenden Zersetzungsvorgänge betrachtet werden. Verfasser liefs zwei Oxydationskörper in der eben besprochenen Weise herstellen, den einen aus Koks, den andern aus Kies, beide von 3 bis 5 mm Korngröfse. Beide wurden mit derselben Abwasserprobe beschickt, nach 4 Stunden entleert unter Zuleitung von Luft, die von Kohlensäure befreit war und 20,7 % Sauerstoff enthielt. Nach Ablauf einer 44 stündigen Lüftungsperiode wurde eine Luftprobe entnommen. Im Kokskörper erwies sie sich völlig frei von Sauerstoff und enthielt sie 3,2 % Kohlensäure. Im Kieskörper fanden sich dagegen noch 3,3 % Sauerstoff und 8,9 % Kohlensäure. In dem Kokskörper war ohne Zweifel nicht nur ebensoviel Kohlensäure wie im Kieskörper gebildet worden, sondern noch mehr. Das Koksmaterial hatte sie aber absorbiert und fester zurückgehalten, während der Kies sie leichter abgab.

Eine Abschätzung der Intensität der Zersetzungsprozesse an Hand des Sauerstoffverbrauchs scheint nach obigem auch nur zulässig in dem Falle, dafs es als ausgeschlossen gelten darf, dafs der vermifste Sauerstoff einfach durch Absorption gebunden wurde. Um hierüber Aufschluß zu erhalten, habe ich in tubulierten Fünfliterflaschen Füllkörper aus frisch geglühtem Koks bzw. Schlacke von 3—5 mm Korngröfse hergestellt und mit dest. Wasser beschickt. Nach 2 Std. wurden sie in der üblichen Weise unter Zuleitung kohlenensäurefreier Luft entleert. Nach 18- bzw. 20-stündiger Lüftungsperiode liefs sich in diesem Körper ein Sauerstoffgehalt von 18,2 bis 19 Volumenprozent feststellen. Die durch Absorption festgehaltene Sauerstoffmenge war also gering. Bei mehrfachem Füllen und Entleeren ergaben sich dieselben Resultate. Bis zu 2 $\frac{1}{2}$  Volumenprozent des zugeleiteten Luftsauerstoffs können also durch einfache Absorption verloren gehen, die nicht auf Rechnung biologischer Vorgänge gesetzt werden dürfen. Sobald anstatt frisch geglühter Schlacke Material aus einem gereiften biologischen Körper in sonst gleicher Versuchsanordnung verwendet wurde, wurde der ganze zugeführte Sauerstoff innerhalb einer 14 $\frac{1}{2}$  stündigen Lüftungsperiode vollständig verbraucht, auch in den Fällen, wo mit reinem Wasser, nicht aber mit Abwasser beschickt worden war. Wurde der Körper

eine Woche hindurch täglich mit destilliertem Wasser gefüllt und danach jedesmal unter Zuführung kohlenstofffreier Luft entleert, so fanden sich schliesslich nach 13stündiger Lüftungsperiode noch 2,6 Volumenprozent Sauerstoff. Erst nach einmonatlicher Fortsetzung des Versuches mit destilliertem Wasser war der Sauerstoffkonsum in diesem Körper allmählich bis auf 46% des zugeleiteten Volumens gesunken. Die ganze Zeit hindurch entsprach die Kohlensäurebildung dem Konsum an Sauerstoff. Die Kohlensäureproduktion schreitet auch nach vollständigem Verbrauch des in gasförmigem Zustande dargebotenen Sauerstoffs noch fort unter Verbrauch des von dem biologischen Körper absorbierten Sauerstoffs.

Bei einer Versuchsanordnung, wie der eben beschriebenen, tritt Salpetersäure in den Abflüssen nicht auf, solange man die Beschickung mit Abwasser vornimmt. Auch bei Beschickung mit destilliertem Wasser war die Sauerstoffsättigung anfänglich nicht hinreichend. Nach längerer Zeit erst, als ein erheblicher Rest freien Sauerstoffs in den Körpern verblieb, wurde Salpetersäure in den Abflüssen nachweisbar und zwar in steigenden Mengen.

In den Flaschen trat während der Lüftungsperiode infolge des Sauerstoffverbrauchs ein Vakuum auf, dessen Grösse der Intensität des Sauerstoffverbrauchs entsprach. In frischen, mit destilliertem Wasser gefüllten Kies- und Kokskörpern belief es sich auf 60 bis höchstens 90 ccm, bei gebrauchter Schlacke bis auf 220 ccm.

Aus den eben geschilderten Vorversuchen ergab sich, wie vorauszusehen war, dass der Lüftungsperiode eine eminente Bedeutung beizumessen ist. Beschickt man einen, in einer Flasche untergebrachten Füllkörper täglich mit Abwasser, so wird der Sauerstoff während einer Lüftungsperiode von 6 Stunden regelmässig vollständig verbraucht unter Bildung von Kohlensäure, die in dem Körper bis zu 8 oder 9% angetroffen wird. Die nachstehende Tabelle bringt die Ergebnisse eines entsprechenden Versuches.

Die Grösse des Sauerstoffkonsums muss, wenn wir die Ergebnisse des Versuches mit den vorhin mitgeteilten vergleichen, abhängig erscheinen von den in dem Füllkörper vorhandenen zersetzungsfähigen Substanzen. Die Grösse des Sauerstoff-

**Kohlensäureproduktion im reifen Füllkörper, der täglich einmal mit Abwasser beschickt wird.**

Dauer des		Sauerstoffrest in Volumpro- zenten des Luftgemenges	Sauerstoffver- brauch in Pro- zenten des zu- geführten Sauerstoffs	Kohlensäure in Volumen- prozenten des Luftgemenges
Vollstehens in Std.	Leerstehens in Std.			
2	3 1/2	8,2	60,4	4,1
2	4	8,2	60,4	6,3
2	6	Sp.	ca. 100	9,7
2	9	0	100	8,6
2	14 1/2	0	100	8,9
4	15 1/2	0	100	8,0
4	20	0	100	7,4
2	40 1/2	0	100	8,9

konsums bietet uns deshalb tatsächlich brauchbare Anhaltspunkte für die Beurteilung der Energie der Zersetzungsprozesse in Füllkörpern. Sie gibt uns unter Umständen einen zuverlässigeren Maßstab dafür als die Größe der Kohlensäureproduktion. Es empfiehlt sich aber, beide Faktoren gleichzeitig zu bestimmen.

Bei den beschriebenen Versuchen war jede Möglichkeit eines weiteren Zutritts von Sauerstoff zu den Oxydationskörpern während der Lüftungsperiode ausgeschlossen. Unter solchen Bedingungen erscheint die Ausdehnung der Ruhepause über sechs Stunden hinaus ohne Nutzen zu sein. In der Praxis ist der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs nicht in dem Maße erschwert. Das Auftreten eines nicht unbedeutenden Vacuums in unseren Flaschenkörpern deutet schon darauf hin, daß die Luft von dem Körper mit großer Energie nachgesogen wird. Wurde an den Flaschenkörper eine Zwölfliter-Reservefluchtflasche mittels engen Glasrohrs angeschaltet, so fehlten in dieser nach 22 stündiger Lüftungsperiode 348 ccm Sauerstoff. In der Luft des Flaschenkörpers war nach dieser Zeit Sauerstoff nicht nachweisbar. Der Körper hatte aus der Reserveflasche noch mehr Sauerstoff zu sich herübergerissen und verbraucht, als ursprünglich in ihm gewesen war. Aus einem der beschriebenen Flaschenkörper wurde das Abwasser abgelassen unter Zuleiten reinen Sauerstoffs anstatt atmosphärischer Luft. Nach der folgenden 144 stündigen Lüftungsperiode war

auch dieser Sauerstoff vollständig verschwunden, so dafs nicht einmal Spuren mehr nachweisbar waren, dagegen enthielt das vorhandene Luftgemisch dieses Mal 35,3% Kohlensäure. Beim Anschlufs von Reserveluftflaschen zeigten die Abflüsse des Flaschenkörpers Salpetersäure, während solche beim Fortlassen derselben stets gefehlt hatte. Die nitrifizierenden Organismen waren also während der monatelangen Versuche in dem Körper vorhanden gewesen, ohne dafs sich ihre Tätigkeit durch Anwesenheit von Salpetersäure in den Abflüssen dokumentierte. Eine oxydierende Tätigkeit werden sie ausgeübt haben, jedoch dürfte die gebildete Salpetersäure bei der ungenügenden Durchlüftung alsbald wieder reduziert worden sein.

Der beschriebene Versuch setzt aufser Zweifel, dafs ein mit der atmosphärischen Luft frei kommunizierender Füllkörper während der Lüftungsperiode nicht allein den in seinen Poren enthaltenen Sauerstoff verarbeitet, sondern auch darüber hinaus aus seiner Umgebung Sauerstoff mit grofser Energie an sich reifst. Es könnte also zur Frage stehen, ob es sich empfehlen würde, diese Vorgänge auf künstlichem Wege zu unterstützen.

Lowcock und Waring haben Vorschläge nach dieser Richtung gemacht. In der Praxis haben sie sich nicht bewährt, wegen der nicht unerheblichen Kosten und weil eine gleichmäfsige Verteilung der künstlich zugeführten Luft in den Füllkörpern schwer zu erzielen ist. Mir scheint bei Füllkörpern, wie sie oben beschrieben wurden, eine künstliche Luftzufuhr nicht vonnöten zu sein. Höchstens könnte sie in Frage kommen bei sehr feinen Körpern und Körpern von verhältnismäfsig grofser Höhenentwicklung, zumal, wenn sie in Räumen untergebracht sind, die für die natürliche Ventilation ungünstig liegen.

Nach einer längeren Betriebsperiode findet sich genügend zersetzbare organische Substanz in den Füllkörpern angehäuft, um Material für wochenlange Zersetzungs- und Oxydationsprozesse zu liefern. Läfst man einen in Betrieb gewesenen Füllkörper längere Zeit ohne Beschickung stehen, so gestalten sich die Oxydationsprozesse mit der Zeit so intensiv, dafs sich das Material in den tieferen Schichten des Körpers warm anföhlt. Wir haben Temperatursteigerungen bis zu 9 bzw. 10° C in solchen Körpern nachzuweisen vermocht. Aus den eben hervorgehobenen Tatsachen an und für sich schon geht die eminent praktische Bedeutung

der beschriebenen Feststellungen hervor. Es zeigt sich, daß die Lüftungsperiode nicht nur dazu dient, dem Körper so viel Luft zuzuführen, wie das abfließende Abwasser nach sich zieht. Das wurde angenommen von denen, welche die rein bakterielle Idee vertraten. Gerade fast ausschließlich in den Lüftungsperioden spielt sich, wie wir gesehen haben, und gleich noch des weiteren sehen werden, eine Tätigkeit ab, die als unentbehrlich bei der biologischen Reinigung gelten muß. Bei der Bodenfiltration erstreckt sich die Lüftungsperiode über die ganze Betriebszeit, abgesehen von den wenigen Minuten, während welcher das Abwasser durch das Filter hindurchfließt. Beim Füllverfahren unterbricht man die biologische Tätigkeit durch das Aufstauen des Abwassers in den Körpern. Dieser Akt ist den biologischen Prozessen direkt schädlich. Läßt man das Abwasser länger als 6 Stunden in einem gereiften Oxydationskörper stehen, so zeigen sich die ersten Anfänge unerwünschter Reduktionsprozesse. Die Abflüsse sind dann unter Umständen durch Schwefeleisen verfärbt und riechen nach Schwefelwasserstoff. Dieselbe Erscheinung findet man bei Füllkörpern, die zu große Höhenabmessungen haben im Verhältnis zu ihrer Korngröße, z. B. 2 m Höhe bei 3—10 mm Korngröße. Nach Ablassen des Abwassers liegen die Verhältnisse für den Luftaustausch bei richtig gebauten Füllkörpern günstiger als bei der Bodenfiltration. Während bei dieser der atmosphärische Sauerstoff nur unter Überwindung erheblicher Reibungswiderstände bis zu Tiefen von 50—60 cm hinuntergelangen kann, entwickeln sich die Diffusionsvorgänge bei einem Füllkörper in günstigster Weise, solange man dafür sorgt, daß sich die Oberfläche und die Poren des Füllkörpers nicht verschlickten. Es wäre durchaus verkehrt, anzunehmen, daß die in der direkt nachgesogenen Luft enthaltene Sauerstoffmenge genügt hätte. Während der ganzen Lüftungsperiode wird Sauerstoff aus der Umgebung energisch angesaugt und Kohlensäure von dem Füllkörper abgegeben.

Werfen wir nunmehr die Frage auf, ob es als bewiesen gelten darf, daß die beschriebenen Vorgänge als Ausdruck von biologischen Vorgängen aufzufassen sind, so ist zunächst darauf hinzuweisen, daß die Nitrifikationsprozesse bekanntlich schon jetzt allgemein auf Mikroorganismen-tätigkeit zurückgeführt werden. Chloroformiert man einen gut eingearbeiteten Füllkörper, so



sistiert man selbst die lebhaftesten Nitrifikationsvorgänge sofort. Nicht ganz so verhält es sich mit dem beschriebenen Sauerstoffkonsum und der Kohlensäureproduktion. Die höheren Lebewesen, welche sich in unseren Füllkörpern fanden, zeigten sich gegen Chloroformwirkung sehr empfindlich, sie starben schon bei geringsten Dosen ab, ebenso die nicht sporenbildenden Bakterien. Sporenbildner bleiben am Leben. Von der Sporenform ist aber ein lebhafter Gasaustausch nicht zu erwarten. Ebenso wie Chloroform wirkt Sublimat. Dennoch zeigten Füllkörper, die unter dem Einfluss von Desinfektionsmitteln standen, und bei denen jede Lebensäußerung gehemmt war, einen nicht unbeträchtlichen Sauerstoffkonsum und Auftreten gewisser Kohlensäuremengen.

**Sauerstoffkonsum und Kohlensäureproduktion in Füllkörpern unter dem Einflusse von Desinfektionsmitteln.**

	Oxydationskörper	Versuchstag		
		1.	2.	3.
Sauerstoffverbrauch in Prozenten des dargebotenen Sauerstoffs	reifer	30,4	6,3	11,1
	frischer	10,6	13	9,2
Kohlensäureproduktion in Volumenprozenten . . . . .	reifer	3,1	2,6	1,1
	frischer	0	0	0
Herabsetzung der Oxydierbarkeit in Prozenten . . . . .	reifer	81,8	73,7	
	frischer	64,0	65,9	

Jede Lebensäußerung war durch Sublimat 1 : 1000 gehemmt. Der hohe Rückgang der Oxydierbarkeit lässt sich durch Absorptionswirkung ohne weiteres erklären. Dafs am ersten Versuchstage noch ein Drittel der ganzen zugeführten Sauerstoffmenge innerhalb 20stündiger Lüftungsperiode verbraucht wurde, lässt sich ebenfalls durch Absorption erklären. Die Sauerstoffabsorption sank am zweiten und dritten Tage aber schon bis zu einem Punkte, der übereinstimmte mit der Absorption in frischen, nicht gereiften Füllkörpern. An Kohlensäure fanden sich am ersten Tage noch 3,1 Vol.-% am zweiten 2,6, am dritten 1,1, während frische Füllkörper Kohlensäure überhaupt nicht abgaben. Diese Kohlensäureproduktion mufs also wohl durch chemische bzw. physikalische

Vorgänge bedingt worden sein. Man könnte wohl an eine Zersetzung durch Enzyme denken, die sich nachgewiesenermaßen in dem Benetzungshäutchen der Füllkörper finden, auch bietet die in diesem Benetzungshäutchen angehäuften organische Substanz ein zersetzungsfähiges Material. An ein direktes chemisches Austreiben der Kohlensäure ist hier nicht zu denken. Wohl aber in einem andern Versuch, wo die Sterilisation der Abwässer durch  $\frac{1}{2}$  proz. Schwefelsäure bewirkt worden war. Dabei ergaben sich am ersten Versuchstage 19,5, am zweiten 16,7 und am dritten 9,1 Vol.-% Kohlensäure.

Dafs der Sauerstoff erst in dem Füllkörper absorbiert werden mufs, ehe er wirksam wird, wurde im vorigen Abschnitt schon durch Schilderung eines einschlägigen Experimentes nachgewiesen. Durch die Tätigkeit der Mikroorganismen entsteht also ein Defizit an absorbiertem Sauerstoff, der sich bei Zufuhr von Sauerstoff ergänzt und zu einem Sauerstoffkonsum führt, selbst noch nach Ausschaltung der biologischen Vorgänge.

Aus obigen Darlegungen läfst sich ohne weiteres entnehmen, dafs man Füllkörper im Notfalle mehrere Male hinter einander ohne Lüftungsperiode beschicken kann, ohne dafs die Abflüsse fäulnisfähig werden. Andererseits geht aus unseren Versuchen auf das klarste hervor, dafs man von dieser Möglichkeit nur im Notfalle Gebrauch machen sollte, weil sich sonst zu viel unzersetzte organische Materie in dem Füllkörper anhäuft. Solche Ansammlungen vergrößern selbsttätig die Intensität der Absorptions-Zersetzungs- und Oxydationsvorgänge, jedoch nicht in genügendem Mafse, um die Folgen der Überanstrengung ganz auszugleichen. Man sollte deshalb auf vorübergehende starke Inanspruchnahme längere Ruheperioden folgen lassen. Dieses sollte schon aus dem Grunde geschehen, weil die Kohlensäureanhäufung der Verwitterung des Materials Vorschub leistet.

Die beschriebenen Versuche haben aufser der Aufklärung, welche sie über die Bedeutung der Lüftungsperioden gaben, auch nach einer andern Seite hin Aufschlüsse gebracht. Sie bieten nämlich Anhaltspunkte dafür, wie das zum Bau von biologischen Körpern bestimmte Material auszuwählen sei. In erster Linie kommt es auf eine möglichst kräftige Entfaltung von Absorptionskräften an. Zweitens ist Wert zu legen auf Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterungsvorgänge. Die

organischen Substanzen zeigen hervorragende absorbierende Eigenschaften. Man könnte deshalb meinen, daß jedes beliebige Material sich gleich gut zum Aufbau von biologischen Körpern eignen müsse, nachdem es bis zu einem gewissen Grade verschlammt ist. Bei gewissen Materialien folgt aber, wie wir noch sehen werden, die Verstopfung des Körpers dem Reifwerden auf dem Fusse. Bei anderen Materialien ist das nicht in demselben Maße der Fall. Man muß also ein Material herauszufinden suchen, welches sowohl qualitativ wie auch quantitativ zufriedenstellend arbeitet.

Die Absorptionskräfte sind abhängig von der Größe der Oberfläche. Je feinkörniger das Material, um so größer ist die Oberfläche. Die Korngröße muß also einen erheblichen Einfluss auf die Wirkung biologischer Körper haben. Untersuchungen hierüber habe ich sowohl in geschlossenen Körpern ausgeführt — weil auf eine Prüfung des Gasaustausches Wert zu legen war — wie auch gleichzeitig in offenen, dem freien Luftzutritt zugänglichen Körpern, die aus identischem Material hergestellt waren. Zum Vergleich wurde herangezogen Koks und Elbkies, d. h. ein fester, reingewaschener, aus fast runden Körnchen bestehender Kies. Das Material wurde durch Siebsätze getrennt in Bestandteile von 2—3 mm, 3—5 usw. bis 10—20 mm, wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich. Aus den einzelnen Bestandteilen wurden die Füllkörper hergestellt und täglich mit identischen Abwasserproben beschickt. Nach 4stündigem Vollstehen wurden die Körper entleert, nach 20stündiger Lüftungsperiode wieder gefüllt. Die Ergebnisse in bezug auf Sauerstoffkonsum, Kohlensäureproduktion und Herabsetzung der Oxydierbarkeit finden sich für den zweiten und für den neunten Versuchstag in der Tabelle.

Je feiner das Korn, um so größer die Herabsetzung der Oxydierbarkeit. Bei 2—3 mm von Anfang an 52,8%, bei 10—20 mm 44,7%. Dementsprechend gestaltet sich auch der Sauerstoffverbrauch in den feineren Körpern stärker als in den gröberen. Er belief sich in den feinkörnigen von vornherein auf 62,3%, bei den größten auf 30%. Nach 9tägiger Einarbeitung verbrauchte der feinkörnige Körper schon 94,7%, der größte Körper 63,8%. Entsprechend sind die Werte der Kohlensäureproduktion.

## Einfluss der Korngröße. Versuche mit Elbkies.

Korngröße	Oxydierbarkeit, entspr. Kaliumpermanganatverbrauch mg pro Liter	Herabsetzung der Oxydierbarkeit in %	Sauerstoffkonsum in % der dargebotenen Sauerstoffmenge	Kohlensäureproduktion. Volumenprozent des Luftquantums
-----------	---	--------------------------------------	--	--

2. 11. 1899. — 4 Stunden gefüllt, 20 Stunden leer (Luftabschluss während der Lüftungsperiode).

Rohwasser . . . . .	498,8			
Abfluss aus Kies 2—3 mm	235,4	52,8	62,3	5,2
„ „ „ 3—5 „	241,6	51,6	46,4	3,9
„ „ „ 5—7 „	257,1	48,5	32,4	2,6
„ „ „ 7—10 „	262,6	47,6	35,7	3,3
„ „ „ 10—20 „	275,7	44,7	30	3,1

9. 11. 1899. — 4 Stunden gefüllt, 20 Stunden leer (Luftabschluss während der Lüftungsperiode).

Rohwasser . . . . .	437,5			
Abfluss aus Kies 2—3 mm	199	54,5	94,7	10,3
„ „ „ 3—5 „	217,2	50,4	80,7	9
„ „ „ 5—7 „	224,8	48,6	65,2	7,2
„ „ „ 7—10 „	238,5	45,5	64,7	7,3
„ „ „ 10—20 „	252,7	42,2	63,8	8,6

Die nächste Tabelle bringt die entsprechenden Resultate für die Kokskörper, die zu derselben Zeit in Betrieb genommen und mit demselben Abwasser beschickt wurden wie die Kieskörper. Die Herabsetzung der Oxydierbarkeit beträgt bei dem feinsten Körpermaterial von Anfang an schon 67,7%, bei dem größten 48,6%. Nach 9 Tagen haben sich die Resultate nicht verändert. Das hängt zusammen mit der mangelhaften Versorgung mit Sauerstoff, wie die gleich zu erwähnenden Versuche mit den offenen Körpern zeigen werden.

Der Sauerstoffkonsum beträgt bei dem feinsten Körper 74,4, bei dem größten 42%, ist also auch höher als bei Kieskörpern. Kohlensäure wird vom Koks jedoch in geringeren Mengen abgegeben als vom Kies, weil der Koks die Kohlensäure fester absorbiert als der noch nicht eingearbeitete Kies. Nach 9 tägigem

## Einfluss der Korngröße. Versuche mit Koks.

Korngröße	Oxydierbarkeit, entspr. Kaliumpermanganatverbrauch mg pro Liter	Herabsetzung der Oxydierbarkeit in %	Sauerstoffkonsum in % der dargebotenen Sauerstoffmenge	Kohlensäureproduktion. Volumenprozent des Luftquantums
-----------	---	--------------------------------------	--	--

2. 11. 1899. — 4 Stunden gefüllt, 20 Stunden leer (Luftabschluss während der Lüftungsperiode).

Rohwasser . . . . .	498,8			
Abflufs aus Koks 2—3 mm	161,1	67,7	74,4	3,7
„ „ „ 3—5 „	198,3	60,1	57	2,1
„ „ „ 5—7 „	204,5	59	52,2	1,6
„ „ „ 7—10 „	204,5	59	45,9	1,6
„ „ „ 10—20 „	257,1	48,6	42	2,2

9. 11. 1899. — 4 Stunden gefüllt, 20 Stunden leer (Luftabschluss während der Lüftungsperiode).

Rohwasser . . . . .	437,5			
Abflufs aus Koks 2—3 mm	150,4	65,6	100	6,9
„ „ „ 3—5 „	186,8	57,8	84,1	5,4
„ „ „ 5—7 „	189,9	56,6	71	4,9
„ „ „ 7—10 „	214,2	51	61,8	5,1
„ „ „ 10—20 „	214,2	51	59,9	5

Betriebe absorbierte der feinste Körper 100% des dargebotenen Sauerstoffs, der gröbste 59,9%.

Hiernach sind nicht allein die Absorptionswirkungen, sondern auch die Zersetzungsvorgänge intensiver in feinerem Material, als in gröberem und stärker ausgesprochen bei Koks, als bei Kies. Die Ergebnisse, die mit den gleichzeitig beschickten offenen Körpern erzielt wurden, finden sich in der nachstehenden Tabelle.

Der feinste Koks zeigt eine Herabsetzung der Oxydierbarkeit von 70,2%, der gröbste von 51, der feinste Kies von 61,8%, der gröbste von 46,5.

Dafs aus Koks hergestellte biologische Körper intensiver wirken als aus Kies hergestellte, hatte sich schon praktisch nachweisen lassen. Allgemein führt man das darauf zurück, dafs der Koks poröser ist als Kies. Die vielen Höhlungen und Gänge

**Einfluß der Korngröße. Versuche mit Koks und Kies  
bei freiem Luftaustausch.**

Rohwasser mg Kal.-Permanganat- verbrauch pro Liter	Offener Oxydationskörper	Geschlossener Oxydationskörper
	437,5	437,5
	Herabsetzung der Oxydierbarkeit in Prozenten	
Koks 2—3 mm	70,2	65,6
› 3—5 ›	69,0	57,8
› 5—7 ›	64,6	56,6
› 7—10 ›	62,5	51,0
› 10—20 ›	51,0	51,0
Kies 2—3 ›	61,8	54,5
› 3—5 ›	61,8	50,4
› 5—7 ›	57,0	48,6
› 7—10 ›	56,6	45,5
› 10—20 ›	46,5	42,2

im Koks sollen mit ihrer großen Oberflächenentfaltung günstige Haftpunkte für Mikroorganismen bieten und sie vor Abspülung schützen. Sie sollen die Luft besser zurückhalten usw. Folgendes Experiment sollte darüber entscheiden, ob solche Annahmen richtig wären.

Es wurden Füllkörper hergestellt aus Bimsstein und frischer Schlacke gleicher Korngröße. Bimsstein war poröser als die Schlacke. Aus der nachstehenden Tabelle geht hervor, daß die

**Bimsstein- und Schlacken-Oxydationskörper von gleicher  
Korngröße.**

Nummer der Füllung	Rohwasser	Bimsstein- abfluß	Schlacken- abfluß	Bimsstein- abfluß	Schlacken- abfluß
	mg Kal.-Permanganatverbrauch pro Liter			Herabsetzung der Oxydier- barkeit in Prozenten	
1	272	223	233	18,0	14,3
4	277	215	191	22,4	31,0
12	280	194	146	30,7	47,8
16	206	109	68	47	67
23	319	134	78	58	75,5
34	329	181	88	45	73,2
50	408	151	89	63	77,7

Oxydierbarkeit schon am 4. Versuchstage bei der Schlacke intensiver wurde als beim Bimsstein, und dafs der Bimsstein hinter Schlacke auch später zurückblieb. Z. B. wurde die Oxydierbarkeit am 12. Tage im Bimsstein um 30,7% herabgesetzt, in der Schlacke um 47,8, bei der 50. Beschickung durch den Bimsstein um 63%, durch die Schlacke um 77,7%.

Die Porosität ist hiernach nicht von so entscheidender Bedeutung, wie allgemein angenommen wurde.

Es stand also zur Frage, ob nicht vielleicht die chemische Zusammensetzung des Körpermaterials von Einfluß wäre. Die von uns gebrauchten Koks- und Schlackeproben wiesen alle einen beträchtlichen Eisengehalt auf. Beschickte man Füllkörper mit verhältnismäßig großen Abwassermengen unter Verhinderung des Sauerstoffzutritts, so zeigten sich in den Abflüssen aus Koks- und Schlackekörpern bis zu 40 mg Eisen im Liter, während das zugeführte Abwasser weniger als 1 mg Eisen enthielt. Bei normalen Betrieben schieden die Füllkörper kein Eisen aus oder nur Spuren davon. Die große Fähigkeit des Eisens, Sauerstoff zu binden und an reduzierende Stoffe wieder abzugeben, liefs erwarten, dafs das Eisen auch in den Füllkörpern eine nicht unbedeutende Rolle spiele. Folgender Versuch sollte über diese Frage Aufschluß geben:

Aus Elbkies von 5—7 mm Korngröfse wurden zwei Füllkörper hergestellt. In dem einen wurden kleine schmiedeeiserne Nägel gleichmäfsig verteilt, der andere erhielt keinen Eisenzusatz. Beide Körper wurden täglich mit identischem Abwasser beschickt. In dem mit Nägeln beschickten Körper, verloren die Kieselsteinchen allmählich ihre weifse bzw. gelbliche Farbe und sie überzogen sich mit einer gleichmäfsig braunen Schicht von Eisenhydroxyd. Gleichzeitig wurde ein Kokskörper in derselben Weise in Betrieb genommen und ein Kieskörper, dem Muschelkalk in der Form von Austernschalen zugesetzt war.

Aus der nachstehenden Tabelle geht hervor, dafs der mit Nägeln versetzte Kies eine stärkere Herabsetzung der Oxydierbarkeit bewirkte als der nicht mit Nägeln versetzte, 59 gegen 48,5%. Er wirkte ebenso stark wie der Kokskörper. Der Sauerstoffkonsum belief sich bei Eisenzusatz auf 91,8%, ohne Eisenzusatz auf 32,4%. 7 Tage später sind die Resultate noch fast unverändert, weil die Sauerstoffzufuhr bei diesem Versuch natur-

## Einfluß von Eisen und Kalk auf die Wirksamkeit von Füllkörpern.

Korngröße	Oxydierbarkeit entspr. Kaliumpermanganatverbrauch, mg pro Liter	Herabsetzung der Oxydierbarkeit in Prozenten	Sauerstoffkonsum in Prozenten der dargebotenen Sauerstoffmenge.	Kohlensäureproduktion Volumensprozent des Luftquantums
2. 11. 1899.				
Rohwasser . . . . .	498,8			
Kies 5—7 mm . . . . .	257,1	48,5	32,4	2,6
› 5—7 › + Nägel . . . . .	204,5	59	91,8	2,9
Koks 5—7 › . . . . .	204,5	59	52,2	1,6
Kies 5—7 › + Muschelkalk	247,8	50,3	36,7	2,7
9. 11. 1899.				
Rohwasser . . . . .	437,5			
Kies 5—7 mm . . . . .	224,8	48,6	65,2	7,2
› 5—7 › + Nägel . . . . .	188,4	57	100	4,7
Koks 5—7 › . . . . .	189,9	56,6	71	4,9
Kies 5—7 › + Muschelkalk	220,3	49,65	70	7,3

gemäß nur eine beschränkte sein konnte. In offenen Körpern wurden folgende Ergebnisse erzielt:

## Einfluß von Eisen auf die Wirkung von Füllkörpern.

Korngröße	Betriebsmonat	Oxydierbarkeit mg Kaliumpermanganatverbrauch pro l		
		Rohwasser	Abfluß	Herabsetzung in Prozenten
Kies 5—10 mm . . . . .	1	302	134	55,6
	2	318	108	66,0
	3	336	108	67,9
	4	360	125	65,3
Kies 5—10 mm + 1% Eisen	1	302	127	57,9
	2	318	94	70,4
	3	336	87	74,1
	4	360	97	73,1

Hiernach ist nicht zu bezweifeln, daß ein gewisser Gehalt der Füllkörper an Eisen die gewünschten Absorptions- und dadurch indirekt auch die Oxydationsvorgänge begünstigen.



Dafs wir beim Bimsstein nicht so gute Resultate erzielten wie beim Koks, ist darauf zurückzuführen, dafs der verwendete Bimsstein völlig frei war von Eisen, während der Koks Eisen in auferordentlich günstiger Verteilung enthielt. Selbst in einem völlig glattwandigen, nicht porösen Material, wie Flusksies, läfst sich durch Hinzufügung von Eisen eine beträchtliche Steigerung der Absorptionswirkung erzielen. Ein solcher Eisenzusatz mufs aber mit Vorsicht bewirkt werden, weil er sonst eine schnelle Verstopfung des Füllkörpers begünstigt.

Wiederholt ist die Meinung vorgetragen worden, ein gewisser Kalkzusatz zu den Füllkörpern erhöhe deren Wirkung. Auch suchte man durch Kalkzusatz zu den Abwässern zu besseren Resultaten zu gelangen. Die Tabelle auf S. 252 zeigt, dafs bei unseren Versuchen durch Zusatz von Kalk keine günstige Beeinflussung des biologischen Prozesses erzielt werden konnte. Ein Kalkzusatz zu den Abwässern dürfte nur vorteilhaft wirken durch Ausfällung und Fernhaltung der ungelösten Stoffe von dem Füllkörper, auferdem in den seltenen Fällen, wo die Abwässer von Natur sauer reagieren, denn in sauren Abwässern zeigt sich der Absorptionsvorgang erheblich beeinträchtigt.

Die Reifung der Körper. Dafs frische biologische Körper gleich nach Inbetriebsetzung ein der Fäulnis nicht mehr zugängliches Produkt nicht liefern, ist allgemein bekannt. Jedoch hat sich gezeigt, dafs Kokskörper von vornherein besser arbeiten als Kies. Die Hauptgründe dafür sind durch die vorstehenden Versuche festgestellt worden. Im Laufe der ersten Betriebswochen wird die reinigende Wirkung der biologischen Körper von Tag zu Tag intensiver. Das erklärt sich in folgender Weise: 1. Die absorbierten Substanzen schlagen sich auf den einzelnen Körnern des biologischen Körpers nieder. Der beschriebene Versuch, bei dem der Kies sich mit Eisen bald inkrustierte, das von den Nägeln gelöst war, läfst dies erkennen. 2. Die in den biologischen Körper eindringenden, ungelösten Stoffe und die durch Absorption in ihm niedergeschlagenen Abwasserbestandteile werden nicht vollständig zersetzt, sondern nur ihrer leicht zersetzbaren Bestandteile beraubt. Ein nicht unerheblicher Bruchteil von humusartigem Charakter bleibt an der Oberfläche des Kieses und der Schlacke haften und steigert, ebenso wie das Eisen, die absorbierende Wirkung des Körpers. Der schleimige, schmierige Charakter

dieses Überzuges, dem wir im vorigen Kapitel den Charakter eines Benetzungshäutchens beimatsen, wird noch ausgeprägter durch das Hinzutreten von Mikroorganismen und höheren Lebewesen, sowohl pflanzlicher wie tierischer Natur, die den biologischen Körper bald zu bevölkern beginnen. Bei Füllkörpern nisten sich die höheren Lebewesen vorwiegend nahe der Oberfläche ein, wo ihnen eine genügende Menge Sauerstoff geboten wird und wo sie ihre Nahrung finden in dem sich ansammelnden Schlamm, den sie mit erstaunlicher Kraft auseinanderzerren und auflockern.

Die ganze Entwicklung dieser Vorgänge ist so zweckdienlich, daß man beim Studium des Verfahrens immer wieder den Eindruck bekommt, als ob dasselbe von Natur zu solchen Zwecken bestimmt wäre. Die gesamten, vorhin geschilderten chemischen und biologischen Vorgänge vereinigen sich dazu, die Energie des biologischen Körpers in bezug auf Ausscheidung der gelösten organischen Stoffe zu vermehren.

Die Lebewesen pflanzlicher und tierischer Natur suchen sich, man möchte sagen, mit strategischem Geschick ihre Angriffspunkte, um die festgehaltenen Stoffe zu zersetzen. In dem Maße, wie diese Wirkungen wachsen, wird mehr Sauerstoff nötig und der Reifungsprozefs schafft Bedingungen, durch welche der Sauerstoff mit immer größerer Energie aus der Luft angesogen wird. Durch die Wärme, welche durch den Oxydationsprozefs frei wird, werden diese Diffusionsvorgänge sehr wirksam unterstützt. Der eintretende Sauerstoff wird mit stetig wachsender Gier von dem Benetzungshäutchen angerissen.

Die Natur bietet also alle diejenigen Mittel, welche für den Erfolg notwendig sind. Nötig ist nur, daß nun auch der Mensch das Seine tut, daß er sucht, sich ein Verständnis für die geschilderten Vorgänge anzueignen, damit er den biologischen Prozefs durch Eingreifen in der richtigen Weise und an der richtigen Stelle unterstützt, ihn nicht aber stört, wie es bei vielen Anlagen tatsächlich geschehen ist. Am meisten ist hierbei gesündigt worden dadurch, daß man die Bedeutung der Ruheperioden unterschätzte und glaubte, die Anlage sei in Ordnung, solange sie nicht fäulnisfähige Produkte lieferte. Wir haben aber gesehen, daß eine biologische Anlage sozusagen zu vergleichen ist mit einem edlen Rennpferde, das oft mehr zu leisten sucht, als es leisten kann. Sie fährt fort, die organischen Stoffe aus dem

Abwasser auszuschcheiden, selbst nachdem der Zeitpunkt gekommen ist, wo sie sie nicht mehr zersetzen und mineralisieren kann. Dann häufen sich die unzersetzten Stoffe in den Poren der Körper an. Der Körper wird undurchlässig, der Sauerstoff kann nicht mehr hinzutreten, die höheren Lebewesen sterben ab, die Zersetzungsvorgänge lassen nach, der Körper ist »totgearbeitet«.

Die Überanstrengung biologischer Körper führt, wie aus unseren geschilderten Versuchen hervorgeht, zu einer Anhäufung von Kohlensäure in ihm. Dadurch wird den Verwitterungsprozessen des Gesteins erheblich Vorschub geleistet. Wie schnell die Folgen einer Überanstrengung sich bei Füllkörpern entwickeln, läßt sich daraus ersehen, daß ein solcher Körper bei uns nach täglich 6 maliger Füllung schon bei der 150. Füllung  $\frac{2}{3}$  seiner Aufnahmefähigkeit verloren, bei täglich einmaliger Füllung aber nach 300 Tagen nur 6% seiner Aufnahmefähigkeit eingebüßt hatte. Kieskörner stehen anfänglich in ihrer Absorptionswirkung hinter Kokskörpern zurück. Nach Reifwerden arbeiten auch sie gut. Überanstrengt man sie, so erfolgt das Einarbeiten infolge der Anhäufung unzersetzter organischer Materie in ihnen schneller. Der Reifung folgt aber in solchen Fällen die Verstopfung, »das Totarbeiten« auf dem Fulse. Bei Koks und Schlacke zeigen sich solche Folgen nicht so schnell. Je feiner das Korn ist, um so intensiver ist, wie wir gesehen haben, die reinigende Wirkung, um so leichter verstopft sich aber auch der Körper.

#### Einfluss der Korngröße und der Struktur auf die Aufnahmefähigkeit und den Reinigungseffekt.

		Millimeter Korngröße					
		2—3	3—5	5—7	7—10	10—20	10—30
Kies	Aufnahmefähigkeit Liter pro cbm	265	288	329	335	344	
	Abnahme der Oxy- dierbarkeit in Proz.	61,8	61,8	57,1	56,6	46,5	
Koks	Aufnahmefähigkeit Liter pro cbm	406	440	455	429	434	518
	Abnahme der Oxy- dierbarkeit in Proz.		69,0	64,6	62,5	51,0	44,2

Auch bei verständiger Inanspruchnahme stehen aber feinkörnige Füllkörper in ihren quantitativen Leistungen hinter grobkörnigem Material zurück. Die vorstehende Tabelle gibt einen Aufschluß hierüber.

Die Zahlen sind festgestellt am 10. Tage nach Inbetriebsetzung der Körper. Während der ersten Tage ergeben sich wegen der unregelmäßigen Benetzung des Materials bekanntlich erhebliche Schwankungen. Kies von 2—3 mm vermochte 265 l pro cbm aufzunehmen, Kies von 10—20 mm 344 l pro cbm, Koks von 2—3 mm 406 l pro cbm, Koks von 10—20 mm 434 l pro cbm und Koks von 10—30 mm sogar 518 l pro cbm. Koks leistet also quantitativ mehr als Kies. Auch qualitativ ist er wirksamer, wie die vorstehende Tabelle in Bestätigung meiner früheren Darlegungen zeigt.

Die nachstehende Tabelle zeigt den Einfluß der Struktur des Materials auf die Aufnahmefähigkeit und auf die reinigende Wirkung. In dieser Tabelle ist auch die bei der ersten Benetzung

**Einfluß der Struktur des Materials auf die Aufnahmefähigkeit und den Reinigungseffekt.**

	Nr. der Füllung	Tierkohle 3—7 mm	Holzkohle 3—7 mm	Blimsstein 3—7 mm	Schlacke 3—10 mm	Koks 3—7 mm	Kies 3—7 mm	Koks 10—30 mm
Aufnahmefähigkeit Liter pro cbm	1*	771	691	624	607	421	412	556
	2	551	573	527	508	365	339	537
	10	461	567	444	459		267	518
	50	439	467	381	353	351	194	488
Abnahme der Oxydierbarkeit in Prozenten	1*	45,1	36,7	18,0	14,3			
	2	72,1	38,9	22,4	31,0	85,8	51,4	37,6
	10	78,7	62,5	40,5	47,8	87,3	83,4	34,2
	50	77,6	69,6	63,0	77,7	87,0	85,8	26,5

erzielte Aufnahmefähigkeit mit eingetragen, um die erheblichen Differenzen zu zeigen, die sich dabei ergeben, im Vergleich zu späteren Beschickungen, und beim Vergleich der verschiedenen Materialien untereinander.

\*) Erste Benetzung.

Bimsstein, Schlacke und Koks haben nach der 50. Füllung eine fast übereinstimmende Aufnahmefähigkeit. Größer noch ist diese bei Holzkohle und Tierkohle, die schon wegen ihres hohen Preises praktisch nicht in Frage kommen können. Ganz erheblich steht das Fassungsvermögen des Kieses zurück.

Nicht allein das Fassungsvermögen ist bei den verschiedenen Materialien verschieden, sondern auch die Geschwindigkeit, mit der sie das Abwasser in sich aufnehmen. Bei Koks, Schlacke und Bimsstein von 3—7 mm versickert das Abwasser selbst bei der 50. Füllung und noch später sofort, selbst wenn man das Abwasser in starkem Strome zuleitet. Bei Kies von 3—7 mm dagegen staut sich das Abwasser an der Oberfläche auf, weil die Versickerung nach Reifung des Körpers auf erheblichen Widerstand stößt, hauptsächlich dadurch bedingt, daß die Verschlickung der Oberfläche den Austritt der Luft aus dem Körper verhindert. Füllt man den Körper von unten, so läuft die Füllung viel glatter ab.

Die obigen Darlegungen lassen ohne weiteres erkennen, daß das biologische Verfahren, selbst wenn man die einfachste Ausführungsart desselben ins Auge faßt, eine recht vielseitige Gestalt zeigt, und daß man sich den Anforderungen anzupassen vermag, die in bezug auf den Reinheitsgrad bzw. an die quantitativen Leistungen zu stellen sind. Soll die reinigende Wirkung möglichst weit getrieben werden, so muß man feinkörniges Material nehmen. Dann läßt sich der Betrieb aber nicht so sehr forzieren wie bei größerem Material. Durch kleine Kunstgriffe, wie Zusatz metallischen Eisens, vermag man die Wirkung eines an und für sich nicht sehr geeigneten Materials erheblich zu unterstützen. Erfolgt der Zusatz aber in unzweckmäßiger Weise, so wird er der Verstopfung des Körpers Vorschub leisten. Um jeden einzelnen der bei unseren Körpern zugesetzten Nägel entwickelten sich bald große Mengen von Eisenhydroxyd, die den Kies zu haselnußgroßen und noch größeren festen Ballen verklebten.

Die zweite Hauptfrage, die wir durch unsere Versuche zu beantworten suchten, war, ob mit der allmählichen Verschlamung der Füllkörper zu rechnen wäre, und wie die Verwitterungsvorgänge ev. innerhalb solcher Grenzen gehalten werden könnten, daß eine, den ökonomischen Bedürfnissen entsprechende Lebensdauer der Füllkörper gewährleistet würde. Solche Untersuchungen

erschienen vor 10 Jahren, als sie angestellt wurden, durchaus notwendig. Wir befanden uns mit unseren Ergebnissen bald im Widerspruch mit sämtlichen anderen Beobachtungen. Die Sachverständigen verschiedener englischer Städte erklärten selbst nach jahrelangen Beobachtungen immer noch, es träte nur anfänglich eine nennenswerte Beeinträchtigung der quantitativen Leistungsfähigkeit der Füllkörper ein, später bliebe diese fast unverändert. Meine Versuche verliefen durchaus anders. Die Erfahrungen haben uns im Laufe der Zeit recht gegeben.

Dieselben Sachverständigen, die gegen unsere Befunde früher opponierten, zeigen jetzt mit Stolz die Maschinen, die sie inzwischen konstruiert haben, um ihre verschlammten Füllkörper wieder zu regenerieren. Der Regenerierungsprozess hat sich nach etwa 5 jährigem Betriebe als unabwendbar erwiesen, und er wird ausgeführt in genau der Weise, die wir auf Grund unserer Versuche schon vor 10 Jahren als die einzig mögliche hingestellt haben. Ruheperioden und Abharken führen nicht zum Ziel. Die ganzen Oxydationskörper werden abgebaut und mit Spülapparaten von dem anhaftenden Schlamm befreit. Die in Fig. 89 gezeigte, einfache Ausführung genügte für unsere Zwecke, um die ursprüngliche Aufnahmefähigkeit der Körper wieder herzustellen. Noch vor wenigen Jahren konnte man in England überall hören, die Füllkörper liefen sich durch Ruheperioden in völlig genügender Weise regenerieren. Heute weiß ein jeder, daß das nicht möglich ist. Betrachtet man einen Füllkörper, der soweit gekommen ist, daß er regeneriert werden muß, so sieht man an ihm dieselben Veränderungen, die wir seinerzeit auf Grund unserer Versuche beschrieben haben. Die einzelnen Schlackestücke erscheinen in der Tiefe des Körpers durch eine schwärzliche Masse vollkommen verklebt. An der Luft bräunt sich der anhaftende Schlamm innerhalb kürzester Zeit. Infolge ungenügenden Luftzutritts hatte sich Schwefel-eisen abgelagert, das sich bei Zutritt der Luft oxydiert und den Schwefel als Schwefelsäure abgibt. Das Eisen schlägt sich aber im Körper wieder nieder. Durch Ausspülen in situ kann man es nicht aus ihm herausbekommen. Der Körper muß abgetragen und die einzelnen Stücke müssen abgewaschen werden.

Ogleich also in bezug auf diese eminent wichtige Frage zurzeit eine befriedigende Übereinstimmung besteht, so möchte

ich doch noch einige Daten aus unseren früheren Versuchen hier wieder anführen, weil ganz derselbe Prozess, nur in etwas anderer Form, sich auch bei den jetzt in den Vordergrund getretenen Tropfkörpern abspielt.

Die suspendierten Stoffe, welche aus den Tropfkörpern abgespült werden und in den Abflüssen erscheinen, nennt man jetzt oft »colloids«. Dieser Name ist an und für sich ganz unzutreffend. Die gelösten organischen Bestandteile des Abwassers sind zwar teilweise Kolloide. Diese werden aber im biologischen Körper absorbiert und soweit abgebaut, daß humöse Stoffe zurückbleiben. Diese lösen sich ab und werden ausgespült. Es würde also weniger mißverständlich sein, und den Kernpunkt der Sache besser treffen, wenn man von »humösen Flocken« spräche oder, wie es in Accrington von vornherein geschah, von »peaty matter«. Den Vorgang des Ausspülens dieser Stoffe aus zweckentsprechend gebauten Tropfkörpern kann man sich ungefähr so vorstellen, wie es Lübbert für gerbstoffhaltige Abwässer dargelegt hat. Aus Gerbereiabwässern wird die Gerbsäure, resp. werden die Tannate in biologischen Körpern durch Absorption ausgeschieden und niedergeschlagen. Man kann sie sich dann als eine, die Schlacke



Fig. 89. Hamburger Verfahren zur Reinigung verschlammter Füllkörper.

umgebende, dünne Membran vorstellen. Unter dieser Membran wächst das Eisenhydroxyd. Es sprengt die Membran und stößt sie ab, so daß sie in Form kleiner Flocken aus dem Tropfkörper ausgespült werden kann. Ist die Möglichkeit zur Ausspülung nicht gegeben, wie z. B. in den nicht seltenen Fällen, wo man feinkörniges Material unter grobkörniges schichtete, so muß sich der Tropfkörper verstopfen, ebenso wie ein Füllkörper. Will man solche Verstopfung vermeiden, und das wird man unter allen Umständen wollen, so muß eine solche Schichtung direkt als Kunstfehler bezeichnet werden.

Aus den Ergebnissen unserer Beobachtungen über den Verschlammungsvorgang bei biologischen Körpern möchte ich hier nur einige typische Beispiele schildern. Ein aus Schlacke von 3—7 mm hergestellter Füllkörper wurde 26 Monate hindurch täglich einmal mit Abwasser gefüllt. Er blieb 4 Stunden voll stehen und konnte 19 Stunden durchlüften, weil Füllung und Entleerung zusammen eine Stunde in Anspruch nahmen. Die Herabsetzung der Oxydierbarkeit belief sich durchschnittlich auf 70%. Die Abflüsse waren der stinkenden Fäulnis niemals zugänglich. Sie rochen erdig, bzw. modrig. Die Aufnahmefähigkeit betrug nach vorheriger mehrfacher Benetzung bei der 1.—50. Füllung 319 l pro cbm, nach 200 Füllungen war sie auf 303 gesunken, nach 500 Füllungen auf 260, nach 700 Füllungen auf 199. Sie hatten bei reichlich zweijährigem Betriebe also um rd. 40% eingebüßt.

Ein zweiter, ebenfalls aus Schlacke von 3—7 mm hergestellter Füllkörper wurde zweimal täglich gefüllt. Dauer des Vollstehens bei der ersten Füllung 4 Stunden, bei der zweiten 2 Stunden; Dauer des Leerstehens bei der ersten 4 Stunden, bei der zweiten 12 Stunden. Dauer der Füllung und Entleerung etwa 1 Stunde. Betriebsdauer 14 Monate; Abnahme der Oxydierbarkeit 70—80%, in der Regel also etwas größer als bei täglich einmaliger Füllung. Die Abflüsse waren der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich. Sie rochen, wie naturreines Wasser aus moorigen Gegenden, nach humösen Stoffen. Die Aufnahmefähigkeit war bei der ersten täglichen Füllung immer größer als bei der zweiten, weil der Körper während der 12 stündigen Ruhepause besser abtropfen konnte. Die Aufnahmefähigkeit lag nach vorhergegangener Benetzung bei der 1.—50. Füllung bei 389 l pro cbm, sie war



also etwas größer als beim ersten Versuch. Bei der 200. Füllung hatte der Körper schon um rd. 25% eingebüßt, bei der 400. Füllung um reichlich 40%, bei der 700. Füllung um fast 64%. Die Aufnahmefähigkeit war von fast 400 allmählich auf etwa 150 l pro cbm gesunken. Der Verschlammungsprozess verlief also schneller als bei einmaliger Füllung pro Tag.

Schaltete man bei einem weiteren Versuch einen aus grober Schlacke hergestellten Körper vor den Füllkörper von 3—7 mm Korngröße, so sank dessen Aufnahmefähigkeit von ursprünglich 360 l pro cbm nach 700 Füllungen auf 219 l pro cbm. Die Abnahme betrug also rd. 39%, obgleich der Körper ebenfalls täglich zweimal beschickt worden war.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass man den Verschlammungsprozess verzögern kann, entweder dadurch, dass man den Körper nur wenig mit Abwasser belastet, oder dadurch, dass man ihn mit schon vorgereinigtem Abwasser beschickt. In beiden Fällen erhöhen sich die Anlagekosten. Es gestaltet sich zur rein finanziellen und von den örtlichen Verhältnissen abhängigen Frage, ob man die Anlage kleiner und mit geringeren Kosten bauen, dafür aber häufiger entschlammen sollte, oder aber, den Regenerierungsprozess hinausschieben sollte dadurch, dass man die Anlage größer und deshalb kostspieliger baut.

Das Abwasser, das bei den eben beschriebenen Versuchen auf die biologischen Körper geleitet wurde, hatte einen Sandfang passiert und war frei von groben ungelösten Stoffen. Inzwischen hat sich gezeigt, dass sich eine noch intensivere, auf möglichst weitgehende Ausscheidung, auch der feineren ungelösten Stoffe hinauszielende Vorbehandlung des Abwassers, beim Füllverfahren unter allen Umständen empfiehlt. Selbst in dem Falle, dass man die Abwässer in grobkörnigen, primären biologischen Körpern vorbehandelt, also in einer Weise, die durchgreifender wirkt als das Absitzverfahren, das Faulverfahren oder die chemische Fällung, muss mit einer allmählichen Verschlammung der Füllkörper gerechnet werden. Bei einem Versuch, wo Kies von 3—7 mm Korngröße zweimal täglich mit Abwasser beschickt wurde, das in einem primären Kokskörper von 10—30 mm vorbehandelt war, sank die Aufnahmefähigkeit des Kieses von ursprünglich 258 l pro cbm nach 500 Füllungen auf 139 l pro cbm. Die Aufnahmefähigkeit eines aus Koks von 3—7 mm hergestellten sekundären

Füllkörpers, der ebenfalls zweimal täglich gefüllt wurde mit Abwasser, das in einem primären Kokskörper von 10—30 mm vorbehandelt war, sank die Aufnahmefähigkeit von ursprünglich 351 l pro cbm nach 550 Füllungen auf 250 l pro cbm. Vergleichen wir diese quantitative Leistung mit der mit Schlacke bei zweimaliger Füllung erzielten, so fällt dieser Vergleich sehr zugunsten der Schlacke aus, denn ohne Vorbehandlung des Abwassers und bei täglich zweimaliger Füllung sank die Aufnahmefähigkeit der Schlacke von 3—7 mm Korngröße von ursprünglich 389 l pro cbm nach 550 Füllungen auf 184 l.

Bei einem weiteren Versuch wurde das Abwasser in einem Schlackekörper von 10—30 mm Korngröße vorbehandelt und in einem Schlackekörper von 5—10 mm Korngröße definitiv gereinigt. In diesem letzteren Schlackekörper sank die Aufnahmefähigkeit von ursprünglich 384 l pro cbm nach 500 Füllungen auf 262 und selbst nach 800 Füllungen nur auf 231 l pro cbm.

Der Verschlammungsprozess ist natürlich auch abhängig von dem Charakter der Flüssigkeit, die gereinigt werden soll und von der qualitativen Leistungsfähigkeit. Die nachstehende Tabelle bietet Aufschluss über den Einfluss des Abwassercharakters.

Bei täglich nur einmaliger Füllung und 4-stündigem Vollstehen, also äußerst schonendem Betriebe, ergab sich innerhalb einer Versuchsdauer von 4 Monaten eine Abnahme der Aufnahmefähigkeit von Koksfüllkörpern im Betrage von 16,1%, wenn man den Körper einfach mit Leitungswasser füllte, wenn er also gar keine biologische Arbeit zu verrichten hatte. Beschickte man ihn mit verdünntem Urin, also einer von ungelösten Stoffen völlig freien Flüssigkeit, so ergab sich innerhalb der kurzen Zeit eine Abnahme von 21,1%, beschickte man ihn mit filtriertem Abwasser, eine Abnahme von reichlich 18%, mit chemisch vorbehandeltem Abwasser eine Abnahme von 16—24%. Hierzu ist zu bemerken, dass die chemisch vorbehandelten Abwässer außerdem noch filtriert worden waren, um auch die letzten Spuren ungelöster Stoffe auszuschneiden. Klarer lässt sich nicht demonstrieren, dass mit einer allmählichen Verschlammung von Füllkörpern unter allen Umständen zu rechnen ist. Sind aber die ungelösten Stoffe organischer, zersetzungsfähiger Natur, so erfährt der Verschlammungsprozess keine beträchtliche Beschleunigung.

## Einfluss des Abwassercharakters auf die Aufnahmefähigkeit.

Datum 1900	Nr. der Füllung	I	II	III	IV	V	V <sup>1</sup>	VII	VIII
		Leitungswasser	verdünnt. Urin	Abwasser		Leitungswasser mit Kot	Abwasser geklärt mit		
				filtriert	unfiltriert		Kalk	Kalk + Eisen	Eisenchlorid
Aufnahmefähigkeit in Litern pro 1 cbm Material									
9. 4	1	479	470	484	482	477			
10. 4	2	400	392	439	418	432	444	475	480
17. 4	8	403	384	437	409	402	420	416	478
23. 4	14	403	380	421	403	410	398	431	440
30. 4	21	400	390	426	392	407	386	435	433
7. 5	28	401	379	413	381	404	391	434	429
14. 5	35	402	379	402	378	388	384	416	429
21. 5	42	401	374	394	373	381	375	411	413
30. 5	51	402	379	394	373	381	375	425	411
11. 6	63	421	386	383	398	393	424	428	411
18. 6	69	402	392	413	392	390	377	434	405
26. 6	75	415	383	406	415	390	376	400	391
16. 7	92	416	396	433	380	390	387	401	375
23. 7	98	407	393	433	380	385	387	401	375
7. 8	113	407	398	401	378	374	372	401	375
15. 8	121	407	390	400	378	361	373	400	375
23. 8	134	402	371	396	374	357	365	399	365
Abnahme der Aufnahmefähigkeit in %		16,1	21,1	18,2	22,4	26,6	17,8	16	23,9

Bei einem Vergleich von 4 Füllkörpern, die aus verschiedenen Materialien von 3—7 mm Korngröße hergestellt und in ganz gleicher Weise mit Abwasser beschickt worden waren, ergab der Schlackenkörper 82,2 l Schlamm pro cbm Bimsstein 56,7 l Holzkohle 50, Tierkohle 54,4 l pro cbm. In einem andern Vergleich ergaben nach 80 Füllungen Kokskörper von 2—3 mm 45,5 l, von 10—20 mm 26 l Schlamm; Kies von 2—3 mm 31,3 l, von 10—20 mm 22,5 l, Kies mit Nägeln versetzt 5—7 mm Korngröße 46,7 l Schlamm.

Pro 1 cbm behandelten Abwassers ergaben sich bei Schlacke von 3—7 mm Korngröße 1,33 l Schlamm nach 725 Füllungen, wenn der Körper täglich einmal beschickt worden war, 1,68 l Schlamm, wenn der Körper täglich zweimal gefüllt worden war.

Koks, Schlacke, Kies und Ziegel ergaben weit geringere Schlammengen, wenn die Füllkörper, die aus gröberem Material (10 bis 30 mm) hergestellt waren. Koks z. B. nach 1600 Füllungen 0,34 l Schlamm pro cbm behandelten Abwassers; Schlacke nach reichlich 1000 Füllungen 0,17 l Schlamm; Kies nach rd. 950 Füllungen 0,28 l Schlamm; bei Ziegelbrocken nach 900 Füllungen 0,44 l Schlamm pro cbm. Die nachstehende Tabelle läßt erkennen, daß die Schlammablagerung nahe der Oberfläche erheblich größer ist, als in der Tiefe.

**Schlammmenge in verschiedenen Tiefen von Füllkörpern.**

Korngröße in mm	Tiefe des Oxy- dationskörpers in cm	drainierter Schlamm in Litern pro cbm Material	
		1× gefüllt	2× gefüllt
3—7	10—20	278	258
	20—30	257	238
	30—50	194	182
	50—70	164	180
	70—90	172	190
10—30	90—100	76	99

Solche Versuche wurden unter allen möglichen Variationen, unter Heranziehung verschiedener Materialien, wie Ziegelbrocken Naturgestein usw. durchgeführt, ohne daß dabei weitere Beobachtungen von grundsätzlicher Bedeutung gemacht wurden.

Das wichtigste Resultat war jedenfalls dieses, daß Füllkörper allmählich verschlammten, selbst wenn sie aus Materialien hergestellt sind, die sich gegen Verwitterungsprozesse außerordentlich widerstandsfähig erweisen und daß Füllkörper aus solchem festen Material in ihrer qualitativen und quantitativen Leistungsfähigkeit zurückstehen hinter solchen aus Material, das porös und weniger wetterbeständig ist.

In englischen Städten ergab sich nach 5 jährigem Betriebe, je nach der Art des verwendeten Schlackenmaterials, beim Waschen der Körper ein Verlust an Schlacke von 20—25%. Bei unseren Versuchen haben wir nur 9,4% Schlacke verloren. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß unsere Versuche von kürzerer Zeitdauer waren und daß unser Schlackenmaterial von vornherein

sehr sorgfältig gesiebt war, was bei größeren städtischen Anlagen in England nicht immer der Fall gewesen ist, so daß man dort mit Verlusten nicht allein infolge von Verwitterungsprozessen, sondern auch infolge von Auswaschungen zu rechnen hatte.

Verlust an Material. Die Daten für die einzelnen Versuche finden sich in der nachstehenden Tabelle.

### Materialverlust bei Entschlammung von Füllkörpern.

Korngröße	Steinkohlen- schlacke		Koks		Kies	
	vor dem Waschen %	nach dem Waschen %	vor dem Waschen %	nach dem Waschen %	vor dem Waschen %	nach dem Waschen %
unter 2 mm	4,0	0	7,8	5,5	2,5	0
2—4 „	13,1	9,9	14,4	11,9	15,5	20,2
4—5 „	} 30,3	10,4	} 23,5	12,7	} 42,7	19,6
5—6 „		12,4		13,9		20,2
6—8 „	} 48,2	36,2	} 40,6	30,2	} 34,8	27,2
8—10 „		22,6		14,8		7,8
über 10 „	4,2	8,5	13,7	11,0	4,5	5,0

### Versuch b.

unter 4 mm	15	53,3			
4—5 „	21	12,5			
5—6 „	} 46,0	15,5	} 25,0		
6—8 „		9,5			
8—10 „	} 18,0	4,1	} 9,4		
über 10 „		5,3			

Die Korngröße wurde in derselben Weise verändert, wie man es von der Spülung von Filtersand her kennt. Nach dem Waschprozeß zeigte sich eine Erhöhung der Korngröße im Vergleich zu der ursprünglichen Beschaffenheit des Materials. Außerdem zeigte sich (Versuch b), daß einmal gewaschenes Koks- und Schlackematerial sich gegen Verwitterungsprozesse nachher widerstandsfähiger erwies als vor der Entschlammung. Es waren also während der ersten Betriebsperiode hauptsächlich diejenigen Stoffe verloren gegangen, welche der Verwitterung leichter zugänglich waren.

Der ausgewaschene Schlamm hat durchweg den Charakter von humöser Erde. Er weist, je nach der Beschaffenheit des

Füllkörpers und Art des stattgehabten Betriebes, einen Wassergehalt von rd. 60—75% auf und einen Glühverlust von rd. 4—6%. Der Gesamtstickstoffgehalt betrug rd.  $\frac{1}{2}$  bis annähernd 1%. Der Schlamm ist leicht drainierbar und kann unbedenklich zu Terrainerhöhungen etc. verwendet werden, unter Umständen zur Verbesserung der Ackerkrume.

Um den eben besprochenen Verschlammungsprozess zu verringern, die Entschlammung so einfach wie möglich zu gestalten und damit die Kosten derselben herabzusetzen, ist W. J. Dibdin dazu übergegangen, die primären Körper nicht aus Schlacke

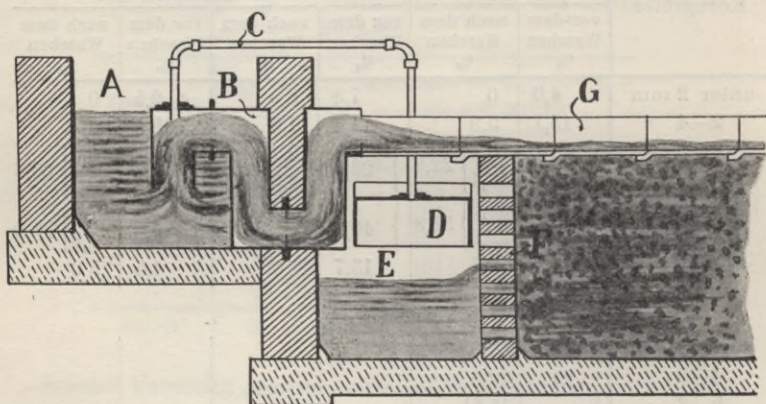


Fig- 90. Adams automatischer Beschickungsapparat für Füllkörper.  
Während der Füllung.

und ähnlichem, porösem Material herzustellen, sondern aus Bruchmaterial der Schiefertafelindustrie. Je zwei Lagen solcher Tafeln werden durch zwischengelegte Schieferblöcke getrennt. Dibdin rechnet darauf, daß der weitaus größte Teil der suspendierten Stoffe, überhaupt derjenigen Stoffe, die sich aus dem Abwasser niederschlagen lassen, auf diesen Schiefertafeln infolge biologischer Prozesse seine Fäulnisfähigkeit verliert und daß die Anlage sich durch einfaches Abspritzen reinigen lasse. Seine Berichte über die in Devizes seit September 1905 und seither in Trowbridge durchgeführten einschlägigen Versuche lauten überaus günstig. Mir erscheint dieses Vorgehen trotzdem nicht als rationell.

Die Konstruktion von Füllkörperanlagen ist so einfach, daß sich eine nähere Beschreibung derselben erübrigt. Auch

in bezug auf den Betrieb kann ich mich kurz fassen, nachdem im vorstehenden schon dargelegt wurde, daß es vor allem darauf ankommt, sehr ausgiebige Lüftungsperioden zu haben und daß deshalb die Dauer des Aufenthalts der Abwässer in dem Füllkörper nicht zu lange ausgedehnt werden darf. Läßt man das Abwasser zu lange in den Füllkörpern stehen, so beginnt es, nach Schwefelwasserstoff zu riechen, infolge der Reduktionsprozesse, die in den Körpern auftreten, sobald der darin vorhandene Sauerstoff verbraucht ist. Auf eine regel-

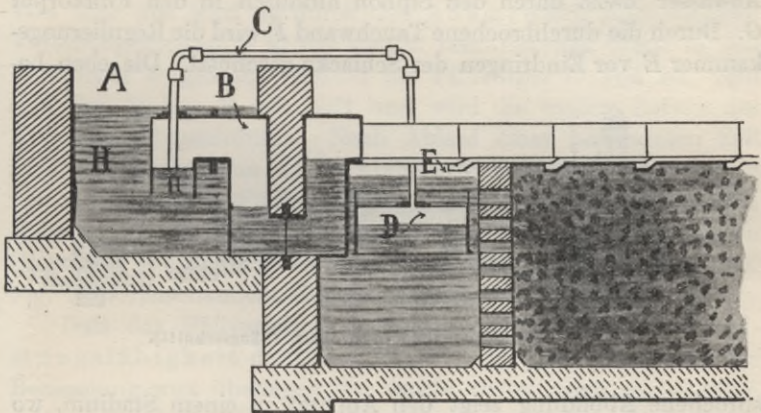


Fig. 91. Adams automatischer Beschickungsapparat für Füllkörper.  
Während des Vollstehens.

mäßige, gewissenhafte Bedienung dieser Körper ist deshalb größter Wert zu legen. Das Anfüllen der Körper sollte nicht allmählich erfolgen, in dem Maße wie die produzierten Abwässer zufließen, sondern innerhalb möglichst kurzer Zeit. Die Körper sollten nie länger als etwa 4 Stunden gefüllt stehen bleiben. Ein jeder erfahrene Praktiker weiß, daß die genaue Durchführung solcher Vorschriften bei Bedienung von Hand schwer zu erreichen ist, namentlich bei kleineren Anlagen, wo man nicht imstande ist, zuverlässige Wärter besonders für diese Zwecke anzustellen. Aus solchen Gründen sind automatische Füllungs- und Entleerungsapparate in großer Zahl ersonnen worden. Zumeist sind sie nicht nur kostspielig, sondern auch kompliziert und wird das regelmäßige Funktionieren durch kleine, unvorher-

gesehene Anlässe unterbrochen. Nach dieser Richtung liegen schon mancherlei unliebsame Erfahrungen vor. In Manchester hat man sich nach Prüfung verschiedener automatischer Vorrichtungen entschlossen, die Füllkörper von Hand zu bedienen.

Ein relativ einfacher automatischer Füll- und Entleerungsapparat, den S. H. Adams in York ersonnen hat, möge hier als Beispiel erklärt werden. Aus dem Abwasserzuführungskanal *A* (Fig. 90) gelangt das Abwasser in den Siphon *B*, der durch das Luftrohr *C* mit der Luftglocke *D* in Verbindung steht. Das Abwasser fließt durch den Siphon hindurch in den Füllkörper *G*. Durch die durchbrochene Tauchwand *F* wird die Regulierungskammer *E* vor Eindringen der Schlacke geschützt. Die eben be-

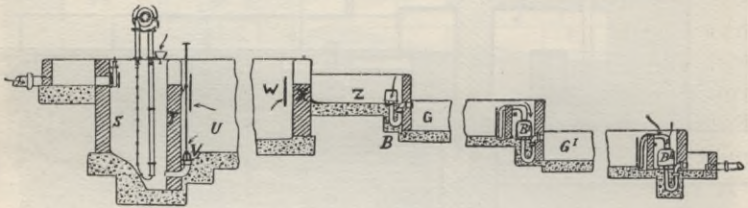


Fig. 92. Füllkörperanlage nach Adams (Längsschnitt).

sprochene Abbildung zeigt den Apparat in einem Stadium, wo der biologische Körper noch nicht gefüllt ist. Bei allmählich weiterer Füllung desselben entwickelt sich der in Fig. 91 dargestellte Zustand. Das Abwasser hat den unteren Rand der Luftglocke *D* erreicht, die darin befindliche Luft wird zunehmend komprimiert, bis sie Überdruck gewinnt und in den Siphon *B* übertritt. Der Zustrom des Abwassers wird dadurch unterbrochen. Der biologische Körper bleibt gefüllt stehen, bis bei einem eben solchen Apparat, der sich an der Abflusseite des Füllkörpers befindet, die Luft aus *B* ausgetrieben wird. Sobald der Füllkörper *G* angefüllt ist, läuft das neu hinzukommende Abwasser von selbst nach einem andern Füllkörper, in welchem der Luftverschluss inzwischen unterbrochen wurde. Hat man mehrere Füllkörper, so kann man die einzelnen Luftglocken derartig miteinander in Verbindung setzen, daß die Verteilung über einen jeden Körper nach Ablauf einer bestimmten Zeit selbsttätig vor sich geht. Das Prinzip ist immer, das Einpressen oder das Aus-



treiben von Luft, in einen, oder aus einem, nach Art von *B* konstruierten Siphon.

Fig. 92 veranschaulicht eine vollständige, mit dem Adamschen Apparat ausgestattete, zweistufige Füllkörperanlage. Das Abwasser gelangt erst in den Sandfang *S*, aus dem die Sedimente mittels Baggerapparates herausgehoben werden. Es läuft über die Tauchwand *T* nach der Faulkammer *U*, aus welcher die Sedimente von dem Sumpf *V* aus nach dem Sandfang abgelassen werden können. Unter das Schwimmbrett *W* hindurchtretend gelangt das Abwasser über die Tauchwand *X* in das Verteilungsbecken *Z*. Von hier aus wird es durch den Adamschen automatischen Verteilungsapparat *B* in der vorhin beschriebenen Weise in den Füllkörper *G* geleitet. Sobald der Füllkörper *G* voll ist, füllt sich der Siphon *B* mit Luft und wird die weitere Zufuhr des Abwassers abgeschnitten. Nach Ablauf einer bestimmten Zeit wird die Luft aus dem auf der Abflusseite befindlichen Apparat *B*<sup>1</sup> von einem andern Füllkörper her herausgedrückt. Der primäre Füllkörper *G* entleert sich nunmehr durch *B*<sup>1</sup> in den sekundären Füllkörper *G*<sup>1</sup>, wo sich der eben beschriebene Prozess wiederholt. Fig. 93 veranschaulicht dieselbe Anlage im Grundrifs.

Dafs das Füllverfahren in Bezug auf quantitative Leistungsfähigkeit der Bodenfiltration und namentlich auch der Berieselung weit überlegen ist, wurde weiter oben schon ziffermäfsig dargelegt. Übertroffen wird es durch das gleich zu beschreibende Tropfverfahren. Bei diesem letzteren lassen auch die quantitativen Leistungen nicht in demselben Mafse nach, wie es beim Füllverfahren infolge des allmählichen Verschlammungsprozesses der Fall ist. Dieser Verschlammungsprozess läfst sich erheblich einschränken durch vorherige sorgfältige Ausscheidung der ungelösten Stoffe aus dem Abwasser, mittels Absitzbecken, Faulbecken oder chemischer Klärung, event. auch durch primäre, aus grobem Material hergestellte biologische Körper.

Besonderer Wert ist auch auf eine gute Drainage des Füllkörpers zu legen. Nach dieser Richtung ist bei den ersten hergestellten Füllkörpern vielfach gesündigt worden. Man hat den Abflufs des Abwassers durch Rinnen bewerkstelligt, die mit perforierten Platten bedeckt waren. Die Löcher dieser Platten verstopften sich bald, die Füllkörper konnten nicht trocken laufen, den Verwitterungs- und somit auch den Verschlammungsprozessen

wurde dadurch Vorschub geleistet, und die quantitativen und qualitativen Leistungen der Körper wurden infolgedessen erheblich herabgesetzt.

In qualitativer Beziehung stehen die Abflüsse aus einstufigen Füllkörpern in der Regel zurück hinter den Abflüssen

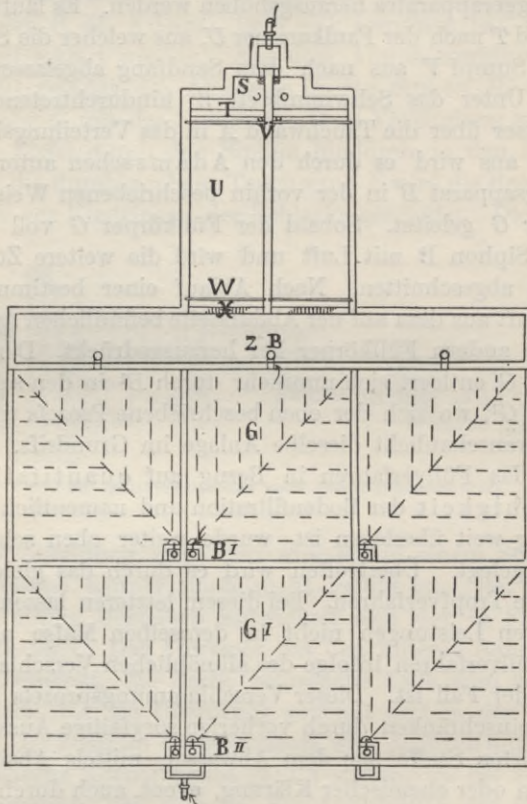


Fig. 93. Füllkörperanlage nach Adams (Grundriß).

aus sorgfältig betriebenen Bodenfiltern und Rieselfeldern. Zwar läßt sich unschwer erreichen, daß die Abflüsse aus Füllkörpern stets fäulnisunfähig sind, und damit ist fast ausnahmslos den zu stellenden Anforderungen genügt. Sie sind aber selten vollständig klar. Das gilt namentlich für einstufige Füllkörperanlagen. Zwar enthalten die Abflüsse sachgemäÙ gebauter Füllkörper keine

ungelösten Stoffe, die schon im Rohwasser enthalten gewesen wären. Sie erscheinen aber durchweg opaleszierend. Beim Stehen an der Luft klären sie sich unter Abscheidung geringer Mengen braunen Bodensatzes, der bei chemischer Untersuchung die Anwesenheit von Eisen, bei mikroskopischer Untersuchung diejenige zahlreicher Bakterien und anderer Lebewesen ergibt. Füllkörperabflüsse sind selten ganz frei von Geruch. In der Regel zeigen sie erdige oder modrige Geruchsnuancen.

Der Gehalt der Abflüsse von Füllkörpern an Salpetersäure ist in der Regel geringer als bei Rieselanlagen und Bodenfiltern und, wie gleich bemerkt werden mag, bei den noch zu beschreibenden Tropfkörpern. Es liegt das daran, daß die in den Füllkörpern gebildete Salpetersäure Reduktionsvorgängen ausgesetzt ist, die sie zum fast völligen Verschwinden bringen können. Man scheint aber zurzeit allgemein einzusehen, daß der Anwesenheit von Salpetersäure doch nicht so große Bedeutung beizumessen ist, wie es früher angenommen wurde, daß mit anderen Worten nicht die ganze biologische Reinigung auf Salpetersäurebildung hinauszielt, die Menge der in den Abflüssen enthaltenen Salpetersäure also nicht einen untrüglichen Index über den erzielten Reinheitsgrad gibt, sondern nur gewissermaßen einen Sicherheitskoeffizienten darstellt. Je mehr Salpetersäure in den Abflüssen enthalten ist, um so sicherer kann man sein, daß der zu fordernde Reinheitsgrad nicht allein gewährleistet, sondern sicher überschritten worden ist.

In bakteriologischer Beziehung stehen die Abflüsse von Füllkörpern zurück hinter denjenigen der übrigen biologischen Verfahren. Der Keimgehalt ist zwar in der Regel geringer als beim Rohwasser, jedoch stets hoch.

### **Tropfverfahren.**

Das eben beschriebene Füllverfahren weicht von allen sonstigen biologischen Reinigungsverfahren insofern ab, als die biologischen Körper bei ihm bis zur Ausfüllung des gesamten Porenvolumens mit Abwasser gefüllt werden und so längere Zeit stehen bleiben. Die vorherrschende Meinung geht zurzeit noch dahin, daß auch bei der Berieselung und Bodenfiltration das jedesmal aufgebrachte Abwasser in den Poren des Bodens verbleibe bis zur neuen Beschickung, und daß es dann erst durch das frisch hinzu-

tretende Abwasser aus dem Boden herausgedrängt würde. Diese Auffassung ist, wie in dem Kapitel über Bodenfiltration nachgewiesen wurde, unzutreffend, denn das Abwasser fällt innerhalb weniger Minuten durch den Boden hindurch, und es findet nur ein sehr geringer Austausch gegen die dem Boden vorher adhärierende Flüssigkeit statt. Der Boden enthält nur so viel Wasser, wie er vermöge seiner Wasserkapazität festzuhalten vermag, d. h. nur 16—18 oder höchstens 20 Volumprocente; das Porenvolumen ist erheblich größer. Während des ganzen Betriebes ist deshalb fortgesetzt ein Gasaustausch mit der umgebenden Luft möglich. Anders beim Füllverfahren. Hier werden die biologischen Prozesse und der Gasaustausch mit der umgebenden Luft für die Dauer von einer bis mehreren Stunden fast vollständig unterbrochen, und das ist grundsätzlich als ein, diesem Verfahren anhaftender Nachteil zu betrachten. Von Fall zu Fall wird man abwägen müssen, wie sich das Verhältnis zwischen diesem Nachteil und den im vorigen Kapitel beschriebenen Vorzügen gestaltet.

Im Jahre 1893 hat Corbett in Salford, fufsend auf den beschriebenen Ergebnissen der Untersuchungen in Massachusetts, unabhängig von den Londoner Versuchen, das künstliche, biologische Verfahren nach ganz anderer Richtung hin ausgebildet. Corbett suchte den von Sir. E. Frankland für die intermittierende Filtration aufgestellten und in Massachusetts als zutreffend erkannten Grundsatz zu befolgen, wonach bei der intermittierenden Filtration die Flüssigkeit stets ununterbrochenen freien Abflufs haben sollte. Beim Übergang zu grobem Material zwecks Erreichung größerer quantitativer Leistungen stellte es sich, wie wir gesehen haben, als schwierig heraus, das Abwasser in eine genügend enge Verbindung mit der Oberfläche des Filtermaterials zu bringen. Es fällt ungereinigt durch die großen Poren des Filters zu Boden. Wir haben gesehen, wie man sich in Massachusetts zu helfen suchte, mittels einer automatisch wirkenden Hebevorrichtung, die in Zwischenräumen von 20—30 Minuten das Abwasser auf die Filter warf. Diese Beschickungsart war auf größere Verhältnisse nicht ohne weiteres übertragbar. Die Hauptaufgabe besteht darin, das Abwasser ganz gleichmäfsig über die ganze Oberfläche des Filters zu verteilen. Das suchte Corbett, nach vorherigen anderweitigen Experimenten,

durch einen Sprenger zu erreichen, den er festmontierte und durch den das Abwasser unter Druck fontainenartig in einzelne Tropfen aufgelöst und gleichmäßig über das Filter ausgebreitet wurde.

An dieser Stelle mag noch erwähnt sein, daß Corbett, seiner Auffassung nach, der erste war, der unter die Tropfkörper eine Lage von Fassonstücken einschaltete, um eine ausgiebige Luftzirkulation und Drainierung der Körper zu bewirken.

Beim biologischen Verfahren werden die gelösten organischen Stoffe, wie weiter oben dargelegt wurde, dem Abwasser durch Flächenattraktion entzogen, bzw. durch das Benetzungshäutchen, und die darin enthaltenen, tierischen und pflanzlichen Lebewesen aufgesaugt. Je inniger die Berührung zwischen dem zu reinigenden Wasser und dem Filtermaterial ist, um so ausgiebiger wird der Reinigungsprozeß sich gestalten können. Diese Bedingungen werden am besten erfüllt bei einer Versuchsanordnung wie der von Corbett gewählten, wo das Abwasser in einzelne Tropfen verteilt auf die Oberfläche des Filters fällt, wo jeder Tropfen sich über die Oberfläche der Schlackestückchen ausbreitet, sich allmählich wieder an der unteren Fläche oder an Vorsprüngen zu einem Tropfen sammelt, auf das nächste Schlackestückchen fällt, sich dort wieder ausbreitet, später wieder zu einem Tropfen vereinigt usw., bis der tiefste Punkt des biologischen Körpers erreicht ist. Unter solchen Verhältnissen müssen sich die Absorptionsvorgänge viel günstiger abspielen können als in einem Füllkörper, wo das Abwasser in verhältnismäßig starkem Strom eingeleitet wird, unter Abspülung eines Teiles der Vegetationen und humösen Ablagerungen schnell bis auf die Sohle des Körpers hinunterfällt, dann, allmählich ansteigend, die ganzen Poren ausfüllt, ohne daß jedes Wasserteilchen in innige Berührung mit der Oberfläche des Filtermaterials kommt. Es kommt hinzu, daß bei der von Corbett gewählten Betriebsart die Luft fortgesetzt ungehindert durch den biologischen Körper hindurchstreichen und überall, jederzeit das entstandene Sauerstoffdefizit ausgleichen, und die gebildete Kohlensäure ausspülen kann. Dadurch wird die Gefahr intensiver Verwitterungsprozesse eingeschränkt. Schliesslich sind auch der Lebenstätigkeit, nicht nur der Mikroorganismen, sondern namentlich auch höherer Lebewesen, bei den äußerst günstigen Lüftungsverhältnissen, die in dem Tropfkörper vorliegen, bessere Bedingungen geboten.

Für die Absorptions-, Zersetzungs- und Oxydationsvorgänge müssen hiernach die Verhältnisse in einem Tropfkörper nach jeder Richtung hin viel günstiger liegen, als in einem Füllkörper. Es kann sich nur noch um die Frage handeln, ob die gleichmäßige Verteilung der Abwässer gröfsere technische Schwierigkeiten und gröfsere Kosten verursacht, als die Durchführung des Füllverfahrens.

Beim Füllverfahren wird als grofser Nachteil empfunden, dafs das Füllen und Entleeren der Körper mit grofser Pünktlichkeit besorgt werden mufs, weil die Anlage sonst leicht versagt. Man hat, wie wir gesehen haben, den Versuch gemacht, eine pünktliche Bedienung durch Einführung automatischer Füll- und Entleerungsapparate zu sichern. Solche Apparate sind teils kostspielig, teils unzuverlässig, und man ist im allgemeinen nicht zufrieden mit ihnen. Beim Tropfverfahren funktionierten manche der zur Verteilung des Abwassers vorgeschlagene Apparate zunächst ebenfalls nicht zuverlässig. Man überzeugte sich aber bald überall davon, dafs sich mit dem Tropfverfahren weit gröfsere quantitative Leistungen erzielen liefsen, als mit dem Füllverfahren. Die Füllkörper werden neuerdings so dimensioniert, dafs auf 1 cbm Füllkörper nicht mehr als etwa  $\frac{1}{2}$  cbm Abwasser pro 24 Stunden entfällt. Als die Tropfkörper zuerst in Aufnahme kamen, wurden ihnen aufserordentlich grofse, quantitative Leistungen zugetraut. Man hat sie nach dieser Richtung aber ebenso überschätzt, wie es ursprünglich bei den Füllkörpern geschehen war.

Als ein grofser Vorzug der Tropfkörper darf gelten, dafs es bei ihnen nicht erforderlich ist, sie aus feinkörnigem Material herzustellen, wenn man eine durchgreifende Reinigungswirkung erzielen will. Die Gefahr einer Verschlammung ist deshalb bei ihnen eine geringere als bei dem Füllverfahren. Auch können die mit dem Zerschlagen und Sieben der Schlacke zusammenhängenden Kosten beim Tropfverfahren fortfallen. Füllkörper verschlammten bis zu dem tiefsten Punkt des Körpers hinunter. Der ganze Körper mufs dann zwecks Abspülung auseinandergenommen werden. Beim Tropfverfahren ist eine solche Gefahr auch vorhanden, wenn man die tieferen Schichten aus feinkörnigerem Material herstellt als die oberen. Wird aber beim Aufbau von vornherein darauf gehalten, dafs die Korngröfse der Schlacke nach unten stetig zunimmt, so können die ungelösten

Schlammteilchen ohne Schwierigkeit mit den Abflüssen aus dem Tropfkörper herausgespült werden. In Leeds hat sich feststellen lassen, daß selbst stark schlammhaltige Abwässer, die nur in einem Sandfange vorbehandelt waren, einem zweckmäßig gebauten Tropfkörper zugeführt werden können, ohne daß die Gefahr einer Verstopfung des Körpers entsteht. Die vorhin schon erwähnten flockigen, humösen Schlammteilchen werden mit den Abflüssen ausgeschwemmt, und da sie leicht aussedimentieren, genügt es, hinter den Tropfkörpern ein verhältnismäßig kleines Absitzbecken einzuschalten, wenn man die Flocken von dem Vorfluter fern halten will. Der hiermit zusammenhängende Betrieb gestaltet sich aus dem Grunde angenehmer, als das Absitzverfahren bei Rohwässern, weil der so erhaltene flockige Schlamm der fauligen Zersetzung nicht mehr zugänglich, leicht drainierbar ist und zu Terrainauffüllungen unbedenklich verwendet werden kann.

Beim Füllverfahren müssen die Körper in wasserdichte Becken von hinreichender Tragfähigkeit eingebaut werden. Das Mauerwerk stellt sich deshalb unter Umständen sehr kostspielig. Die Tropfkörper dagegen, die nie mit Wasser angefüllt sind, brauchen seitlich gar nicht abgedichtet zu werden. Es genügt eine wasserundurchlässige Sohle unter allen Umständen, event. auch schon eine ausgiebige Drainage, da das Abwasser bei Erreichen der Sohle in genügendem Maße gereinigt ist. Beim Tropfverfahren werden die Abflüsse nicht plötzlich entleert wie beim Füllverfahren, sondern sie fließen über den ganzen Tag verteilt ab mit nur den Schwankungen, welche die Menge des zufließenden Abwassers zeigt. Dieses kann bei wasserarmen Vorflutern als ein nicht unbedeutender Vorzug des Tropfverfahrens in Betracht kommen wegen der günstigen und gleichmäßigen Mischungsverhältnisse im Vorfluter.

Allen diesen Vorzügen gegenüber können nur folgende Nachteile angeführt werden: Die Abwässer werden in den Tropfkörpern stärker abgekühlt, als in Füllkörpern. Das Tropfverfahren hat sich aber selbst in dem kalten Klima von Nordamerika im Winter bewährt, sofern bei Auswahl der Verteilungsapparate auf das Klima Rücksicht genommen wurde. Ein anderer Nachteil ist, daß bei der feinen Verteilung des Abwassers üble Gerüche frei werden, namentlich wenn stark gefaultes Abwasser zu behandeln

ist. Schliesslich steht aufser Frage, das manche der für das Tropfverfahren vorgeschlagene Verteilungseinrichtungen, sowohl in der Anlage, wie auch im Betriebe, weit höhere Kosten verursachen, als durch die grössere quantitative Leistungsfähigkeit gerechtfertigt erscheint.

Im Jahre 1890 ist in der Lawrence-Station in Massachusetts festgestellt worden, das man aus grobem Kies hergestellte Filter nicht weniger als 70mal am Tage mit Abwasser beschicken und dadurch ausgezeichneten Reinigungserfolg erzielen kann, sofern jede einzelne Dosis so bemessen wird, das das Abwasser an der Oberfläche des Filtermaterials hinunterrieselt, nicht aber durch die weiten Poren desselben hindurchfällt.

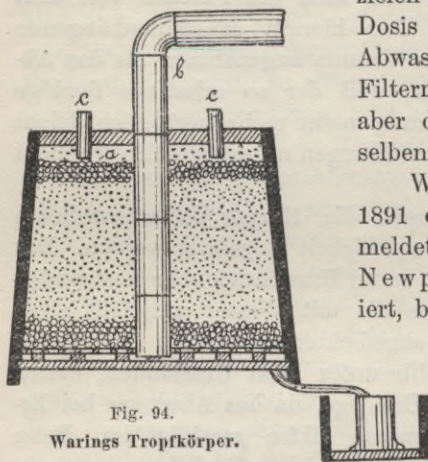


Fig. 94.

Waring's Tropfkörper.

Waring hat darauf im Jahre 1891 ein Filter zum Patent angemeldet und im Jahre 1894 in Newport, Rhode-Island, konstruiert, bei dem die gleichmässige Verteilung des Abwassers durch eine feinere Kiesschicht *a* (Fig. 94) bewerkstelligt wurde, die über grösseren Kies geschichtet war. Durch diese

Anordnung wurde die natürliche Durchlüftung des Filters eingeschränkt, und Waring hielt es deshalb für erforderlich, die für den biologischen Prozess notwendige Luft durch ein Rohr *b* künstlich in das Filter hineinzudrücken. Das Abwasser sickerte von oben nach unten durch das Filter, während die durch einen Fehlboden zugeleitete Luft in dem Filter aufwärts stieg und durch die Ventilationsrohre *c* entwich. Diesen biologischen Filtern war ein sog. »Strainer« vorgeschaltet. Die »Strainer« wurden im Durchschnitt mit einer Abwassermenge von ca. 71 000 cbm pro ha täglich beschickt, das Filter dagegen mit ca. 10 000 cbm pro ha und Tag. Die Abflüsse aus den »Strainern« zeigten eine durchschnittliche Abnahme der Oxydierbarkeit von 51,2%, nach dem Passieren des Filters eine Abnahme der Oxydierbarkeit von 92,5%. Die grösste erreichte Abnahme der Oxydierbarkeit betrug 99,08%.



Im Jahre 1892 hat Lowcock in Malvern, später auch in Wolverhampton in England eine Reinigungsanlage konstruiert, welche bestimmt war, chemisch vorbehandeltes Abwasser zu reinigen. Auch hier passierte das Abwasser erst eine feine Kiesschicht und es gelangte dann auf Schichten gröberer Materials, in deren Mitte Röhren für künstliche Luftzufuhr verlegt waren (Fig. 95, *B*). Es stellte sich aber heraus, daß die künstliche Luftzufuhr nicht unerhebliche Kosten verursachte und daß eine gleichmäßige Verteilung der Druckluft in dem Filter nur schwer zu erreichen war. Die Reinigungserfolge waren aber zufriedenstellend. Der beste Reinigungseffekt wurde erzielt bei einer Be-

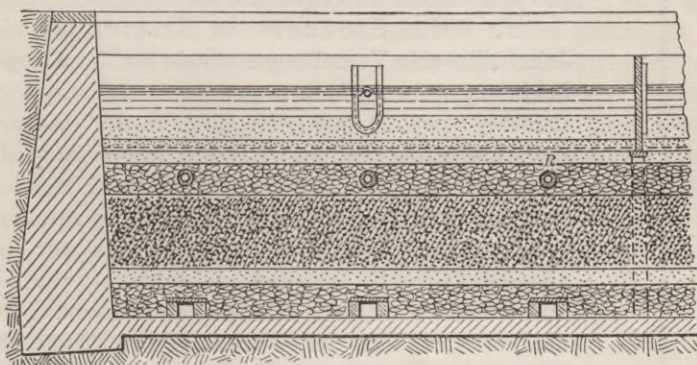


Fig. 95. Lowcocks Tropffilter.

schickung von ca. 2500 cbm pro ha und Tag. Die Herabsetzung der Oxydierbarkeit betrug dann 77%, die des Albuminoid-ammoniaks 80% und die des freien Ammoniaks 70%.

Im Februar 1893 stellte Corbett Versuchsfilter in Salford aus Sand, Kies, Koks und Schlacke her. Corbett scheint also der erste gewesen zu sein, der Schlacke benutzt hat, und er erwähnt, daß er anfänglich keine großen Hoffnungen auf diese gesetzt hätte. Corbett konstruierte nicht nur Filter von gleichmäßiger Korngröße, sondern auch solche, in denen 3—4 Schichten verschiedener Korngröße übereinander gelegt waren. Auch liefs er versuchsweise zwischen je zwei Schichten Material von 50 cm Höhe, einen Luftraum, durch welchen das Abwasser regenförmig auf das tiefere Filter fallen sollte. Die Ergebnisse waren aber nicht so gut wie bei zusammenhängenden Filtern. Das Abwasser

wurde zunächst durch hölzerne Rinnen zugeführt, die auf der Oberfläche der Filter verlegt waren. Später wurden die Rinnen mehrere Fufs über dem Filter angebracht und so hergerichtet, dafs sie das Abwasser regenförmig über das Filter verteilten. Darauf benutzte er perforierte Röhren bzw. Drehsprenger und schliesslich kam er zu den schon erwähnten Sprengermundstücken, auf die ich weiter unten wieder zurückkommen werde.

Auch Corbett verwendete für seine Versuche chemisch vorbehandeltes Abwasser. Davon vermochte er durch nur 4 Fufs hohe Filter 2,7—5,5 cbm pro qm täglich durchgreifend zu reinigen.

F. Wallis Stoddart in Bristol hat im Jahre 1898 eine Verteilungsmethode für Tropfkörper bekannt gegeben, die ihrer ganzen Ausbildung nach derartig abweicht von den übrigen mir bekannt gewordenen Apparaten, dafs ich mich veranlafst gesehen habe, bei ihm anzufragen, auf welchen Vorgängen er bei der Ausbildung dieser Apparate gefufst hätte. Die Antwort Stoddarts war mir aus dem Grunde besonders interessant, weil ich aus derselben ersehe, dafs er der Auffassung ist, der erste zu sein der überhaupt ein künstliches biologisches Verfahren nach dem Tropfsystem ausgebildet hätte. Nur die Franklandschen Versuche aus dem Jahre 1870 (S. 173, 211) hätten ihm vor Augen geschwebt und die Schloesing- und Müntzschens und Winogradskyschen Feststellungen über die biologische Natur der Nitrifikationsvorgänge (siehe S. 204). Er hätte sich zum Ziel gesetzt, Einrichtungen zu finden, wonach diese

oxydierenden Mikroorganismen ununterbrochen, gleichmäfsig an der Arbeit bleiben könnten, nicht aber mit Unterbrechungen, wie bei der Bodenfiltration. Ich darf hier bemerken, dafs Stoddart die auf S. 202 skizzierte, allgemeine, jedoch irrige Auffassung über die Vorgänge bei der Bodenfiltration vor Augen hatte. Stoddart schreibt, dafs er schon seit dem Jahre 1883 für Vorlesungszwecke den in Fig. 96 abgebildeten Apparat benutzt hätte. Diesen Apparat hätte er zuerst im Jahre 1894 vor der British Medical



Fig. 96.  
Stoddarts  
Laboratoriums-  
Versuch.

Association öffentlich demonstriert, nachdem er im Jahre 1893 einen Artikel darüber veröffentlicht hatte. Eine Lösung von Ammoniumsulfat wurde auf Kalkstücke getropft, die in Büretten untergebracht waren, und sie wurde darin vollständig nitrifiziert. Der Versuch war so gedacht, daß außer der Flüssigkeit stets Luft ununterbrochen durch die Kalkstücke hindurchstreichen sollte. Dieses Tropfsystem hat Stoddart dann in den folgenden Jahren weiter vervollkommenet und im Jahre 1898 in der durch Fig. 97 und 98 dargestellten Weise praktisch ausgeführt.

Wenn Stoddart behauptet, die Massachusettsversuche seien ohne den geringsten Einfluß auf seine Studien gewesen, so habe ich keinen Grund, daran zu zweifeln; wenn er aber weitergeht und meint, die Massachusettsversuche hätten überhaupt zur Ausbildung des biologischen Tropfverfahrens keinerlei Anregung gegeben, so bin ich darin, wie im Anfang dieses Kapitels schon dargelegt wurde, anderer Meinung. Durch die Veröffentlichung von 1893 hat sich Stoddart die Priorität für dieses Verfahren, soweit ich informiert bin, nicht gesichert, denn um jene Zeit waren auch schon die Corbettschen Versuche eingeleitet. Wie seine Versuche aus den vorhergehenden Jahren zu bewerten seien, vermag ich nicht zu entscheiden. In Prioritätsfragen entwickelt

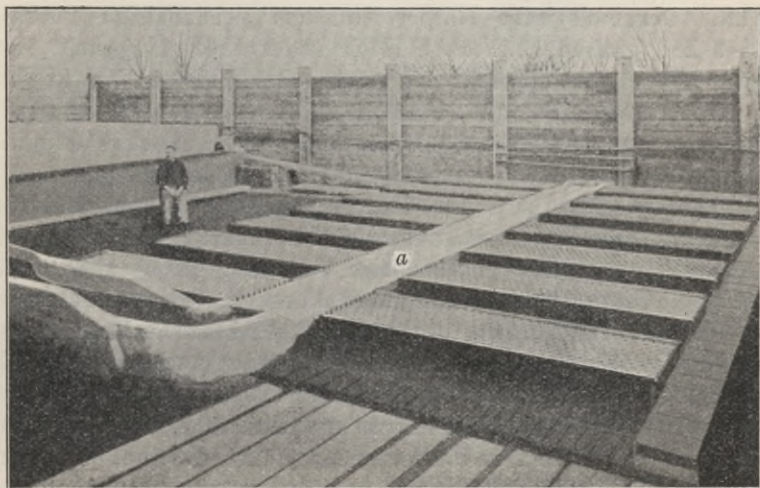


Fig. 97. Biologische Anlage nach Stoddart.

sich bekanntlich eine gerechte Beurteilung in der Regel erst allmählich. Die ganzen, hier in Frage stehenden Vorgänge befinden sich zurzeit noch in einer zu lebhaften Bewegung, als das man zu definitiven Schlüssen über die eben erörterten historischen Fragen gelangen könnte. Im Hinblick darauf, das Stoddart sich zurückgesetzt fühlt darüber, das man seine Verdienste allgemein zu wenig gewürdigt hätte, wollte ich dennoch nicht verfehlen, seine Ansicht hier zum Ausdruck zu bringen.

Die Konstruktion, zu der Stoddart im Jahre 1898 kam, sucht das Abwasser mittels perforierter Wellblechplatten regen-

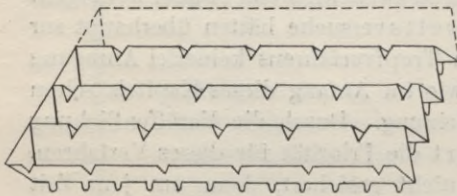


Fig. 98. Stoddarts Verteiler.

förmig zu verteilen. Aus dem Zuleitungskanal *a* (Fig. 97) fließt es seitlich auf die rinnenförmig gestalteten Blechplatten (Fig. 98). Auf dem Rücken der Rinnen sind Löcher eingeschnitten, durch welche die Flüssigkeit überfließt, um an den Außenwan-

dungen des Bleches hinunterzufließen, bis es die zapfenartigen Vorsprünge erreicht hat, von denen es tropfenartig auf den biologischen Körper fällt. Der biologische Körper wird aus gleichmäßigen, etwa 2—3 Zoll großen Stücken Schlacke oder Koks hergestellt in einer Höhe von ungefähr 1 bis 2 m oder mehr, in der Regel 2 m (Fig. 99). Auf 1 qm Oberfläche sollen etwa 430 Verteilungszapfen kommen. Dieser Stoddartverteiler ist in Horfield und Knowle bei Bristol ausgeführt und in verschiedenen Reinigungsanlagen, wie Manchester, Leeds und Salisbury, geprüft worden. Mit dem Reinigungserfolg ist man zufrieden. Die durchaus notwendige gleichmäßige Verteilung gelingt aber nur, wenn die Rinnen vollständig horizontal liegen. Jede Abweichung soll den Erfolg gefährden. Auch soll die gleichmäßige Verteilung durch Pilzwucherungen an den Verteilungsrinnen erschwert werden. Deshalb müssen diese zeitweise gereinigt werden. In den Stoddartanlagen wurden etwa  $5\frac{1}{2}$  cbm pro qm Oberfläche, oder, da die betreffenden Körper 2 m hoch waren, annähernd 3 cbm pro cbm Filtermaterial behandelt. Auch in Körpern, die seitlich vollständig ungeschützt waren, soll noch bei einer Temperatur von

—  $9\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  eine genügende Reinigungswirkung erzielt worden sein, obgleich sich an den Rinnen dicke Eiskrusten bildeten. Bei einer quantitativen Leistung von ca. 1,5 cbm Abwasser auf 1 qm Oberfläche pro Tag hatten die Abflüsse 10 mg freies Ammoniak, 2,8 mg Albuminoidammoniak, 79,2 mg Salpetersäure und 75 mg Kaliumpermanganatverbrauch pro l. Die Abnahme des Albuminoidammoniaks betrug 84%, die Abnahme der Oxydierbarkeit 73%, beides auf Faulbeckenabfluß berechnet.

Corbett hatte inzwischen seine Verteilungströge durch festliegende Röhren ersetzt, denen durch Vermittlung eines Siphons

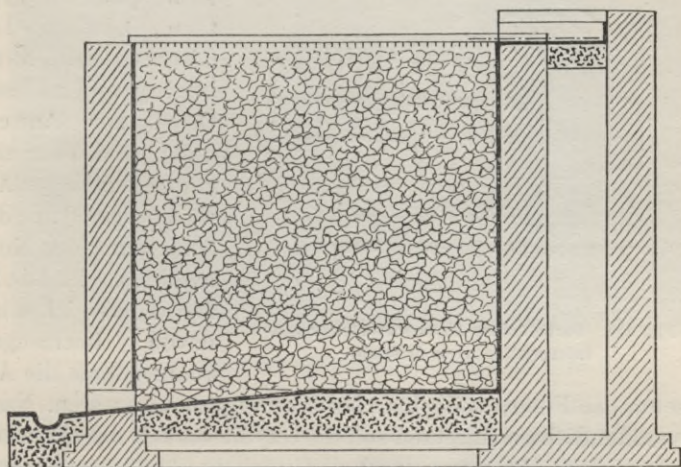


Fig. 99. Biologischer Körper nach Stoddart (Durchschnitt).

periodenweise Abwasser zugeführt wurde (Fig. 100). Im Jahre 1896 hat auch Garfield festliegende Röhren zur Verteilung des Abwassers benutzt, die er in Abständen von 90 cm verlegte und in Abständen von je 90 cm perforierte. Garfield baute seinen biologischen Körper aus Steinkohlen. Eine Anlage, die er in Wolverhampton um die genannte Zeit herstellte, soll gute Resultate gehabt haben. Die Steinkohlen waren dort in einer Gesamthöhe von etwa  $1\frac{1}{2}$  m in folgender Weise übereinander geschichtet worden: Auf die Sohle des Filters wurde eine 7,5 cm hohe Schicht aus Steinkohlenstücken von 12 mm Durchm. gebracht. Darüber lagerte eine 61 cm hohe Schicht Steinkohlen

von 6 mm Durchm., darüber eine 61 cm hohe Schicht Steinkohlen von 3—5 mm Durchm., dann folgte eine 15 cm hohe Schicht Steinkohlenstaub, welcher durch ein Sieb von 3 mm Maschenweite fiel. Das aus perforierten Röhren unter Druck austretende Abwasser wurde durch übergelegte Bleche fächerartig verteilt. Die Filter wurden 12 Stunden hindurch kontinuierlich beschickt und hatten dann eine 12stündige Ruhepause. In anderen Städten wurde die Beschickung in 4stündigen Perioden unterbrochen. Von chemisch vorbehandeltem Abwasser wurde 1,1 cbm pro qm Filteroberfläche täglich gereinigt. Das Garfieldsche Verfahren

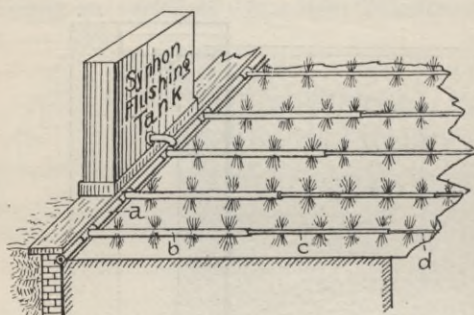


Fig. 100. Corbettscher Abwasserverteiler mit intermittierendem Betrieb.

kam später in Tipton, Lichfield, Chesterfield, Kimberley und anderen Orten zur Anwendung, und zwar mit gewissen geringen Abweichungen in der Schichtung des Kohlenfilters. In Lichfield habe ich mich davon überzeugen können, daß die Ab-

flüsse aus den Filtern völlig klar, farblos und geruchlos waren. Nach den veröffentlichten Analysen soll die Oxydierbarkeit des chemisch vorbehandelten Abwassers durchschnittlich um 70% herabgesetzt werden. Von manchen Sachverständigen wird behauptet, gerade die Kohle neige sehr zur Verwitterung. Die Art der Kohle dürfte hierbei wohl ausschlaggebend sein. Das gute Funktionieren der Garfieldschen Anlagen dürfte in erster Linie auf deren rationalen Betrieb zurückzuführen sein. Von einer besonderen, diejenige anderer Materialien übertreffenden, Reinigungswirkung der Steinkohle habe ich mich nicht überzeugen können.

Die Verteilung des Abwassers über die Oberfläche der Körper durch festgelegte perforierte Röhren wird nie eine sehr gleichmäßige sein können. Durch Vorschaltung von Kasten, in denen sich das Abwasser ansammelt, um dann durch Heberwirkung entleert zu werden (Fig. 100), wird das Abwasser bei Beginn der Verteilung weiterversprengt, und in dem Maße, wie der Wasser-

stand in den Kasten sinkt, werden allmählich die näher gelegenen Stellen bestrichen. Zurzeit dürften solche primitiven Einrichtungen als überholt gelten durch die später zu beschreibenden Sprengermundstücke.

Dadurch, daß man die perforierten Röhren beweglich montierte, suchte man zu einer günstigeren Verteilung zu kommen. Zunächst wurden sie so montiert, daß sie sich um ihren

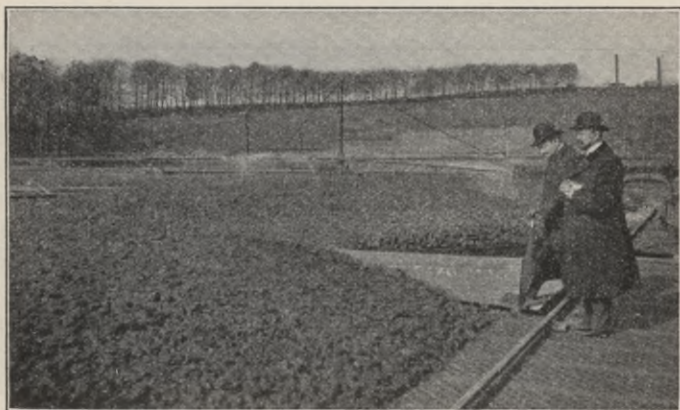


Fig. 101. Whittaker und Bryant-Sprenger, Accrington.

Mittelpunkt drehten (Drehsprenger). Später ging man auch dazu über, sie für rechtwinklig gebaute biologische Körper herzurichten. Die Drehsprenger bestreichen nur Kreisflächen. Die zwischen den einzelnen Kreisen liegenden Flächen bleiben unbenutzt.

Nachdem Corbett schon im Jahre 1894 mit Drehsprengern experimentiert hatte, errichteten Whittaker und Bryant im Jahre 1898 eine Anlage mit Drehsprengern in Accrington und Candy eine Versuchsanlage zu Reigate.

In Accrington wurde das Abwasser durch vierarmige Drehsprenger von 15 m Länge (Fig. 101) über biologische Körper versprengt, welche zu je vieren in oktogonal geformtem, durchbrochenem Mauerwerk aus groben Schlacken von 50—75 mm Durchmesser in einer Höhe von 2,4—2,7 m hergerichtet waren (Fig. 102). Das Abwasser wurde durch Pulsometer in die Sprenger

gefördert und durch den zugeleiteten Dampf gleichzeitig erwärmt. Auf die Erwärmung legte man, ebenso wie Ducat, damals noch Wert. Nachuntersuchungen in Leeds haben aber gezeigt, daß die Erwärmung keinerlei Vorteile bietet. Der Betrieb mittels Pulsometer stellte sich sehr teuer und wurde später aufgegeben. Die intermittierende Beschickung wird dadurch erzielt, daß die Sprengerarme die einzelnen Teile der Oberfläche nacheinander bestreichen. Das Abwasser verbreitet sich über die Oberfläche

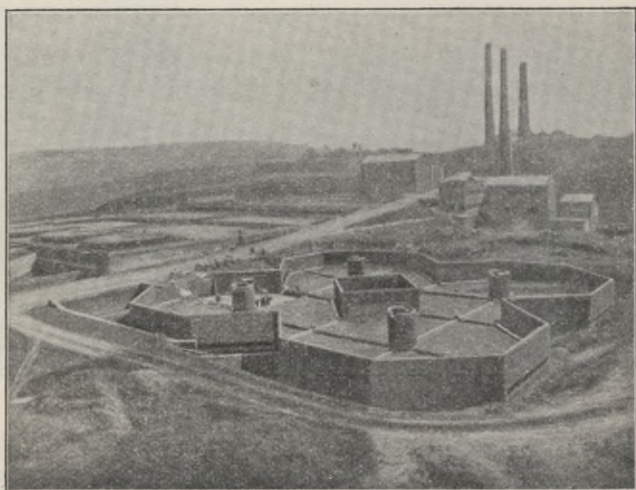


Fig. 102. Biologischer Körper nach Whittaker und Bryant, Accrington.

der Schlackenstücke, sammelt sich an den tiefsten Punkten zu Tropfen, fällt auf das nächste Schlackenstück, wo der Prozess sich wiederholt, bis die Flüssigkeit innerhalb etwa 10 Minuten die Sohle erreicht, welche mit halbkreisförmigen, durchlochenden Schalen aus Ton dicht bedeckt ist (Fig. 103), und gelangt als ein klares, der Fäulnis nicht mehr zugängliches Produkt zum Abfließen, obgleich pro qm Oberfläche täglich bis zu  $2\frac{1}{2}$  cbm eines vorgefaulten Abwassers behandelt werden, pro cbm Schlacke also rd. 1 cbm. Die Herabsetzung der Oxydierbarkeit belief sich bis auf rd. etwa 90%. Allmählich begannen sich in den Abflüssen flockige, torfartige Massen (peaty matter) auszuschcheiden. Man konnte



diese Stoffe durch Vorschaltung eines Wehres leicht zum Absitzen bringen. Später soll das Abfangen derselben schwieriger geworden sein, so daß man Absitzbecken bauen mußte, um die Flocken vom Vorfluter fernzuhalten.

Die Sprenger waren in Accrington aufgehängt an den aus der Fig. 104 ersichtlichen Säulen, an deren

Spitzen die Reibungsflächen lagen. Unten war ein Quecksilberschluß angebracht.

Die Whittakerschen Sprenger lassen sich nach den in Leeds gemachten Erfahrungen durch eine Abwassermenge von weniger als 1,4 cbm pro qm täglich, nicht in Bewegung halten. Die perforierten Röhren müssen täglich etwa einmal ausgewischt werden, damit die Löcher sich nicht verstopfen.

Der von Candy-Caink in Reigate ausgeführte Sprenger unterscheidet sich von dem eben beschriebenen grundsätzlich dadurch, daß er an der Verbindungsstelle der beiden

Verteilungsarme mit einem Gefäß ausgestattet ist. Dieses Gefäß wird in bestimmten Zwischenräumen schnell gefüllt, und es entleert sich dann selbsttätig durch die Löcher des Sprengers (Fig. 105).

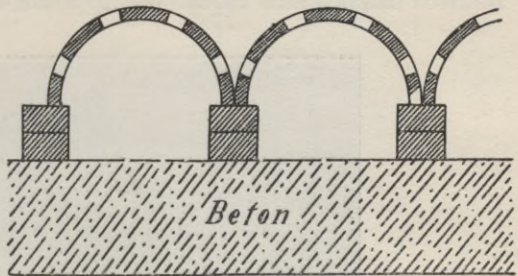


Fig. 103. Lüftungs- und Drainageröhren auf der Sohle der biologischen Körper in Accrington.

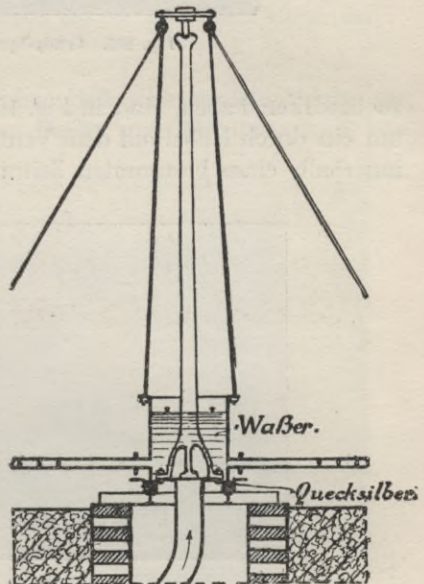


Fig. 104. Sprinkler in Accrington, Quecksilberschluß.

Durch plötzliche Füllung des Gefäßes kann man den Apparat bei geringerem Gefälle in Tätigkeit setzen, als es bei kontinuierlichem Betriebe möglich sein würde. Die Apparate, die die Unterbrechung

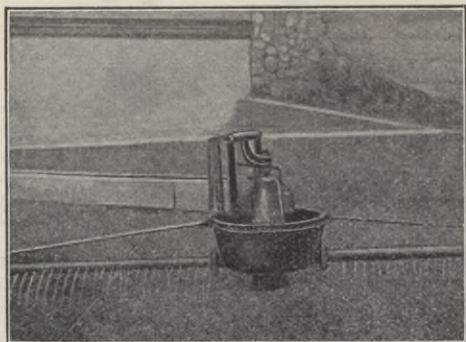


Fig. 105. Candy-Sprenger in Reigate.

zu bewirken haben, sind in Fig. 106 dargestellt. Es handelt sich um ein durch Hebel mit dem Ventil verbundenen Gefäß, welches innerhalb eines bestimmten Zeitraumes voll Abwasser läuft, da-

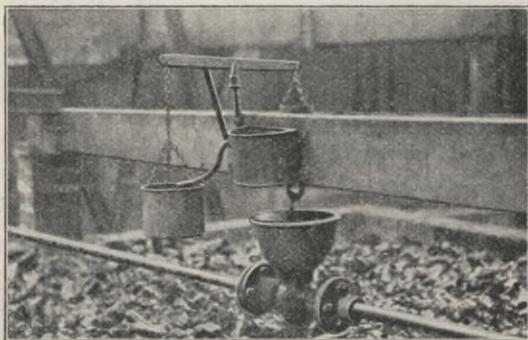


Fig. 106. Apparat zur intermittierenden Beschickung des Candyschen Sprengers in Leeds.

durch das Übergewicht bekommt und das Ventil hebt, so daß das Sprengergefäß gefüllt werden kann. Je nach der Menge von Abwasser, die man zu verteilen wünscht, kann der Apparat so

eingestellt werden, daß er sich 1 Minute dreht, 2 Minuten pausiert, bzw. 2 Minuten dreht und 4 Minuten pausiert etc. Als Nachteil

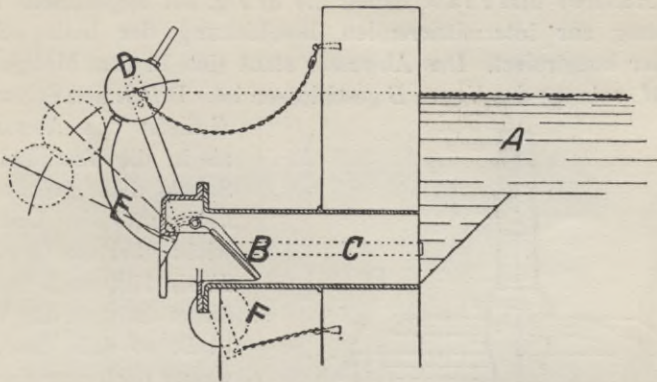


Fig. 107. Apparat zur Abwassermessung und intermittierenden Beschickung biologischer Körper nach Mather & Platt.

dieser Apparate wird empfunden, daß eine gewisse Menge Abwasser an ein und demselben Punkt zum Abflufs kommt, ehe

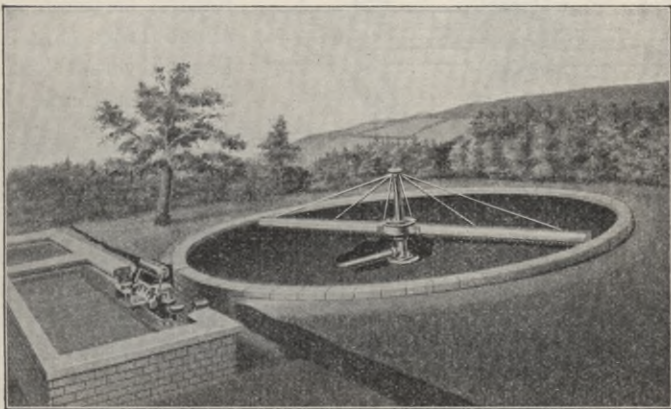


Fig. 108. Mather & Platt, Sprenger mit offenen Rinnen.

der Apparat sich jedesmal in Bewegung setzt, und daß die Bewegung eine mehr plötzliche ist, als bei dem sich ununterbrochen gleichmäßig drehenden Whittakersprenger. Die

Candyschen Sprenger haben sich in der später vervollkommenen Form in einer größeren Anzahl englischer Städte eingeführt.

Mather und Platt haben die in Fig. 107 abgebildete Vorrichtung zur intermittierenden Beschickung der biologischen Körper konstruiert. Das Abwasser staut sich in dem Mefsgefäß *A* auf, solange das Ventil *B* geschlossen ist. Durch den Schlauch *E* fließt das Abwasser ab in die Trommel *D*. Sobald diese gefüllt ist, bekommt sie Übergewicht über das Gewicht *F*, sie fällt nach unten, öffnet dadurch das Ventil *B*, so daß das Abwasser nach dem Sprenger abfließen kann.

Mather und Platt waren die ersten, welche die sich leicht verstopfenden perforierten Röhren ersetzen durch offene Tröge (Fig. 108). Das Bild veranschaulicht auch den Mefsbzw. Unterbrechungsapparat. Die Trommel steht hoch, das Mefsgefäß ist also in Füllung begriffen. Die Zuführung des Abwassers erfolgt wie beim Whit-

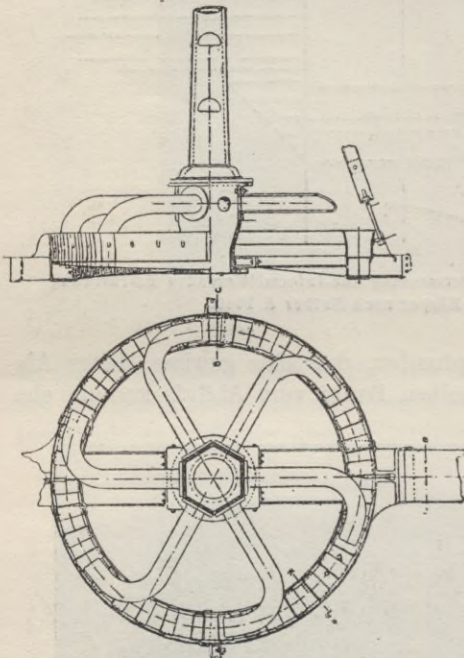


Fig. 109. Mather & Platt, Sprenger mit Turbinenantrieb.

takersprenger von unten her, wie in der Figur angedeutet. Die Drehung des Sprengers wird unterstützt durch die in Fig. 109 wiedergegebene Turbine, welche im zentralen Teil des Sprengers untergebracht ist und durch welche das Abwasser hindurchtreten muß, ehe es in die offenen Rinnen gelangt. Mather und Platt haben im Laufe der letzten Jahre sehr zahlreiche Abwasserreinigungsanlagen hergestellt, mit Sprengerarmen von 14—207 Fufs (etwa 4—63 m) Durchm. Fig. 110 zeigt einen ihrer größeren Verteiler, der durch elektrische Energie angetrieben wird.

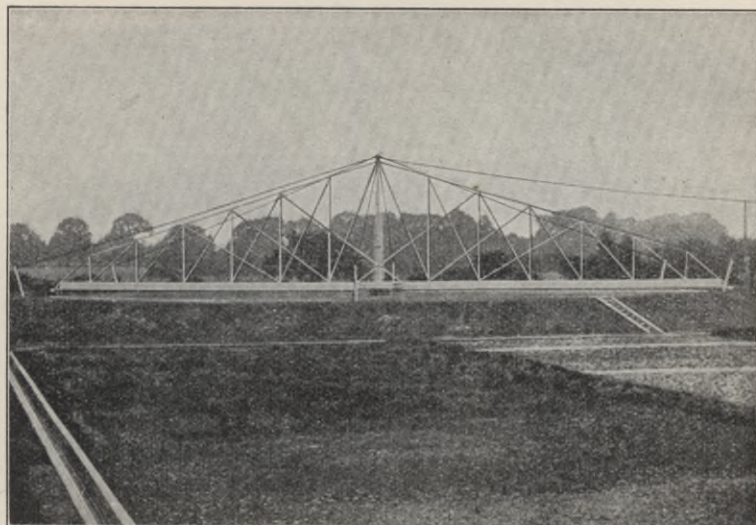


Fig. 110. Mather & Platts Sprenger mit elektrischem Antrieb, Chiehester.

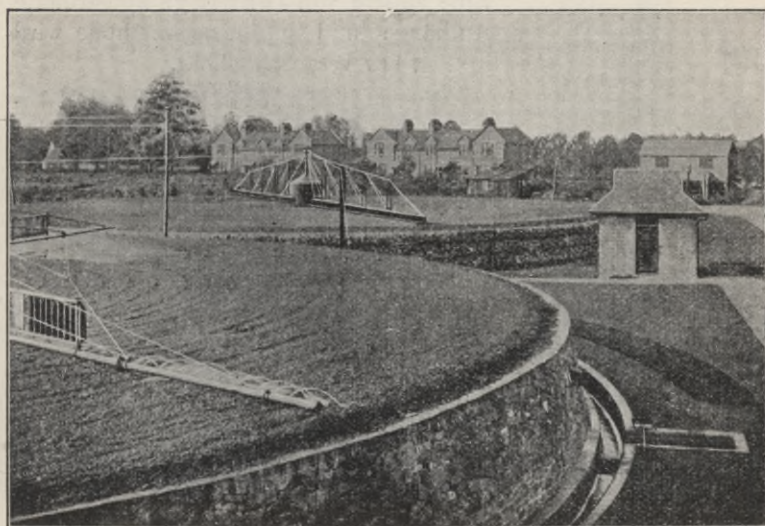


Fig. 111. Birmingham-Sprenger.

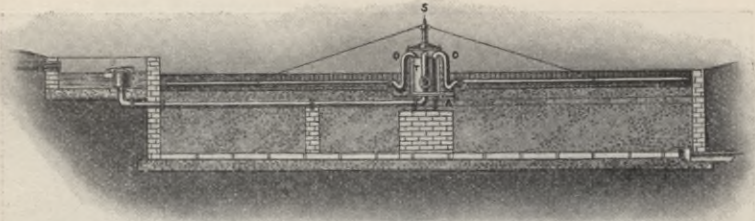


Fig. 112. Jennings drehbarer Sprenger mit Hebevorrichtung.

Fig. 111 veranschaulicht zwei der großen Sprengertropfkörper, die in Birmingham zu vergleichenden Versuchszwecken errichtet worden sind. Auch diese werden durch elektrische Energie in Betrieb gehalten.

Bei dem in Fig. 112 abgebildeten, von George Jennings Ltd. London konstruierten Sprenger, tritt das Abwasser in einen Sprengertopf, der fest montiert ist. Die Enden des Drehsprengers tauchen in ihn ein und hebern das Abwasser heraus. Eine andere von Jennings konstruierte Aufhänge- und Zuführungsmethode wird in Fig. 113 veranschaulicht.

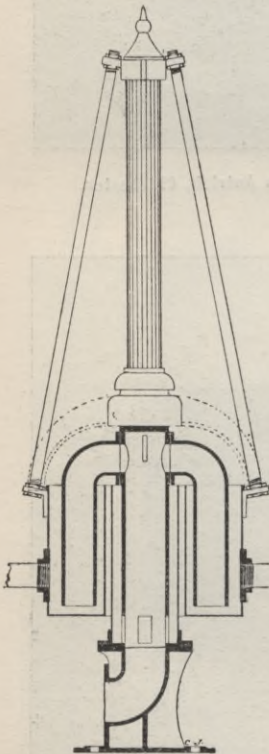


Fig. 113.

Aufhängen des Drehsprengers nach Jennings.

Fig. 114 zeigt einen von Scott Moncrieff in Birmingham für Versuchszwecke errichteten großen Sprenger, bei dem das Abwasser aus einem drehbaren, offenen Trog abfließt. Der Sprenger wird durch einen, auf dem Geleise laufenden Motor in Bewegung gehalten. Die hierdurch erhaltene Verteilung ist sehr gut, die Kosten werden aber als unerschwinglich bezeichnet.

Ganz neuartig war der von Fiddian gemachte Vorschlag, das Abwasser in offene Becher austreten zu lassen, aus denen es sich in einen Verteilerapparat ergießt, der nach Art eines oberflächigen Wasserrades gebaut ist (Fig. 115). So-

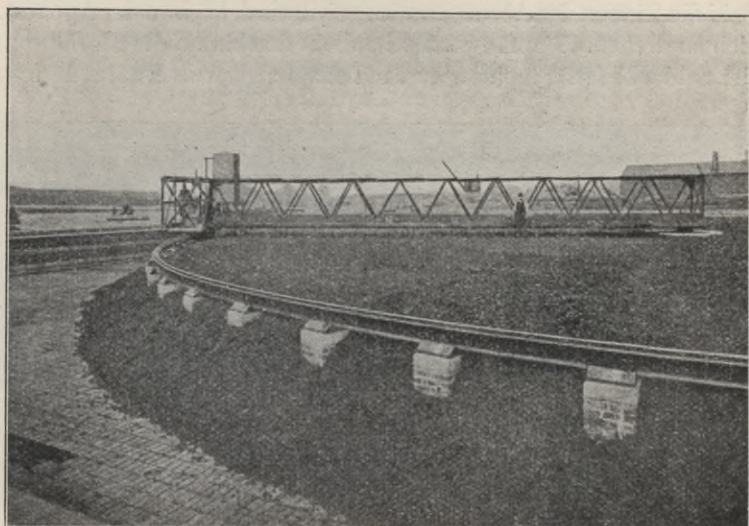


Fig. 114. Scott Mancieffs Abwasserverteiler mit Motorantrieb, Birmingham.

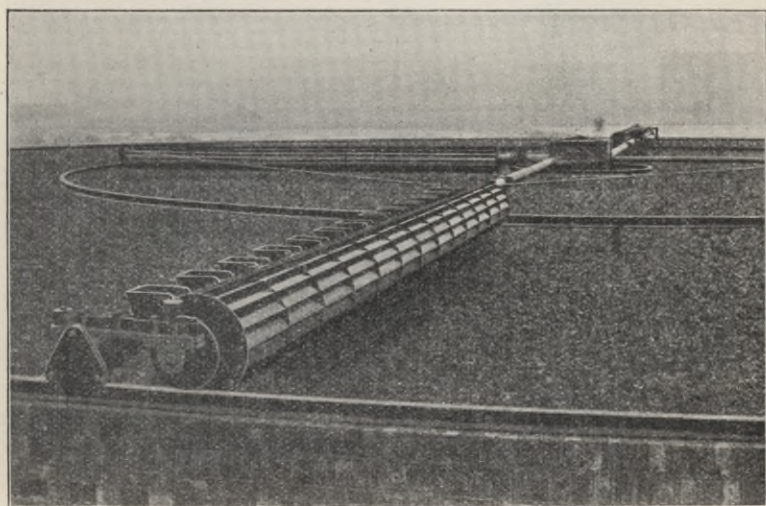


Fig. 115. Fiddian-Abwasserverteiler in Enfield.

bald die Rinnen des Abwasserrades gefüllt sind, beginnt der Apparat sich zu drehen. Fig. 116 veranschaulicht den bis auf die Einfüllung der Schlacke fertig montierten Fiddiansprenger von Enfield. Ich

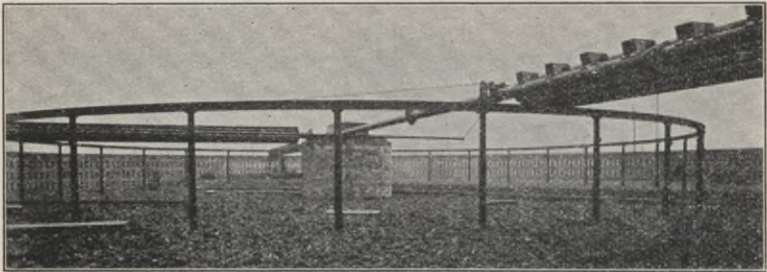


Fig. 116. Fiddian-Abwasserverteiler im Bau.

habe diesen in Betrieb gesehen neben zwei Sprengern anderer Konstruktion, bei denen das Abwasser durch geschlossene perforierte Röhren verteilt wurde. Auf der Oberfläche der Körper, die durch

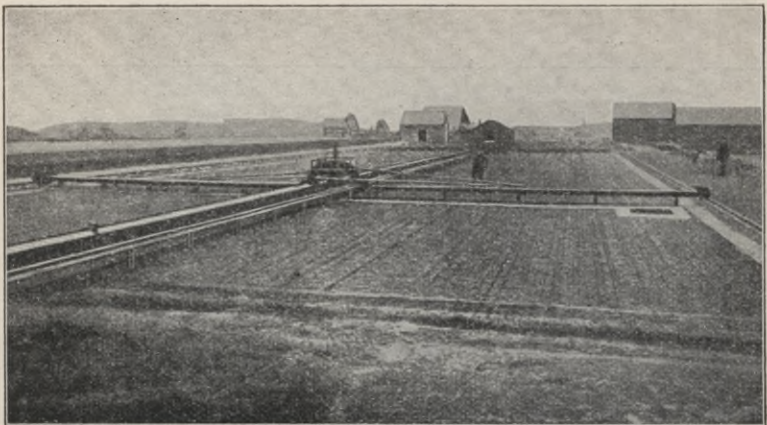


Fig. 117. Willeox and Raikes Abwasserverteiler für rechteckige biologische Körper mit Motorantrieb.

perforierte Röhren beschickt wurden, fand sich eine dicke, graue, schleimige, übelriechende Vegetationsschicht. Durch solche Vegetation war in Leeds und anderen Städten der Erfolg der Ab-



wasserreinigung stark beeinträchtigt worden. Bei dem Fiddiankörper, der mit demselben Abwasser in ebenso großen Mengen beschickt wurde, war diese graue Schicht nicht vorhanden, sondern der Körper war von grüner Algenvegetation bedeckt und roch gar nicht. Das Abwasser stammte bei allen drei Verteilern aus ein und demselben Faulbecken, nur die Art der Verteilung konnte also die Vegetation auf der Oberfläche des Beckens in der eben beschriebenen Weise beeinflusst haben.

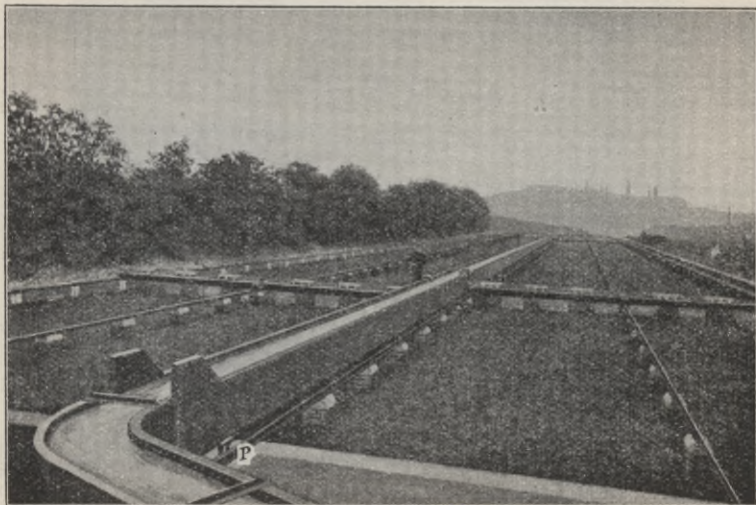


Fig. 118. Ham, Baker & Co., Abwasserverteiler nach Fiddians Prinzip für rechteckige biologische Körper in Bolton.

Der Fiddianverteiler, der von Birch, Killon & Co. in Manchester gebaut wird, soll sich etwa doppelt so kostspielig stellen als andere Verteiler. Er hat sich aber, weil enge Durchflußöffnungen gar nicht vorhanden sind, das Abwasser überall freien Durchtritt findet, wegen der Sicherheit des Funktionierens, der sehr gleichmäßigen Verteilung des Abwassers und wegen anderer Vorzüge, bald sehr gut eingeführt.

Neben den Drehsprengern sind neuerdings fahrbare (travelling) Verteiler in Aufnahme gekommen, mit denen man die ganze Oberfläche rechteckiger biologischer Körper bestreichen kann.

Der in Fig. 117 abgebildete Verteiler wird durch elektrischen Antrieb hin und her bewegt. Er entnimmt das Abwasser aus der zwischen zwei Körpern verlaufenden Zuführungsrinne durch Heberwirkung und verteilt es durch offene Tröge.

Unter Verwendung des von Fiddian eingeführten Prinzips des oberflächigen Wasserrades haben Ham, Baker & Co. für Bolton einen fahrbaren Verteiler konstruiert (Fig. 118). Das Abwasser wird von einer Seite her durch Becher dem Wasserrade

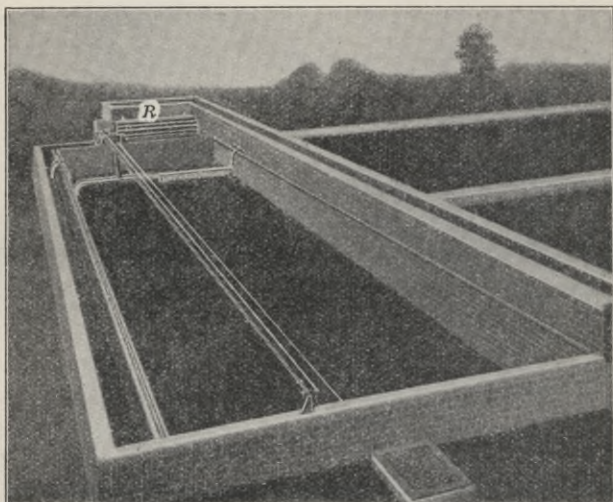


Fig. 119. Abwasserverteiler für rechteckige biologische Körper nach Jennings.

zugeführt. Der Apparat bewegt sich infolgedessen nach dieser Seite zu. Sobald er das Ende des Körpers erreicht hat, stößt ein Hebel gegen einen Puffer, (*P* Fig. 118) dadurch wird der Wasserstrom abgelenkt nach einer Becherserie, die sich auf der anderen Seite des Rades befindet. Nunmehr werden die Rinnen des Rades auf dieser Seite gefüllt und der Apparat bewegt sich automatisch rückwärts. Ich habe diesen Apparat in Bolton in Funktion gesehen. Nach mehrmonatigem Betriebe war man mit der Zuverlässigkeit seiner automatischen Arbeit durchaus zufrieden. In der dortigen Gegend wird aber Bergbau betrieben, das Gelände sackt, und deshalb wird es ab und zu nötig, die Geleise neu zu

regulieren. Jennings bewirkt die Bewegung eines fahrbaren Verteilers durch ein Wasserrad *R* (Fig. 119).

An dieser Stelle mag der Vollständigkeit halber noch ein Verteilungsapparat seine Beschreibung finden, der viel besprochen

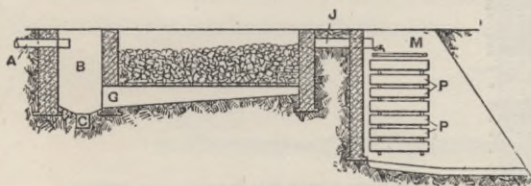


Fig. 120.

Scott-Moncrieffs Cultivationbank und biologischer Körper.

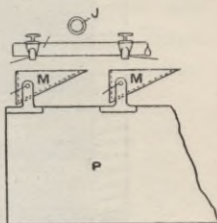


Fig. 121.

worden ist. Scott Moncrieff hat im Jahre 1891 seine auf S. 139 schon erwähnten Cultivation tanks konstruiert, d. h. ein mit Steinen angefülltes Becken (Fig. 120). Das Abwasser tritt bei *A* zu, gelangt bei *G* unter die Sohle des Beckens, steigt unter Zurücklassung der ungelösten Stoffe aufwärts, fließt bei *J* über auf einen Kippapparat *M* (siehe auch Fig. 121) und wirft, sobald dieser das Übergewicht bekommt, das Abwasser auf den Koks. Es tropft durch die Horden *P* allmählich ab. Der

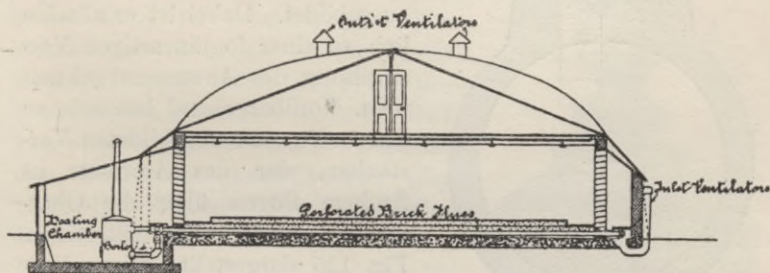


Fig. 122 Ducats biologischer Körper mit Heizvorrichtung.

Apparat ist in verschiedenen Privathäusern, Kasernen und ähnlichen Anstalten in Betrieb genommen worden.

Auch der von Ducat ersonnene und viel besprochene biologische Körper mag hier kurz erwähnt werden. Die Umwandlung des Apparates besteht aus etwas schräg verlegten Drainröhren,

welche den Körper seitlich durchlüften sollen (Figg. 122 u. 123). Um den dadurch bewirkten Wärmeverlust zu ersetzen, kann der

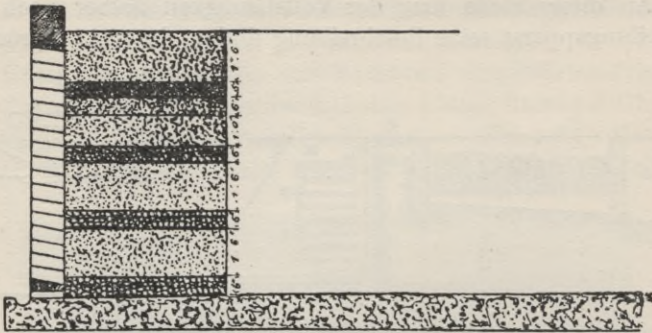


Fig. 123. Ducats biologischer Körper, seitliche Durchlüftung und Schichtung.

Körper durch eine Heizanlage erwärmt werden. Das Abwasser wird durch Kippapparate über die Oberfläche des biologischen Körpers verteilt. Dieser wurde aus mehreren Schichten verschiedenartiger Materialien aufgebaut, wie aus Fig. 123 ersichtlich.

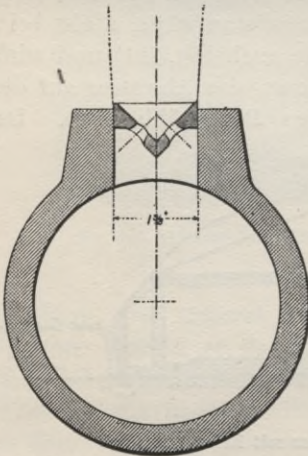


Fig. 124. Gjers & Harrison's Zerstäuber von Corbett in Salford verwendet.

Corbett ist bei seinen fest montierten Verteilern geblieben und hat dieselben immer weiter ausgebildet. Dabei ist er allmählich zu einer fontäneartigen Versprühung des Abwassers gekommen. Vorübergehend benutzte er den in Fig. 124 abgebildeten Verstäuber, der das Abwasser in flachem Bogen über die Oberfläche des Körpers verteilt, wie in Fig. 125 dargestellt. Diese Verteilungsart hat sich in Salford sehr gut bewährt, und sie ist von Watson in größtem Mafsstabe in Birmingham angewendet

worden. Watson benutzt den in Fig. 126 abgebildeten Zerstäuber, der in der Mitte einen Nagel *A* trägt, welcher herausgehoben wird, sobald der Apparat das Wasser nicht mehr gut

verteilt. Das mit einem Druck von  $1\frac{1}{2}$  m austretende Abwasser spült dann die Öffnungen rein, der Nagel kann sofort wieder zurückgesetzt werden. Fig. 127 zeigt einen dieser Birminghamer Tropfkörper im Querschnitt und Fig. 128 in der Aufsicht. Die bekannten Ingenieure Fuller und Hering haben in der Kolumbus-Versuchsstation, nach Vergleichen sämtlicher in Frage kommender Verteilungsmethoden, sich ebenfalls für die Anwen-



Fig. 125. Giers & Harrisons fest montierter Zerstäuber in Tätigkeit.

dung fest montierter Zerstäuber entschieden, besonders im Hinblick auf die strengeren Frostperioden, mit denen man in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zu rechnen hat. Durch Fig. 129 wird ein mit Zerstäuber versehener Tropfkörper veranschaulicht, wie ihn Winslow im Winter antraf. Der biologische Körper ist von Eis und Schnee ganz bedeckt. Im Bereiche des Zerstäubers hat die Wärme des Abwassers die Oberfläche des Körpers selbst unter so erschwerenden Umständen frei zu halten vermocht. Aus diesem Grunde haben Hering und Fuller den Zerstäuber auch für Baltimore vorgeschlagen. Sie benutzen den Kolumbuszerstäuber (Fig. 130). Das Abwasser hat ungehindert Durchtritt und prallt gegen einen Konus, der es in der in Fig. 131 veranschaulichten Weise verteilt. Verstopfungen des Zerstäubers, wie sie in Birmingham oft vorkommen, hauptsächlich infolge von Fettablagerungen, sollen bei den Kolumbuszerstäubern nicht in Frage kommen. Durch freundliche Vermittlung des Herrn Baurats Franze in Leipzig bin ich in den Besitz eines Kolumbuszerstäubers ge-

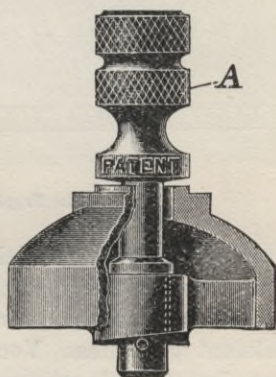


Fig. 126. Ham, Baker & Co., Zerstäuber in Birmingham.

kommen. Die damit angestellten Versuche über Gleichmäßigkeit der Verteilung sind nicht ganz zufriedenstellend ausgefallen. G. W. Fuller erkennt diese Schwäche an, will sie aber in Baltimore dadurch beseitigen, daß er das Abwasser in Becken aufstaut, die intermittierend entleert werden nach dem auf S. 288 beschriebenen Prinzip. Dadurch soll der auf dem Zerstäuber lastende Druck abwechselnd verstärkt und verringert und hier-

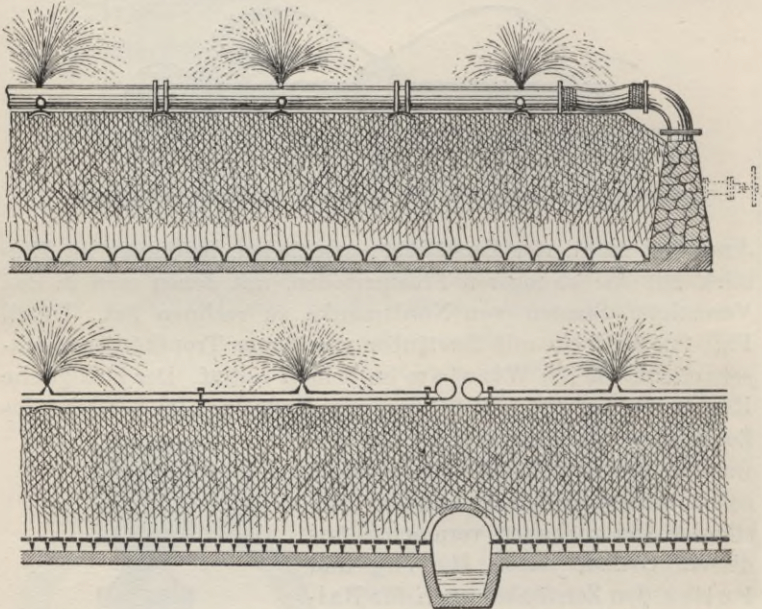


Fig. 127. Tropfkörper Birmingham (Querschnitt).

durch eine größere Gleichmäßigkeit in der Verteilung des Abwassers erzielt werden.

Inzwischen sind mir noch weitere Modelle von Zerstäubern bekannt geworden. Von einer Besprechung derselben sehe ich aus dem Grunde ab, weil auch durch sie eine vollständige Beseitigung der Schwierigkeiten, welche einer Zerstäubung von Abwasser entgegenstehen, nicht erreicht wird. Die hierher gehörigen Konstruktionen, sowie auch andere Neuerungen in der Abwasserreinigungstechnik, die mir seit Drucklegung bekannt geworden sind, werden ihre Beschreibung im Gesundheits Ingenieur finden.

Weiter oben wurde schon darauf hingewiesen, daß die Tropfkörper in Accrington zunächst ganz klare Abflüsse lieferten, daß aber allmählich humusartige Flöckchen auftraten und die Abflüsse trübten. Im Laufe der Zeit wurden diese flockigen Ausscheidungen immer intensiver. Es zeigte sich, daß solche Ausscheidungen zum größten Teil der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich und daß sie gegen Zersetzungsvorgänge sehr widerstandsfähig sind. Man hat daraus geschlossen, daß ihre Ausspülung aus den Tropfkörpern durchaus nötig sei, weil die

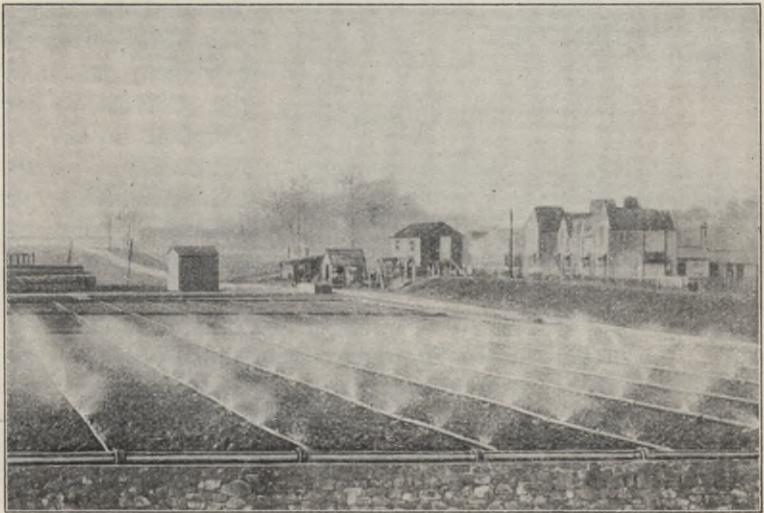


Fig. 128. Tropfkörper Birmingham (Aufsicht).

Poren der letzteren sich sonst mit der Zeit verstopfen würden. Besonders von Leeds aus wurde empfohlen, die Tropfkörper aus so grobkörnigem Material zu bauen, daß die abgestoßenen Flocken überall freien Durchgang finden könnten. Ohne Zweifel hat dieses Verfahren eine gewisse Berechtigung. Es fragt sich aber, ob man nicht die Menge dieser flockigen Stoffe verringern könnte. Vor allem muß man also zu ergründen trachten, was diese Stoffe sind. Es handelt sich um Verwitterungsprodukte des Materials, aus denen der Tropfkörper aufgebaut ist, um die widerstandsfähigeren Bestandteile der organischen Substanzen,

welche sich mechanisch oder durch Absorption auf dem Tropfkörper niedergeschlagen haben, um Eisenhydroxyd, das sich teilweise aus den Abwässern, teilweise aus der Schlacke, Koks usw.

bildet und allmählich abgestoßen wird, schliesslich um pflanzliche und tierische Lebewesen.

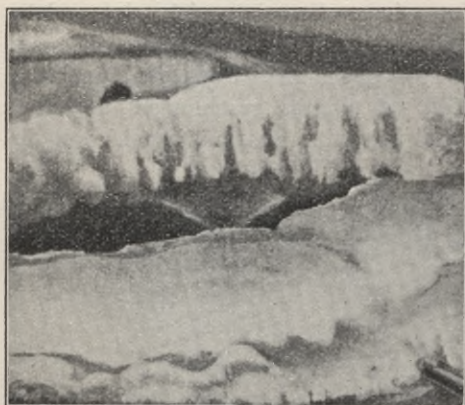


Fig. 129. Kolumbus-Zerstäuber im Winter.

Meines Erachtens kann man einen Einfluss auf die Menge dieser Stoffe dadurch gewinnen, dass man die Oberfläche der Tropfkörper aus so feinkörnigem Material herstellt, dass der größte Teil der ungelösten, wie auch der absorbierbaren ge-

lösten Stoffe auf bzw. dicht unter der Oberfläche festgehalten wird. Gegen ein solches Vorgehen scheint die Beobachtung zu sprechen, dass selbst auf Tropfkörpern, die aus sehr grobem Material hergestellt waren, wie z. B. diejenigen in Leeds, das

Abwasser sich an der Oberfläche aufstaute und Lachen bildete, sobald das Wachstum des *Pilobolus* eine gewisse Intensität annahm. Man glaubte, dass der Charakter des Abwassers in Leeds dieses auffällige Wachstum besonders begünstigte. Ich habe aber schon darauf hingewiesen, dass in Enfield bei Verwendung ein und desselben Abwassers

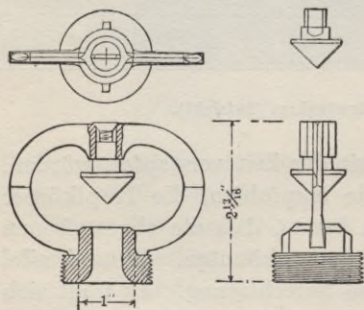


Fig. 130. Kolumbus-Zerstäuber.

zwei Körper sehr starke derartige Vegetation auf der Oberfläche zeigten, ein anderer gar nicht, je nach der Art, wie das Abwasser verteilt wurde. Nach meinen Erfahrungen kommt



es bei der Verteilung durch perforierte Röhren, wo der Schwefelwasserstoff bis zum Austritt auf die Tropfkörper in dem Abwasser festgehalten wird, leichter zu derartigen Vegetationen als bei Einrichtungen, wo die Faulkammerabflüsse zunächst eine gewisse Durchlüftung erfahren. Ich habe selbst Beobachtungen an einem aus sehr grobem Material hergestellten Tropfkörper machen können, wo das bezeichnete Pilzwachstum sich in intensivstem

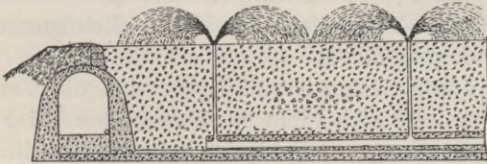


Fig. 131. Kolumbus-Sprinkler in Tätigkeit.

Masse entwickelte. Bei Verwendung feinkörniger Deckschichten trat dieses Pilzwachstum aber nicht in störender Weise in Erscheinung, obgleich identische Abwässer verwendet wurden. Ich bin überzeugt davon, daß nicht allein die Verteilungsart hier von Einfluß war, sondern daß namentlich die Wirkung des feinkörnigen Materials ausschlaggebend war.

Meine einschlägigen Versuche datieren aus dem Jahre 1902. Im Jahre 1904 ist auch Reid in Hanley zur Anwendung feinerer Deckschichten übergegangen. Er hat ebenfalls nur durchaus günstige Resultate damit erzielt. Man hat behauptet, das hänge damit zusammen, daß die Abwässer in Hanley sehr wenig konzentriert wären. Gewiß mag der Charakter des Abwassers von einer gewissen Bedeutung gewesen sein. Meine Beobachtungen an ungewöhnlich konzentrierten Abwässern, wie denen in der Stadt Unna, haben mich aber davon überzeugt, daß das Verfahren sich nicht nur bei verdünnten Abwässern bewähren wird.

Auf die Bedeutung feinkörniger Deckschichten werde ich gleich zurückkommen. Vorher möchte ich noch darauf hinweisen, daß die allgemeine Ansicht zurzeit noch dahin geht, man sollte die Tropfkörper so bauen, daß die flockigen Stoffe aus dem Körper möglichst gründlich ausgeschwemmt werden könnten. In Leeds hielt man es für empfehlenswert, durch Abspritzen bzw. vorübergehende starke Beschickung des Körpers ihre Abschwemmung zu begünstigen. Die mikroskopische Untersuchung läßt in den

flockigen Ausscheidungen der Tropfkörper ein sehr reiches pflanzliches und tierisches Leben erkennen. Die chemische Analyse zeigt, daß Verwitterungsprodukte von Schlacke, Koks usw. eine nicht unbedeutende Rolle darin spielen. Um die Verwitterungsvorgänge einzuschränken, ist man allmählich dazu übergegangen, die Tropfkörper aus möglichst resistentem Material aufzubauen, wie z. B. Bruchmaterial von Tonwarenfabriken (Hanley), geschlagenem Granit (Birmingham), Kieselsteinen (Roadley). Auch bei Anwendung solchen Materials ist der Reinigungsprozefs zufriedenstellend ausgefallen.

Bei gut durchlüfteten Tropfkörpern sind die Verwitterungsprozesse an und für sich nicht so intensiv wie bei Füllkörpern. Auch bei Verwendung von Schlacke kann man bei ihnen deshalb auf eine grössere Lebensdauer rechnen. Koks ist nicht empfehlenswert, weil er in der Regel nicht genügende Tragkraft hat und deshalb zerdrückt wird.

In England werden die Tropfkörper fast durchweg mit vorgefaultem Abwasser beschickt. Hier und da sind Klagen über Geruchsbelästigungen laut geworden. Zurzeit läßt die Königliche Kommission Versuche darüber anstellen, ob bei rationeller chemischer Vorbehandlung des Abwassers nicht solche Übelstände zu vermeiden und gleichzeitig zu erreichen wäre, daß man die Tropfkörper mit grösseren Abwassermengen belasten könnte. Besonders wichtig sind die Versuche, die darauf hinauszielen, durch solche chemische Vorbehandlung dahin zu kommen, daß die nur für den Trockenwetterabfluß berechneten und dimensionierten Tropfkörper an Regentagen mit benutzt werden können, um dann die 3—6 fache Abwassermenge zu reinigen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß in bezug auf Verteilung des Abwassers, sowie auch in betreff der Konstruktion der Tropfkörper im Laufe der letzten Jahre rapide Fortschritte gemacht worden sind. Man darf wohl sagen, daß das Tropfverfahren das Füllverfahren annähernd vollständig verdrängt hat. An großen Städten ist außer Manchester, wo das Füllverfahren eingeführt war, ehe das Tropfverfahren verbreitete Anerkennung fand, nur Sheffield zu nennen, welches auch zurzeit noch daran denkt, das Füllverfahren zur Anwendung zu bringen.

Vor einigen Jahren habe ich mich noch skeptisch über die drehbaren und beweglichen Verteilungsapparate ausgesprochen.

Die in der Praxis gemachten Erfahrungen haben mir recht gegeben, indem durch Wind, Frost und andere Einflüsse, namentlich auch durch Schäden an den Reibungsflächen die Verteilung und damit auch die Reinigung der Abwässer gestört wurde. Durch die neueren, oben beschriebenen Konstruktionen sind solche Mängel überwunden worden, trotzdem dürfte ein Verfahren, das ich im Jahre 1901 ausgebildet habe, noch eine gewisse praktische Bedeutung behalten.

Der Hamburger Tropfkörper mit Deckschicht. Im Jahre 1901 war die Ausbildung der künstlichen biologischen Abwasserreinigungsmethoden schon so weit gediehen, daß jede Stadt oder größere Anstalt damit hätten zum Ziel kommen können. Die hauptsächlichsten Schwierigkeiten ergaben sich bei kleinen Anlagen, z. B. bei Privathäusern oder kleinen Anstalten, wo kein Maschinist zur Verfügung stand. Das Füllverfahren konnte in solchen Fällen nicht in Betracht kommen, weil es nur bei sorgfältiger Bedienung funktioniert, auf Vernachlässigungen sofort damit reagiert, daß die biologischen Körper und infolgedessen auch die Abflüsse in Fäulnis übergehen. Die vorgeschlagenen automatischen Beschickungs- und Verteilungsvorrichtungen machten ebenfalls eine sachverständige Überwachung und Pflege notwendig, sonst blieben sie stehen und das Abwasser floß ungereinigt aus den Körpern ab. Zu jener Zeit wurde ich von vielen Seiten, fast täglich um Rat gefragt, wie man sich in solchen Fällen helfen könnte. Ich beschäftigte mich damals mit Versuchen, das Abwasser in Sammelgefäßen anzustauen und durch Heber auf biologische Körper aufzuleiten, deren Abfluß stets offen blieb. Die Versuche verliefen über Erwarten zufriedenstellend. Eine Verstopfung der verhältnismäßig engen Heberleitungen liefs sich leicht vermeiden. Trotzdem habe ich ein solches Verfahren für die Praxis niemals in Vorschlag gebracht, weil bei vorkommenden Nachlässigkeiten eine Verstopfung des Hebers doch eintreten mußte und erfahrungsgemäß damit zu rechnen war, daß die daraus resultierenden Mißerfolge in verallgemeinernder Weise dem künstlichen biologischen Verfahren zur Last gelegt würden, dessen praktische Verwendbarkeit von vielen einflußreichen Stellen aus, zu jener Zeit noch hart bestritten wurde.

Die hier zu lösende Aufgabe faßte ich folgendermaßen auf: Die Reinigungsanlage mußte so verlegt werden können, daß man

von ihr nichts sah oder roch und dafs man sie tagelang sich selbst überlassen könnte. Der Lauf des Abwassers durfte deshalb an keiner Stelle durch enge Röhren oder ähnliche Hindernisse gehemmt werden. Die Anlagen durften keine erheblichen Gefälleverluste verursachen, sie durften also keine zu grofse Höhenentwicklung haben. Schliesslich und namentlich musste die Anlage für geringe Kosten herstellbar sein.

Die Beobachtungen, die ich gelegentlich der mit Hebern ausgeführten Experimente machte, führten mich zu folgenden Überlegungen und Versuchen: Wenn man Schmutzwasser auf eine Schicht sehr feinkörnigen Materials ausgiefst, so läfst dieses Material in der Zeiteinheit nur eine ganz bestimmte Maximalmenge des Abwassers durchtreten. Schichtet man unter das feine Material ein etwas gröberes und darunter noch gröberes Material, z. B. Schlacke, so wird die Flüssigkeit, wenn sie durch die oberste Schicht hindurchgetreten ist, von den einzelnen Stückchen der darunter liegenden Schlacke tropfenförmig aufgenommen. Jedes Stückchen Schlacke saugt das Abwasser aus dem darüber liegenden Gebiet feineren Materials an. Die angesaugte Flüssigkeit breitet sich über die ganze Oberfläche des Schlackestückchens gleichmäfsig aus, bildet an hervorragenden Zacken und an tiefsten Punkten der Schlackestückchen Tropfen, die auf die nächsten, darunter liegenden, gröfseren Schlackestücke fallen. Dort wiederholt sich der Vorgang. An den kleineren Schlackestückchen läfst er sich nicht deutlich verfolgen. Sobald aber die Flüssigkeit bis zu faustgrofsen Schlackestücken heruntergesickert ist, kann man die Tropfenbildung an jedem Vorsprunge der Schlacke beobachten. In der gröberen Schlacke fallen die Tropfen von einem Vorsprung zum anderen durch die dazwischen liegende Luft hindurch, und in dem ganzen Schlackekörper spielt sich dieser Vorgang gleichmäfsig ab. Sehr schön liefs er sich an Modellen beobachten, die ich in einem Durchmesser von etwa 30 cm und in einer Höhe von 1 m herstellen liefs.

Die gleichmäfsige Verteilung und tropfenförmige Auflösung des Abwassers liefs sich also in einfachster Weise ebensogut und sogar noch besser bewirken als mit den beschriebenen kostspieligen, apparativen Vorrichtungen. Ohne irgendwelche apparative Einrichtungen kann man also erreichen, dafs nicht nur ganz bestimmte Abwassermengen durch den biologischen Körper

hindurchtreten, sondern dafs sie auch in der anzustrebenden, völlig gleichmäfsigen Verteilung durch den Körper hindurchlaufen. Bei meinen Versuchskörpern blieben alle gröberen ungelösten Bestandteile auf der Oberfläche der feinkörnigen Deckschicht liegen. In dieser Schicht selbst wurde der grösste Teil der gelösten Stoffe durch Absorption festgehalten, in den Unterbau gelangte also eine Flüssigkeit, die schon annähernd klar und der stinkenden Fäulnis nur noch in geringem Grade zugänglich war. Fing man die Flüssigkeit unmittelbar unter der Deckschicht auf, so enthielt sie noch reichlich Ammoniak und verhältnismäfsig wenig Salpetersäure. In den tieferen Schichten zeigte sich das umgekehrte Verhältnis, die Abflüsse waren selbst bei Beschickung des biologischen Körpers mit sehr konzentrierten Abwässern völlig klar, farblos und geruchlos.

Deckte ich biologische Körper, die in gemauerten Becken oder in grofsen Gärbottichen untergebracht waren, und die bis dahin gut funktioniert hatten, mit einer derartigen feinkörnigen Schicht ganz zu, so erzielte ich nicht so gute Resultate. Selbst bei Körpern, die bis dahin nach dem intermittierenden Verfahren gut gearbeitet hatten, begannen die Abflüsse bald nach Schwefelwasserstoff zu riechen und sich schwärzlich zu verfärben. Daran änderte sich auch nichts, als ich verhältnismäfsig weite Ventilationsröhren senkrecht durch die Deckschicht hindurch bis in die gröberen Schichten führte. Später habe ich, wie wir noch sehen werden, gelernt, auch bei solchen in gemauerten Gruben untergebrachten und ganz abgedeckten Körpern zum Ziel zu kommen. Der Gang meiner Versuche entwickelte sich aber zunächst so, dafs ich aus der Oberfläche von biologischen Körpern, die bis dahin nach dem Füllverfahren betrieben worden waren und aus Schlacke von 3—7, 5—10 bzw. 10—30 mm Korngröfse hergestellt waren, Furchen aushob, die mit feinkörnigem Material ausgefüllt wurden. Ich erzähle diese Vorgänge absichtlich chronologisch und in einer Breite, die an und für sich nicht gerechtfertigt sein würde, um einerseits dadurch zu erreichen, dafs Fehlgriffe, wie sie selbst bei diesem einfachen Verfahren in zahlreichen Fällen schon zu verzeichnen sind, zukünftig besser vermieden werden können, und ausserdem, weil vollständig falsche Auffassungen darüber verbreitet worden sind, von welchen Vorgängen ich dieses Verfahren abgeleitet habe. Über diesen letz-

teren Punkt werde ich mich weiter unten noch näher auszulassen haben.

Der Körper wurde nicht etwa in der Weise hergerichtet, wie es in Manchester geschehen ist und sich nicht bewährt hat, sondern unter Beobachtung gewisser, durchaus gebotener Vorsichtsmafsregeln, die später noch erläutert werden sollen. Zwischen den einzelnen Furchen trat das grobkörnige Material in einer Breite von mehreren Zentimetern offen zutage. Wurde das Abwasser in diese Furchen geleitet, so erzielte man bessere Abflüsse als zuvor bei dem Füllverfahren in denselben Körpern; gleichzeitig vergrößerte sich die quantitative Leistungsfähigkeit

dieser Körper, pro 24 Stunden gerechnet, obgleich der Betrieb nur 12stündig durchgeführt wurde, d. h. nachts ruhte. Gegenüber dem Füllverfahren hatte die neue Methode den Vorzug, dafs man sich um die Anlage den ganzen Tag nicht zu kümmern brauchte. Das Abwasser flofs den ganzen Tag über in die Rinnen hinein und hatte jederzeit unten freien Abflufs.

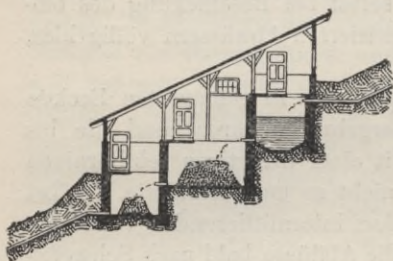


Fig. 132. Hamburger Tropfkörper  
Andreasberg.

Man brauchte also nicht, wie zuvor bei dem Füllverfahren, täglich wiederholt die Zu- und Abflufsventile zu bedienen. Aufserdem konnte man, wie dargelegt, mehr Abwasser in dem Körper reinigen und einen besseren Reinigungserfolg erzielen.

Die bis dahin erzielten Erfolge waren so gut, dafs ich mich entschliessen konnte, die neue Methode in zwei Fällen in Vorschlag zu bringen, wo Füllkörper versagt hatten. In einem dieser Fälle (Fig. 132) waren die Füllkörper aus Schlacke von 3—7 mm Korngröfse in einer Tiefe von 2 m hergestellt und mit gefaultem Abwasser beschickt worden. Die Abflüsse rochen nach Schwefelwasserstoff und waren schwärzlich verfärbt, weil der Luftaustausch unter den vorliegenden Verhältnissen ungenügend war. Der Füllkörper blieb ungestört liegen, nur wurde seine Oberfläche mit den besprochenen Furchen ausgestattet. Der Erfolg trat von vornherein zutage, die Abflüsse waren gut gereinigt und enthielten grofse Mengen Salpeter-

säure. Die zufließende Abwassermenge konnte leicht bewältigt werden.

In dem zweiten Falle handelte es sich um die Abwässer einer Lederfabrik, die man mittels Füllverfahrens zu reinigen versucht hatte. Der Erfolg scheiterte daran, daß diese Abwässer, infolge ihres außerordentlich hohen Gehalts an organischen Stoffen, beim Einleiten in die Füllkörper einen dichten festen Schaum bildeten, der sich in einer Höhe bis zu 2 m über die

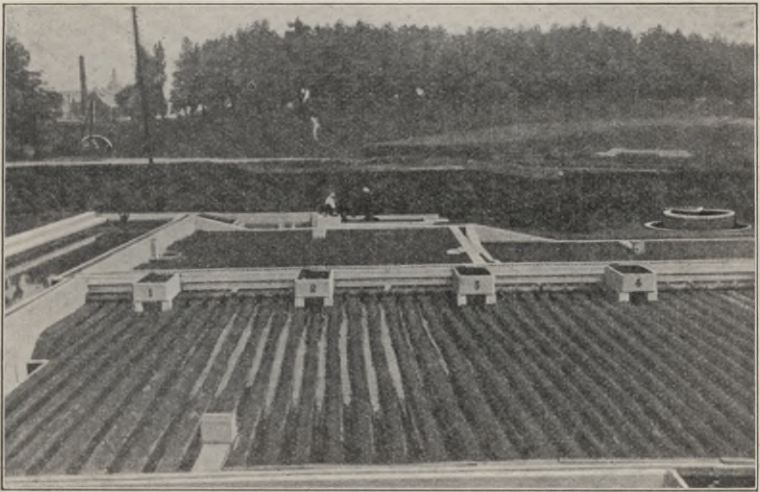


Fig. 133. Tropfkörper nach Calmette, Madeleine.

biologischen Körper legte und jeden Luftaustausch unmöglich machte. In die Oberfläche der Körper wurden Furchen gegraben. Man konnte das Abwasser nunmehr in langsamem Strom zufließen lassen. Es schäumte nicht mehr, der Reinigungseffekt wurde besser und alle technischen Schwierigkeiten des Betriebes waren beseitigt.

Im Jahre 1904 hat Calmette in der Versuchsstation Madeleine ein Verfahren ausgebildet, das meinem Verfahren in dem eben beschriebenen Stadium durchaus glich, nur daß er sich der von mir mittlerweile schon wieder aufgegebenen Beschickung mittels Hebers bediente (Fig. 133). Calmette ist mit dem Betriebe und mit den erzielten Resultaten zufrieden.

Mir gefiel aber mein Furchensystem nicht, weil man eine damit ausgestattete Anlage doch nicht ganz sich selbst überlassen darf. Wenn die Furchen verschlammten oder das Abwasser plötzlich in größeren Mengen zufließt, so laufen die Furchen über. Bei Bearbeitung der Furchen liegt die Gefahr vor, daß Schlamm und feinkörniges Material in das frei zutage liegende grobe Material gelangt und dessen Poren verschlammte, den für den Betrieb durchaus notwendigen Luftaustausch also erschwert. Ich habe deshalb aus faustgroßen und noch größeren Schlackestücken einen biologischen Körper in der Form einer abgeschnittenen Pyramide aufgebaut. Dieser wurde mit feinkörnigem Material in der später zu erläuternden Weise überschichtet. Durch

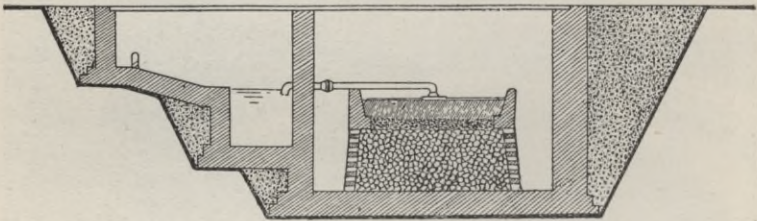


Fig. 134. Hamburger Tropfkörper, Groß-Hansdorf (Längsschnitt).

einen breiten Blechring wurde diese feinkörnige Schicht in ihrer Lage gehalten und gleichzeitig das Überfließen des ungereinigten Abwassers verhütet. Das faule, wie auch frisches Abwasser, das auf solchen Körper geleitet wurde, floß von Anfang an als ein klares, farbloses Produkt unten ab, das der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich war und Salpetersäure in Mengen enthielt, wie wir sie zuvor in unserer Versuchsanlage bei denselben Abwässern noch nie beobachtet hatten. Pro qm Oberfläche wurde diesem 1,4 m hohen Körper täglich innerhalb 12 Stunden 1,6 cbm Abwasser zugeführt, also 1,14 cbm pro cbm Schlacke. Der seitliche Luftzutritt allein mußte diese erhebliche Steigerung der quantitativen und qualitativen Leistungen bewirkt haben. In der Folge habe ich deshalb die in Frage stehenden Körper, wo immer zugänglich, frei aufbauen lassen.

Eine solche Anlage wird durch Figg. 134 und 135 veranschaulicht. Diese Anlage ist vollständig unterirdisch gebaut. Die



schöne, parkähnliche Anlage, in der sie liegt, wird in keiner Weise durch sie verunziert. Ihre Abflüsse fließen in einen kleinen Teich ab, wo sie trotz mehrjährigen Betriebes nicht die geringsten Spuren hinterlassen haben.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich ein Beispiel anführen, das deutlich zeigt, wie sehr es sich empfiehlt, bei Abwasserfragen jede schematische Behandlung zu vermeiden. Das Berieselungsverfahren gilt mit Recht allgemein als das beste Abwasserreinigungsverfahren. Es sollte deshalb bei einem Genesungs-

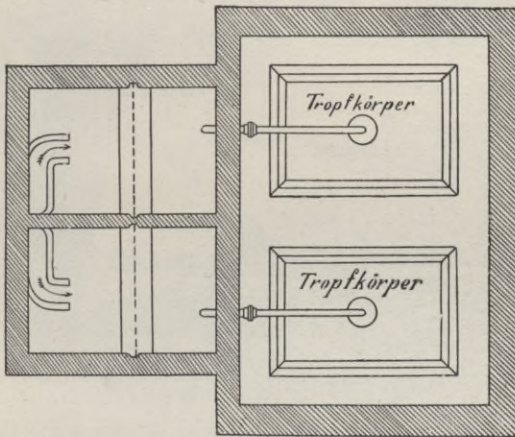


Fig. 135. Hamburger Tropfkörper, Groß-Hansdorf (Aufsicht).

heim zur Anwendung gebracht werden. Das dafür schon angekaufte Gelände eignete sich ausgezeichnet für Rieselzwecke. Die Anstalt hätte aber inmitten ihrer Rieselanlagen gelegen. Auf meinen Rat hin wurde das künstliche biologische Reinigungsverfahren gewählt. Die örtlichen Verhältnisse lagen so ungünstig, daß eine solche Anlage nur unmittelbar neben dem Genesungsheim ausführbar war. Sie liefs sich aber in einem kleinen Häuschen ausführen, das auf Fig. 136 mit einem Kreuz bezeichnet ist. Das Häuschen verschwindet in dem Buschwerk neben der großen Anstalt vollständig, und diese liegt anstatt zwischen Rieselfeldern jetzt in einem schönen Park. Die Reinigungsanlage hat in sechsjährigem Betriebe niemals auch nur die geringsten Belästigungen verursacht. Sie wurde unter der Leitung

des hervorragenden, leider früh verstorbenen Direktors Gebhard hergestellt und hat ebenso wie die verschiedenen anderen, unter seiner Leitung ins Leben gerufenen, ähnlichen kleinen Anlagen fortgesetzt zufriedenstellend gearbeitet. Vergleicht man diese Resultate mit den leider so zahlreichen Misserfolgen, die man in Deutschland mit dem biologischen Verfahren gehabt hat, so zeigt sich deutlich, wie hoch der persönliche Einfluss und insbesondere

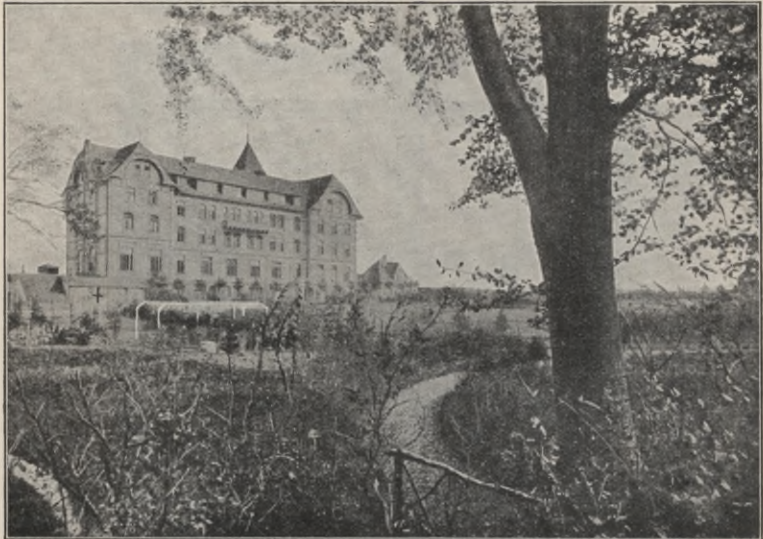


Fig. 136. Größenverhältnisse der biologischen Anlage für ein Sanatorium.

auch die Menschenkenntnis in solchen Dingen zu schätzen ist. Gebhard hat es eben immer verstanden, für die ihm unterstellten Betriebszweige die richtigen Leute zu finden. Der erste von ihm für das biologische Verfahren gewählte Wärter ging mit großer Skepsis und völligem Unglauben an die Sache heran. Nachdem er sich aber wider Willen von der Brauchbarkeit des Verfahrens überzeugt hatte, ist er ein warmer Vertreter desselben geworden. Später wurde ihm die Inbetriebsetzung der übrigen erwähnten Anlagen anvertraut. Während die Groß-Hansdorfer Anlage, wie wir gesehen haben, ganz unterirdisch verlegt werden konnte, mußte die in Fig. 137 und 138 veranschaulichte, von

Herrn Architekten Sartory projektierte Reinigungsanlage über Terrain gebaut und mit Rücksicht auf das strenge Gebirgsklima mit Fachwerk überdeckt werden. Diese beiden Abbildungen werden nach dem Gesagten ohne nähere Beschreibung verständlich sein.

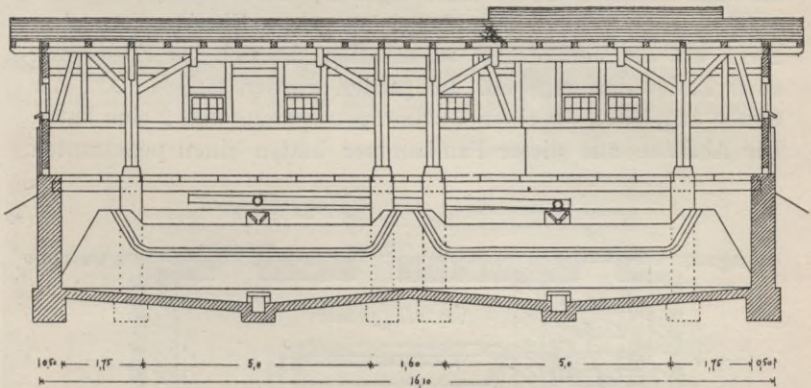


Fig. 137. Hamburger Tropfverfahren Oderberg (Querschnitt).

Meine ersten Versuche mit Deckschichten verfolgten, wie dargelegt, das Ziel, eine Ausführungsform für biologische Körper

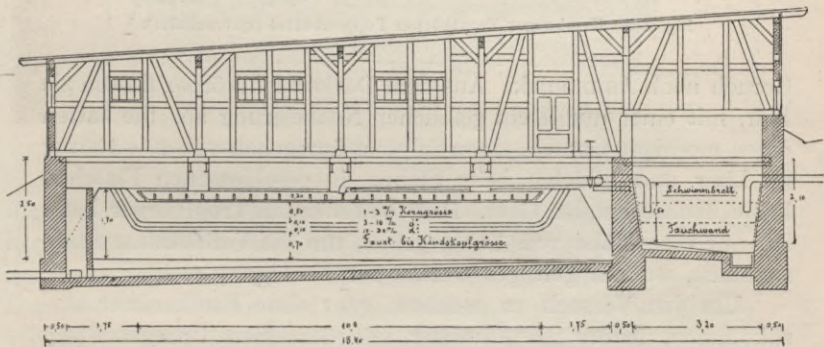


Fig. 138. Hamburger Tropfverfahren Oderberg (Längsschnitt).

zu finden, die sich auch für Privathäuser eignete und dementsprechend geringe Wartung erforderte. Ich begann damit, daß ich Faulkammern nach Art der Fosses Mouras herstellte, in diesen eine möglichst hohe Konzentration der Abwässer herbei-

führte, indem ich beträchtliche Mengen Fäkalien; außerdem Gemüsereste usw. hineinwarf. Sobald man in diese Fosses Mouras 1 l Wasser hineinleitete, floß an der andern Seite 1 l ab. In der Beschickung wurden alle die Unregelmäßigkeiten nachgeahmt, die sich in einem Privathause ergeben; einmal wurden 10 l zugeführt, entsprechend dem Ausgießen eines Eimers, dann etwa 200 l, um die Verhältnisse zu schaffen, die sich bei Entleerung einer Badewanne ergeben. Im ganzen wurden täglich 700 l der Grube zugeleitet, die einen Gesamtfassungsraum von 2 cbm hatte. Die Abflüsse aus dieser Faulkammer hatten einen penetranten

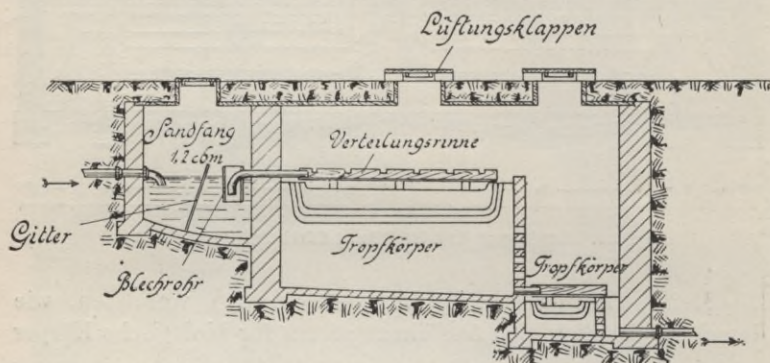


Fig. 139. Hamburger Tropfkörper Poppenbüttel (Querschnitt).

Geruch nach Ammoniak. Aus dem Deckschichtkörper flossen sie klar, mit einer nur leicht gelblichen Nuancierung ab. Sie hatten einen modrigen Geruch, einen Salpetersäuregehalt von 40—100 mg im Liter und bildeten beim Stehen in geschlossenen Flaschen keine übelriechenden Gase. Dem betreffenden Tropfkörper hatte ich nur eine Höhe von 1 m gegeben, um die Verhältnisse nachzuahmen, wo nur geringes Gefälle zur Verfügung steht.

Um den Versuch zu machen, ganz ohne Faulkammer auszukommen, leitete ich Abwasser mit denselben Unregelmäßigkeiten im Zufluss und ebenfalls unter Zusatz beträchtlicher Mengen von Fäkalien und Küchenabfällen, auf einen Tropfkörper, ohne sie vorher in Fäulnis zu bringen. Der Tropfkörper hatte nur einen geringen Durchmesser und konnte deshalb nicht mehr als 200 l auf einmal aufnehmen. Deshalb wurde ein Staugefäß vorgeschaltet, dessen Abfluß durch einen Schwimmer

geschlossen wurde, sobald sich das Wasser auf dem Tropfkörper aufstaute. Unter die Abflusrröhre des Staugefäßes war ein Korb gehängt, der die größeren, ungelösten Stoffe abzufangen hatte. Auch bei dieser Versuchsanordnung waren die Abflüsse durchaus zufriedenstellend.

Entsprechend diesem Versuche wurde eine Reinigungsanlage für ein Haus mit etwa 30 Insassen hergestellt, und zwar vollständig unterirdisch, so daß man nichts von ihr sehen kann als

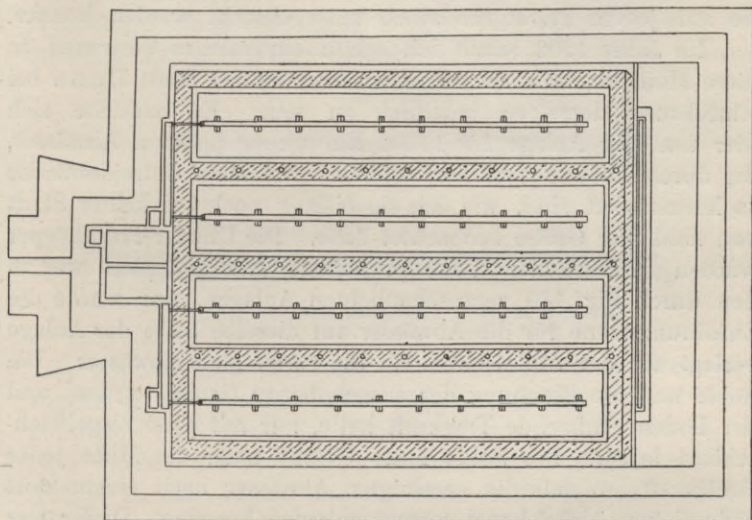


Fig. 140. Größere Hamburger Tropfkörperanlage (Aufsicht).

die drei Deckel in Fig. 139. Der Tropfkörper war aus Schlacke hergestellt. Die Luft wurde durch die durchbrochene Wand der einen Seite zugeführt, außerdem seitlich von der Deckschicht. Die Abflüsse wurden auf einen zweiten kleinen Tropfkörper geleitet, ehe sie in einen Straßenskanal abflossen. Bei direkter Aufleitung auf einen ersten Tropfkörper verstopfte dieser sich infolge des feinen Sandes, den das Abwasser dieses Landhauses in auffallend großen Mengen enthielt. Es wurde deshalb ein Sandfang vorgeschaltet, in dem ein aufwärts stehendes Gitter stand. Seither hat die Verstopfung aufgehört und in vierjährigem Betriebe ist nie eine Störung aufgetreten. Sobald die Deckschicht

anfängt, undurchlässig zu werden, was in der Regel nach 8 Tagen eintritt, werden die Abwässer einen Tag lang direkt auf den kleineren, nachgeschalteten Körper geleitet. Nach Abtroknen wird die Oberfläche des Körpers geharkt. Den oft erheblichen Tagesschwankungen in der Abwassermenge paßt der Körper sich ausgezeichnet an. Die Sedimente werden ab und zu mittels Schaufel aus dem Sandfange gehoben und im Garten vergraben. Wir haben es also hier tatsächlich mit einer Anlage zu tun, die so wenig Pflege bedarf und deren Bau sich so billig stellt, daß sie auf jedem Privatgrundstück untergebracht werden könnte.

Im Jahre 1902 setzte ich schon ein solches Vertrauen in diese Methode, daß ich es wagen konnte, der Stadt Unna bei Einführung derselben behilflich zu sein. Es handelte sich hier um eine Anlage für 10000 Einwohner und um Abwässer, die durch Zuflüsse von Bierbrauereien und einer Getreidewäsche so konzentriert sind, wie ich sie bislang noch bei keiner Stadt von ähnlicher Größe beobachtet habe. Die Unnaer Tropfkörper wurden in ähnlicher Weise projektiert und gruppiert wie in den durch Fig. 140 veranschaulichten Anlagen, nur wurde die Zuführungsrinne für die Abwässer auf dieselbe Seite der Anlage verlegt wie der Abflusskanal für die gereinigten Abwässer. Die Sohle und die Böschung der ausgehobenen Grube wurden, weil der Boden genügende Tragkraft hatte, nur mit einer Ziegelflanschicht belegt. Die Sohle hatte Gefälle nach der Mitte jedes Beetes zu, so daß die gereinigten Abwässer nach einem dort befindlichen Abflusskanal zusammenlaufen konnten. Dieser war möglichst tief angelegt und nur mit Zementplatten bedeckt, und zwar in solchen Abständen, daß die Luft durch diesen Abflusskanal frei ein- und austreten konnte. Die Sohle wurde dann mit möglichst großen Hüttenschlackestücken belegt, zum Teil von 30 cm Größe und noch größerem Durchmesser. Zwischen je zwei Beeten wurde aus möglichst groben Schlackestücken bis zur Oberfläche der Oxydationskörper ein Damm hergerichtet (Fig. 141), der nicht allein als Stützpunkt, sondern namentlich zu Ventilationszwecken dienen sollte. Zwischen diesen Dämmen wurde die Grube ausgefüllt mit Schlackestücken bis zu Faustgröße, die hineingeworfen wurden mit Forken, durch deren Zinken alles feinere Material hindurchfiel. Dieses feinere Material bis zu etwa Wallnußgröße wurde über die gröbere Schlacke

geschichtet. Dann wurden zwischen den Dämmen Beete oder wie man auch sagt, »Schalen« aus feinkörnigem Material hergestellt, wie in Fig. 141 veranschaulicht. Das Abwasser floß aus dem Zuleitungskanal in V-förmige Rinnen, die entlang der Mitte jedes Beetes mit geringem Gefälle verlegt waren.

Diese Anlage ist den daran geknüpften Hoffnungen vollständig gerecht geworden. Sie hat die Erwartungen, die ich seinerzeit auf sie setzte, sogar erheblich übertroffen. Das ursprüngliche Projekt der Unnaer Anlage sah eine zweistufige Tropfkörperanlage vor. Auf meinen Rat entschloß man sich, zunächst nur eine Stufe auszubauen und diese so zu verlegen,

Querschnitt.



Längsschnitt.



Fig. 141. Größere Hamburger Tropfkörperanlage.

dafs die Abwässer auf eine zweite Stufe, sofern diese nötig werden würde, ebenfalls mit natürlichem Gefälle geleitet werden könnten. Die Anlage ist seit dem Jahre 1903 in Betrieb, und zwar wurden die Tropfkörper schon während des Ausbaues der Anlage in dem Mafse, wie sie einer nach dem anderen fertig wurden, in Betrieb genommen. Man kann sogar Teile einzelner Beete in Betrieb nehmen oder ausschalten, indem man einfach Querdämme aus dem Deckschichtmaterial herstellt oder forträumt. Im Laufe der Jahre habe ich wiederholt Gelegenheit gehabt, mich davon zu überzeugen, dafs die Abflüsse der Unnaer Anlage niemals fäulnisfähig sind, obgleich die Anlage bis in die neueste Zeit hinein über das in Aussicht genommene Mafs in Anspruch genommen worden ist. Erst neuerdings hat man dem Anwachsen der Wassermenge durch Fertigstellung einer genügenden Zahl von Tropfkörpern gerecht werden können.

Eine nähere Beschreibung dieser Unnaer Anlage ist seitens des Stadtbaumeisters, Herrn Modersohn, beabsichtigt. Ich beschränke mich deshalb darauf, hier nur noch mitzuteilen, dafs die Baukosten der gesamten Anlage ohne Grunderwerb sich

auf 6,20 M. pro Kopf stellen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß sie kaum halb so groß zu sein brauchte, wenn die industriellen Abwässer fehlten, und daß die ersten Tropfkörper aus begreiflicher Vorsicht, mit Rücksicht auf die damals noch spärlichen praktischen Erfahrungen, höher gebaut worden sind, als es nach den inzwischen gemachten Beobachtungen nötig gewesen wäre. Die letzten Tropfkörper haben eine geringere Höhe und arbeiten trotzdem besser und zufriedenstellender als die ältesten Körper, weil bei ihrer Konstruktion weitere Erfahrungen Berücksichtigung gefunden haben.

Mehrere andere Städte haben mein Verfahren im Laufe der letzten Jahre zur Anwendung gebracht. Dabei sind Fehler bei gegangen worden, wie ich sie bei der Einfachheit dieses Verfahrens wirklich nicht für möglich gehalten haben würde. Ich will diese Anlagen deshalb hier nicht nennen und auch nicht weiter erörtern, sondern mich damit begnügen, die wenigen Fehler, die man überhaupt machen kann, nachher etwas näher zu beleuchten.

Zurzeit wird eine Anlage nach diesem System für die Stadt Bad Harzburg gebaut, die ebenfalls für 10000 Einwohner berechnet ist. Hier handelt es sich um Abwässer, die durchaus den Charakter häuslicher Abwässer tragen und eher vergleichbar sind mit normalen städtischen Abwässern. In Harzburg darf ich auf peinliche Berücksichtigung aller festgestellten wissenschaftlichen Tatsachen rechnen. Die Anlage wird in diesem oder spätestens im nächsten Jahre in Betrieb sein und wird einen guten Maßstab dafür bieten, wie weit man mit der quantitativen Inanspruchnahme dieser Körper gehen darf. Daß das Verfahren selbst unter schwierigsten Verhältnissen nicht versagt, sofern die Anlage nach richtigen Prinzipien gebaut ist, hat sich in Unna inzwischen gezeigt.

Nicht immer habe ich die Freude gehabt, mit Ingenieuren zusammen zu arbeiten, die es verstanden hätten, ihre Projekte so klar und einfach zu disponieren wie in den oben skizzierten Anlagen. Immer wieder trat das Bestreben hervor, Pumpen, große Lüftungsschächte, Künsteleien bei den Verteilungsrinnen und sonstige Dinge anzubringen, die nicht nur vollständig unnötig waren, sondern auch die Sicherheit des Betriebes in unverantwortlicher Weise gefährdeten, jedenfalls aber die Pflege der biologischen Körper erheblich erschweren mußten. Bei dem



biologischen Verfahren kommt es in erster Linie auf eine Berücksichtigung der physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge an. Erst in zweiter Linie kommt in Frage, wie die Aufgabe technisch zu lösen ist. Bei dieser letzteren Frage ist Einfachheit und Übersichtlichkeit als der größte Vorzug zu betrachten.

In der richtigen Wahl und Anordnung der Deckschicht liegt das ganze Geheimnis bei meinem Verfahren. Zuerst habe ich mit Sand und Kies gearbeitet, dann mit Gartenerde. Die Deckschicht verschlammte alsbald und liefs Abwasser nicht durch. Hierdurch ist nur eine seit Jahrzehnten bekannte Tatsache bestätigt worden. Die Verschlammung von Sand läfst sich nur vermeiden bei intermittierenden Filtern, wo die Deckschicht nach der Beschickung mindestens 2 oder 3 Tage geschont werden kann. Bessere Resultate schienen sich zu ergeben bei Anwendung von Flugasche. Diese saugte das Abwasser wie ein Schwamm ein und gab es tropfenartig an die unteren Schichten ab. Die verwendete Flugasche zeigte aber hydraulische Eigenschaften, sie verkleisterte und wurde rissig, so dafs das Abwasser später hindurchfiel und der Reinigungseffekt ungenügend wurde. Zum Ziel bin ich erst gekommen, seit ich Koks und Schlacke anwende. Beläfst man in der fein zerschlagenen Schlacke den Staub, so läfst sie nur sehr geringe Abwassermengen durch. Diese zeigen aber einen aufserordentlich hohen Reinheitsgrad, viel höher, als er je nötig sein dürfte. Stellte ich die Deckschicht anderseits aus zu grobem Material her, so verteilte sich das Abwasser nicht, sondern es fiel durch die Deckschicht hindurch. Eine Mischung von feinerem bis grobem Material ist auch nicht zu empfehlen, weil die feineren Körnchen bei ihr in die gröbereren Poren eingeschwemmt werden. Am besten bin ich zum Ziel gekommen mit einem Material, aus dem alles, was feiner als 1 mm und gröber als 3 mm Korngröfse war, sorgfältigst ausgesiebt wurde. Bringt man derartiges Material auf gröbere Schlacke, so wird es in diese Schlacke hineingespült und die gröbere Schlacke wird für Wasser undurchlässig. Man mufs also die Deckschicht durch Zwischenschichten stützen. Als erste Stüttschicht mufs Material von 3—10 mm Korngröfse verwendet werden, darunter mufs eine 10 cm hohe Schicht von 10—30 mm Korngröfse liegen und unter dieser erst eine Schicht wallnufsgrofsrer Stücke. Darauf kann erst der grobe Unterbau folgen. Befolgt man diese Vorschriften genau, so wird man bei

Deckschichtkörpern, die jahrelang und unausgesetzt unter starker Belastung gearbeitet haben, nach Abgraben der Deckschicht finden, daß die darunter liegende Schicht von 3—10 mm kaum Anzeichen von Verschlammung aufweist. In der Deckschicht selbst kann die Verschlammung verhütet werden dadurch, daß man die obersten 10—15 cm gelegentlich durchschaufelt und dann ein oder zwei Tage mit Abwasser nicht beschickt. Vorher muß man die Oberfläche abtrocknen lassen und das darauf liegende Häutchen, das zumeist aus Papierstoff besteht, mit einer Planierschaufel, möglichst nicht tiefer, als etwa  $\frac{1}{2}$  cm, abheben. Die Oberfläche der Deckschicht nimmt nach Inbetriebsetzung zunächst einen schmierigen Charakter an, mit der Zeit aber wird sie körnig, griesartig. Ich habe geglaubt, diese Veränderung auf Bildung von Eisenoxydhydrat zurückführen zu dürfen.

Die beschriebenen Anordnungen hat man natürlich zuerst als Tüfteleien eines Stubengelehrten betrachtet und nach Gutdünken eine oder die andere Stützschiicht fortgelassen. Infolgedessen wurde, wie vorauszusehen war, die Deckschicht in den groben Unterbau hineingespült, und dieser war nunmehr auch rettungslos verdorben. Er mußte vollständig entfernt, ausgewaschen und gesiebt oder durch neue Schlacke ersetzt werden. In einer mir bekannten großen Anlage ist dieser Fehler gemacht worden, und als das Abwasser nicht mehr durch den Körper hindurch wollte, hat man mit Stangen Löcher durch die Deckschicht gestoßen. Dadurch wurde die Sachlage nur noch schlimmer. In einer deutschen Stadt mittlerer Größe hat man ebenfalls dieses Verfahren eingeführt, ohne es für nötig zu halten, sich über die Prinzipien desselben genau zu informieren. Vielleicht auch hat man geglaubt, die Sache besser zu wissen. Die Schichtung wurde fehlerhaft ausgeführt. Infolgedessen staute sich das Abwasser auf einer Seite des Körpers auf. An anderer Stelle hat man geglaubt, trotz aller entgegenstehenden Erfahrungen, mit Sand zum Ziel kommen zu können, und diesen Sand hat man ohne jede Kautelen auf gröbere Schlacke geschichtet. Zurzeit funktioniert die Anlage noch, lange wird das aber nicht dauern.

Der zweite Fehler, den man beim Herstellen der Deckschichtkörper begeht, besteht darin, daß nicht in rationeller Weise für Lüftung gesorgt wird. Man glaubte, man könne durch Ventilationsröhren zum Ziel kommen. Meine dahingehenden Erfahrungen

habe ich weiter oben schon mitgeteilt. Es kommen Verhältnisse vor, wo es sehr schwer ist, eine seitliche Lüftung zu erzielen. Ich habe deshalb lange Versuchsreihen über Ventilationsvorgänge in seitlich vollständig abgeschlossenen Deckschichtkörpern ausführen lassen und gefunden, daß bei sorgfältiger Entfernung alles staubförmigen Materials und häufigem Harken der Oberfläche eine genügende Durchlüftung des Körpers von oben und von unten her möglich ist, wenn die Höhe des Körpers nicht hinter einem gewissem Mafz zurückbleibt. Diese Durchlüftungsverhältnisse kann man sich leicht erklären auf Grund der auf S. 254 beschriebenen Vorgänge. In dem Tropfkörper wird der Sauerstoff konsumiert, es entsteht ein Vakuum, das immer stärker wird und schließlich eine solche Kraft gewinnt, daß es den Widerstand der Deckschicht überwindet. Je größer das Luftquantum in dem Unterbau ist, um so energischer wirkt dieses Vakuum. Bei einem Unterbau von 2 m liefs sich eine vollständige Sauerstoffsättigung und Entfernung der Kohlensäure erzielen, während bei einem Parallelversuch mit 50 cm Unterbau, unter sonst ganz gleichen Verhältnissen, eine genügende Durchlüftung nicht zu erreichen war. Führte man ein Lüftungsrohr bis in den Unterbau hinein, durch welches die Luft wie aus einem Schornstein abgesaugt wurde, so liefs sich eine vollständig genügende Durchlüftung des Körpers leicht aufrecht erhalten. Aus diesem Grunde hatte ich bei der unter Fig. 139 dargestellten Anlage vorgeschlagen, durch ein Lüftungsrohr zu ventilieren, das neben dem Küchenschornstein hochzuführen war. Die Anlage mußte jedoch wegen der Gefällverhältnisse an andere Stelle verlegt werden, der Vorschlag ist deshalb nicht zur Ausführung gekommen. Ein auswärtiger Ingenieur, dem dieses Projekt bekannt wurde, hat sich diese Schornsteinventilation inzwischen patentieren lassen. Läft sich genügende seitliche Durchlüftung des Unterbaues bewerkstelligen, so kann man den Unterbau in verhältnismäfsig sehr geringer Höhe ausführen. Ich habe solche Körper mit weniger als 20 cm grobem Unterbau lange Zeit hindurch mit bestem Erfolge in Betrieb gehalten. Dadurch ist die wichtige Tatsache festgestellt worden, daß dieses Verfahren auch anwendbar ist unter Verhältnissen, wo kaum 1 m Gefälle zur Verfügung steht.

Wenn ich eingangs der Meinung Ausdruck gab, dieses Hamburger Deckschichtverfahren könnte auch heute,

nachdem die Verteilungstechnik eine so hohe Ausbildung erfahren hat, ein gewisses Interesse beanspruchen, so liegt das einerseits begründet in meiner Ansicht, daß die Bedienung bei diesem Verfahren einfacher ist, d. h. der Körper länger sich selbst überlassen bleiben kann als bei irgendeinem anderen Verfahren, andererseits darin, daß alle die beschriebenen sonstigen Verteilungseinrichtungen einen gewissen Gefälleverlust bedingen. Am geringsten soll der Gefälleverlust beim Fiddianverteiler sein. Bei den fest montierten Sprinklerapparaten soll je nach Art derselben 1—3 m Druck nötig sein. Außerdem darf man mit Rücksicht auf das grobe Schlackenmaterial, das bei solchen Verteilern angewendet zu werden pflegt, die biologischen Körper nicht unter 2 m hoch konstruieren.

Eine Ausnahme macht bislang nur Reid in Stafford, der in Hanley Versuche mit reichlich 1 m hohen Körpern ausgeführt hat. Reid gilt in England allgemein als der Vertreter der feinkörnigen biologischen Körper, und seinen Versuchen wird zurzeit allseitig großes Interesse entgegengebracht. Diese Versuche haben erst im Jahre 1904 begonnen, also mehrere Jahre später als unsere Hamburger Versuche und außerdem habe ich nicht den Eindruck gewinnen können, daß seine Anlagen technisch schon soweit ausgebildet wären wie das Hamburger Verfahren. Übrigens sucht Reid das Abwasser nicht durch die Deckschicht zu verteilen, sondern er bewirkt das durch besondere Verteilungsapparate.

### **Persönliche Bemerkungen zum Hamburger Tropfverfahren.**

Um die Zeit, als ich das oben beschriebene Verfahren ausgebildet hatte, lagen schon die betrübendsten Erfahrungen in betreff liederlicher Herstellung biologischer Körper vor. Ich habe deshalb in der Voraussicht, daß mein Verfahren nur bei sorgfältigster Beobachtung der oben entwickelten Grundsätze von Erfolg sein könnte und daß jede kleinste Abweichung davon zu Mißerfolgen führen würde, die dann natürlich an meinen Namen geknüpft worden wären, dem Ingenieur Claus Peters, der zuvor verschiedene Anlagen nach meinen Angaben projiziert und mit klarer Auffassung durchgeführt hatte, das Recht gegeben, sich dieses Verfahren schützen zu lassen gegen das Versprechen, daß er sich bei seinen Projekten keine Abweichungen von den

meinerseits festgelegten Grundsätzen erlauben würde. Ich habe also das Verfahren an Herrn Peters verschenkt. Äußere Verhältnisse brachten es mit sich, daß mir das Schutzrecht später persönlich zufiel. Um diese Zeit fanden sich Interessenten, die mir dasselbe abkaufen wollten. Da ich kein Ingenieur bin und den zahlreichen Ersuchen um Raterteilung, die um jene Zeit an mich herantraten, nicht ohne Hilfe eines Ingenieurs gerecht werden konnte, so habe ich keinen Anstand genommen, mit Ingenieuren, die das Schutzrecht meines Verfahrens zu erwerben trachteten, in Verhandlungen zu treten. Die Patenterteilung stiefs auf Schwierigkeiten. Es wurden Einwendungen erhoben, das Verfahren sei nicht neu. In diesem Stadium habe ich den Patentanspruch persönlich weiter aufrecht erhalten und die nicht unerheblichen, daraus erwachsenden Kosten getragen, um den lästigen Prioritätsstreit, der sich bekanntlich heutzutage an jede neue Entdeckung oder Erfindung knüpft, durchführen zu können, ohne die Fachliteratur dadurch in Anspruch nehmen zu müssen. Die Verhandlungen sind jetzt so weit gediehen, daß die gegen meine Priorität gemachten Einwendungen seitens des Patentamtes alle als nicht zu Recht bestehend zurückgewiesen werden mußten. Zurzeit schweben nur noch Verhandlungen in betreff des Punktes, ob ich durch vorzeitige Veröffentlichung die Erteilung des Patentbeschlusses unmöglich gemacht hätte. Das Verfahren ist seit einem Jahre geschützt. Ich habe aber allen Interessenten, die wegen Lizenz bei mir anfragten, mitgeteilt, daß ich Lizenzen nicht verlangte. Nachdem nunmehr die Prioritätsfragen durch die mehrjährigen Verhandlungen zu meinen Gunsten entschieden sind, gebe ich das Verfahren frei. Hiermit dürfte allen denjenigen ein Stein vom Herzen fallen, die es inzwischen zu umgehen getrachtet haben und, soweit mir Nachrichten darüber zuge laufen sind, dabei recht schlechte Erfahrungen in bezug auf Wirkung ihrer Anlagen gemacht haben.

Vor zwei Jahren wurde ich darauf aufmerksam, daß ein Ingenieur seine Abwasserreinigungsanlagen als »System Dunbar« bezeichnete. Auf Anfrage, wie er dazu käme, erklärte er ganz harmlos, seit er diesen Namen verwendete, gingen alle seine Projekte bei den Aufsichtsbehörden glatt durch. Des weiteren habe ich aber auch erfahren, daß dieser Ingenieur sich für jede von ihm nach meinem Verfahren projektierte Anlage Gebühren

bis zu 300 M. hat geben lassen, mit der Motivierung, er müsse diese an mich abführen. Ich habe ihm nie ein Recht gegeben, solche Gebühren für mich einzuziehen, und habe auch nie einen Pfennig von ihm dafür erhalten. Auf meine Anfrage bei Kollegen und Juristen, wie ich mich gegen ein solches Vorgehen schützen könnte, wurde mir erklärt, daß hier lediglich die Schützung des Namens in Frage kommen könnte. Ich habe dementsprechend meinen Namen schützen lassen.

Im Zusammenhang mit diesen Vorgängen habe ich mancherlei abfällige Kritiken über mein Verhalten erfahren. Allgemein gesprochen kann ich denen nicht recht geben, welche verlangen, daß ein Mann der Wissenschaft alle seine Entdeckungen der Öffentlichkeit preisgibt. Er nützt ja niemand damit, und solange er sein Verfahren nicht schützt, findet er auch niemand, der sich dafür soweit interessiert, um gewillt zu sein, die kostspieligen Voruntersuchungen durchzuführen. Es ist ja hinlänglich bekannt, daß manche Gelehrte wegen des bestehenden Vorurteils ihre Entdeckungen nicht mit ihrem eigenen Namen bezeichnen, sondern einen sog. Strohmann vorschieben. Ein solches Verfahren wird einem jeden, der die Verhältnisse kennt, verständlich sein; ich persönlich halte es für anständiger, das, was man tut, möglichst auch unter eigener Flagge zu vollbringen. Mir wirft man vor, ich verfolge mit meinen Untersuchungen kommerzielle Zwecke. Versteckt wird damit der Vorwurf verknüpft, darunter litte die Objektivität meiner wissenschaftlichen Arbeiten. Meine obigen Ausführungen dürften hinlänglich gezeigt haben, daß meine Schritte durchaus nicht von kommerziellen, sondern von ganz anderen Rücksichten geleitet waren. Erst nachdem ich große Unkosten durch das Verfahren gehabt hatte und Ingenieure von gutem Ruf sich um die Erwerbung des Patenten bemühten, habe ich mich bereit erklärt, die Rechte auf diese zu übertragen. Die Erfahrungen, die ich inzwischen im praktischen Leben gemacht habe, haben mich aber zur Freigabe des Verfahrens veranlaßt und mich dazu bestimmt, daß ich in Zukunft es grundsätzlich ablehnen werde, irgend einer Unternehmerfirma mit Gutachten oder Raterteilung zu dienen.

Als ich vor mehr als 10 Jahren, durch äußere Verhältnisse veranlaßt, mich der Abwasserreinigungsfrage zuwandte und die einschlägige Literatur studierte, fiel es mir auf, daß die Hy-

gieniker sich allgemein diesen wichtigen Fragen ferngehalten hatten. Das Studium der Literatur liefs mich damals annehmen, es läge das wohl daran, dafs die Konkurrenz auf diesem Gebiete einen sehr häfslichen Charakter und die einschlägigen Erörterungen einen recht häfslichen Ton angenommen hatten. Nach zehnjähriger Betätigung auf diesem Gebiete kann ich nur erklären, dafs auf keinem der anderen Gebiete, mit denen ich mich befasse, es in dieser Hinsicht so übel aussieht, wie auf dem Gebiete der Abwasserreinigung, wo man sich nicht scheut, den angesehensten Firmen und Personen die ehrenrührigsten Handlungen nachzusagen. Natürlich sind auch auf diesem Gebiete Männer von hervorragendem Charakter tätig, neben ihnen aber rühren sich Elemente, denen nichts heilig ist und die von allem nur immer das Schlechteste annehmen und glauben. Keiner wagt es, gegen diese Gesellschaft die Stimme zu erheben; denn ein jeder, der das tut, wird an sich die Richtigkeit des Sprichwortes erfahren: »Wer Pech angreift, besudelt sich«. Wiederholt habe ich mich im kleineren Kreise über diese Verhältnisse ausgesprochen, und stets wurde mir erwidert, dafs meine oben dargelegte Auffassung allen anständigen Mitarbeitern auf diesem Gebiete durchaus aus dem Herzen gesprochen wäre. Die fragwürdigen Elemente, von denen ich hier spreche, würden ihr Haupt nicht so frech erheben, wenn ihre Treibereien nicht mit mehr als wohlwollender Neutralität aufgenommen würden von Seiten, bei denen nicht Brotneid, sondern Mißgunst die Triebfeder ist, die selbst nie hervortreten, sondern aus sicheren Schlupfwinkeln heraus die Mache dirigieren und dabei völlig verkennen, dafs ihre Wühlarbeit dem Angegriffenen ebenso klar vor Augen liegt, wie dem Gärtner die Arbeit des Maulwurfs, dafs man, ebenso wie dieser, jeden Moment in der Lage ist, den Wühler ans Tageslicht zu ziehen, sobald einen danach gelüstet. Mich gelüstet zurzeit nicht danach. Mögen sie einem anderen in die Hände geraten!

Das Abwasserreinigungsfach ist nicht meine Liebhaberei gewesen, nur durch äufsere Verhältnisse veranlafst, bin ich demselben näher getreten. Durch fortgesetzte Anfragen und Ersuchen bin ich veranlafst worden, mich mit demselben weiter zu befassen. Das Obige habe ich nach zehnjähriger Betätigung auf diesem Gebiete quasi als Abschiedsworte geschrieben. Ur-

sprünglich hatte ich meine Gefühle der Indignation in dem Vorwort zum Ausdruck bringen wollen, ich hätte aber damit dem ganzen Buch den Stempel der Subjektivität aufgeprägt und ihm den Anschein einer Kampfschrift verliehen, die es, wie sein übriger Inhalt zeigt, nicht ist. Am Schlusse dieses Kapitels aber, das meine eigenen Erfindungen behandelte, fühlte ich mich berechtigt, zu den zahlreichen Ehrabschneidereien und Verdächtigungen Stellung zu nehmen, die man mir gegenüber gewagt hat, die ich jedoch bislang nie einer Antwort gewürdigt habe.

#### d) Degeners Kohlebreiverfahren.

Sir E. Frankland hielt es noch für aussichtslos, nach einem Verfahren zu suchen, mittels dessen man die gelösten organischen Stoffe aus Abwasser niederschlagen vermöchte (S. 35). Dennoch ist es dem leider früh verstorbenen Paul Degener gelungen, diese Aufgabe in höchst ingenieuser Weise zu lösen. Ausgehend von der Meinung, daß man gelöste organische Stoffe nur durch Absorptionswirkung aus Flüssigkeiten auszuscheiden vermöchte, und von der Annahme, daß es die humösen Stoffe des Bodens seien, an welche bei den Rieselfeldern die Absorptionswirkungen geknüpft wären, suchte er nach Stoffen, welche einen möglichst hohen Gehalt an humösen Substanzen aufwiesen. Als solche schienen ihm in erster Linie geeignet Torf und Braunkohle. Verteilte er gepulverte Braunkohle in Abwässern, so blieb die Braunkohle in der Flüssigkeit suspendiert und sie zeigte keine Neigung, sich niederschlagen. Durch einen weiteren Zusatz von Fällungsmitteln, wie Eisensalze, gelang aber die angestrebte Klärung, und nun zeigte sich, daß tatsächlich die Oxydierbarkeit und der Gehalt an organischem Stickstoff der so behandelten Abwässer ganz erheblich herabgesetzt und ein der Fäulnis nicht mehr zugängliches Produkt erzielt wurden.

Diese Feststellungen Degeners durften als epochemachend gelten. Sie datieren aus einer Zeit, wo man mit den bis dahin bekannten chemischen Fällungsverfahren allgemein unzufrieden war und eingesehen hatte, daß das Berieselungs- und Bodenfiltrationsverfahren nur in seltenen Fällen durchführbar wäre. Das Degenersche Verfahren schien eine große Zukunft zu haben, insbesondere auch aus dem Grunde, weil man sich mit



der Hoffnung auf Rentabilität des Verfahrens trug, in der Annahme, daß sich die Extraktion des niedergeschlagenen Fettes und der niedergeschlagenen Dungstoffe bezahlt machen würde. Wer solche Erwartungen aufgegeben hatte, im Hinblick auf das Fehlschlagen aller bis dahin nach dieser Richtung erweckten Hoffnungen, glaubte schon einen großen Vorzug dieses Verfahrens gegenüber allen sonstigen Fällungsverfahren darin erblicken zu dürfen, daß der Schlamm beim Kohlebreiverfahren sich zweifellos durch Verbrennen beseitigen liefs.

Das Degenersche Kohlebreiverfahren ist inzwischen in verschiedenen Städten und Anstalten eingeführt worden, so in Potsdam, Spandau, Tegel, Soest, Reinickendorf, Oberschönevide, in der Landes-Heil- und Pflegeanstalt Uchtsprunge, für das Kabelwerk Siemens & Halske und die Knappschaftsheilstätte in Sülzhayn. Die Zahl der Anlagen ist mithin groß genug, um uns sichere Schlüsse über die Leistungsfähigkeit und über die Kosten des Verfahrens zu gestatten. Die qualitativen Leistungen sind bei gewissenhaftem, sorgfältigen Betriebe stets zufriedenstellend gewesen. Als rentabel hat sich das Verfahren aber nicht erwiesen. Im Gegenteil, es ist das teuerste aller Abwasserreinigungsverfahren, die zurzeit noch Anwendung finden. Mit den inzwischen bekannt gewordenen, künstlichen biologischen Reinigungsverfahren kann es weder in bezug auf Betriebssicherheit, noch auch namentlich in bezug auf die Kostenfrage konkurrieren. Immerhin mögen sich hier und da Fälle ergeben, wo das Degenerverfahren auch zukünftig anwendbar erscheinen könnte. Deshalb, namentlich aber wegen des hohen Wertes, den das Kohlebreiverfahren vom wissenschaftlichen Standpunkt aus beanspruchen darf, möchte ich die Methode hier kurz beschreiben. Die Anlage in Tegel eignet sich allgemeiner Auffassung nach als Beispiel am besten.

Tegel ist nach dem Trennsystem kanalisiert und hat, wenn man das angeschlossene Borsigwerk und ein Strafgefängnis hinzurechnet zurzeit etwa 14000 Einwohner. Trotz eines Wasserverbrauchs von nur 60 l pro Kopf und Tag ergibt sich eine durchschnittliche tägliche Abwassermenge von 1500—1700 cbm, wovon 840 cbm als häusliche Abwässer, der Rest als Industrieabwässer aufgefaßt werden. Als Vorfluter kam nur der Tegeler See in Betracht, aus welchem eines der großen Berliner Wasserwerke

bis vor kurzem schöpfte. Die Anlage liegt, wie aus Fig. 142 ersichtlich, inmitten eines Häuserkomplexes und soll dennoch niemals zu Klagen über Geruchsbelästigungen Anlaß gegeben haben. Die Klärung wird bewerkstelligt in zwei Klärtürmen nach dem System Rothe-Röckner. Die Abwässer werden aus einem 6 m tiefen Sammelschachte in ein 0,6 m tiefes Mischgerinne gepumpt, wo ihnen bei *K* (Fig. 143) eine Aufschwemmung der feingeschliffenen Braunkohle zugesetzt wird (2 kg Braunkohle

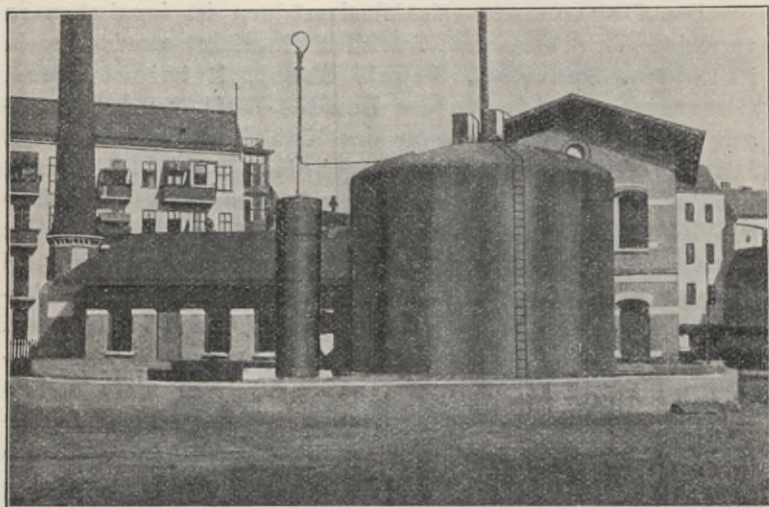


Fig. 142. Kohlebreiverfahren, Kläranlage in Tegel.

pro cbm Abwasser). Nachdem dieser Zusatz in der Mischrinne gleichmäÙig verteilt ist, werden bei *F* als Fällungsmittel 300 bis 350 g Tonerde und Eisensulfat hinzugefügt. Nach Passieren eines Rechens gelangt das Abwasser in die Umlaufrinne der beiden kreisrunden Klärtürme, von der aus es durch tangential verteilte, annähernd senkrecht abfallende Röhren *R* (Fig. 144) in den Unterbau des Klärturmes abfließt. Aufsteigend passiert es einen aus Eisenstäben konstruierten Stromverteiler. Nachdem der Unterbau bis zur Höhe der Umlaufrinne mit Abwasser angefüllt ist, wird die Luft aus dem Klärturm ausgepumpt. Das Abwasser steigt nunmehr mit einer Geschwindigkeit, die 1 mm

pro Sekunde nicht überschreiten darf, bei einer Gesamtaufenthaltsdauer von  $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden im Klärturm, bis zu dem oberen Stromverteiler und wird dann durch ein an der Außenseite des Turmes herabführendes Abflußrohr in den Abflußkanal geleitet, der 15 cm tiefer liegt als der Wasserspiegel in der Um-

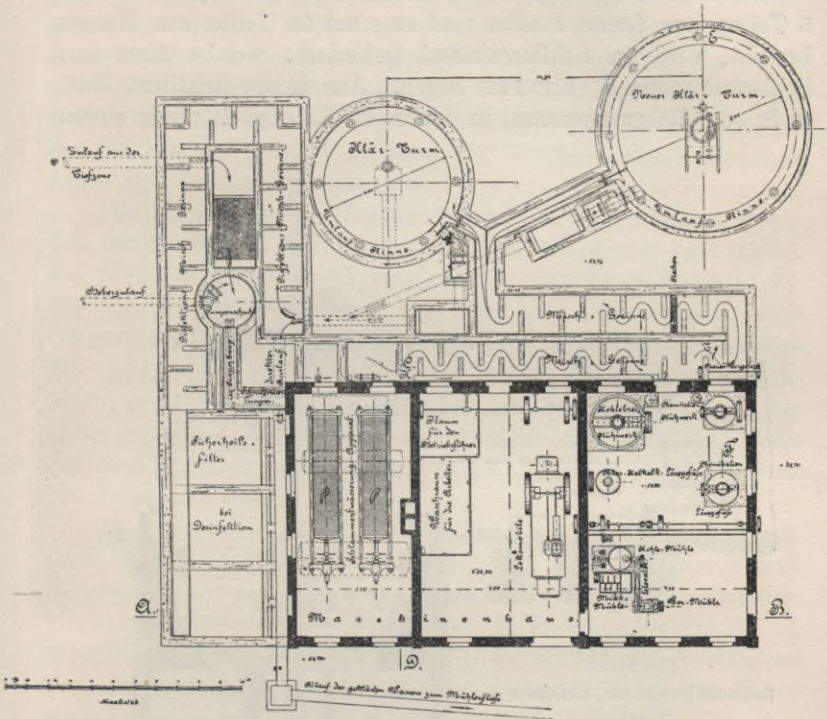


Fig. 143. Kohlbreiverfahren, Kläranlage in Tegel (Aufsicht).

laufrinne. Nach Inbetriebsetzung wirkt deshalb der Turm nebst Ablaufrohr als Heber.

In dem Klärturm verdichten sich die gebildeten Schlammflocken herabsinkend zu einer Art schwebenden Filters, durch welches das neu hinzutretende Abwasser hindurchtreten muß. Nach weiterer Verdichtung sinken die Schlammmassen in den Unterbau zurück, aus dem sie mittels der Rührvorrichtung (Fig. 144) in den Pumpensumpf befördert und dann mittels

Schlammumpfen beseitigt werden. Die gewonnenen Schlamm- mengen sind sehr groß (reichlich 25 l pro cbm behandelten Ab- wassers). Es ist großer Wert darauf zu legen, daß die Beseitigung des Schlammes aus dem Brunnen häufig sehr gründlich geschieht, weil die darin absorbierten organischen Stoffe sehr zur Schwefel- wasserstoffbildung neigen. Der Schlamm, welcher nur zu etwa 5 Teilen aus festen Stoffen und zu rund 95 Teilen aus Wasser besteht, wird in Schlammkessel gefördert, welche über den Schlamm- pressen *P* (Fig. 143) liegen. Aus diesen Behältern läuft er in sog. Rahmenpressen, in denen die Flüssigkeit unter einem

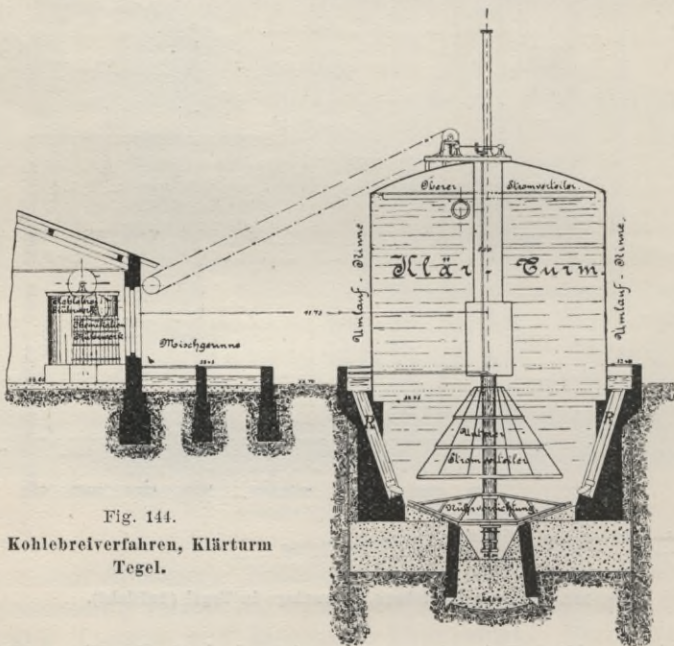


Fig. 144.

Kohlebreiverfahren, Klär- und Schwimmkessel  
Tegel.

Luftdruck von  $3\frac{1}{2}$ —4 Atm. durch Filtertücher hindurchgepreßt wird, während in der Presse ein fester Schlammkuchen von 60—65% Wassergehalt zurückbleibt, der humusartig riecht und beim Lagern nicht in stinkende Fäulnis übergeht. Pro cbm Ab- wasser ergeben sich rund  $3\frac{1}{2}$  kg Schlammkuchen, der im Sommer an der Luft innerhalb weniger Tage so weit nachtrocknet, daß er ohne Zusatz anderen Heizmaterials in Kesselfeuerungen oder

auch in kleinen Öfen verbrannt werden kann. Es sollen auch erfolgreiche Versuche zur Herstellung von Heizgasen ausgeführt worden sein.

Aus obigen Darlegungen ergibt sich schon, ohne daß ich auf die rein technischen Vorgänge näher eingehe, daß es sich hier um einen komplizierten Betrieb handelt. Die kleine beschriebene Anlage erfordert außer dem Betriebsführer acht Arbeitskräfte, von denen sechs am Tage beschäftigt sind, und zwar ein Heizer, ein Arbeiter für die Kohlenmühlen und die Rührwerke, drei Arbeiter für die Schlammpressen und Abfuhr des Schlammes und ein Arbeiter für Trocknen des Schlammes sowie Beifuhr des Heizmaterials.

Die Baukosten der Tegeler Anlage belaufen sich auf reichlich 200 000 M., die Betriebskosten auf 31 000 M. pro Jahr (1903). Bei Hinzurechnung der Verzinsung und Amortisation mit 2,5 Pf. pro cbm Abwasser und 1 M. pro Kopf und Jahr ergeben sich Gesamtbetriebskosten von 8,2 Pf. pro cbm behandelten Abwassers und 3,22 M. pro Kopf und Jahr. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, daß die Industrierwässer bei Tegel eine erhebliche Rolle spielen. Bei Abzug des darauf entfallenden Anteils kommen Schury und Bujard auf 1,81 M. Gesamtbetriebskosten pro Kopf und Jahr.

In Potsdam werden die Abwässer von 60 000 Einwohnern nach dem Kohlebreiverfahren gereinigt. Der dort gewonnene Schlamm wird in dem benachbarten städtischen Elektrizitätswerk verbrannt. Nach Abzug der dafür in Anrechnung zu setzenden Einnahme belaufen sich die Kosten des Verfahrens dort nach Berechnung von Wimmer auf 1,20 M. pro Kopf und Jahr.

In Spandau werden die Abwässer von rund 63 000 Einwohnern nach dem Degenerverfahren behandelt. Es werden täglich 70 Zentner getrockneten Schlammes gewonnen, zu Briketts geformt und zu 35 Pf. pro Zentner für Heizzwecke verkauft, ein kleiner Teil auch als Düngemittel. Die Gesamtbetriebskosten berechnet Wimmer auf 1,39 M. pro Kopf und Jahr bzw. 6,87 Pf. pro cbm behandelten Abwassers.

In Oberschöneweide sollen die Reinigungskosten einschließlich Verzinsung und Amortisation  $5\frac{1}{2}$  Pf. pro cbm Abwasser betragen.

Der Reinigungseffekt ist nach Proskauer bei sorgfältigem Betriebe in chemischer und physikalischer Hinsicht sehr günstig. Der organische Stickstoff und die Oxydierbarkeit nehmen um etwa 60—80% ab, und das erzielte Produkt ist der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich. Nach den Berichten der Aufsichtsbehörden schwankte allerdings der Reinigungseffekt in Tegel sehr beträchtlich, die Abnahme des organischen Stickstoffes z. B. im Jahre 1899 zwischen 14 und 96%, im Jahre 1900 zwischen 33 und 95%. Die Schwankungen sollen hauptsächlich herrühren von zeitweiser Überlastung der Apparate.

Zu Epidemiezeiten ist nach Proskauer eine ausreichende Desinfektion des gereinigten Produktes durch Zusatz von 0,25 g Kalk bzw. 0,015 g Chlorkalk pro cbm Abwasser innerhalb weniger Minuten zu erzielen.

Nach Reichle und Dost wird der Heizwert des Schlammes beim Degenerverfahren nicht nur durch den Braunkohlensatz bedingt, sondern 11—30% des Gesamtheizwertes sind auf Rechnung der niedergeschlagenen Schmutzstoffe zu setzen. Das bislang durch Vergasung aus dem Schlamm gewonnene Gas war heizwertarm. Die genannten Autoren sind aber auf Grund ihrer Untersuchungen zu der Auffassung gelangt, daß von der Vergasung eine nicht unerhebliche Herabsetzung der vorhin angegebenen Betriebskosten zu erhoffen ist. Sie schlagen vor allem vor, Versuche in offenen Klärbecken auszuführen, wo man mit billigeren Klärmitteln zum Ziele kommen könnte und meinen, daß das Kohlebreiverfahren — falls die Vergasungstechnik verbessert würde, namentlich auch der Klärbetrieb mit dem Betrieb irgend einer städtischen Kraftanlage sich räumlich vereinigen ließe — wegen seines geringen Platzbedarfes, sowie wegen der Schlammabseitigungsmöglichkeit, nach wie vor praktische Bedeutung beanspruchen dürfe.

---

## 9. Kapitel.

### Abwasserdesinfektion.

#### Infektiösität.

Häusliche und städtische Abwässer sind sehr reich an entwicklungsfähigen Mikroorganismen. Selten findet man in ihnen weniger als 1 Million Keime pro ccm, häufig bis zu 10 Millionen oder mehr. Der weitaus größte Teil dieser Bakterien darf als harmlos gelten. Beim Auftreten infektiöser Darmkrankheiten, wie Cholera, Typhus und Ruhr, finden aber auch die Erreger dieser Krankheiten ihren Weg in die Abwässer. Auch die Erreger der Diphtherie, Tuberkulose, Säuglingsommerdiarrhöen und vieler anderer Krankheiten können in das Abwasser gelangen. Außer ihnen finden sich im Abwasser regelmäsig bestimmte Bakterienarten, die sich bei Verimpfung auf Tiere als sehr virulent erwiesen haben, so z. B. der *Bac. enteritidis sporogenes*, von dessen Sporenformen Houston in der Regel 1000 oder mehr in 1 ccm Abwasser fand. An Streptokokken wurden von demselben Autor nicht weniger als 1000 pro ccm gefunden. Die Frage, wieviel von diesen Streptokokken zu den Krankheitserregern zu rechnen seien, liefs sich experimentell noch nicht entscheiden.

Verimpft man nur kleine Mengen von Abwasser auf Meeresschweinchen, so erkranken diese fast ausnahmslos und sterben sie häufig. Der Genufs städtischer Abwässer mufs hiernach nicht allein als unappetitlich, sondern unter allen Umständen auch als gesundheitsgefährlich gelten, beim Auftreten epidemischer Darmkrankheiten als gesundheitsschädlich. Leitet man solche Abwässer in Flußläufe, so können daraus also unter Umständen Gefahren entstehen. Zwar wird heute grundsätzlich allgemein anerkannt, dafs Flußwasser in bewohnten Gegenden nicht ohne weiteres

zu Trink- und häuslichen Brauchzwecken benutzt werden sollte. Nach diesem Grundsatz handelnd, haben die meisten Städte es aufgegeben, sich mit unbehandeltem Flufswasser zu versorgen. Entweder haben sie sich in der Wasserversorgung von dem Flufslauf überhaupt unabhängig gemacht, indem sie Grundwasser anwendeten, oder aber ihren Bedarf aus Gewässern bezogen, die vor Verunreinigung geschützt sind. Wo solche Abhilfemaßregeln nicht in Frage kommen konnten, unterwirft man das Flufswasser einem Filtrationsprozefs. Auch wird die Frage wegen noch weitergehenden Schutzes, z. B. durch Ozonisierung des filtrierte Flufswassers, zurzeit lebhaft erörtert.

Bei dieser Sachlage haben wir es vornehmlich nur mit den Fällen zu tun, wo einzelne Personen gelegentlich das Flufswasser trinken oder sonst damit in direkte Berührung kommen. Nach dieser Richtung kommt hauptsächlich die Schiffsbevölkerung in Betracht, deren Zahl auf den deutschen Strömen sich auf Tausende beläuft. Zwar wird in systematischer Weise dafür gesorgt, dafs die Schiffer sich möglichst an allen Landungsstellen mit einwandfreiem Trinkwasser versorgen können. Auch wird in weitgehendem Mafse auf die Infektionsgefahr aufmerksam gemacht, die mit dem Genufse ungekochten Flufswassers verknüpft ist. Wenn der Schiffer das Flufswasser dennoch in rohem Zustand trinkt, so mufs er die Verantwortung für die Folgen tragen. Die Schiffer pflegen ihre ganzen Abgänge in die Flüsse zu entleeren. Wenn sie an Darmaffektionen erkranken, so infizieren sie die von ihnen befahrenen Flufsstrecken und gefährden sie Andere. Solange man sich aber berechtigt fühlt, anzunehmen, dafs pathogene Keime sich in offenen Wasserläufen nicht länger als höchstens einige Tage lebensfähig halten und dafs sie sich darin namentlich nicht, oder nicht nennenswert vermehren, braucht man nicht damit zu rechnen, dafs aus solchen Vorgängen schwere Epidemien erwachsen.

In betreff der Frage, wie lange pathogene Keime, z. B. Choleraerreger und Typhusbazillen, sich in Flufswasser lebensfähig erhalten, bzw. ob und unter welchen Umständen sie sich darin lebhaft vermehren könnten, sind die Akten meines Erachtens noch nicht geschlossen. Ich persönlich kann mich der heutzutage fast allgemein herrschenden Auffassung nicht anschließen, als ob mit einem schnellen Absterben der Typhusbazillen, Cholerakeime etc.



in Flußläufen zu rechnen wäre. Andererseits haben die Erfahrungen des letzten Jahrhunderts gezeigt, daß man durch einfache Maßnahmen, wie z. B. Sandfiltration, ein notorisch infiziertes Flußwasser seines infektiösen Charakters fast vollständig zu berauben vermag, sofern der Filtrationsprozeß rationell geleitet wird. Das ist entscheidend, und diese Tatsache bietet uns einen festen Ausgangspunkt für die Beurteilung der Frage, wie weit man mit Maßnahmen gehen muß, die darauf hinauszielen, die Abwässer vor Einleitung in die Flüsse ihres infektiösen Charakters zu berauben.

Man wird sich also auf den Standpunkt stellen dürfen, daß Flußwasser in bewohnten Gegenden auch ohne systematische Einleitung städtischer Abwässer ein gesundheitsgefährliches, für Trink- und Brauchzwecke deshalb ungeeignetes Wasser sei, daß man aber dieses Flußwasser durch praktisch durchführbare Maßnahmen in ein sanitär einwandfreies Produkt zu verwandeln vermag. Bei Flüssen, deren Wasser Trinkzwecken dient, wird man trotz der vorhandenen Abhilfemaßregeln bestrebt sein, die Infektion auf ein Mindestmaß einzuschränken. Bei Flüssen, die nicht Trinkzwecken dienen, wird man auf Badeanstalten Rücksicht zu nehmen haben, auf die Schiffsbevölkerung und darauf, daß das Wasser solcher Flüsse häufig mit Nahrungsmitteln in Berührung gebracht wird, so z. B. beim Reinigen von Milcheimern, beim Abspülen von Gemüse usw. Die Infektion von Fischen ist von weniger erheblicher Bedeutung, weil diese allgemein gekocht werden. Bei Einleitung der Abwässer in das Meer wird man auf die Möglichkeit einer Infektion der Schalentiere Rücksicht zu nehmen haben, die in der Regel ungekocht genossen werden. Daß z. B. durch Austern Cholera und Typhus verbreitet werden können und häufig auch verbreitet worden sind, kann nach den einschlägigen, in England gemachten Beobachtungen nicht mehr bezweifelt werden. Diese Auffassung hat auch durch sorgfältige, in England und Amerika ausgeführte Experimente Bestätigung gefunden.

### **Maßnahmen zur Verhütung der Flußverseuchung.**

Aus dem Gesagten läßt sich entnehmen, daß häusliche und städtische Abwässer fast ausnahmslos als infektionsverdächtig und unter Umständen bzw. zeitweise als infektiös zu betrachten sind und daß, wo immer man diese Abwässer in die Vorfluter

einzuweisen gedenkt, zu der Frage Stellung zu nehmen ist, inwieweit der Übertragung infektiöser Krankheiten dadurch Vorschub geleistet werden könnte. Diese Frage wird je nach den Vorflut-, Ansiedlungs-, Verkehrs- und Schiffsverhältnissen von Fall zu Fall zu behandeln sein. Unter Umständen werden die Verhältnisse so liegen, daß Maßnahmen zur Ausscheidung bzw. Abtötung der infektiösen Keime aus den Abwässern dauernd oder doch vorübergehend getroffen werden müssen. Wie in allen hygienischen Fragen, so wird man auch hier auf die widerstreitendsten Interessen und auf den Kostenpunkt Rücksicht zu nehmen haben. Aus diesem Grunde möchte ich zunächst die Maßnahmen erörtern, welche in Frage kommen könnten.

In erster Linie wäre festzustellen, inwieweit die in früheren Kapiteln besprochenen Abwasserreinigungsmethoden geeignet sind, die Abwässer ihres infektiösen Charakters zu berauben. Dieses könnte entweder durch Ausscheidung der infektiösen Keime aus den Abwässern, oder aber durch Abtötung derselben geschehen. Im letzteren Falle spricht man von Desinfektion. Auf die Frage wegen Ausscheidung der Mikroorganismen komme ich weiter unten zurück. Den komplizierten Begriff der Desinfektion möchte ich vorwegnehmen.

Die Desinfektion kann in diesem Zusammenhange nicht als gleichbedeutend aufgefaßt werden mit dem Begriff der Sterilisation. Denn diese würde eine Abtötung sämtlicher in den Abwässern enthaltenen Keime bedeuten. Wäre eine Sterilisierung ebenso leicht und billig durchzuführen wie eine Desinfektion, so müßte man sie vorziehen, weil sie leichter kontrollierbar sein würde. Sie stellt sich aber erheblich schwieriger und kostspieliger als die Desinfektion, und da der größte Teil der Abwasserbakterien als harmlos angesehen wird, so begnügt man sich mit der Desinfektion, d. h. mit der Abtötung nur der Krankheitserreger. Selbst in den Abgängen von Typhus- und Ruhrkranken finden sich die betreffenden Krankheitserreger in Gesellschaft zahlreicher anderer Bakterien. Dementsprechend werden sie, wie alle anderen pathogenen Bakterien, ihrer Zahl nach selbst in stark infizierten Abwässern nicht stark vertreten sein, im Vergleich zu anderen Abwasserbakterien. Man vermag sie deshalb mit den verfügbaren Hilfsmitteln nur schwierig zwischen den anderen Bakterien nachzuweisen, und deshalb läßt sich die Prüfung einer stattge-

nabten Desinfektion nicht in der Weise durchführen, daß man prüft, ob sich Krankheitserreger in dem behandelten Abwasser noch in entwicklungsfähigem Zustande vorfinden. Man muß also nach indirekten Nachweisen suchen. Im Jahre 1892 habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß das *Bacterium coli* uns gute Anhaltspunkte dafür gibt, ob eine Flüssigkeit mit Fäkalien infiziert sei. Dieses Bakterium findet sich in sämtlichen tierischen Darmabgängen in großer Zahl, und da das Abwasser in erster Linie gefährlich werden kann durch Darmkrankheiten, die betreffenden Erreger also durch den Darminhalt in das Abwasser gelangen, so kann man aus der Anwesenheit bzw. dem Fehlen des *Bacterium coli* ziemlich sichere Rückschlüsse auf die jeweilig vorliegende Infektionsgefahr ziehen. Ein Jahr später hat Theobald Smith ebenfalls die Benutzung des *Bacterium coli* als Indikator empfohlen, auf Grund von Untersuchungen, die ebenso wie die meinigen im Jahre 1891 ausgeführt wurden. Mittlerweile ist das *Bacterium coli* allgemein als brauchbarer Indikator in der bezeichneten Richtung anerkannt worden. Bei Untersuchungen auf Brunnen- und Flußinfektionen pflegt man jetzt überall auf Anwesenheit von *Coli* zu prüfen. Bei der Desinfektion von Abwässern ist mir das *Bacterium coli* als ein ebenso brauchbarer Indikator erschienen. Nicht allein darf man überall auf seine Anwesenheit rechnen, wo man es mit Cholera, Typhus, Ruhr und anderen Darmkrankheiten zu tun hat, sondern es ist auch dem Typhusbakterium in bezug auf Widerstandsfähigkeit gegen schädigende Einflüsse sehr ähnlich. Das trifft besonders zu für erhöhte Temperatur, wie auch Einwirkung von Chemikalien. Als einen weiteren Vorzug betrachte ich es, daß das *Bacterium coli* sich etwas widerstandsfähiger erweist als der Typhusbazillus und stets in größerer Zahl in den Abwässern vorhanden ist als die spezifischen Krankheitserreger. Hiernach darf man damit rechnen, daß Maßnahmen, die zur Ausscheidung bzw. Abtötung des *Coli* führen, mit Sicherheit auch eine Beseitigung oder Abtötung des Typhusbazillus und der ebenso empfindlichen Cholera- und Ruhrerreger etc. bewirken. Das *Bacterium coli* ist unschwer in den Abwässern nachzuweisen. Es bildet in zuckerhaltigen Nährböden Gas und läßt sich durch Anwendung des Drigalskischen Nährbodens, des Endoschen Agarnährbodens und des Rotbergerschen Neutralrotagars,

sowie anderer spezifischer Nährböden in der Plattenkultur auffinden. In Ermangelung einer Möglichkeit der direkten Prüfung auf Anwesenheit lebensfähiger pathogener Keime hat Verfasser das *Bacterium coli* als Indikator benutzt. Auch dieser Vorschlag ist inzwischen allgemein als brauchbar anerkannt worden. Namentlich bei Prüfung von Desinfektionsanlagen im praktischen Betriebe sieht man sich auf dieses Auskunftsmittel angewiesen. Denn es muß von vornherein als unstatthaft gelten, größere Abwassermengen, die in Flüsse abgeleitet werden sollen, *experimenti causa* mit pathogenen Bakterien zu infizieren. Bei unseren gleich zu beschreibenden Desinfektionsversuchen haben wir allgemein das *Bacterium coli* als Index benutzt.

Auch bei den Untersuchungen, betr. Ausscheidung der Krankheitserreger aus den Abwässern hat sich die Benutzung des *Bacterium coli* bislang als einziger brauchbarer Indikator erwiesen. Während man die spezifischen Krankheitserreger, auf die es uns eigentlich ankommt, in den Abwässern überhaupt nicht aufzufinden vermag und andere, im Abwasser regelmäßig vorkommende virulente Bakterien, wie Streptokokken und *Bacterium ent.*, nur in wenigen Hunderten bis Tausenden in 1 cm angetroffen werden, findet man in der Regel nicht weniger als 100 000 Exemplare des *Coli* in 1 cm Abwasser. Enthalten nun die Abflüsse aus Abwasserreinigungsanlagen gar keine oder nur wenige Colibakterien, so kann man im Hinblick auf die Ähnlichkeit dieser Bakterien mit den Typhuserregern und mit Rücksicht auf die im Vergleich zu den spezifischen Krankheitserregern etwas größere Widerstandsfähigkeit des *Coli* gegen schädigende Einflüsse, damit rechnen, daß in den betreffenden Proben auch spezifische Krankheitserreger nicht anwesend sein dürften.

Man darf sich nicht vorstellen, daß die infektiösen Darmbakterien sich völlig frei im Abwasser bewegen. Ein großer Teil von ihnen wird selbst bei diarrhöeischen Stühlen in Schleimflocken und ungelöste Partikelchen eingehüllt sein. Ein Verfahren, welches die ungelösten Stoffe aus den Abwässern entfernt, wird deshalb auch einen Teil der pathogenen Bakterien mit beseitigen. Durch unsere jahrelang fortgesetzten vergleichenden Untersuchungen über Einwirkung größerer Sedimentierbecken auf den Keimgehalt von Flußwasser konnten wir in Hamburg feststellen, daß bei einer Ausscheidung der ungelösten Stoffe um

30% der Keimgehalt ebenfalls um etwa 30% herabgesetzt wurde. Beim Abwasser, wo ein großer Teil der ungelösten Stoffe organischer Natur und von Mikroorganismen ganz durchsetzt ist, wird dieser Einfluß noch weit höher zu veranschlagen sein. Durch die beschriebenen Abwasserbehandlungsmethoden, welche auf eine Ausscheidung nur ungelöster Stoffe hinauszielen, wie Sandfänge, Rechenwerke, Absitzbecken etc., wird mithin die Zahl der infektiösen Keime des Abwassers nicht unwesentlich herabgesetzt. Eine vollständige Beseitigung aller Keime wird aber von derartigen Verfahren niemand erwarten. Von den chemischen Fällungsmethoden hat man, wie wir noch sehen werden, viele Jahre hindurch eine bis zur völligen Vernichtung gehende Schädigung der infektiösen Keime erhofft, jedoch mit Unrecht. Das zeigen die weiter unten zu besprechenden Untersuchungsergebnisse. Immerhin darf von den Fällungsverfahren eine noch weiter gehende Herabsetzung der Zahl der infektiösen Keime erwartet werden als von den einfachen Abfang- bzw. Absitzverfahren. Die aus den Abwässern ausgeschiedenen Sedimente sind in beiden Fällen als infektiösverdächtig zu behandeln.

Auch von dem Faulverfahren sind Ansichten publiziert worden, dahingehend, daß die pathogenen Keime in den Faulkammern schnell zugrunde gingen. Das ist durchaus unzutreffend. Wohl hat sich nachweisen lassen, daß die Zahl der Colibakterien in den Faulkammern um 40—50% herabgesetzt werden konnte. Solche Wirkung und selbst eine noch weitergehende Herabsetzung der Keimzahl würde sich durch den Sedimentierprozeß in der Faulkammer erklären lassen, ohne daß dieselbe spezifisch schädigende Wirkungen besäße. Ich habe Versuche anstellen lassen unter Verwendung choleraähnlicher Vibrionen, die sich in bezug auf Widerstandsfähigkeit mit den äußerst empfindlichen Cholera-vibrionen gut vergleichen lassen. Diese Mikroorganismen eigneten sich für derartige Versuche aus dem Grunde gut, weil sie phosphoreszieren und durch das Leuchten der Kolonien auf den Platten leicht wieder aufzufinden sind. Jedoch sind sie nur als Indikator zu brauchen, wo es sich um die Abtötung des Choleraerregers oder gleichempfindlicher Mikroorganismen handelt; denn sie sind weniger widerstandsfähig als die Typhusbazillen. Diese Mikroorganismen hielten sich nach unseren Untersuchungen

33 Tage lang in der Faulkammer lebensfähig und waren erst nach Ablauf dieser Zeit darin nicht mehr nachweisbar. Dieses Beispiel dürfte genügen, um zu zeigen, daß der Faulprozeß eine sichere Gewähr für Beseitigung der infektiösen Erreger durchaus nicht bietet.

An die biologischen Prozesse hat man große Hoffnungen in bezug auf die Beseitigung des infektiösen Charakters der Abwässer geknüpft. Als Hauptvorzug der Berieselung gilt, wie wir unter dem betreffenden Kapitel gesehen haben, die angenommene Zurückhaltung und Ausscheidung pathogener Keime durch sie. Experimente liegen darüber nicht vor. Wohl weiß man, daß die Bakterienzahl in den Abflüssen gut funktionierender Rieselfelder erheblich geringer ist als im Rohwasser. Sie wird z. B. herabgesetzt bei den Braunschweiger Rieselwässern von 1721000 Keimen auf 5591 im ccm = 99,7%, bei den Freiburger (i. B.) Rieselwässern von 840400 auf 67 im ccm = fast 100%. Andererseits aber habe ich bei der Kontrolle sorgfältig konstruierter und betriebener Rieselanlagen, bei den günstigsten Bodenverhältnissen nachweisen können, daß Colibakterien in den Abflüssen sich regelmäßig fanden. So ließen sich in den Abflüssen dreier verschiedener Rieselfelder Coli- resp. coliähnliche Bakterien noch in 0,0001—1,0 ccm regelmäßig nachweisen.

Die Beamten der derzeitigen englischen Kommission sind bei Prüfung der besten englischen Rieselanlagen zu ganz entsprechenden Resultaten gelangt und zu dem Urteil gekommen, daß die Abwässer infolge von Landbehandlung in bakterieller Beziehung ihren Charakter nicht verändern, daß vielmehr die sämtlichen typischen Bakterien, das Bacterium ent. sporog., Streptokokken und namentlich auch Colibakterien, in den Drainwässern nachweisbar sind, während sie in reinem, nicht mit Abwasser beschicktem Boden fehlen. Nicht der Charakter wird geändert, sondern nur die Zahl der Bakterien wird verringert. Die Verhältniszahl der verschiedenen Bakterien scheint nicht beeinflußt zu werden. Durch solche Nachweise ist nicht ohne weiteres der Beweis geliefert, daß auch Choleravibrionen und Typhusbazillen das Land passieren würden. Nach den Ergebnissen einschlägiger Untersuchungen an intermittierenden Filtern kann ich aber daran nicht mehr zweifeln, daß auch diese pathogenen Bakterien Rieselfelder passieren.

Intermittierende Filter sind in bezug auf die zur Erörterung stehende Frage ähnlich zu beurteilen wie Rieselanlagen. Betreibt man sie unter so günstigen Bedingungen und so sorgfältig, wie das in Massachusetts geschieht, so vermag man die Bakterienzahl ganz erheblich herabzusetzen und Resultate zu erzielen, wonach bis zu 100 ccm der Abflüsse von Coli frei befunden werden. Ein solcher Betrieb wird sich nur unter ganz besonders günstigen Umständen durchführen lassen. Durch intermittierende Filter vermögen selbst choleraähnliche Vibrionen hindurchzugehen. Beschickten wir sie mit Abwasser, welches etwa 1 Million Vibrionen pro ccm enthielt, so fanden wir in den Abflüssen etwa 10 000 Vibrionen im ccm.

Alle Äußerungen, welche darauf hinauslaufen, durch die künstlichen biologischen Reinigungsverfahren liefse sich der infektiöse Charakter der Abwässer beseitigen, bzw. doch ganz erheblich einschränken, sind nach den durchaus eindeutig ausgefallenen Versuchen, die ich darüber habe ausführen können, irrig. Das war von vornherein anzunehmen. Ich habe die Prüfung nur ausgeführt, um den Irrtum gegenteiliger Behauptungen nicht nur theoretisch, sondern an der Hand positiver Versuche zurückweisen zu können. Selbst die vorhin beschriebenen, sehr empfindlichen Vibrionen passieren jede Art künstlicher biologischer Körper in kürzester Zeit. Die Abflüsse solcher Körper sind viel reicher an entwicklungsfähigen Bakterien als die Abflüsse guter Rieselanlagen und intermittierender Landfilter, und dementsprechend wird auch die Zahl der hindurchgehenden pathogenen Keime stets eine hohe sein. Sind nun solche Befunde dahin zu deuten, daß die Wirkung der Reinigungsanlagen in bakterieller Hinsicht gleich Null zu rechnen ist?

Man scheint, soweit ich mich durch einschlägige Erörterungen mit Fachgenossen orientieren konnte, zurzeit noch allgemein dazu zu neigen, diese Frage zu bejahen. Ich muß einen anderen Standpunkt vertreten.

Bei der Frage der Infektion darf man gewiß den Einfluss der Quantität nicht so hoch veranschlagen wie bei chemischen Reaktionen; denn die Vermehrungsfähigkeit der Mikroorganismen muß stets berücksichtigt werden. Ich halte es aber andererseits für eine epidemiologisch durchaus sichergestellte Tatsache, daß auch bei der Infektion die Zahl, in welcher die infektiösen Keime

in den menschlichen Körper Eingang gefunden haben, von ganz erheblicher Bedeutung ist. Gewiss wird ein geschwächter Körper gelegentlich auch einer sehr geringen Zahl infektiöser Keime unterliegen. Mit solchen Ausnahmen ist aber in allen Dingen zu rechnen. Allgemein gesprochen, wird eine Herabsetzung der Zahl infektiöser Keime, wie sie durch gute Rieselanlagen oder Bodenfilter erreicht wird, als ein nicht zu unterschätzender Gewinn zu beurteilen sein. Besonders auch aus dem Grunde, weil solche Reinigungsanlagen die suspendierten Stoffe, welche den Bakterien als Schlupfwinkel, Nahrungsherd und Vehikel dienen, zurückhalten. Dadurch wird den verhältnismäßig wenigen Keimen, welche in den Vorfluter gelangen, der Kampf ums Dasein erheblich erschwert. In demselben Sinne ist die Wirkung der weniger durchgreifenden, nur auf eine Ausscheidung der ungelösten Stoffe gerichteten Abwasserbehandlungsmethoden zu beurteilen, nur dass von ihnen eine nicht so weitgehende Zurückhaltung der Bakterien zu erwarten ist wie von den biologischen Verfahren.

Auf die Frage wegen des Verbleibs der ausgeschiedenen, auf und im Boden zurückgehaltenen, pathogenen Keime soll hier nicht näher eingegangen werden. An anderer Stelle wurde schon darauf hingewiesen, dass Fälle, wo Epidemien von Rieselanlagen ausgegangen wären, trotz der hundertjährigen Beobachtungszeit und trotz gründlicher, einschlägiger Erhebungen nicht bekannt geworden sind.

Wo die Verhältnisse so liegen, dass eine durchgreifende Reinigung der Abwässer im chemischen Sinne zu fordern ist, da werden auch in der Regel entsprechende Ansprüche in bakteriologischer Hinsicht zu stellen sein, und dementsprechend sind auch die Leistungen der in Betracht kommenden Verfahren in bezug auf Ausscheidung von Krankheitserregern. Eine vollständige Ausscheidung oder Vernichtung pathogener Keime wird aber von keinem der zur Zeit bekannten, praktisch bewährten Reinigungsverfahren gewährleistet. Wo also eine sichere Beseitigung der pathogenen Keime aus den Abwässern verlangt werden muss, da müssen dahin gerichtete, besondere Massnahmen getroffen werden. Durch Filtrationsprozesse irgendwelcher Art ist das nicht zu erzielen. Zwar sind bei den im Auftrage der englischen Königlichen Kommission ausgeführten Filtrationsversuchen Typhus-



und Choleraerreger in den Filterabflüssen nicht nachzuweisen gewesen. Wollte man aber einen solchen Filtrationsprozefs an irgendeine Reinigungsanlage anschliesen, so würden Filteranlagen nötig werden von mindestens der Gröfse von Trinkwasserfiltern, und im praktischen Betriebe würde man auch unter solchen Umständen nicht auf so gute Resultate rechnen dürfen. Die Ausscheidung pathogener Keime durch Filtration halte ich deshalb, allgemein gesprochen, für undurchführbar. Bei dieser Sachlage kann es sich nur um thermische und chemische Mittel handeln.

Typhusbakterien und alle sonst hier in Frage kommenden pathogenen Bakterien werden ebenso wie der als Indikator dienende *Coli communis* durch Erwärmen auf 60—70 ° C innerhalb weniger Minuten abgetötet. Sporenbildende Bakterien, wie z. B. Milzbrand und Tetanus, widerstehen in ihrer Sporenform noch höheren Temperatureinflüssen. Ihnen ist aber bei der Abwasserbehandlung, abgesehen von besonderen Fällen, deren Erörterung hier zu weit führen würde, keine praktische Bedeutung beizumessen. Wo es sich um städtisches Abwasser handelt, da wird die thermische Desinfektion keine grofse praktische Bedeutung gewinnen können, schon wegen der damit verknüpften Gefährdung der baulichen Anlagen. Unter kleineren, noch zu erörternden Verhältnissen wird man aber auch diese Art der Desinfektion gelegentlich in Betracht zu ziehen haben. Im allgemeinen aber wird die Abwasserdesinfektion auf chemischem Wege anzustreben sein.

### Desinfektion.

Die Abwasserdesinfektion hat man bis zum Jahre 1893 als eine verhältnismäßig einfache, billige Aufgabe aufgefaßt. Man glaubte, es genüge, den Abwässern soviel Kalk zuzusetzen, bis sie leicht alkalisch wären, um darin ev. enthaltene Typhus- und Choleraerreger sicher abzutöten. Diese Auffassung hat sich nicht bestätigt gefunden. Die veröffentlichten Hamburger Befunde finden zurzeit anscheinend in Deutschland allgemein Berücksichtigung. Von England kann man das nicht sagen. Dort treten auch zur Zeit noch Autoren mit Auffassungen hervor, als ob es gelänge, Abwasser durch verhältnismäßig geringen Zusatz verschiedener Chemikalien und demnach mit geringen

Kostenaufwände zu desinfizieren. Läge die Abwasserdesinfektionsfrage wirklich so einfach, so würde ich mich gewiß nicht viele Jahre mit ihr beschäftigt haben. Vor etwa 10 Jahren wurden von Herrn Dr. Zirn und mir an der Hand von Experimenten bei mehr als 400 Abwasserproben nachgewiesen, daß es nicht immer gelingt, bei einem Zusatz von einem Teil Kalkhydrat ( $\text{Ca}[\text{OH}]_2$ ) zu 500 Teilen Abwasser die sehr empfindlichen Typhus- und Cholera Bazillen innerhalb 6—12 Stunden, in verhältnismäßig wenig konzentrierten städtischen Abwässern abzutöten. Der Kalk gilt als ein verhältnismäßig stark wirkendes Desinfizienz. Die eben erwähnten Befunde bieten deshalb einen brauchbaren Maßstab für den Wert verschiedener anderweitiger Vorschläge zur chemischen Abwasserdesinfektion. Der Einfachheit halber habe ich die Ergebnisse vergleichender Untersuchungen nachstehend in der Weise zusammengestellt, daß ich die Kosten, welche eine bestimmte Desinfektionswirkung bei Anwendung von Chlorkalk verursachen, gleich 1 setzte und die höheren Kosten, welche andere Desinfektionsmittel verursachen, wenn man denselben Desinfektionswert erzielen will, ziffermäßig zum Ausdruck brachte:

Desinfektionsmittel	Die Desinfektion ist wievielmals so teuer als mit Chlorkalk
Chlorkalk . . . . .	1
Kalk . . . . .	2
Kupferchlorür . . . . .	4
Kaliumpermanganat . . . . .	6
Chloros . . . . .	6
Eau de Javelle . . . . .	8
Rohe Schwefelsäure . . . . .	10
› Karbolsäure . . . . .	20
Sublimat . . . . .	25
Technisches Eisensulfat . . . . .	40
› Kupfersulfat . . . . .	150
Lysol . . . . .	500
Formalin . . . . .	500

Es handelt sich hier um Untersuchungsergebnisse, die aus dem Grunde sehr schwierig zu beurteilen sind, weil die Zusam-

mensetzung des Abwassers erheblich schwankt. Nur auf Grund der Durchschnittswerte oft wiederholter Versuche wird man deshalb zu definitiven, sicheren Schlüssen kommen können. Meine Untersuchungsreihen sind noch nicht zahlreich genug für solche Zwecke. Sie werden in bezug auf das eine oder andere Desinfektionsmittel noch einer wesentlichen Korrektur bedürfen. Eine Tatsache kann man aber zurzeit schon als feststehend ansehen, nämlich die, daß keines der für die Abwasserdesinfektion bislang vorgeschlagenen Mittel sich auch nur annähernd so billig stellt wie Chlorkalk. Ergänzend möchte ich erwähnen, daß außer den oben angeführten Mitteln, um anderweitige Empfehlungen und Anpreisungen gleich mit zu berücksichtigen, auch noch andere Substanzen zu diesen Versuchen herangezogen worden sind, wie Chinosol, Spiritus Saponatus, Borsäure, Borax, Bleiazetat, Salicylsäure, Wasserstoffsperoxyd, Alsol, Kupferchlorid etc. Alle stellten sich so ungünstig, daß sich eine zahlenmäßige Angabe der Werte erübrigt, zu denen wir gekommen sind.

Chlorkalk leistet in einer Konzentration von 1:10000 bis 1:15000 mehr als Kalk in einer Konzentration von 1:500. Obgleich der Chlorkalk erheblich teurer ist als Kalk, erweist sich die Desinfektion bei ihm doch billiger als bei Anwendung von Kalk. Es kommt hinzu, daß Kalk, in den notwendigen Mengen zugesetzt, erhebliche Schlammengen bildet, während Chlorkalk in der in Frage kommenden Menge kaum nennenswerte Fällungsprozesse im Abwasser bedingt.

Die eben erwähnten, vergleichenden Versuche sind in Flüssigkeiten ausgeführt, welche frei waren von suspendierten Stoffen. Die erzielten Ergebnisse sind deshalb nicht ohne weiteres auf die Praxis der Abwasserdesinfektion übertragbar, schon wegen der einfachen Tatsache, daß man sich die pathogenen Darmbakterien zum großen Teil als nicht im Abwasser frei schwebend, sondern als in organische Partikelchen eingeschlossen vorzustellen hat. Ein Abwasserdesinfizienz muß deshalb auch nach der Tiefenwirkung beurteilt werden, die es entfalten kann. Hierüber hat Schumacher vergleichende Versuche angestellt, die ebenfalls zugunsten des Chlorkalkes im Vergleich zum Kalk ausgefallen sind. Agarflöckchen von 1 mm Durchmesser wurden weder von Kalk in Konzentration von 1:500, noch auch von Chlorkalk in derselben Konzentration durchdrungen. Colibakterien, die in

diesem Flöckchen enthalten waren, blieben am Leben. Agarklümpchen von  $\frac{3}{4}$  mm Durchmesser wurden von Kalk in der bezeichneten Konzentration ebenfalls nicht durchdrungen, von Chlorkalk 1:1000 aber viermal unter fünf Versuchen und von Chlorkalk 1:2000 dreimal unter fünf Versuchen. Agarklümpchen von  $\frac{1}{2}$  mm Durchmesser wurden von Kalk 1:500 zweimal aus fünf Versuchen durchdrungen, dagegen von Chlorkalk 1:2000 noch viermal aus fünf Versuchen.

Bei unseren weiteren Versuchen haben wir aus den oben schon beschriebenen Gründen als Indikator das *Bacterium coli* verwendet, welches uns anzeigen sollte, ob alle nicht sporenbildenden pathogenen Keime abgetötet seien, und den schon erwähnten leuchtenden *Vibrio*, ob wenigstens pathogene Keime von geringerer Widerstandsfähigkeit vernichtet wären. Von diesen *Vibrionen* war festgestellt worden, daß sie dieselbe Widerstandsfähigkeit gegen Chlorkalk und Kalk hatten wie *Cholera*vibrionen. Von den *Typhus*keimen stellten wir fest, daß sie etwas weniger widerstandsfähiger waren gegen beide Desinfektionsmittel als *Colibakterien*. Das *Bacterium coli* war auch widerstandsfähiger als *Pyozyaneus*, *Diphtherie*bakterien, *Staphylokokken* und *Proteus*. Diese im Laboratorium festgestellten Tatsachen fanden sich bei späteren Versuchen in der Praxis bestätigt; denn in Abwässern, in denen *Coli* abgetötet war, fanden wir außer Sporenbildnern nur sehr selten andere Bakterien in entwicklungsfähigem Zustande. Benutzt man das *Bacterium coli* als Indikator, so gestaltet sich die Prüfung des erzielten Erfolges nicht so einfach, wie man es wünschen möchte, denn das *Bacterium coli* hat keine ganz spezifischen Eigenschaften, mittels deren man es aus einem Bakterienmisch sofort herauszufinden vermöchte. Durch Einführung des *Drigalski*-schen Nährbodens ist zwar die Auffindung und Differentialdiagnose vereinfacht worden. Man muß aber die Kolonien, die auf den *Drigalski*-Platten als *Coli* erscheinen, noch verhältnismäßig umständlichen weiteren Prüfungen unterziehen. Für ein hygienisches Institut, das sich mit solchen Untersuchungen fortgesetzt zu befassen hat, liegt eine derartige Kontrolle noch im Bereiche der Möglichkeit. Für einzelne Anstalten ist sie aber kaum durchführbar. Es lag deshalb der Wunsch nahe, eine einfachere Kontrollmethode zu finden. Soviel dürfte von vornherein als feststehend gelten, daß der Charakter der Abwässer die Chlorkalkdesinfektion in erheb-

lichem Maße beeinflussen mußte. Unsere Untersuchungen haben denn auch ergeben, daß man im allgemeinen um so mehr Chlorkalk anwenden muß, je konzentrierter die Abwässer sind, je größer insbesondere ihre Oxydierbarkeit ist. Schumacher konnte aber nachweisen, daß dieser Anhaltspunkt nicht ganz zuverlässig ist, indem unter Umständen ein Abwasser von 860 mg Oxydierbarkeit im Liter nicht viel mehr Chlorkalk verbrauchte als ein Abwasser von 350 mg im Liter. Auch die Bestimmung des Gehalts der Abwässer an suspendierten Stoffen gibt uns keinen sicheren Anhaltspunkt. Die Natur dieser Stoffe ist zu verschieden und dementsprechend ihr Bindungsvermögen für Chlor. Schwefelwasserstoff bindet Chlor. In besonders hohem Maße tun das auch Desinfektionsmittel, wie sie in den Abwässern aus Krankenhäusern oft in erheblichen Mengen zu finden sind. Mit dieser von Schumacher schon festgestellten Tatsache hat sich Schwarz noch weiter befaßt. Er hat später festgestellt, daß am meisten Chlorkalk durch Karbol unwirksam gemacht wird, daß aber auch Kresol und Lysol den Desinfektionserfolg wesentlich schädigen. Durch Sublimat und Lysoform wurde die Chlorkalkwirkung nicht beeinträchtigt. Neben diesen beiden Desinfizientien würde außer Chlorkalk noch Liquor Cresoli sapon für den Betrieb in solchen Anstalten hauptsächlich in Frage kommen, wo auf eine ausgiebige Desinfektion der Abwässer Wert zu legen ist.

Eine Abschätzung der erforderlichen Chlorkalkmengen läßt sich auf Grund einer Feststellung der Konzentration der Abwässer also nicht ermöglichen. Der Gedanke lag nun nahe, ob es nicht umgekehrt durch Bestimmung der nach erfolgter Desinfektion in den Abwässern noch vorhandenen Menge an freiem Chlor möglich sein würde, sich sofort Aufschluß über den Effekt der Desinfektion zu verschaffen. Mit Versuchen nach dieser Richtung habe ich Herrn R. Schulz beschäftigt, der durch die von ihm ausgeführten Voruntersuchungen schon zu der Auffassung gelangte, daß dieser Weg gangbar sei. Zu sicheren Schlüssen konnte man aber nur an der Hand sehr zahlreicher Untersuchungen kommen, und dieser Aufgabe hat sich Herr Stabsarzt Dr. A. Schumacher mit einer Geduld unterzogen, die diejenigen am besten zu würdigen wissen werden, die selbst einmal den Versuch gemacht haben, sich durch die komplizierten Verhältnisse hindurchzufinden, denen man bei derartigen

Experimenten begegnet. Seine mit ausgezeichnete Kritik ausgeführten Versuchsreihen, deren Hauptergebnisse in der zitierten Veröffentlichung nachzusehen wären, haben uns zu der Überzeugung gebracht, daß man tatsächlich imstande ist, an der Hand der nach erfolgter Desinfektion im Abwasser verbleibenden Menge an freiem Chlor Rückschlüsse auf den Desinfektionserfolg zu ziehen. Natürlich sind die hier in Frage kommenden Chlormengen abhängig einerseits von der zugesetzten Chlormenge, andererseits von der Desinfektionsdauer. Dieses letztere Moment ist besonders wichtig; denn je länger der Chlorkalk einwirkt, um so sicherer ist der Erfolg, um so geringer aber ist die in den Abwässern noch enthaltene Menge freien Chlors. Man muß also die Dauer der Einwirkung genau kennen. Bei Zusatz von Chlorkalk 1 : 2000 und zweistündiger Einwirkungsdauer müssen nach Schumacher noch 49 mg freien Chlors pro Liter in dem Abwasser auffindbar sein, wenn man auf eine genügende Desinfektion rechnen will. Nach Anwendung von Chlorkalk 1 : 5000 und zweistündiger Einwirkungsdauer müssen noch 21 mg freien Chlors pro l im Abwasser vorhanden sein. Bei solchem Zusatz kann man nach Schumacher darauf rechnen, daß bei jedesmaliger Untersuchung von 1 l desinfizierten Abwassers man in 62 aus 100 Proben Coli nicht mehr auffindet. Daraus läßt sich entnehmen, daß man bei Untersuchung geringerer Abwassermengen, wie sie in der Praxis in Frage kommen, Coli überhaupt nicht findet. Dieser letztere wichtige Punkt bedarf noch der Erörterung.

Bei der Kontrolle der Abwasserdesinfektion pflegte man früher nur 1 ccm oder einen Bruchteil davon zu untersuchen. Nachdem die Anreicherungs-methode in Anlehnung an das Peptonverfahren in Aufnahme gekommen war, steigerte man diese Menge. In Hamburg gingen wir zunächst zur Verwendung von 50 bzw. 100 ccm, später zur Untersuchung von einem ganzen Liter über. Bei Untersuchung von Flußwasser auf Typhusbazillen pflegt man jetzt sogar 10 l in Untersuchung zu nehmen, und wenn die Sache so weitergeht, so wird man bald einen ganzen Kubikmeter des zu untersuchenden Wassers in Kulturen verwandeln und bebrüten. Die Heranziehung so großer Wassermengen hat für wissenschaftliche Feststellungen, wie sie in unseren Laboratorien ausgeführt werden, eine unverkennbare Bedeutung, und sie sind da unentbehrlich. Es scheint mir aber

kein Anlaß vorzuliegen, diese Technik in die Praxis zu übertragen. Untersucht man einen ganzen Liter Abwasser, so ist das gleichbedeutend mit einer Untersuchung von 1000 Einzelproben von je 1 ccm, und wenn man in so viel Abwasser keine lebenden Coli mehr findet, so kann man mit einiger Sicherheit darauf rechnen, daß in der ganzen zu desinfizierenden Abwassermenge entweder gar keine oder nur wenige Exemplare davon noch lebensfähig gewesen sind. Hat es aber einen Zweck, die Kontrolle so weit zu treiben? Wir haben gesehen, daß in den Abflüssen von Rieselwiesen Coli immer nachzuweisen sind, und zwar genügt hier in der Regel die Untersuchung von 1 ccm, oft noch von  $\frac{1}{100}$  oder  $\frac{1}{1000}$  oder gar von noch geringeren Mengen der Drainwässer, zur Auffindung des Coli. Selbst in den Abflüssen außerordentlich sorgfältig betriebener Trinkwasserfilter gelingt es, den Coli nachzuweisen, wenn er in dem unfiltrierten Rohwasser in nennenswerter Zahl vorhanden ist. Wenn wir uns mit dieser Tatsache abfinden müssen, so sehe ich keinen Anlaß, weshalb wir die Desinfektion der Abwässer so weit treiben sollten, daß nicht ein einziger lebender Coli aus der Desinfektionsgrube herauskommt. Ich halte es für durchaus gerechtfertigt, daß wir uns mit der Untersuchung von 1 ccm begnügen. Dabei fuße ich auf der Tatsache, daß auf jeden pathogenen Keim, der sich in den Abwässern finden könnte, Hunderte oder Tausende von Colikeimen entfallen und daß, wenn wir in 1 ccm keinen lebenden Colibazillus mehr finden, wir nicht erwarten können, einen lebenden spezifischen Krankheitserreger zu finden, selbst wenn wir sehr viele Kubikzentimeter untersuchen würden. Die von Schumacher ausgeführten Untersuchungen waren durchaus notwendig, um die praktisch bei der Desinfektion erreichbaren Grenzen festzustellen. Bei Zusatz von  $\frac{1}{2}$  kg Chlorkalk auf 1 cbm Abwasser und zweistündiger Einwirkungsdauer fand Schumacher noch in 12 von 100 Proben, von je 1 l Abwasser, lebende Colikeime. Bei Zusatz von 1 : 5000 Chlorkalk fand er noch in 38 von 100 Proben Colikeime, wenn er jedesmal 1 l Abwasser in Kultur verwandelte. Es fragt sich nun, wie die Resultate ausfallen, wenn man nicht 1 l, sondern, wie vorhin vorgeschlagen, 1 ccm untersucht. Nach dieser Richtung hat Schwarz in Fortsetzung der Schumacherschen Untersuchungen feststellen können, daß Vibrionen bei Zusatz

von Chlorkalk 1 : 5000 stets abgetötet waren, selbst wenn ein ganzer Liter untersucht wurde. Dieselben Resultate wurden erzielt bei Chlorkalk 1 : 10000 und 1 : 20000. Bei Zusatz von 1 : 30000 fanden sich aber zweimal von 10 Untersuchungen noch lebende Vibrionen, wenn 1 l geprüft wurde; bei Untersuchung von 50 ccm einmal aus 10 Untersuchungen, bei Untersuchung von 1 ccm in keinem Falle von 10 Untersuchungen. Bei Prüfung auf Coli und Anwendung von Chlorkalk 1 : 2000 bei vierstündiger Einwirkungsdauer und Untersuchung von je 1 l fanden sich bei 82,5% der Proben keine Colibakterien; das entspricht den Schumacherschen Ergebnissen. Bei Untersuchung von jedesmal 50 ccm waren Coli in rund 95% der Proben nicht mehr vorhanden. Untersuchte man 1 ccm, so waren in keiner Probe mehr lebende Coli zu finden. Ebenso gute Erfolge hatte man bei Anwendung von Chlorkalk 1 : 10000 und 1 : 20000 bei gewissen Abwässern, sofern man nur 1 ccm untersuchte.

Die folgende Tabelle gibt Aufschluß darüber, wieviel lebensfähige Keime überhaupt in einem Abwasser verbleiben, das ursprünglich rund  $1\frac{1}{3}$  Million lebensfähiger Keime im Kubikzentimeter hatte, nach vierstündiger Einwirkung.

**Herabsetzung der Keimzahlen bei verschiedenen Chlorkalkzusätzen.**

Chlorkalkzusatz	Keimzahl pro ccm (Durchschnitt)	
	in	
	Rohwasser	Beckenabflufs
1 : 2 000	1 350 000	15
1 : 5 000	1 350 000	23
1 : 10 000	1 350 000	36
1 : 20 000	1 350 000	72
1 : 30 000	1 350 000	3 620
1 : 40 000	1 350 000	59 000

Diese Tabelle läßt erkennen, daß selbst bei Zusatz von 1 : 20000 Chlorkalk eine Herabminderung der Keimzahl unter 100 pro ccm gelang. Beim Durchsehen der von Schwarz ver-



öffentlichen Arbeit wird man zu dem Eindruck kommen, daß den praktischen Bedürfnissen genügt wird, wenn man häuslichen bzw. normalen städtischen Abwässern bei zweistündiger Einwirkungsdauer Chlorkalk im Verhältnis 1 : 5000 zusetzt, sofern man Typhus-, Ruhr- und Cholerakeime bzw. Krankheitserreger von ähnlicher Empfindlichkeit abzutöten sucht.

In Hamburg desinfizieren mehrere größere Krankenhäuser und ähnliche Anstalten ihre Abwässer mit Chlorkalk in besonders dafür hergestellten Desinfektionsgruben. Hierdurch wurde Schumacher Gelegenheit gegeben, seine Versuche in die Praxis zu übertragen. Die dabei erzielten Ergebnisse scheinen mir nicht direkt übertragbar auf Verhältnisse, wie wir sie vorfinden, wenn wir die Aufgabe haben, die Gesamtabwässer einer Stadt zu desinfizieren. Besondere Desinfektionsgruben sind in solchen Fällen nicht vorhanden. Nach dem Literaturstande sollte man meinen, es würde genügen, das Desinfektionsmittel an irgendeiner Stelle in die Kanäle zu schütten, um zu bewirken, daß nach einem Laufe von gelegentlich nur wenigen Minuten die Krankheitserreger abgetötet wären. Alle Illusionen nach dieser Richtung dürften wohl durch die eben skizzierten Hamburger Versuche endgültig zerstört sein. Die Zahl der Städte wächst aber, wo die ganzen Abwässer durch Absitzbecken hindurchlaufen müssen. Diese Absitzbecken werden neuerdings durchweg für kontinuierlichen Betrieb eingerichtet, d. h. das Abwasser fließt ununterbrochen an einem Ende des Beckens zu, am anderen Ende ab. Ich wünschte nun festzustellen, ob eine sichere Desinfektion sich bei einem derartigen Betriebe würde bewirken lassen. Zu diesem Zwecke wurde ein Becken in unserer Klärversuchsanlage so hergerichtet, daß es durch die zufließende Abwassermenge durchschnittlich innerhalb 4 Stunden gefüllt wurde. Bei fortgesetztem Zufluß der Abwässer mußte man also annehmen, daß diese 4 Stunden in dem Becken verbleiben würden, vorausgesetzt, daß die Verteilung und Strömung ganz gleichmäßig wäre. In diesem Becken hat Schwarz Versuche durchgeführt, bei denen dem zufließenden Abwasser choleraähnliche Vibrionen fortgesetzt beigemischt wurden. Es ließ sich nachweisen, daß diese Vibrionen bald an jedem Punkte des Beckens anzutreffen waren und daß sie nach Aufhören des Zusatzes noch einige Tage in dem Becken verblieben. Als zweiter Indikator wurde der in den Abwässern

stets in größeren Mengen vorhandene Coli benutzt. Die von Schwarz in sehr gründlicher Weise durchgeführten Versuche zeigten uns, daß die Abtötung der Vibrionen schon bei sehr geringem Chlorkalkzusatz gelang, so daß selbst bei Untersuchung von 1 l nach vierstündiger Einwirkung und Chlorkalkzusatz 1 : 20 000, entwicklungsfähige Vibrionen in den Abflüssen niemals mehr gefunden werden konnten. Coli, der, wie gesagt, als Indikator für Typhusinfektion in Betracht zu ziehen wäre, fand sich bei Zusatz von Chlorkalk 1 : 2000 in drei aus 17 untersuchten Literproben wieder. Untersuchte man aber 1 ccm, so waren entwicklungsfähige Coli selbst bei Zusatz von 1 : 10 000 und 1 : 20 000 nicht mehr auffindbar. Ein einziges Mal wurde Coli bei einem Chlorkalkzusatz von 1 : 5000 wiedergefunden.

Bei den hier in Frage kommenden Untersuchungen wurde das desinfizierte Abwasser ohne Neutralisation des stets noch vorhandenen freien Chlors auf einen biologischen Körper geleitet. Von vornherein sollte man annehmen, daß die Wirkung des biologischen Körpers dadurch hätte aufgehoben werden müssen. Bei Desinfektion mittels Karbolsäure, Sublimat und ähnlicher Mittel ist das auch der Fall. Die Absorptionswirkung hört bald auf und es dauert nicht lange, bis die Abwässer in fäulnisfähigem Zustande abfließen. Wie ich in einer mit Herrn Dr. Korn veröffentlichten Arbeit schon nachweisen konnte, wird aber das Hypochlorid, der wirksame Bestandteil des Chlorkalks, schon in den obersten Schichten des biologischen Körpers oxydiert und unwirksam gemacht. In den tieferen Schichten bleiben selbst die empfindlichen Salpetersäurebildner entwicklungsfähig. Der Reinigungs- und Oxydationsprozeß wird also nicht gestört.

Es lag mir nun daran, diese an kleinen Körpern festgestellte Tatsache in größerem Umfange nachzuprüfen. Die desinfizierten Abwässer wurden deshalb auf einen Tropfkörper von 54 qm Oberfläche geleitet. Schwarz stellte zunächst fest, daß die zugesetzten Vibrionen bei Fortlassung des Desinfizienzes in den Abflüssen des Tropfkörpers stets in großer Zahl nachzuweisen waren. Nach Zusatz des Chlorkalks arbeitete der Tropfkörper ungestört weiter. Die Vibrionen waren schon in dem auf den Tropfkörper auffließenden Abwasser getötet, und nach Beginn der Desinfektion waren sie auch bald in den vorher infizierten Abflüssen des

Tropfkörpers nicht mehr nachweisbar. Coli hielt sich nach Beginn der Desinfektion in den Tropfkörperabflüssen etwas länger als die Vibrionen, verschwand mit der Zeit aber ebenfalls.

Im Hinblick auf die oben nachgewiesene Tatsache, daß die Tiefenwirkung des Chlorkalks nur gering ist, hat Schwarz seine Prüfungen an desinfizierten Abwasserproben vorgenommen, die durch ein Sieb von 1 mm Durchlaßöffnungen hindurch geschickt worden waren. Wir stehen eben auf dem Standpunkte, daß suspendierte Stoffe von mehr als 1 mm grundsätzlich aus dem Abwasser auszuschneiden sind, ehe man dieses mit Aussicht auf Erfolg desinfizieren könnte. Die Ausscheidung dieser Stoffe erfolgte bei den späteren Schwarzschen Versuchen durch ein Absitzbecken, das als Desinfektionsgrube diente. Schwarz mußte sich aber davon überzeugen, daß die in dem Absitzbecken verbleibenden Sedimente nicht so desinfiziert waren, daß man sie in die Kanäle hätte abfließen lassen können. Eine wirklich durchgreifende Desinfektion muß also eine gesonderte Behandlung der Sedimente ins Auge fassen. Die Sedimente könnten entweder durch mechanische Abfangvorrichtungen ausgeschieden werden oder durch Absitz- bzw. Fällungsverfahren. Bei den Abfangvorrichtungen würde man eine geringe Menge eines verhältnismäßig wenig wasserhaltigen und deshalb leicht zu behandelnden Materials erhalten, bei den Absitz- und Fällungsverfahren eine flüssige und schwer drainierbare Masse in weit größerer Menge. Beide Prozesse würden auf dem Grundstücke eines Krankenhauses häufig nicht ohne Belästigung der Umgebung durchführbar sein. Auch würde der Betrieb verhältnismäßig große Unkosten verursachen. Von den mir bekannten Einrichtungen würde meines Erachtens nur die zurzeit in Dresden in Betrieb befindliche Rienschsche Siebscheibe in Frage kommen, welche bei einer täglichen Abwassermenge von 100 cbm voraussichtlich nicht mehr als etwa 100 l fester Stoffe in einem Zustand liefern könnte, daß man sie durch Erhitzen auf etwa 70°, durch Tränkung mit Desinfektionsmitteln, durch Verbrennung in einer Kesselfeuerung oder auf ähnliche Weise leicht ihres infektiösen Charakters berauben könnte.

Außer einem derartigen Apparat schien mir das Faulverfahren noch in Betracht kommen zu können. Bei diesem lösen sich, wie wir gesehen haben, die organischen Partikelchen

in denen die Krankheitserreger den Desinfektionsmitteln unzugänglich bleiben, allmählich auf. Die Abflüsse aus der Faulkammer enthalten nur noch geringe Mengen ungelöster Stoffe, und diese sind nicht mehr in der voluminösen flockigen Form vorhanden, sondern sie haben einen mehr lockeren, körnigen Charakter angenommen. Als störend könnte der Gehalt an Schwefelwasserstoff in Frage kommen, den Faulkammerabflüsse immer haben. Um dieser Frage experimentell näher zu treten, habe ich Abwasser durch eine Faulkammer leiten lassen, anfänglich mit einer solchen Geschwindigkeit, daß der Aufenthalt durchschnittlich 9 Stunden währte. Der Erfolg war der, daß nach  $3\frac{1}{2}$  stündiger Einwirkung eines Chlorkalkzusatzes von 1:10 000 bei jedesmaliger Untersuchung von 100 ccm Abwasser lebensfähige Coli in 100% der untersuchten Proben nicht mehr nachweisbar waren. Wir erzielten also durch Vorschaltung einer Faulkammer bessere Erfolge mit  $\frac{1}{5}$  derjenigen Chlorkalkmenge, die sich bei demselben Rohwasser notwendig erwiesen hatte. Es zeigte sich aber, daß bei 1—2tägiger Unterbrechung des Betriebes die Resultate unsicher wurden. Die ausgeführten Schwefelwasserstoffbestimmungen führten zu dem Ergebnis, daß die Beeinträchtigung der Resultate auf den steigenden Gehalt an Schwefelwasserstoff zurückzuführen war. Man müßte also zu den Abflüssen von Faulkammern, die viel Schwefelwasserstoff enthalten, größere Chlorkalkmengen zusetzen, jedoch keineswegs so große, wie sie bei frischen Rohwässern nötig sein würden. Die Dauer des Aufenthalts in den Faulkammern habe ich erst auf 9, später auf 4 Stunden, schließlich auf 2 Stunden herabsetzen lassen, ohne daß der Desinfektionserfolg dadurch unsicher geworden wäre.

Dieser Versuch unterscheidet sich von den vorhin beschriebenen Versuchen mit Absitzverfahren dadurch, daß bei letzteren das Desinfektionsmittel direkt in die Grube gelangt, wo die Sedimente sich befinden. Die Zersetzung der Sedimente wird also aufgehoben, ein Teil des Desinfektionsmittels durch die Sedimente absorbiert und unwirksam gemacht. Bei dem Faulverfahren aber kommt das Desinfektionsmittel mit den Sedimenten nicht in Berührung. Diese bleiben in der Faulkammer und werden dort allmählich zersetzt. Die Zersetzungsprodukte zerstören die gelösten organischen Stoffe des durchfließenden Abwassers innerhalb der

genannten kurzen Zeit in erheblichem Maße. Namentlich darf man annehmen, daß man es bei den Abflüssen aus Faulkammern hauptsächlich nur mit frei liegenden Bakterien zu tun hat.

Durch einen Zusatz von Chlorkalk 1 : 10000 zu den Abflüssen aus Faulkammern vermochten wir nicht allein Coli und ähnliche Bakterien abzutöten, sondern die Abflüsse aus den Desinfektionsbecken erwiesen sich häufig vollkommen steril. Jedoch fanden sich entwicklungsfähige Coli in den spärlichen Schlammengen, die sich im Laufe von mehreren Wochen in der Desinfektionsgrube angesammelt hatten. Eine zweistündige Einwirkung von Chlorkalk 1 : 5000 auf diesen Schlamm genügte aber zur Abtötung der Bakterien.

Die Faulkammerabflüsse wurden nach Desinfektion auf einen Tropfkörper von 54 qm Oberfläche geleitet, und zwar in einer Menge, die  $1\frac{1}{2}$  ebm pro qm Oberfläche täglich innerhalb 12 Stunden entsprach. Die Reinigungswirkung des Körpers wurde bei mehrmonatligem Betriebe in keiner Weise gestört.

Mit obigen Feststellungen sind wir, wie ich glaube, in der Abwasserdesinfektionstechnik wiederum um einen nicht unwichtigen Schritt vorwärts gekommen. Nach Abschluß der Versuche erschien die dritte Auflage des Abwasserbuches von Rideal, in welcher berichtet wird, daß man bei Versuchen des Indian Government am Hooghly River zu den Abflüssen aus Faulkammern Chlorkalk hinzugesetzt und ebenfalls eine völlige Sterilisation erzielt hatte.

Unsere eben beschriebenen Versuche verfolgten gleichzeitig den Zweck, festzustellen, wie man die riechenden Substanzen der Faulkammerabflüsse so binden könnte, daß sie bei der Verteilung über Oxydationskörper die Umgebung nicht belästigten. Dieser Desodorisierungsprozeß gestaltete sich sehr günstig bei Zusatz von Eisensalzen, z. B. Eisensulfat. Die Faulkammerabflüsse verfärbten sich aber schwarz, und durch Behandlung in biologischen Körpern vermochte man diese schwärzliche Farbe nicht zu beseitigen. Die Schwefeleisenpartikelchen, welche sie bedingen, waren so fein, daß sie selbst durch Filter hindurchgingen. Günstigere Ergebnisse hatte ich durch Einbringen einer matratzenartig angeordneten Schicht von Eisenspänen in das

Faulbecken. Bei diesem Prozeß wurde Schwefelwasserstoff gebunden, das Schwefeleisen verblieb aber größtenteils in der Faulkammer. Durch Chlorkalk wird Schwefelwasserstoff ebenfalls gebunden. Der Geruch von Chlorkalk dürfte aber für manche nicht viel weniger unangenehm sein als derjenige von Schwefelwasserstoff. Die Chlorkalkmengen, wie sie für Desodorisierungszwecke in der Faulkammer erforderlich werden, sind jedoch so gering, daß die entwickelten Gerüche nur in unmittelbarer Nähe bemerkbar sind. Man würde also durch Anwendung von Chlorkalk eine Bindung des Geruchs nach Schwefelwasserstoff mit einer Desinfektionswirkung vereinigen können.

Unsere oben skizzierten Versuchsergebnisse lassen ohne weiteres erkennen, daß die Abwasserdesinfektion nicht so einfach und billig ist, wie man früher geglaubt hat.

Wollte man die Gesamtabwässer unserer Städte fortgesetzt desinfizieren, so würde die Anschaffung des Chlorkalks allein schon unseren Großstädten täglich Kosten von mehreren tausend Mark verursachen. Der zu erzielende Erfolg würde nach der eingangs geschilderten Sachlage nicht in dem richtigen Verhältnis stehen zu dem Geldaufwand. Auch würde dadurch kaum mehr erreicht werden als durch Maßnahmen, die darauf hinauszielen, die infektiösen Ausscheidungen schon am Krankenbette zu desinfizieren. In Hamburg wird schon seit dem Jahre 1899 nach dieser Richtung so verfahren, daß nach Meldung von Typhus oder ähnlichen Krankheiten durch das Medizinalamt sofort festgestellt wird, ob der Kranke in das Krankenhaus zu überführen ist. Die Abwässer aus den Abteilungen für Infektionskrankheiten unserer Krankenhäuser werden sämtlich desinfiziert, ehe sie in die Kanäle gelangen. Stellt sich heraus, daß eine genügende Desinfektion in der Wohnung des Kranken gewährleistet werden kann, so werden staatlich die Desinfektionsmittel dahin geliefert durch einen Beamten, der den Pflegern genaue Angaben darüber macht, was und wie zu desinfizieren sei.

Die Richtigkeit solcher Grundsätze dürfte zurzeit allgemein anerkannt sein. Es wird aber die Frage noch vielfach erörtert, ob man im Falle des Ausbruchs heftiger Epidemien darauf zurückgreifen sollte, die gesamten Abwässer der betroffenen Stadt zu desinfizieren.

In Deutschland hat sich die zentrale Aufsichtsbehörde die Entscheidung nach dieser Richtung vorbehalten. Damit sind wir einen erheblichen Schritt weitergekommen und nicht mehr abhängig von der Willkür und dem Unverstand kleinerer Machthaber. Man darf annehmen, daß die Sachverständigen der Zentralbehörde sich über die Entwicklung der Desinfektionstechnik orientiert halten und nicht zur Anordnung von Maßnahmen schreiten werden, die erhebliche Geldopfer fordern, einen sicheren Erfolg aber nicht gewährleisten können.

---

## 10. Kapitel.

### Prüfung und Beurteilung der Abwasserreinigungsanlagen.

Die praktischen Ziele der Abwasserreinigung lassen sich zusammenfassen als das Bestreben, unseren Gewässern ihr natürliches Aussehen zu bewahren, sie vor grobsinnlich wahrnehmbarer Verunreinigung zu schützen und zu erreichen, daß die Gesundheit der Anwohner des Flusses nicht gefährdet wird. Wo immer man die Abwässer in einen starken Stromlauf einleiten kann, läßt sich eine grobsinnlich wahrnehmbare Veränderung leicht vermeiden.

Die Selbstreinigungskraft des Wassers wird in der Regel unterschätzt. So lange das Wasser seine natürliche Sauerstoffsättigung aufweist, vermag es durch die biologischen Vorgänge, welche sich infolge Zuleitung fäulnisfähiger Stoffe gewaltig entwickeln, sehr beträchtliche Mengen solcher Materien zu zersetzen, zu mineralisieren und zu vergasen. Wir berühren hier das interessante Gebiet der Selbstreinigung der Flüsse, über das im Laufe der letzten Jahre viel geschrieben worden ist, ohne daß es mir bislang gelungen wäre, eine Darstellung zu finden, welche alle die hierher gehörigen, bekannten Vorgänge in einer Weise behandelte, die man als umfassend und verständnisvoll bezeichnen könnte. Am natürlichsten wäre es, diesen Vorgängen im direkten Anschluß an die schon gut studierte biologische Abwasserreinigung näher zu treten; dann würde vieles klar und durchsichtig erscheinen, was man jetzt noch von einem schleierhaften Dunkel umhüllt glaubt. Ich habe mich in diesem Sinne schon seit längerer Zeit mit der Selbstreinigungsfrage befaßt, muß aber darauf verzichten, in diesem Buche näher auf dieselbe einzugehen, weil bei dem derzeitigen Literaturstande Nutzen nur



von einer erschöpfenden Behandlung des vorliegenden Tatsachenmaterials zu erwarten ist und für eine solche fehlt hier der Raum.

Der Rhein und die Elbe z. B. können die Schmutzwässer von Millionen aufnehmen und verarbeiten, ohne daß sich eine grobsinnlich wahrnehmbare Veränderung dieser mächtigen Stromläufe daraus entwickelt, sofern nur die gröberen, ungelösten Bestandteile des Abwassers vom Flusse ferngehalten werden. Die Kontrolle der hierfür bestimmten Anlagen gestaltet sich einfach. Eine Besichtigung der Einrichtungen bzw. Apparate und Begehung des Flußufers genügen. Chemische Untersuchungen erübrigen sich vollständig; denn selbst die gesamten Abwässer größerer Städte bewirken in so mächtigen Strömen keine chemisch nachweisbare Veränderung, sofern die Einleitung der Abwässer in rationeller Weise durchgeführt wird. Der Weg, den die Abwässer nehmen, läßt sich nur erkennen an dem gesteigerten Bakteriengehalt des Flußwassers; aber auch dieser verschwindet schon nach kurzem Laufe.

Wo mittelgünstige Vorflutverhältnisse vorliegen, wo man mit Ausscheidung der gröberen Schwimmstoffe allein nicht zum Ziele kommt, wohl aber mit der Ausscheidung eines größeren Teiles auch der feineren, ungelösten Stoffe, wo also das Absitzverfahren oder chemische Fällverfahren zur Anwendung gebracht werden kann, wird sich die Kontrolle auf eine Prüfung beschränken können, ob der Gehalt der aus der Kläranlage abfließenden Abwässer an ungelösten Stoffen das zugelassene Maß nicht überschreitet. Sollen die ungelösten Stoffe in der üblichen Weise bestimmt werden, so wird das in einem Laboratorium durch Chemiker zu geschehen haben. Für die Praxis genügt es, Proben der Abflüsse in Zylindern aufzustellen und zu beobachten, wieviel ungelöste Stoffe sich innerhalb einer bestimmten Zeit,  $\frac{1}{2}$  Stunde, 1 Stunde und 24 Stunden, darin zu Boden setzen. Außerdem würde der Flußlauf zu begehen bzw. zu befahren und festzustellen sein, ob sich dort grobsinnlich wahrnehmbare Veränderungen geltend machen. Die Pflanzenvegetation an den Flußufern wäre in bestimmten Zeitintervallen zu besichtigen und etwa auftretende Schädigungen des Fischlebens wären genau zu verfolgen.

Will man auch kleinere öffentliche Gewässer, denen verhältnismäßig große Mengen Schmutzwässer zugeleitet werden müssen,

so erhalten, daß sie unseren Sinnen in natürlicher Reinheit erscheinen, so müssen die Abwässer vor Einleitung in diese Gewässer einem biologischen Reinigungsprozeß unterzogen werden. Lassen wir die schwierige Frage wegen Gesundheitsgefährdung auch hier zunächst aus dem Spiele, so kommt es uns wiederum nur darauf an, zu verhüten, daß der Fluß und das Flußbett verschlammt und übelriechend wird. Das läßt sich erreichen, wenn die Reinigung der Abwässer bis zu dem Punkte durchgeführt wird, daß das Produkt der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich ist. Ob dieses Ziel erreicht wurde, kann man leicht so prüfen, daß man eine Probe des behandelten Abwassers in einer verkorkten Flasche bei Zimmertemperatur aufbewahrt und feststellt, ob die Probe riechend wird. Wird sie das nicht, so kann auch der Fluß an der Einleitung dieses Abwassers keinen Schaden nehmen. Einer Täuschung wäre man nur ausgesetzt in dem Falle, daß die Fäulnis der Probe durch irgendwelche in den Abflüssen enthaltene bakterienwidrige Chemikalien gehemmt würde. Dieser Fall kommt bei städtischen Abwässern in der Praxis nie vor.

Genügte die Reinigung nicht, so werden als erstes Anzeichen dafür mißfarbene Vegetationen an den Ufern des Flusses auftreten, die man am besten an Steinen, Sträuchern, Kräutern usw. beobachten kann. Diese überziehen sich mit einer grauen, schleimigen, flockigen oder zottigen Masse. Wo immer solches Wachstum auftritt, werden auch die Abflüsse aus der Reinigungsanlage sich beim Stehen in geschlossener Flasche fäulnisfähig erweisen. Wo die Anlage so funktioniert, daß die Abflüsse stets fäulnisfrei sind, da entstehen solche Vegetationen nicht, selbst wenn der Inhalt eines Fließchens sich annähernd ganz aus gereinigtem Abwasser zusammensetzt. Auch wird das Fischleben, auf das man bei der hier in Frage kommenden Kontrolle natürlich auch zu achten hat, dann nicht gefährdet.

Der derzeitige Entwicklungsstand der Abwasserreinigungstechnik ermöglicht uns, jedem, auch dem kleinsten Flußlauf sein natürliches Aussehen zu bewahren. Eine andere Frage ist es, ob dieses Ziel überall erstrebenswert sei. In Gegenden, wo der Schwerpunkt auf der Industrie liegt, oder im Falle einer großen Stadt, die an einem kleinen, von Natur unansehnlichen Flusse liegt, wird das nicht immer der Fall sein. Unter allen Umständen wird man

die widerstreitenden Interessen gegeneinander abzuwägen haben. Das sind aber nicht Fragen der lokalen Kontrolle, sondern Aufgaben, die stets der Entscheidung der Zentralbehörde vorbehalten bleiben sollten. Erschwert wird die Kontrolle in Fällen, wo nicht einzelne Verunreinigungsquellen, z. B. die Kanäle einer einzelnen Stadt, in Frage kommen, sondern zahlreiche Ansiedlungen, den ganzen Fluß entlang. Wird verlangt, daß dieser Fluß in äußerlich naturreinem Zustande erhalten bleibe, und erweist er sich verunreinigt, so haben die Aufsichtsbehörden festzustellen, wen die Schuld trifft. Unter Umständen können sie an dem Zustande, den die Flußufer unterhalb der verschiedenen Abwasserzufuhrstellen aufweisen, den Schuldigen ermitteln, und wenn dieser nachweisen kann, daß alle von ihm entnommenen und aufbewahrten Abwasserproben sich in verkorkten Flaschen gehalten haben, ohne in Fäulnis überzugehen, so wird festzustellen sein, ob das Abwasser nicht doch vorübergehend in ungenügend gereinigtem oder gänzlich ungereinigtem Zustande dem Fluß übermittelt wird. In erster Linie wird darauf zu achten sein, wie oft etwa vorhandene Notauslässe funktioniert haben. Außerdem wird die Reinigungsanlage einer genauen Prüfung zu unterziehen sein, ob sie den zu stellenden Anforderungen genügt; gegebenenfalls wird festzustellen sein, ob die Anlage zuverlässig betrieben wird. Auch bei einer derartigen genaueren Kontrolle wird die beschriebene Art der Prüfung in der Regel ausreichen. Unter Umständen aber wird das Bedürfnis nach zahlenmäßigen Angaben über die Leistungen der Reinigungsanlage vorliegen. In solchem Falle wird es Sache der zuständigen Hygieniker oder Chemiker sein, die notwendige Prüfung auszuführen. Es würde über den Rahmen der Aufgabe hinausgehen, die ich mir gestellt habe, wollte ich die dann in Frage kommende Prüfungstechnik hier genau beschreiben. Die in Betracht kommenden Methoden, wie sie in dem von mir geleiteten Institut angewendet werden, sind veröffentlicht worden (Farnsteiner, Buttenberg und Korn, Leitfaden für die chemische Untersuchung von Abwasser. München 1902). Auf dem Gebiete der chemischen Abwasseranalyse ist viel unnötige und unfruchtbare Arbeit geleistet worden. Jedesmal, wenn mir die einschlägigen Veröffentlichungen zu Gesicht kommen, sage ich mir unwillkürlich: Was hätte in der Zeit nicht alles an wirklich

brauchbaren Unterlagen beschafft werden können! Wie die Sache aber liegt, vermag man unter den vielen Tausenden veröffentlichten Analysen kaum hier und da einmal Werte zu finden, die als Ausgangspunkt für vergleichende Betrachtungen dienen könnten. Zumeist findet man nur zahlenmäßige Angaben über irgendwelche Bestandteile der Abflüsse, ohne Hinweis auf die Beschaffenheit des ungereinigten Abwassers. Mit solchen Zahlen läßt sich zumeist gar nichts anfangen. Wohl wird man in dem Falle, daß die Abflüsse einen hohen Gehalt an ungelösten Stoffen aufweisen oder sehr erhebliche Mengen organischer Stoffe enthalten, schließen dürfen, daß die Reinigungsanlage nicht befriedigend funktionierte. Unter Umständen können aber die Analysen der Abflüsse selbst recht hohe Werte an organischen Stoffen aufweisen und die betreffenden Abflüsse dennoch zufriedenstellend sein. Wir verfügten bislang über keine chemische Methode, durch welche wir den Gehalt der gereinigten Abwässer an fäulnisfähigen Stoffen hätten direkt bestimmen können. Man war deshalb darauf angewiesen, sich mit Feststellungen indirekter Art zu begnügen. Obgleich ich mich hier, wie gesagt, auf Einzelheiten der chemischen Untersuchungstechnik nicht einlassen will, so halte ich es doch für angezeigt, die Schwächen derselben etwas näher zu beleuchten; denn wie die Sache im Augenblick liegt, sendet der Auftraggeber die Proben in der Regel einfach an ein Laboratorium mit dem Auftrage, sie zu untersuchen. Er erhält dann eine Tabelle von Analysenwerten, deren Bedeutung er in der Regel nicht kennt. Und vergleicht man solche Analysenwerte, die in verschiedenen Laboratorien gewonnen wurden, miteinander, so kommt man zu dem merkwürdigen Resultat, daß der eine Analytiker ganz andere Untersuchungen ausgeführt hat als der andere. So kann es einem passieren, daß man bei vergleichender Prüfung von Analysen, die jahrelang fortgeführt wurden, durchweg Bestimmungen findet, die sich mit denen, die man selbst für brauchbar hält, gar nicht vergleichen lassen und mit denen man ebensowenig etwas anfangen kann wie diejenigen, in deren Auftrag die Analysen ausgeführt waren.

In England und Amerika liegt das etwas anders. Dort werden in fast sämtlichen Laboratorien durchweg übereinstimmende Untersuchungsmethoden angewendet. Diese sind aber zum Teil anderer Art als diejenigen Untersuchungsmethoden, die von deutschen Sachverständigen anerkannt werden. Bis auf die Be-

stimmung des Albuminoidammoniaks haben aber die englischen Bestimmungen doch einen praktischen Wert, und der Wunsch ist nicht von der Hand zu weisen, daß die deutschen Sachverständigen mit der Zeit dahin kommen möchten, die englischen Untersuchungsmethoden anzuwenden. Das wäre jedenfalls wenigstens ein entschiedener Fortschritt gegenüber dem jetzigen Zustande. Man würde damit gleichzeitig dem allgemeinen Interesse dienen, weil in solchem Falle die ungemein zahlreichen, in Großbritannien ausgeführten Untersuchungen zu der Beurteilung der sich in Deutschland abspielenden Vorgänge mit herangezogen werden könnten. Besser noch wäre natürlich eine Vereinbarung zwischen den Sachverständigen dieser beiden, zurzeit auf dem erörterten Gebiet im Vordertreffen stehenden Nationen, wegen gleichartigen Vorgehens. Durch die Berichte der derzeitigen englischen Königlichen Kommission sind sehr gute Unterlagen für solche Verhandlungen geschaffen. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn die zuständigen Instanzen des Deutschen Reiches sich zur Einleitung derselben verstehen könnten.

Nachstehend möchte ich in Ergänzung zu Kapitel 5 die Bedeutung der Untersuchungsmethoden kurz erläutern, denen wir bei der Kontrolle von Abwasserreinigungsanlagen begegnen.

Die physikalische Beschaffenheit wird geprüft durch Bestimmung von Farbe, Klarheit bzw. Durchsichtigkeit und Gehalt an ungelösten Stoffen. Die Farbe darf nicht nur im Kanal oder Fluß bestimmt, sondern muß in Glasgefäßen geprüft werden. Bei Bestimmung der Durchsichtigkeit pflege ich das Wasser in einen hohen Zylinder zu gießen, unter den ein weißes Blatt mit Druckschrift (Snellensche Leseprobe Nr. 1) gelegt wird. Man stellt fest, durch eine wie hohe Wasserschicht hindurch man die Zeichen deutlich zu lesen vermag. Das Ergebnis wird ausgedrückt in »Zentimetern Durchsichtigkeit«. Je geringer die Durchsichtigkeit, um so größer ist die Trübung des Abwassers. Man hat auch den Versuch gemacht, die Trübung zahlenmäßig zu bestimmen durch Vergleich mit sog. Standardlösungen, d. h. Aufschwemmungen bestimmter trübender Stoffe wie Kieselgur; ferner wurden die ungelösten Stoffe, welche sich in den Abflüssen aus biologischen Anlagen finden, zur Herstellung der Vergleichsproben verwendet, damit diese in bezug auf Farbe die richtige Nuancierung haben möchten.

Zwecks Bestimmung der Menge der ungelösten Stoffe wird das Wasser bis zur völligen Klarheit filtriert, die auf dem Filter abgefangenen Stoffe werden getrocknet und gewogen. Oder es werden zwei Proben Abwasser bis zur Trockne eingedampft, die eine in natürlichem Zustande, die andere, nachdem sie klar filtriert worden ist. Man wägt dann den Trockenrückstand der beiden Abwasserproben. Die Differenz, also das Mehrgewicht der unfiltrierten Probe, wird als »ungelöste Bestandteile« betrachtet.

Durch mikroskopische Prüfung kann man sich über den Charakter der ungelösten Stoffe wertvolle Aufschlüsse verschaffen.

Die chemische Beschaffenheit der Proben wird in Deutschland allgemein festgestellt an dem klar filtrierten Produkt. Die Gesamtsumme der in dem klar filtrierten Abwasser enthaltenen Stoffe wird zusammengefaßt als gelöste Bestandteile bzw. als Trockensubstanz, weil man sie beim Verdunsten oder Eindampfen des Wassers als trockenen Niederschlag erhält. Daß die hierhergehörigen Werte stark beeinflußt werden durch die Beschaffenheit des jeweilig benutzten Brauchwassers, habe ich an anderer Stelle schon dargelegt (S. 54). Bei näherer Prüfung der Frage, wie die gesamten gelösten Stoffe sich zusammensetzen, hat man zeitweise sehr viel Wert auf den Gehalt an Chlor bzw. Kochsalz gelegt, namentlich weil man glaubte, daß der Chlorgehalt größtenteils auf menschliche Abgänge zurückzuführen wäre. Daß solche Prüfungen nur lokalen Wert haben, und hauptsächlich nur zur Entscheidung der Frage dienen können, ob die zur Untersuchung gebrachten, gereinigten Abwässer auch den gleichzeitig in Untersuchung gegebenen Rohwässern entsprechen, wurde an anderer Stelle schon dargelegt (S. 57). Ich habe auch schon darauf hingewiesen, daß Prüfungen, wie die hier in Frage stehende, zu wertvollen Aufschlüssen nur führen können, wenn entweder sehr zahlreiche Proben oder aber gute Durchschnittsproben entnommen werden, bei deren Entnahme und Mischung auf die jeweilige Abflußmenge Rücksicht genommen wird.

Die Bestimmung des Eisens, der Schwefelsäure, des Kalks, der Magnesia, der Härte, Phosphorsäure etc. etc. hat bei der hygienischen Kontrolle von Abwasserreinigungsanlagen im allgemeinen wenig Wert, solange es sich um häusliche, oder solchen entsprechende städtische Abwässer handelt. Bedeutung können solche Untersuchungen allerdings bei industriellen Anlagen ge-

winnen, von deren Besprechung ich in diesem Buche grundsätzlich abgesehen habe. Man kann sich in der Regel mit einer einfachen Feststellung begnügen, ob die Abflüsse nicht stark alkalisch oder sauer reagieren, sondern, wie zu wünschen, annähernd neutral sind.

Außer der erwähnten Feststellung kommen hauptsächlich nur Prüfungen in Betracht, welche uns über die Fäulnisfähigkeit der Abwässer Aufschluß geben sollen. In Ermangelung wirklich brauchbarer, direkter Feststellungen hat sich auf diesem Gebiete eine fast unübersehbare Prüfungstechnik entwickelt, deren Sinn und Bedeutung ich kurz erläutern möchte.

Die älteste hierher gehörige Methode ist die Bestimmung des Glühverlustes. Man dampft die zu untersuchende Probe bis zur Trockene ein und glüht die so erhaltene Trockensubstanz. Die Abnahme des Gewichtes wird als verbrennbare, organische Substanz aufgefaßt. Diese Methode ist schon aus dem Grunde fehlerhaft, weil harmlose, anorganische Stoffe bei der Prozedur mit verflüchtigt werden.

Im Jahre 1849 benutzte Forchhammer als Ausgangspunkt einer neuen Untersuchungsmethode die Tatsache, daß organische Stoffe stark reduzierend wirken, d. h. Sauerstoff begierig an sich reißen. Als Sauerstoffüberträger benutzte er das Kaliumpermanganat, dessen Lösung als Chamäleonlösung bezeichnet wurde, weil sie ihre rote Farbe verliert, wenn sie mit organischer Substanz in Berührung gebracht wird. Je größer der Gehalt einer Flüssigkeit an organischen Stoffen ist, eine um so größere Menge der Permanganatlösung vermag sie zu entfärben. Man bezeichnet diese Prüfung als Prüfung auf Oxydierbarkeit. Da eine bestimmte Menge des Kaliumpermanganats bei diesem Entfärbungsprozeß eine ganz bestimmte Sauerstoffmenge an die organischen Stoffe abgibt, so wurde diese Methode auch als Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs bezeichnet. Den Verbrauch an Kaliumpermanganat muß man durch 3,95 dividieren oder mit 0,253 multiplizieren, um den Sauerstoffverbrauch zu erfahren. In England und Amerika pflegt man allgemein die Ergebnisse der Oxydierbarkeitsbestimmung als Sauerstoffverbrauch einzutragen. Man braucht nach dem Gesagten nur den betreffenden Wert der verbrauchten ccm Sauerstoff mit 3,95 zu multiplizieren, um die sog. Oxydierbarkeit (mg Kal.-Permanganat pro l) zu erhalten. Der

hier in Frage stehenden Bestimmungsart liegt eine ganze Reihe von Untersuchungsmethoden zugrunde, die ganz verschiedene Namen tragen und deren engen Zusammenhang untereinander niemand ohne weiteres ahnen kann. Z. B. hat Wood die Menge des verbrauchten Permanganats mit 5 multipliziert und das erhaltene Resultat als organische Stoffe bezeichnet, eine Berechnungsart, die durchaus fehlerhaft ist, die man aber auch heute noch in Analysenblättern antrifft.

Allgemein gesprochen wird aber doch heute die Oxydierbarkeit in übereinstimmender Weise einfach als Kaliumpermanganatverbrauch oder, was ebenso korrekt ist, als Sauerstoffverbrauch angegeben. Manche Analytiker bestimmen die Oxydierbarkeit nach Kubel andere nach Schulze. Beide Methoden stimmen darin überein, daß der Kaliumpermanganatverbrauch durch Anwendung von Oxalsäure kontrolliert wird. Kubel läßt aber das Kaliumpermanganat nach Zusatz von Schwefelsäure, d. h. in saurer Lösung einwirken, während Schulze es in alkalischer Lösung einwirken läßt. Beide führen die Oxydierbarkeitsbestimmung bei Siedetemperatur aus. Tidy schlug im Jahre 1879 vor, die Oxydierbarkeitsbestimmung bei Zimmertemperatur auszuführen. Dieser sog. Tidy-Test, bei dem man die Permanganatlösung ursprünglich  $2\frac{1}{2}$  Stunden auf die zu untersuchende Probe einwirken ließ, ist seither in England allgemein eingeführt worden. Nur hat man die Einwirkungsdauer auf 4 Stunden verlängert (4 hours-test), oder aber man läßt das Abwasser nur 3 Minuten auf die Chamäleonlösung einwirken, um Aufschluß über den Gehalt des Abwassers an leicht zersetzbaren organischen Stoffen zu erhalten. Die Ergebnisse, die man bei diesem 3 Minuten-Test erhält, vergleicht man mit den Ergebnissen, die man an derselben Wasserprobe findet, nachdem diese inzwischen mehrere Tage in einem Inkubator (Schrank, der auf 24 bis 26° C eingestellt ist) gestanden hat. Die Probe wird als gut angesehen, wenn die Oxydierbarkeit nach dieser Bebrütung geringer, bzw. nicht größer ist als vorher. Es ist dieses der sog. Inkubator-Test. Die Oxydierbarkeitsbestimmungen, wie sie in Großbritannien ausgeführt werden, unterscheiden sich von denen deutscher Laboratorien außer in dem Gesagten auch noch dadurch, daß man bei uns die Abwasserprobe vorher filtriert, d. h. die ungelösten Stoffe beseitigt. In diesem Punkte



möchte ich wünschen, daß die englischen Kollegen sich zu dem deutschen Standpunkte bekehrten; denn die suspendierten Stoffe aus ungereinigten Abwässern sind nicht ohne weiteres vergleichbar mit den suspendierten Stoffen in den Abflüssen biologischer Reinigungsanlagen.

Der Oxydierbarkeits-, bzw. Sauerstoffverbrauchsbestimmung haften, wie schon angedeutet wurde, sehr erhebliche Fehler an. Es ist auch ganz ausgeschlossen, daß man auf Grund der mit dieser Methode erhaltenen Werte ohne weiteres sagen könnte, ob eine Probe fäulnisfähig sei oder nicht. Wohl aber sind die damit erhaltenen Ergebnisse bei Kontrolle einer und derselben Reinigungsanlage verwertbar. Wenn man also festgestellt hat, daß die Abwässer einer bestimmten Stadt nicht mehr fäulnisfähig sind, sobald ihre Oxydierbarkeit einen gewissen Wert nicht überschreitet, genügt es, die jeweilige Oxydierbarkeit täglich festzustellen. Nach dieser Richtung hin kann auch der unvollkommenere, aber einfacher ausführbare, 4 hours-test von Nutzen sein.

Kennt man die Oxydierbarkeit des ungereinigten Abwassers und kann man diese in Vergleich setzen mit derjenigen des gereinigten Abwassers, so vermag man mit Hilfe der in Frage kommenden Methoden Rückschlüsse auf die Fäulnisfähigkeit des gereinigten Produktes zu ziehen. Im Jahre 1899 habe ich mich auf Grund zahlreicher einschlägiger Untersuchungen dahin äußern können, daß die häuslichen Abwässer ihre Fäulnisfähigkeit verloren haben, sobald ihre Oxydierbarkeit um 60—65 % oder mehr abgenommen hat (nach K u b e l bestimmt). Die seither gemachten Erfahrungen haben mich von der Richtigkeit dieser Auffassung nur immer von neuem bestärkt.

Die Oxydierbarkeit der gereinigten, nicht mehr fäulnisfähigen Abflüsse einer bestimmten Anlage kann höher sein als die Oxydierbarkeit der ungereinigten, fäulnisfähigen Abwässer, die einer anderen Anlage zufließen. Durch die absoluten Analysendaten würde man also in einem solchen Falle keine brauchbaren Aufschlüsse erhalten, wohl aber durch einen Vergleich der Oxydierbarkeit des unbehandelten Abwassers mit derjenigen des behandelten.

Setzt man ungereinigten Abwässern Methylenblau zu, so wird dieses entfärbt. Ich habe mich dieses Farbstoffs beim

Studium der biologischen Reinigungsmethode im Jahre 1897 bedient. Im Jahre 1902 hat Spitta vorgeschlagen, gereinigten Abwässern Methylenblau zuzusetzen und zu beobachten, ob die Probe sich innerhalb einer bestimmten Zeit entfärbte. Später haben Spitta und Weldert diese Methode noch weiter ausgearbeitet. Gut gereinigte Proben entfärbten sich nach ihren Beobachtungen in 10 Tagen nicht. Dieser Methode liegt ebenfalls das Reduktionsvermögen ungereinigten Abwassers zugrunde. Bei gereinigten Abwässern ist es aber in der Regel weniger die organische Substanz als der daraus gebildete Schwefelwasserstoff, der reduzierend wirkt und das Methylenblau entfärbt. Neuerdings wird auf Vorschlag Fowlers auch eine Methode vielfach angewendet, die ebenfalls auf der reduzierenden Kraft ungereinigten Abwassers beruht. Man mischt das gereinigte Abwasser mit reinem Leitungswasser und stellt fest, wieviel von dem in letzterem enthaltenen gelösten Sauerstoff nach Ablauf einer bestimmten Zeit (2—3 Tage) und Aufbewahren bei bestimmter Temperatur verschwunden ist.

Außer durch Bestimmung der Oxydierbarkeit und der Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs bzw. des Reduktionsvermögens der Probe hat man noch durch Bestimmung des organischen Stickstoffs und organischen Kohlenstoffs Aufschluß über die Fäulnisfähigkeit der Abwässer zu gewinnen gesucht. Die Bestimmung des organischen Stickstoffs wurde von Wanklyn, Chapman und Smith im Jahre 1869 vorgeschlagen als Ersatz der für unbrauchbar gehaltenen Oxydierbarkeitsbestimmung. In England bestimmt man Albuminoid-Stickstoff, der, ebenso wie die in Deutschland vorwiegend ausgeführte Bestimmung des organischen Stickstoffs, Aufschluß geben soll, über den Gehalt der Abwässer an gelösten, stickstoffhaltigen, organischen Substanzen. Man ging hierbei von der Annahme aus, daß gerade die stickstoffhaltigen, organischen Stoffe bei ihrer fauligen Zersetzung einen offensiven Charakter annähmen. Hierbei dachte man hauptsächlich wohl an den scharfen, stechenden Geruch nach Ammoniak, der sich bei Zersetzen von Jauche und Urin entwickelt. Deshalb wird auch bei einschlägigen Untersuchungen die Menge des vorhandenen Ammoniaks geprüft und wird bei gereinigten Abwässern großer Wert auf den Nachweis gelegt, daß möglichst wenig Stickstoff in der Form von Ammoniak, dagegen

möglichst viel Stickstoff in der Form von Salpetersäure zum Abfluß kommt. Bei Abwässern begegnet man Ammoniakgeruch in der Regel nicht. Bei chemischen Kläranlagen, wo Kalk benutzt wird, ist er zwar zu bemerken. Faulende häusliche Abwässer riechen aber nicht nach Ammoniak, sondern wie wir gesehen haben nach Schwefelwasserstoff. Die Bestimmung des organischen Stickstoffs ist umständlich. Es ergeben sich bei dieser Bestimmung immer sehr geringe Werte. Bei den notwendigen Umrechnungen und prozentualen Berechnungen erwachsen hieraus oft nicht unbedenkliche Fehlerquellen. Auch macht die gesonderte Bestimmung der als harmlos betrachteten Salpetersäure Schwierigkeiten. Es ist deshalb eine ganze Reihe von Modifikationen der Bestimmung vorgeschlagen worden. Zu der schon erwähnten Methode von Wanklyn, Champman und Smith ist im Jahre 1883 die Bestimmung nach Kjeldahl hinzugekommen, nachdem vorher schon Frankland und Armstrong eine Methode zur gemeinsamen Bestimmung des Kohlenstoffs und Stickstoffs angegeben hatten. Später haben Jodlbauer, darauf Ulsch, Proskauer und Zuelzer modifizierte Verfahren vorgeschlagen, bei denen die Nitrate und Nitrite zunächst entfernt und dann gesondert bestimmt werden konnten. Der Bestimmung des organischen Stickstoffs wird auch heute noch eine große Bedeutung in Abwasserreinigungsangelegenheiten beigemessen. Für die Praxis halte ich dieses umständliche Verfahren für vollkommen entbehrlich, für wissenschaftliche Spezialuntersuchungen hat es dagegen zweifellos Bedeutung.

Im Jahre 1901 hat J. König eine neue Methode zur Bestimmung des organischen Kohlenstoffs bekannt gegeben, die gewisse Vorzüge vor der Bestimmung des organischen Stickstoffs hat, bei der praktischen Beurteilung von Abwasserreinigungsanlagen aber ebenfalls entbehrt werden kann.

Die eingehende chemische Untersuchung von Abwasser hat in der Regel den Zweck, voranzubestimmen, ob die betreffenden Proben imstande sein würden, der stinkenden Fäulnis zu verfallen. Diese stinkende Fäulnis dokumentiert sich durch Bildung von Schwefelwasserstoff. Der Schwefelwasserstoff entwickelt sich aus dem in organischen Stoffen enthaltenen Schwefel, dem sog. organischen Schwefel. Ich habe seit Jahren Untersuchungen darüber ausführen lassen, ob die Anwesenheit von

organischem Schwefel in ungereinigten Abwässern bzw. in Proben, die der stinkenden Fäulnis zugänglich sind, stets nachweisbar wäre, jedoch stets fehlte in Proben, die fäulnisunfähig waren. Angeregt wurde ich zu diesen Studien durch die vorhin erwähnte Feststellung, daß Abwasserproben nicht mehr fäulnisfähig waren, sobald ihre Oxydierbarkeit durch biologische Prozesse um 60 bis 65 % herabgesetzt wurde. Weitere Untersuchungen zeigten mir, daß diese Tatsache nicht nur für die Oxydierbarkeit zutrifft, sondern daß die Abwässer ihre Fäulnisfähigkeit auch verloren haben, wenn der Glühverlust, der Gehalt an organischem Stickstoff bzw. organischem Kohlenstoff, durch biologische Reinigung um etwa 60—65 % abgenommen hat. Eine Reinigung bis zu diesem Maße mußte also gerade genügen, um denjenigen Grad der Absorption, Zersetzung und Mineralisierung zu bewirken, der nötig ist, um die entscheidende Wirkung zu gewährleisten, auf die es uns ankommt, nämlich die Beseitigung derjenigen Stoffe aus dem Abwasser, die zur stinkenden Fäulnis Anlaß geben könnten. Da sich die stinkende Fäulnis nun aber, wie gesagt, bei Abwässern immer durch Entwicklung von Schwefelwasserstoff dokumentiert, so mußte den erwähnten Beobachtungen die Tatsache zugrunde liegen, daß eine biologische Reinigung bis zu dem bezeichneten Maße gerade genügt, um eine Ausscheidung des organischen Schwefels zu gewährleisten. Die einschlägigen Untersuchungen sind von Erfolg gewesen. Sie haben eine vollständige Bestätigung meiner Voraussetzungen ergeben und zur Ausbildung einer Methode geführt, die wir als »Hamburger Test auf Fäulnisfähigkeit« oder kürzer als »Hamburger Fäulnistest« bezeichnen.

Diese Methode beruht darauf, daß nach vorheriger Ausscheidung des anorganisch gebundenen Schwefels der organische Schwefel in Sulfidschwefel übergeführt und als solcher nach der bekannten Caroschen Methylenblaumethode nachgewiesen wird. Es zeigte sich, daß alle Rohwässer und solche Abflüsse, deren Oxydierbarkeitsherabsetzung unter 60 % lag, die Methylenblauschwefelprobe gaben, Abflüsse mit mehr als 60—65 % Herabsetzung dagegen nicht.

Seit Jahren habe ich den Standpunkt vertreten, daß die Aufgabe der Abwasserreinigungsanlagen bei ungünstigen Vorflutverhältnissen darin zu suchen sei, daß die Abwässer in ein nicht

mehr fäulnisfähiges Produkt verwandelt werden und zu grobsinnlich wahrnehmbaren Veränderungen im Vorfluter nicht Anlaß geben können. Dieser Standpunkt wird heute allgemein akzeptiert. D. Watson hat sich neuerdings unter allgemeinem Beifall der anwesenden Sachverständigen in ganz ähnlichem Sinne ausgesprochen: »The only feasible standard was, that all sewage effluents must be non-putrescent, and must continue to improve, when they reached the stream itself.«

Nachdem wir nunmehr die Ideen kennen gelernt haben, die der chemischen Untersuchungstechnik zugrunde liegen, würden wir vor der Frage stehen: Welche von diesen Methoden soll nun in der Praxis angewendet werden? Die englischen Rivers Boards haben zum Teil bestimmte Standards. Die im Jahre 1868 ernannte »Rivers Pollution Commission« stellte folgende Standards auf: Ein Wasser ist als stark verunreinigt anzusehen und darf nicht in Flußläufe abgelassen werden, wenn es

1. an suspendierten Stoffen mehr als 30 mg Trockensubstanz mineralischer Natur pro l oder 10 mg Trockensubstanz organischer Natur pro l aufweist,
2. an gelösten Substanzen mehr als 20 mg organischen Kohlenstoff pro l oder 3 mg organischen Stickstoff pro l enthält,
3. an gelösten Substanzen mehr als 20 mg pro l Metalle, mit Ausnahme von Kalk, Magnesia, Kalium und Natrium, zeigt,
4. entweder suspendiert oder gelöst mehr als 0,5 mg pro l Arsen enthält,
5. mehr als 10 mg pro l freie Salzsäure (resp. Chlor) enthält,
6. mehr als 10 mg pro l Schwefelwasserstoffe resp. lösliche Sulfide aufweist.

Ebenso waren für die Durchsichtigkeit und den Säure- resp. Alkalitätsgrad bestimmte Normen aufgestellt.

Die Lancashire und Yorkshire Rivers Boards fordern, daß die Oxydierbarkeit der Abflüsse in Flußläufen, bestimmt nach dem 4 hours test, nicht mehr als 14,3 mg pro l Sauerstoffverbrauch = 56,5 mg Kaliumpermanganatverbrauch betragen soll. und daß der Gehalt an Albuminoid-Ammoniak 1,43 mg pro l nicht überschreiten soll.

Aus meinen Darlegungen am Anfange dieses Kapitels läßt sich entnehmen, daß solchen Forderungen nur eine lokal begrenzte Bedeutung beizumessen ist, und daß man bei der laufenden praktischen Betriebskontrolle ohne komplizierte chemische Reaktionen auskommt. In der Regel wird eine der angeführten Oxydierbarkeitsbestimmungen genügen.

In Deutschland ist die Frage wegen der Infektiösität der Abwässer schon seit Jahrzehnten bearbeitet worden, und man kann wohl sagen, daß die Verquickung dieser Frage mit der Abwasserreinigungsfrage, obwohl sie an und für sich berechtigt ist, vorübergehend einen fast vollkommenen Stillstand auf dem Gebiete der Abwasserreinigung bewirkt hat. In England fängt man erst neuerdings an, sich mit diesen Fragen näher zu befassen. Von Digby und Shenton wurde kürzlich der Vorschlag gemacht, sämtliche Abwässer nach erfolgter Reinigung, vor Einleitung in den Fluß zu sterilisieren. Dieser Plan wurde für durchführbar gehalten in der Weise, daß man aus Kochsalz auf elektrolytischem Wege aktives Chlor herstellte. Die Kosten des Verfahrens wurden auf  $\frac{1}{3}$  Pf. pro cbm gereinigter Abwässer geschätzt. Dieses Ansinnen wurde in einer sehr lebhaften Diskussion des Royal Sanitary Institute in Stafford erörtert, an der sich verschiedene der hervorragendsten englischen Sachverständigen beteiligten. Allgemein wurde der Standpunkt vertreten, das Wasser besiedelter Flüsse sei nicht geeignet zu Trinkzwecken. Solchen Flüssen käme nach moderner Auffassung die Aufgabe zu, die Abwässer aufzunehmen und abzuführen, nachdem sie ihrer Fäulnisfähigkeit beraubt wären. Man dürfe aber nicht verlangen, daß aus Abwässern Trinkwasser hergestellt würde. Wer Flußwasser trinken wolle, das Abwasser aufgenommen hätte, der müsse es auf eigene Verantwortung tun. Städte, die unvorsichtig genug sein wollten, sich mit solchem Trinkwasser zu versorgen, müßten die Folgen davon tragen oder aber die notwendigen Sterilisationskosten übernehmen. Es würde dann immer noch nützlicher sein, das Quantum Flußwasser zu sterilisieren, was verbraucht werden sollte. Denn für das gesamte Abwasser und für ganze Flußläufe könnte man eine Sterilisierung bzw. einen sanitär unbedenklichen Charakter doch nicht gewährleisten, schon wegen der Notauslässe nicht. In der Entgegnung wurde darauf hingewiesen, daß London und seine Vorstädte mit 6 Millionen

Einwohnern doch auf die Benutzung eines mit Abwasser verunreinigten Wassers angewiesen wären. Selbst in dem Falle, daß London sich entschlösse, sich mit einem einwandfreien Wasser aus Wales oder sonst irgendwoher zu versehen, würden doch Jahre vergehen, ehe die Vorbereitungen dazu getroffen sein könnten. Es sei nicht angängig, die Bevölkerung einer solchen Riesenstadt zu beunruhigen durch den Hinweis darauf, daß sie ein durch Abwasser verunreinigtes Wasser tränke, und sehr wohl gerechtfertigt, alle diejenigen., die ihre Abwässer in die Themse, oder in einen der zur Versorgung Londons herangezogenen Nebenflüsse der Themse leiten wollten, zu zwingen, daß sie ihre Abwässer sterilisierten. Ich kann mich einer solchen Auffassung nicht anschließen, sondern gebe denen recht, die erklären, daß diejenige Stadtverwaltung, welche infektionsverdächtiges Wasser aus einem Flusse entnehmen will oder muß, die erforderlichen Sicherheitsmaßregeln selbst treffen sollte und sich auf die Maßnahmen anderer nicht verlassen darf. Die Erörterung der Frage, ob Sandfiltration dafür genügt oder nicht, gehört nicht hierher. Im übrigen verweise ich auf die Ausführungen über die Infektions- und Desinfektionsfrage im 9. Kapitel.

Obige Darlegungen lassen erkennen, daß die Fragen, welche mit der Prüfung und Beurteilung von Abwasserreinigungsanlagen zusammenhängen, zurzeit noch durchaus keine allgemein anerkannte, zufriedenstellende Lösung gefunden haben. Meine einschlägigen Ausführungen sollten nur als Leitfaden dienen und dem Leser den Sinn der zahllosen Vorschläge und Erörterungen erläutern.

## II. Kapitel.

### Leistungen und Kosten der verschiedenen Abwasserreinigungsv erfahren.

Besichtigt man eine Abwasserreinigungsanlage, so erhält man von den Betriebsleitern fast immer die Auskunft, die Anlage arbeite vorzüglich, man sei mit dem Resultat sehr zufrieden. Das liegt in den äußeren Verhältnissen begründet und dürfte wohl immer so bleiben. Die von den Städten zur Instruktion entsandten Reisekommissionen überlegen sich nun häufig nicht, was eigentlich von den einzelnen, besichtigten Reinigungsanlagen verlangt wird und was sie zu leisten haben. Das liegt auch in den äußeren, hier nicht zu erörternden Verhältnissen begründet und dürfte sich auch kaum ändern. Hören nun die Mitglieder einer solchen Kommission, daß der ganze Betrieb einer bestimmten Anlage nur etwa 10 Pf. pro Kopf und Jahr kostet, und sehen sie, daß wunderschöne, automatisch angetriebene Maschinen für diesen geringen Preis bewegt werden können, so imponiert das sehr, und von einer anderen Anlage, wo der Betrieb vielleicht 50 Pf. oder gar 1 M. pro Kopf und Jahr kostet, glaubt man dann unter Umständen, sie sei technisch nicht auf der Höhe.

Man sollte es ja kaum für möglich halten, und doch kommt es vor, daß ganz vergessen wird, daß für diese 10 Pf. pro Kopf und Jahr nur sehr geringe Mengen ungelöster Stoffe aus dem Abwasser herausgeschafft werden, der ganze Rest des Unrats aber darin bleibt, und daß bei diesem anscheinend so billigen Betriebe jeder Kubikmeter der Stoffe, die man aus dem Abwasser herausschafft, einen Kostenaufwand von 10 M., ja 20 M. verursacht. Bei der anderen Anlage aber, wo der Betrieb sich viel einfacher und lange nicht so imposant anläßt, wird ein großer



Teil der gesamten, im Abwasser enthaltenen Schmutzstoffe herausgeschafft, und zwar mit Kosten von vielleicht nur 1—2 M. pro cbm der abgefischten Stoffe, obgleich die Kosten pro Kopf und Jahr 5—10mal so hoch sind, als bei der ersterwähnten Anlage.

Es ist eine recht eigentümliche Erscheinung, daß Gutachter von Stadtverwaltungen in vollem Ernst gebeten werden, sie möchten bei Beurteilung einer biologischen Reinigungsanlage auch Apparate mit in Erörterung ziehen, von denen jeder Sachverständige weiß, daß sie eigentlich nur einen Teil der ungelösten Sinkstoffe abfangen, vielleicht daneben auch etwas Fett. Die durch reklamehafte Prospekte erweckte Hoffnung auf Verkauf dieses Fettes genügt eben unter Umständen, um eine gewisse Liebhaberei für diesen Apparat zu erwecken und den gedruckten Anpreisungen wird Glauben geschenkt, mögen sie noch so unglaublich klingen.

Aus solchen Erfahrungen heraus habe ich mich entschlossen, an dieser Stelle noch einige Worte über die Leistungen und Kosten der verschiedenen Abwasserreinigungsverfahren zu sagen. Am leichtesten würde man sich dieser Aufgabe wohl entledigen können, wenn man die Erfahrungen verschiedener Städte zusammenstellte, in jedem Falle anführte, welcher Reinigungsgrad erzielt wurde und wieviel Kosten dafür aufgewendet werden mußten. Solche Vergleiche haben aber einen praktischen Wert nur für denjenigen, der von jeder einzelnen aufgenommenen Anlage die örtlichen Verhältnisse ganz genau kennt. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Art des Kanalisationsystems, die vorherrschende Lebenshaltung, namentlich auch der Wasserkonsum der verschiedenen Städte, der Einfluß industrieller Abwässer, die Möglichkeit oder Unmöglichkeit, das Abwasser in der Nähe der Stadt zu reinigen, ohne es pumpen zu müssen, lokale Einflüsse auf die Kosten der Materialien, aus denen die Reinigungsanlage hergestellt werden könnte — ein Punkt, der besonders beim künstlichen biologischen Verfahren ins Gewicht fällt —, und viele andere Gesichtspunkte mehr in Frage kommen, von denen jeder einzelne genügt, um die völlige Unbrauchbarkeit allgemeiner Vergleiche zu zeigen. Ich möchte deshalb an dieser Stelle nur noch einmal das Fazit ziehen, teilweise auch nur wiederholen, zu dem wir bei Besprechung der einzelnen Ab-

wasserreinigungsverfahren gekommen sind, um sie hier in ganz allgemeiner Form dem Leser noch einmal nebeneinander vor Augen zu führen.

Fassen wir zunächst diejenigen Verfahren ins Auge, mittels derer man nichts weiter erreichen kann als eine Ausscheidung der ungelösten Stoffe aus dem Abwasser. Der Gehalt städtischer Abwässer an ungelösten Stoffen schwankt, wie wir gesehen haben, in der Regel zwischen etwa 300 und 600 mg pro l. Bei dieser Bestimmung sind die gröberen Stoffe, die man auf Filter nicht mit hinaufzubringen pflegt, nicht mit berücksichtigt. Ihre Menge ist aber erfahrungsgemäß so gering, daß sie die angeführten Durchschnittszahlen nicht nennenswert verändern würde. Die Gründe, welche die erhebliche Differenz bedingen, die in diesen Zahlen zum Ausdruck kommt, sind an anderer Stelle schon erörtert worden. Jeder Kubikmeter städtischen Abwassers enthält also rund  $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$  kg ungelöster Stoffe. In England geht die allgemeine Ansicht dahin, daß, wenn man diese Stoffe annähernd vollständig aus dem Abwasser entfernt, wie es durch die chemischen Fällungsverfahren geschieht, man das Abwasser um etwa die Hälfte derjenigen Stoffe beraubt hat, die von hygienischer Bedeutung sind.

Beobachtungen, die an Sandfängen gemacht wurden, haben gezeigt, daß man in ihnen unter Umständen etwa  $\frac{1}{12}$  der Gesamtmenge an ungelösten Stoffen zurückzuhalten vermag. Die in Sandfängen zurückgehaltenen Stoffe sind sehr bequem zu handhaben. Die Grundlage bilden in der Regel mineralischer Detritus oder ähnliche schwere Stoffe, die nur wenig Wasser binden, d. h. im ganzen nicht mehr als etwa 35%, und die man deshalb direkt auf Wagen oder andere Transportgefäße schaufeln und abfahren kann. Die Gesamtmenge solcher Stoffe pflegt täglich etwa 1 cbm pro 100 000 Einwohner nicht zu überschreiten.

Die Menge von Stoffen, die man durch Siebe, Gitter und Rechen abzufangen vermag, muß bei den verschiedenen, hierher gehörigen, im 7. Kapitel beschriebenen Apparaten erheblich differieren. Sieht man ab von solchen Rechen, die lediglich den Zweck haben, die Pumpen vor Sperrstoffen zu schützen, und deshalb außerordentlich weite Durchlaßöffnungen haben, und faßt man nur diejenigen Konstruktionen ins Auge, deren Zweck es ist, den Gehalt der Abwässer an ungelösten Stoffen

herabzusetzen, so läßt sich im allgemeinen sagen, daß sie je nach der Weite der angewendeten Durchlaßöffnungen pro 50 bis 100 Personen 1 kg Stoffe täglich abfangen, d. h. also für eine Stadt von 100 000 Einwohnern 1—2 cbm pro Tag liefern. Für eine Großstadt ist mir allerdings aufgegeben worden, daß die dort bis zur äußersten technisch möglichen Vollkommenheit ausgebildeten Abfangvorrichtungen und Sandfänge täglich etwa 6 cbm ungelöster Stoffe pro 100 000 Einwohner aus den Abwässern abfangen, d. h. also doppelt soviel, wie man sonst bei den technisch vollkommeneren Vorrichtungen abzufangen vermag.

Auch bei den durch Rechen zurückgehaltenen Stoffen macht die Abfuhr und Unterbringung keinerlei Schwierigkeiten. Es handelt sich um eine stichfeste Masse von nur etwa 70% Wassergehalt, die ihrem äußeren Charakter nach zwar mit Stalldünger nur entfernte Ähnlichkeit hat, diesem jedoch ähnlich genug ist, um das Interesse der Landwirte zu erwecken. Fast überall finden sich diese bereit, für die durch Rechen abgefangenen Stoffe zu zahlen. Die davon zu erwartenden Einkünfte können wegen der geringen Menge der Stoffe naturgemäß keine beträchtliche Höhe erreichen.

In London fängt man durch Gitter täglich rund 14 cbm Stoffe ab. Sie werden in einem Verbrennungsofen zerstört.

Die Leistungen der Sandfänge, Gitter usw. liegen zumeist vorwiegend auf ästhetischem Gebiete. Hygienisch kann es nicht von großem Belang sein, ob man einen so geringen Bruchteil der Gesamtschmutzstoffe aus den Abwässern heraus schafft, ehe man diese dem Fluß überantwortet. Nur die eine Möglichkeit kommt hier in Frage, daß pathogene Keime im Innern der gröberen ungelösten Stoffe verborgen sein könnten und, in der Umhüllung vor äußeren schädigenden Einwirkungen geschützt, weite Strecken des Flußlaufes zurücklegen könnten, bzw. sich an den Ufern anhängen, um dort in Badeanstalten oder sonstwie Gelegenheit zu Infektionen zu geben. Selbst wenn dieses theoretisch gerechtfertigte Bedenken völlig ausscheiden sollte, würde man doch mit Fug und Recht verlangen dürfen, daß jede schwemmkanalisierte Stadt Einrichtungen trifft, um die gröberen ungelösten Stoffe von dem Vorfluter fernzuhalten. Die hierfür erforderlichen Gesamtkosten dürften bei Großstädten und Städten mittlerer Größe 10—20 Pf. pro Kopf und Jahr in der Regel

nicht überschreiten, und es ist zu hoffen, daß es bei weiterer Ausbildung der Technik gelingen wird, diese Kosten noch weiter herabzusetzen. Völlig ungerechtfertigt aber wäre es, die eben erörterten Leistungen und Kosten in Parallele zu setzen mit denen der nunmehr zu erörternden Behandlungsmethoden.

Bei Verwendung des Absitzverfahrens erhält man nicht stichfeste Stoffe, sondern einen flüssigen Schlamm, der sich zwar pumpen, aber anderweitig nicht handhaben läßt. Dieser Schlamm enthält in der Regel pro l nur 50—100 g fester Stoffe gegen 900—950 g Wasser. 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 flüssigen Charakter. In Wimbledon z. B. stellte er nach sechsmonatiger Behandlung noch eine dickflüssige Masse von höchst offensivem Charakter und 77,5% Wassergehalt dar. Lagert man diese Schlammmasse, wie es in England vielfach geschehen ist, in Schlammteichen (lagoons), so wird die ganze Umgebung in unerträglicher Weise dadurch verpestet. In kleineren Städten vermag man diesen flüssigen Schlamm durch Vermengen mit Müll gelegentlich in feste Form zu bringen und in Komposthaufen anzusammeln, die nicht so furchtbar, immerhin aber noch recht stark riechen. Es existierten früher Abwasserreinigungsanlagen, wo jeder verfügbare Zoll des Geländes, soweit er nicht durch die Absitzbecken in Anspruch genommen wurde, allmählich in Schlamm lagunen verwandelt worden war, so daß man schließlich nicht mehr wußte, wohin mit den täglich hinzukommenden neuen Schlammmassen. Als eine wahre Erlösung wurde es empfunden, als sich vor etwa 30 Jahren herausstellte, daß sich der Schlamm in den sog. Filterpressen (Fig. 145) innerhalb einiger Stunden in eine stichfeste Form bringen ließ. Es gibt Kammerpressen und Rahmenpressen. Das Prinzip der letzteren, die allgemein vorgezogen werden, wurde schon erwähnt. Den durch chemische Fällungsmittel erzielten, dickflüssigen Schlamm von 90—95% Wassergehalt vermag man innerhalb etwa  $\frac{3}{4}$  Stunde auf etwa  $\frac{1}{5}$  seines ursprünglichen Volumens zu reduzieren. Die so gewonnenen festen Schlammkuchen haben in der Regel ca. 50% Wassergehalt. Gewöhnlicher Absitz-

schlamm läßt sich meistens nicht pressen, ohne daß man vorher etwa 3—5% Kalk hinzusetzt. Die Kosten dieses Zusatzmittels zusammen mit dem maschinellen Betriebe stellen sich auf etwa 2½ M. für jeden Kubikmeter gewonnenen Schlammkuchens oder für die Behandlung von 5 cbm nassen Schlammes.

Die Erkenntnis der Tatsache, daß eine rationelle Entwässerung des Schlammes sich nur unter Zusatz von Chemikalien bewerkstelligen läßt, scheint viel dazu beigetragen zu haben, daß die chemischen Fällungsmethoden eine so ausgedehnte Anwendung

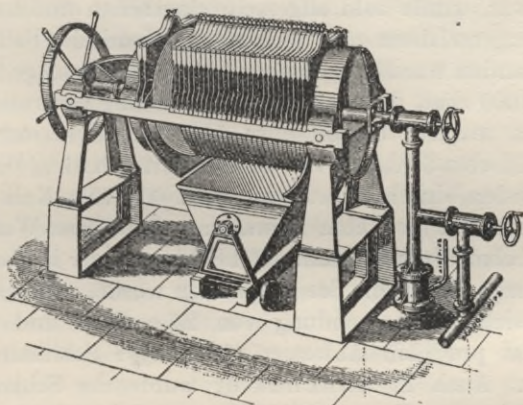


Fig. 145. Schlammpresse, Rahmensystem.

in England gefunden haben. Nach Berechnungen von Santo Crimp werden die Gesamtkosten der Abwasserbehandlung, inkl. Schlammpressung, stark beeinflußt durch die Menge und Art der angewendeten Fällungsmittel. Ein Beispiel hierfür möge das erläutern. In Wimbledon erhielt man bei Kalk- und Eisenfällung pro rund 1000 cbm Abwasser rund 2 tons Schlammkuchen bei 2 M. 51 Pf. Preßkosten pro ton, oder 5 M. Preßkosten pro rund 1000 cbm behandelten Abwassers. Vergrößerte man den Kalkzusatz, so reduzierten sich die Preßkosten zwar auf 1 M. 68 Pf. pro ton gewonnenen Schlammkuchens. Man gewann aber auf diese Weise 3 tons. Die Preßkosten pro 1000 cbm Abwasser waren also ebenso hoch wie früher, die Zusatzmittel teurer und obendrein hatte man jetzt 3 anstatt 2 cbm unverkäuflichen Schlammes.

Unter sorgfältiger Berücksichtigung aller derartigen Einflüsse hat man in England überall, wo der Schlamm gepreßt werden mußte, auf das reine Absitzverfahren ganz verzichtet und die ohnehin nötigen chemischen Fällungsmittel von vornherein dem Abwasser zugesetzt und dieselben so gewählt, daß möglichst wenig Schlammkuchen resultierte.

Durch die chemische Fällung glaubte man durchschnittlich etwa 50% aller im Abwasser enthaltenen zersetzbaren Stoffe entfernen zu können. Daß damit eine vollständige Sanierung der kleinen, mit Abwässern stark belasteten Flußläufe nicht zu erzielen war, wurde bald allgemein eingesehen und man schätzte die Fällungsverfahren nur noch als provisorische Palliativmittel.

In London wurden z. B. aus einer Abwassermenge von täglich rund 900 000 cbm, die von einer Bevölkerung von rund  $4\frac{1}{2}$  Mill. produziert wurden, täglich etwa 5500 tons Schlamm, pro Jahr etwa 2 Mill. cbm Schlamm von durchschnittlich 91% Wassergehalt ausgeschieden, durch Zusatz von rund 60—70 g Kalk und rund 14 g Eisensulfat pro cbm Abwasser. Auf diese Weise erzielte man pro cbm Abwasser rund 6,6 l Schlamm, der in Tankdampfer übergepumpt und in die See abgefahren wurde. In Manchester ergaben sich bei Anwendung von 25 g Kalk und rund 20 g Eisensulfat pro cbm Abwasser rund  $3\frac{1}{2}$  l Schlamm pro cbm Abwasser. Auch in Manchester wurde der Schlamm in die See abgefahren und zwar 188 000 cbm pro Jahr mit einem Kostenaufwande von 110 000 M. In Glasgow resultieren bei Kalk- und Tonerdeklärung pro cbm Abwasser durchschnittlich annähernd 9 l Schlamm.

In Leipzig ergeben sich bei Klärung durch Eisensalze durchschnittlich rund 4 l Schlamm pro cbm Abwasser, in Pankow bei Kalk- und Tonerdeklärung 8—9 l Schlamm pro cbm Abwasser, beim Kohlebreiverfahren reichlich 25 l Schlamm pro cbm behandelten Abwassers.

Die Schlammmenge fällt bei den chemischen Fällungsverfahren erheblich größer aus als beim Absitzverfahren. Vergleicht man die in der Literatur vorliegenden, einschlägigen Zahlen, so müßte man annehmen, die chemische Fällung ergäbe etwa dreimal soviel Schlamm als das Absitzverfahren. Diese Zahlen sind aber nicht ohne weiteres vergleichbar. Z. B. gibt das sehr gründliche chemische Fällungsverfahren, das man in Leipzig übt, verhältnis-

mäßig wenig Schlamm, weil noch nicht alle Fäkalien in die Kanäle gelangen. Man kann deshalb die in Leipzig mit Fällung erzielten Zahlen nicht ohne weiteres mit den durch das Absitzverfahren in Köln, Kassel und Hannover gewonnenen Daten vergleichen. Theoretisch erklärt sich die größere Schlammmenge beim chemischen Verfahren einerseits dadurch, daß das chemische Verfahren eine gründlichere Ausscheidung der ungelösten Stoffe bewirkt. Nach den veröffentlichten Daten solcher Städte, wo fortgesetzt Analysen ausgeführt werden, darf man den Erfolg in der Großpraxis auf eine Ausscheidung von etwa 75—85 % der ungelösten Stoffe beziffern, beim Absitzverfahren auf 60—70 %. Diese Differenz würde den großen Unterschied in der Schlammmenge nicht erklären. Die hinzugesetzten Chemikalien vermehren den Schlamm, und zwar ergeben z. B. 100 g Kalk pro cbm Abwasser nicht nur 100 g Schlamm, sondern 1000 g, weil der Kalk sich später ebenfalls als Schlamm von 90 % Wassergehalt wiederfindet. Beim Absitzverfahren ergeben sich in der Regel Sedimente von gleich hohem Wassergehalt wie beim chemischen Verfahren. Nur wenn man es mit großer Durchflußgeschwindigkeit betreibt, wie es versuchsweise in Köln geschah, ergibt sich ein Schlamm von geringerem Wassergehalt, weil die feineren Bestandteile, welche hauptsächlich wasserbindende Eigenschaften zeigen, dann in den Fluß abgespült werden. Je feiner die Partikelchen sind, um so größer ist ihr Wasserbindungsvermögen. Die 5—10 %, welche man beim Fällungsverfahren mehr ausscheidet als beim Absitzverfahren, können deshalb eine ganz beträchtliche Schlammvermehrung bedingen. Bei allen diesen Verhältnissen muß man sich klar vor Augen halten, daß ein Schlamm von 90 % Wassergehalt die doppelte Menge eines Schlammes von 80 % Wassergehalt repräsentiert. 1 cbm Schlamm von 80 % Wassergehalt, 2 cbm Schlamm von 90 % Wassergehalt und 4 cbm Schlamm von 95 % Wassergehalt enthalten gleich große Mengen, nämlich rd. 200 kg fester Stoffe. Diese Zahlen mögen zeigen, wie wichtig es ist, durch passende Auswahl der Chemikalien und sonstige, geeignete Betriebsmaßnahmen, dahin zu streben, den Wassergehalt des Schlammes von vornherein möglichst gering zu gestalten. Die Erzielung eines Schlammes von nur wenigen Prozent geringerem Wassergehalt vermag die Betriebskosten ganz außer ordentlich herabzusetzen.

Wollte man die Kosten eines Reinigungsverfahrens danach bemessen, wieviel man aufwenden muß, um 1 cbm Schlamm aus dem Abwasser abzuscheiden, so würde das chemische Verfahren von vornherein als das billigste erscheinen müssen; denn bei diesem kostet es nur 1—1½ M., 1 cbm Schlamm zu gewinnen. Beim Absitzverfahren kostet das etwa 4—6 M. und bei Rechenwerken 10—20 M. Die so gewonnenen rechnerischen Werte sind aber nicht ohne weiteres verwertbar; denn man erhält beim chemischen Fällungsverfahren zweimal bis dreimal soviel Schlamm als beim Absitzverfahren, ohne daß der hygienische Wert dieses Ergebnisses zwei- bis dreimal so hoch zu veranschlagen wäre. Berechnet man die Kosten auf den Kubikmeter behandeltes Abwasser, so kommt man auch nicht zu brauchbaren Resultaten; denn je nach der Größe des Wasserkonsums wird in der einen Stadt ein Tageskubikmeter von 2—3 Personen, in einer anderen Stadt von 10 oder mehr Personen geliefert. Birmingham z. B. produziert mit seinen 820 000 Einwohnern täglich 115 000 cbm Abwasser, d. h. noch weniger Abwasser als Manchester mit etwa 600 000 Einwohnern.

Berechnet man die Schlammmenge, welche man mit den bislang besprochenen Methoden aus den Abwässern herauszuschaffen vermag, pro Kopf und Jahr, so erhält man durch Sandfang und Rechen etwa 8—10 l, beim Absitzverfahren etwa 100 und beim Fällungsverfahren etwa 300 l. Diesen Zahlen kommt natürlich nur der Wert ganz allgemeiner Anhaltspunkte zu.

In obigem sind die verschiedenen Verfahren zur Ausscheidung der festen Stoffe aus dem Abwasser hauptsächlich von der Annahme ausgehend beurteilt worden, daß die Abwässer nach der Behandlung direkt in die Flüsse abgelassen werden sollten. Ebenso häufig, wenn nicht noch häufiger, haben wir es mit dem Fall zu tun, daß die Abwässer für eine biologische Behandlung vorbereitet, d. h. in einen solchen Zustand versetzt werden sollen, daß die biologischen Anlagen, seien es Rieselfelder, intermittierende Filter oder künstliche biologische Körper, nicht verschlammmt werden. Auch hier kommt es natürlich in erster Linie darauf an, möglichst große Mengen der ungelösten Stoffe aus dem Abwasser herauszuschaffen. Hier ist es in der Regel von besonderem Wert, auch gerade die feineren Flöckchen auszuscheiden. Denn die feinen, faserigen Stoffe neigen mit ihrem starken Wasser-



bindungsvermögen vor allem dazu, die Poren der biologischen Körper zu verstopfen. Neben ihnen können hauptsächlich Fette und Öle den biologischen Anlagen gefährlich werden.

Hat man es mit sehr feinkörnigen biologischen Körpern zu tun, wie z. B. Rieselanlagen und intermittierenden Filtern, so kann man damit rechnen, daß auch die feinsten ungelösten Bestandteile nicht sehr tief in die biologischen Körper eindringen werden, daß man sie mithin von der Oberfläche dieser Körper nachträglich fortschaffen könnte. Bei kleineren Anlagen wird ein solches Vorgehen sich ausnahmslos empfehlen, jedenfalls mehr als die Benutzung von Apparaten, die fortgesetzt bedient werden müssen, wie manche der beschriebenen Rechenanlagen und Absatzbecken, aus denen der Schlamm alle paar Tage ausgeräumt werden muß. Bei größeren Rieselanlagen und Bodenfiltern, die nicht in der Nähe von Wohnhäusern zu liegen pflegen und eine ständige Wartung ohnehin erheischen, wird es sich umgekehrt empfehlen, auch die feinsten ungelösten Stoffe möglichst ausgiebig aus dem Abwasser zu entfernen. Die nach dieser Richtung hin in Birmingham gemachten Erfahrungen zeigen das auf das deutlichste. In Leeds war man, wie wir gesehen haben, zu der Auffassung gelangt, es empfähle sich, die künstlichen biologischen Körper aus sehr grobem Material zu bauen und alle ungelösten Stoffe auf sie hinaufzuschicken, abgesehen von gröberen Sperrstoffen, die durch Rechenwerke zurückgehalten werden können. Der unzersetzbare Teil dieser Stoffe soll durch die biologischen Körper hindurchgespült und als nicht mehr fäulnisfähiges Produkt hinter den biologischen Körpern abgefangen werden. Solche Maßnahmen sind natürlich nur möglich, wo die Abwasserverteilungsapparate dementsprechend eingerichtet sind. Das Abwasser darf bei ihnen nicht durch feine Löcher geschickt werden, wie bei den Drehsprengern und manchen Verstäubungsapparaten (festmontierten Sprengern). Gerade in Leeds hat man sich aber später entschlossen, die Abwässer vor der Aufleitung auf die biologischen Körper, durch chemische Fällung möglichst weitgehend von den ungelösten Stoffen zu befreien. Es handelt sich hier also um eine Frage, die nur von Fall zu Fall entschieden werden kann. Ich habe mich von vornherein auf den Standpunkt gestellt, man sollte bei jeder biologischen Anlage die Abwässer zunächst so weitgehend wie nur irgend möglich von ungelösten

Bestandteilen befreien, und bin der Auffassung, daß das Absitzverfahren oder das Faulverfahren stets den biologischen Körpern vorgeschaltet werden sollte. Ich bezweifle, daß die zurzeit lebhafteste Bewegung, die Abwässer vor der biologischen Behandlung chemisch vorzubereiten, von Dauer sein wird. Nur in einzelnen Fällen, wie vielleicht in Leeds mit seinen eigentümlichen industriellen Abwässern und in Salford oder Bolton, mag ein solches Vorgehen sich empfehlen. Nur in Ausnahmefällen dürfte es für Städte in Frage kommen, die hauptsächlich den Charakter von Wohnstätten haben. In jedem Falle müßte der Einfluß berücksichtigt werden, den die Chemikalien auf die Absorptions- und biologischen Zersetzungs Vorgänge gewinnen können. Die allgemeine Annahme, als ob Kalk diese Vorgänge stets förderte, weil er die Salpetersäurebildung begünstigte, halte ich für nicht zutreffend. Meines Erachtens liegt die Möglichkeit stets vor, daß die Salpetersäure dort, wo Kalk fehlt, an Ammonium gebunden wird.

Die Kosten des Absitzverfahrens stellen sich nach den veröffentlichten Angaben in der Regel auf rund 25—50 Pf. pro Kopf und Jahr: für Kassel z. B. auf 40—50 Pf., Allenstein auf 25 Pf., Frankfurt a. M. auf 39 (resp. 54 Pf. inkl. Verzinsung). Beim chem. Fällungsverfahren werden sie auf rund 70—80 Pf. pro Kopf und Jahr geschätzt; z. B. für Leipzig auf 74,6 Pf., für Frankfurt a. M. auf 80 Pf. (inkl. Verzinsung und Amortisation), für London auf 69 Pf.

Das Faulverfahren stellt sich billiger als das Absitzverfahren. Außerdem bietet es, wie wir gesehen haben, den Vorteil, erheblich geringerer und leicht drainierbarer Schlamm-mengen, die ausgefault sind, deshalb Belästigungen der Umgebung nicht verursachen und überall zu Terrainerhöhungen und ähnlichen Zwecken unbedenklich verwendet werden können. Bei dem Absitzverfahren und dem chemischen Fällungsverfahren dagegen hat man es mit einem wässerigen Schlamm zu tun, dessen Beseitigung immer noch große Schwierigkeiten und Kosten verursacht hat wegen der großen Neigung zur stinkenden Fäulnis, die dieser Schlamm zeigt, und wegen seiner stark wasserbindenden Eigenschaften. Zahllose Versuche sind angestellt worden, den Klärschlamm schnell so weit zu entwässern, daß er eine stichfeste, transportable Masse darstellt. In Frankfurt a. M. hat man sich neuerdings noch wieder sehr eingehend mit

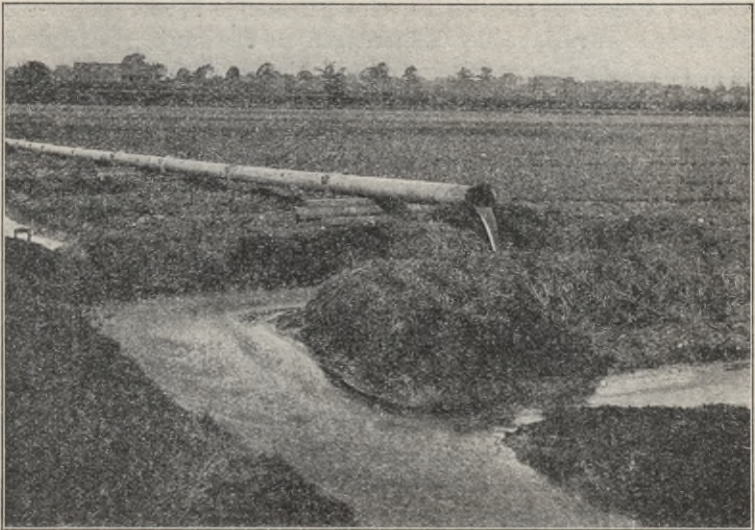


Fig. 146. Überpumpen des Schlammes nach Schlammbeeten, Birmingham.

dieser Aufgabe befaßt. Dort ist es gelungen, mittels Zentrifuge innerhalb weniger Minuten eine stichfeste Masse von etwa 70 % Wassergehalt zu erzielen. Ebenso wie beim Preßprozeß erwies sich auch beim Zentrifugieren ein Zusatz von Kalk (1 %) als vorteilhaft. Den zentrifugierten Schlamm beabsichtigt man durch Ziegelpressen zu Briketts zu formen und wie Ziegelsteine an der Luft zu trocknen, darauf eventuell zu mahlen und als streubaren Dünger zu verwerten bzw. zu verbrennen oder aber zur Erzeugung von Heizgas zu benutzen.

Die Frage, wie die Rückstände von städtischen Kläranlagen zu behandeln und zu beseitigen wären, bzw. ausgebeutet werden könnten, befindet sich zurzeit noch im Fluß. An jedes der zahlreichen neu vorgeschlagenen Verfahren sind immer noch große finanzielle Hoffnungen geknüpft worden. Die Frankfurter Versuche lassen erkennen, daß eine schnelle Trocknung des Schlammes und Überführung in ein zu Übelständen nicht mehr Anlaß gebendes Produkt auch zur Zeit immer noch nur durch einen recht komplizierten und kostspieligen Betrieb bewerkstelligt werden kann.

Wo immer es möglich ist, eine genügende Fläche geeigneten Terrains in der Nähe der Kläranlagen zu gewinnen, da wird es sich am billigsten erweisen, den Schlamm in Furchen einzuleiten und mit Erde zuzuwerfen, wie es in Birmingham geschieht (Figg. 146 u. 147). Das Terrain kann in Zwischenräumen von 1—3 Jahren immer wieder mit Schlamm beschickt werden.

Vor nicht langer Zeit glaubte man, durch die künstlichen biologischen Verfahren weit billiger zum Ziele kommen zu können als durch die chemischen Fällungsverfahren. Diese Hoffnung hat sich nicht erfüllt, und sie mußte einem jeden, der sich nur irgendwie mit der Abwasserbehandlungsfrage befaßt hatte, von vornherein als durchaus unerfüllbar erscheinen. Nach den bislang gemachten Erfahrungen darf man aber annehmen, daß die künstliche biologische Behandlungsmethode durchführbar ist mit einem Kostenaufwande von 70—80 Pf. pro Kopf und Jahr. Die folgenden zum Teil aus der Literatur, zum Teil aus den städtischen Berichten entnommenen Zahlen mögen als allgemeine Anhaltspunkte dienen: Manchester 66,6 Pf., Hendon 38,3 Pf., Swinton 1,28 M., Accrington 74,5 Pf., Unna 55 Pf., Mülheim a. d. Ruhr 40 Pf., Merseburg 35 Pf., Langensalza 65 Pf., Brockau 1,04 M. usw.

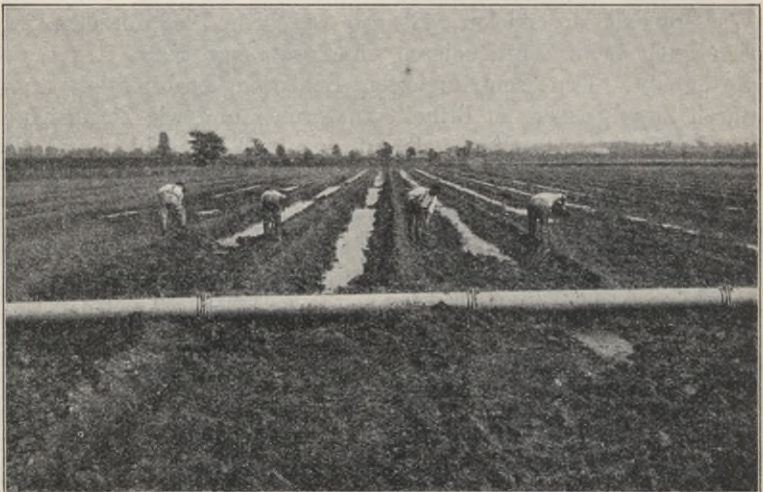


Fig. 147. Beerdigung des Schlammes, Birmingham.

Das künstliche biologische Verfahren stellt sich hiernach, allgemein gesprochen, nicht teurer als die chemische Klärung.

Im Hinblick darauf, daß wir es bei dem künstlichen biologischen Verfahren mit einer tatsächlichen Reinigung der Abwässer zu tun haben, bei dem chemischen Verfahren aber günstigstenfalls nur mit einer Klärung, darf das biologische Verfahren als das weit überlegenere bezeichnet werden. Es darf heute als feststehende Tatsache gelten, daß wir durch diese Methode in den Besitz eines Verfahrens gekommen sind, das überall durchführbar ist und Produkte liefert, die selbst bei den ungünstigsten Vorflutverhältnissen allen sanitären Anforderungen genügen, sofern man die Desinfektionsfrage aus dem Spiele läßt, die übrigens, bei dem heutigen Stande der Technik, wie wir gesehen haben, eine allen rationellen Anforderungen genügende Lösung finden kann. Nicht allein in bezug auf den Schutz des Vorfluters sind die Resultate des künstlichen biologischen Verfahrens befriedigend, sondern auch die Schlammabseparationsfrage läßt sich bei ihm in weit günstigerer Weise lösen als bei chemischen Verfahren oder beim Absatzverfahren. Dieses ist in den vorhergehenden Kapiteln zur Genüge dargelegt worden.

Die qualitativen Leistungen des künstlichen biologischen Verfahrens sind denjenigen der Bodenfiltration und Berieselung als ebenbürtig an die Seite zu stellen, nur muß man hierbei berücksichtigen, daß das künstliche biologische Verfahren nicht schematisch aufgefaßt werden darf, sondern daß es in bezug auf Leistungsfähigkeit den verschiedensten Nuancierungen zugänglich ist. Bei genauer Berücksichtigung der Vorgänge, die sich bei diesem Verfahren abspielen, kann man zu Resultaten kommen, die denjenigen guter Rieselanlagen vollkommen gleichkommen. Als überlegen wird das Rieselfahren in bezug auf Ausscheidung infektiöser Keime angesehen. Dieses gilt aber nur *cum grano salis*. Vollkommen sichere Gewähr bieten auch die besten Rieselanlagen nicht und beim biologischen Verfahren vermag man durch angemessene Desinfektionsmaßregeln dieses Manko auszugleichen. Geschieht das, so ist es dem Berieselungsverfahren vollständig ebenbürtig, diesem sogar noch überlegen, ganz abgesehen von dem großen Vorzuge, überall anwendbar zu sein, was von dem Berieselungsverfahren nicht behauptet werden kann. Was hier von der Berieselung gesagt wurde, gilt auch von der Bodenfiltration.

Die Versuche zur Ausbeutung der in den Abwässern enthaltenen Stoffe haben nach allen Erfahrungen, allgemein gesprochen, immer nur Kosten veranlaßt, finanzielle Überschüsse aber nicht ergeben. Das gilt von Rieselfeldern ebenso wie von Fettgewinnungsanlagen etc.

Ich bin überzeugt davon, daß es sich für viele Städte billiger stellen wird, das Berieselungsverfahren aufzugeben und es durch das künstliche biologische Verfahren zu ersetzen. Es läßt sich ziemlich sicher voraussehen, daß die Dinge diesen Verlauf tatsächlich nehmen werden, sobald das Wachstum der Städte ein gewisses Maß überschritten hat. Ich bezweifle z. B. nicht, daß viele von uns es noch erleben werden, daß Berlin seine Rieselflächen für Bebauungszwecke verkauft und künstliche biologische Anlagen als Ersatz herstellt.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



## Die städtische Wasserversorgung im Deutschen

**Reiche und einigen Nachbarländern.** Auf Anregung des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, bearbeitet von **E. Grahn**, Zivilingenieur. 2 Bände 4°. Geb. Preis M. 67.—.

Dieses Werk kann auch einzeln bezogen werden:

Erster Band: **Preußen.** 560 Seiten. groß 4° mit ca. 900 Tabellen.

In Leinwand gebunden Preis M. 26.—.

Zweiter Band, erstes Heft: **Bayern.** 224 Seiten. groß 4° mit 81 Tabellen.

Broschiert Preis M. 10.—.

Zweiter Band, zweites Heft: **Die Staaten des Deutschen Reiches außer Preußen und Bayern.** Broschiert Preis M. 28.50.

Zweiter Band kompl. (**Die Staaten des Deutschen Reiches außer Preußen.**) Geb. Preis M. 41.—.

Von Grahns ausgezeichnete und wahrhaft monumentale Arbeit ist nunmehr das zweite Heft des zweiten Bandes erschienen und damit die Darstellung der städtischen Wasserversorgungsanlagen im Deutschen Reiche zu erfreulichem Abschlusse gelangt. Wenn man Grahns treffliches Werk einer Durchsicht unterzieht, wird man mit lebhafter Befriedigung gewahr, wie reich ausgebildet und wie reich an technischen Mitteln eigentlich das Wasserversorgungswesen schon ist; eine umfassendere Beispielsammlung zu einem Zweige technischer Arbeit läßt sich aber auch kaum denken. Das auch typographisch aufs beste ausgestattete Werk bietet zugleich ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für die Anlage neuer Versorgungsanlagen in den behandelten Gebieten dar, indem es den Projektanten Gelegenheit gibt, über den Erfolg der einzuschlagenden Verfahrensart sich aus den Beispielen unter ähnlichen Verhältnissen entstandener Wasserwerke ein Urteil zu bilden. Darum sei dem Werke größte Verbreitung gewünscht.

(Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins, Literaturbeil.)

## Die Gruppenwasserwerke in der Provinz Rhein-

**hessen.** Herausgegeben von **B. v. Boehmer**, Großherzoglicher Baurat, Vorstand der Großh. Kulturinspektion Mainz.

### 1. Das Wasserversorgungswesen im Großherzogtum

**Hessen**, mit besonderer Berücksichtigung der Gruppenwasserversorgung in der Provinz Rheinhessen und **Die Wasserversorgung des Bodenheimer Gebietes.** Mit einer Übersichtskarte, 4 Tafeln und 13 Abbild. Preis M. 3.—.

### 2. Die Wasserversorgung des Selz-Wiesbachgebietes.

46 Seiten Text, 4°. Mit 10 Tafeln und 16 Abbildungen auf Kunstdrucktafeln. Photographische Aufnahmen von Robert Deez-Alzey Tafeln gezeichnet von Geometer Häring und Phil. Hauf.

Preis M. 4.50.

### 3. Die Wasserversorgung des Seebach-Gebietes.

48 Seiten Text, 4°. Mit 10 Tafeln und 14 Abbildungen auf Kunstdrucktafeln. Photogr. Aufnahmen von Robert Deez-Alzey. Tafeln gezeichnet von Geometer Häring und Phil. Hauf.

Preis M. 4.50.

Die Hefte enthalten eine völlig erschöpfende, durch zahlreiche Tafeln, Tabellen und Abbildungen erläuterte Abhandlung über den Entwurf und die Ausführung der Gruppenwasserwerke der einzelnen Versorgungsgebiete. Das erste Heft umfaßt außerdem eine Abhandlung über die Entwicklung des Wasserversorgungswesens im allgemeinen, die Darstellung der Gründe und der Form staatlicher Mitwirkung, die Organisation und die Erfolge dieser Tätigkeit. Besonderes Interesse wird die ebenfalls in jedem Hefte aufgenommene Darstellung der einleitenden Verhandlungen und die Bildung der Verbände, der rechtlichen und wirtschaftlichen Basis der Unternehmungen, finden. Der Entwurf der Satzungen eines rechtsfähigen Vereines zum Bau und Betrieb einer Gruppenversorgung ist mitgeteilt, ebenso Angaben über Geldbeschaffung und Verwaltung.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von R. OLDENBOURG in München und Berlin

**Warmwasserbereitungsanlagen und Badeeinrichtungen.** Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Warmwasserbereitungs- und Verteilungsanlagen, öffentlichen Badeanstalten, Bädern in Wohn- und Krankenhäusern, von Militär-, Arbeiter- u. Schulbädern. Bearbeitet für Architekten, Ingenieure, Techniker und Installateure von **Holger Roose**, Ingen. (Oldenbourgs Techn. Hand-Bibl. Band V.) 301 Seiten 8°. Mit 87 Textabbildungen.  
In Leinwand geb. Preis M. 7.—.

Die Literatur ist um ein Werk bereichert, welches die erwünschte Auskunft gibt und dabei alle modernen technischen Errungenschaften, namentlich konstruktiver Art, berücksichtigt. Der Verfasser hat die sich gestellte Aufgabe in vorzüglicher Weise gelöst, was nur möglich war bei der Summe von Erfahrungen bei dem Bau und dem Betriebe dieser Anlagen. — In der vorliegenden Form füllt das Werk tatsächlich eine seit langem fühlbare Lücke aus.  
(*Dinglers Polytechnisches Journal.*)

**Über Wasserkraft- u. Wasserversorgungsanlagen.**  
Prakt. Anleitung zu deren Projektierung, Berechnung und Ausführung. Von **F. Schlotthauer**. 239 Seiten mit 39 Abbildgn. (Oldenbourgs Techn. Handbibliothek, Bd. VII.)

In Leinwand geb. Preis M. 7.—.

... Aus dem Gesagten ergibt sich, daß ein Buch vorliegt, das allen in der Praxis stehenden Ingenieuren und Technikern eine große Erleichterung bei der Projektfassung der in Frage stehenden Anlagen gewähren und ihnen eine wertvolle Gabe sein wird. Wir können daher das Buch für den vom Verfasser verfolgten Zweck nur auf das wärmste empfehlen.

(*Tiefbau 1907.*)

**Die Kanalisation von Oppau in der Rheinpfalz.**  
Von Dipl.-Ing. **Th. Heyd**, Darmstadt. 20 Seiten. 4°. Mit 15 Tafeln.  
Preis M. 4.—.

Aus dem Inhaltsverzeichnis: Bestehende Verhältnisse. — Kanalisationsprojekt. — Berechnung der Kanalisation. — Einheitspreise und Kostenvoranschlag. — Die Ausführung der Kanalisation. — Zukunft.

Mit diesem Projekt der Kanalisation von Oppau in der Rheinpfalz ist wohl zum ersten Male eine auf wissenschaftlichen Grundlagen aufgebaute und exakt berechnete Kanalisation veröffentlicht worden.

**Geschäftsbericht des Kgl. Bayer. Wasserversorgungsbureaus für das Jahr 1906.** Preis M. 4.50.

**Inhalt:** Vorwort. — **I. Abschnitt, Projektionstätigkeit:**  
A. Generelle Projekte, Gutachten und Projektprüfungen.  
B. Grund- und Quellwasserverschließungen als Vorarbeiten zu den Detailprojekten; a) abgeschlossene Arbeiten, b) noch nicht abgeschlossene, im Gang und in Vorbereitung befindliche Arbeiten.  
C. Detailprojekte. — **II. Abschnitt, Bautätigkeit:**  
A. Fertige und übergebene Bauten. B. Fertige, aber noch nicht übergebene Bauten. C. Im Bau begriffene Anlagen. — **III. Abschnitt:** Anlagen nur unter teilweiser Mitwirkung des Kgl. Wasserversorgungsbureaus. Ortsregister.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung



Verlag von R. OLDENBOURG in München und Berlin

**Leitfaden für die chemische Untersuchung von Abwasser.** Von **Dr. K. Farnsteiner, Dr. P. Buttenberg, Dr. O. Korn**, Chemiker a. Hygien. Inst. zu Hamburg. Preis M. 3.—.

Als Leitfaden für die chemische Untersuchung von Abwässerung kann das vorliegende Buch wärmstens empfohlen werden.

*(Zeitschrift für Medizinalbeamte.)*

Der Leitfaden wird nicht nur dem mit der Abwasseruntersuchung beschäftigten Chemiker, sondern auch allen bei der Abwasserfrage beteiligten Personenkreisen ein willkommener Führer sein.

*(Deutsche Zeitschrift für öffentliche Gesundheitspflege.)*

**Theorie und Praxis der Trinkwasser-Beurteilung.**

Von **Dr. Gustav Kabrhel**, o. ö. Professor der Hygiene, Vorstand des Hygien. Institutes der böhmischen Universität und der staatlichen Untersuchungsanstalt für Lebensmittel in Prag. V und 234 Seiten. 8°. In Leinw. geb. Preis M. 5.—.

**Taschenbuch für Kanalisations-Ingenieure.** Von

Dr.-Ing. **K. Imhoff** (Zeichnungen von O. Bernards). 20 S. kl. 8°. Mit 8 Tafeln. In Leinwand geb. Preis M. 2.40.

Neu ist in dem Buche ein wichtiges und selten einfaches Verfahren, alle beliebigen Querschnitte auf einen Kreis von gleicher Breite zu ziehen, ferner auch die Art, wie man die verschiedensten Rauheitswerte in einfachster Weise einsetzt. Der größte Vorzug dieser Tafeln ist ferner, daß man nie probieren muß, sondern daß man jeden gewünschten Wert sofort abliest. Das kleine Buch ist aus der Praxis für die Praxis zusammengestellt und wird bald ein sehr wichtiger Behelf für jeden Fachmann sein.

*(Hachmeisters Literarischer Monatsbericht.)*

**Einrichtung und Betrieb eines Gaswerks.** Ein Leitfaden für Betriebsleiter und Konstrukteure, bearbeitet von **A. Schäfer**, Ingenieur und Direktor des städt. Gaswerkes Ingolstadt. **2. verm. und verb. Auflage.** 780 Seiten. 8°. Mit 345 Textabbild. und 11 Tafeln. In Leinw. geb. Preis M. 15.—.

In übersichtlicher und knapper Weise ist Einrichtung und Betrieb einer modernen Steinkohlengasanstalt auf Grund praktischer Erfahrung geschildert und dabei besonderer Wert auf die Beschreibung der Betriebskontrollen gelegt. Gerade dieser Teil des Buches, der sich mit der Überwachung des Betriebes und den chemischen und physikalischen Mitteln zur Aufsuchung, Erkennung und Beseitigung von Fehlern, Unregelmäßigkeiten und Störungen befaßt, wird dem in der Praxis stehenden Gasfachmann besonders willkommen sein und ihn zur öfteren Ausübung solcher Untersuchungen und Kontrollen anregen. — Man darf dies Buch als eine sehr erfreuliche Erscheinung bezeichnen und demselben eine recht weite Verbreitung und eine recht häufige Benutzung auf dem Tisch des Betriebsingenieurs wünschen, wofür es der Verfasser bestimmt hat.

*(Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung.)*

**Schaars Kalender für das Gas- und Wasserfach.**

Zum Gebrauche für Dirigenten und techn. Beamte der Gas- und Wasserwerke sowie für Gas- und Wasserinstallateure, bearbeitet von **Dr. E. Schilling**, Ingenieur, und **G. Anklam**, Ingenieur und Betriebsdirigent der Berliner Wasserwerke zu Friedrichshagen. In zwei Teilen, wovon der erste Teil in Briefaschenformat (Leder) gebunden. Preis M. 5.50.

**Unentbehrlich für jeden Gas- und Wasserfachmann.**

*Erscheint alljährlich.*

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von R. OLDENBOURG in München und Berlin

**Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten sowie für Wasserversorgung.** Organ des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. Herausgeber und Chef-Redakteur: Geh. Hofrat **Dr. H. Bunte**, Professor an der Techn. Hochschule in Karlsruhe, General-Sekretär des Vereins. Jährlich 52 Hefte. Preis M. 20.—.

Das Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten sowie für Wasserversorgung, Organ des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, steht nun in seinem 50. Jahrgange. Es behandelt nicht nur die Kohlendgasbeleuchtung und Wasserversorgung, auf welchen Gebieten es unter den Publikationen aller Länder eine führende Stelle einnimmt, in ihrem ganzen Umfange, sondern gibt auch eingehende Informationen über die verwandten Beleuchtungsarten, Azetylen, Petroleum, Spiritusglühlicht, Luftgas sowie elektrische Beleuchtung. Auch die Hygiene wird, soweit sie im Hinblick auf die Beleuchtung, Wasserversorgung, Städtereinigung usw. in Betracht kommt, in gebührender Weise berücksichtigt. — Besondere Aufmerksamkeit wird allen bewährten und ausichtsreichen Neuerungen im Installationswesen, sowohl auf dem Gebiete der Licht- als der Wasserversorgung gewidmet.

Berichte über die einschlägigen Fachvereine, die Abschnitte »Literatur«, »Auszüge aus den Patentschriften«, »Statistische und finanz. Mitteilungen«, »Korrespondenz« und »Brief- und Fragekasten« vervollständigen den Inhalt jeder Nummer.

Besonderen Wert legt das Journal auch auf die Pflege des persönlichen Zusammenhanges unter den Fachgenossen durch Mitteilungen über Vorkommnisse persönlicher Art. Unter der Überschrift »Korrespondenz« und im »Brief- und Fragekasten« wird den Lesern Gelegenheit zu freier Aussprache und zu jeder wünschenswerten Information auf fachlichem Gebiete gegeben.

**Probenummer gratis und franko.**

**Die Buchführung für Gasanstalten.** Von Karl Schäfer.

208 Seiten. gr. 8°. Mit zahlreichen Tabellen, Vorlagen etc.

In Leinwand geb. Preis M. 7.—.

... Der im vorstehenden kurz skizzierte reiche Inhalt des Werkes ist in leichtfaßlicher und übersichtlicher Weise derart geordnet, daß, zumal der Verfasser auf die Eigenheiten der Buchführung sowohl der im Gemeindebesitz als auch der im Privatbesitz befindlichen Gaswerke Rücksicht nimmt, ohne weiteres danach gearbeitet werden kann, ein Umstand, der für die Verwaltungen neuerrichteter Werke von unschätzbarem Vorteil ist. Aber auch den Verwaltungen bestehender Gaswerke, auch den kaufmännisch gut organisierten Betrieben bietet das Buch eine Fülle von Anregungen. — Alles in allem dürfte das Schäfersche Buch berufen sein, einem bisher häufig empfundenen Mangel abzuhelpfen, und wir können dasselbe den Verwaltungen bestehender und neu zu errichtender Gasanstalten auf das beste empfehlen.

(*Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung.*)

**Denkschrift aus Anlaß der Eröffnung des neuen Gaswerkes in Nürnberg.** Von Gaswerksdirektor **Rud. Terhaerst.** 172 S. Lex. 8°. Mit Abbildungen, Tafeln, Tabellen und 3 Plänen.

Elegant brosch. Preis M. 20.—.

... Nicht nur der Gasfachmann, sondern auch der Verwaltungsbeamte, welcher nur mit den allgemeinen Umrissen des Gaswesens vertraut ist, wird hierin viel Anregung finden und dem Leiter der Nürnberger städtischen Gaswerke die Anerkennung nicht versagen können, daß er das mit hohen Opfern errichtete städtische Werk bis in seine Details hinein dem Lesenden vor Augen führt. Von der Großzügigkeit, mit welcher Verfasser und Verleger an die Schaffung dieses Werkes herangegangen sind, zeugen die zahllosen Textabbildungen, graphischen und die im Anhang beigegebenen Stadtpläne mit dem gesamten Nürnberger Gasrohrnetz und Versorgungsgebiet.

(*Städte-Zeitung.*)

**Zu beziehen durch jede Buchhandlung**

Verlag von R. OLDENBOURG in München und Berlin

# Leitfaden der Hygiene

für Techniker, Verwaltungsbeamte und Studierende  
dieser Fächer

Von

Professor **H. Chr. Nußbaum**

in Hannover

601 Seiten gr. 8° mit 110 Abbildungen. Eleg. geb. Preis M. 16.—

## Aus dem Inhalts-Verzeichnis:

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| I. Die Luft.                         | XII. Die Schule.  |
| II. Die Lüftung d. Aufenthaltsräume. | XIII. Das Krankenhaus.                                  |
| III. Die Wärme.                      | XIV. Die Kaserne.                                       |
| IV. Die Heizung.                     | XV. Das Gefängnis.                                      |
| V. Die Kleidung.                     | XVI. Die Wasserversorgung.                              |
| VI. Das Licht.                       | XVII. Die Beseitigung der Abwässer<br>und Abfallstoffe. |
| VII. Die Tagesbeleuchtung.           | XVIII. Die Leichenbestattung.                           |
| VIII. Die künstliche Beleuchtung.    | XIX. Die Gewerbtätigkeit.                               |
| IX. Der Boden.                       | XX. Bakteriologie.                                      |
| X. Der Städtebau.                    | XXI. Die Ernährung.                                     |
| XI. Das Wohnhaus.                    |   |

## Urteile der Presse:

... Das Buch bedeutet mehr als ein wertvolles Handbuch, es ist für den Techniker ein wichtiges Rüstzeug, insofern es ihn befähigen soll, viele Fragen, deren Beantwortung bisher anderen Faktoren überlassen blieb, selbst zu lösen. Es ist deshalb für alle diejenigen, die als Verwaltungsbeamte oder in öffentlicher Arbeit stehen, unentbehrlich, und der Verfasser darf das Verdienst in Anspruch nehmen, mit seinem Werke der deutschen Technikerschaft ein wertvolles Geschenk gemacht zu haben. *(Deutsche Bauhütte.)*

... Der Inhalt dieses Buches erscheint uns so wertvoll, daß wir vielleicht mit Erlaubnis des Verfassers Gelegenheit nehmen werden, kurze Auszüge aus demselben über besonders aktuelle Fragen unseren Lesern in der „Technischen Woche“ vorzuführen. Wir können die Anschaffung dieses interessanten Buches, welches auch für den gebildeten Laien gut verständlich geschrieben ist, durchaus empfehlen. *(Technische Woche.)*

... Das Werk, das unseres Wissens einzig in seiner Art ist, sollte in keiner städt. oder überhaupt kommunalen Bibliothek fehlen. *(Gemeinde-Verwaltungsblatt.)*

... Jeder Fachmann, und der es werden will, muß an dem Buche seine helle Freude haben und wird in den klaren, lichtvollen und leicht faßlichen Ausführungen der Anregung und Belehrung nicht ermangeln. *(Zeitschrift für Polizei- und Verwaltungsbeamte.)*

... Alles in allem: der Leitfaden ist ein vollendetes Werk, das nicht nur dem Fachmanne reiche Belehrung bringt und nirgends im Stiche läßt, sondern auch dem Laien ein Urteil über die hygienischen Verhältnisse seiner näheren und weiteren Umgebung ermöglicht. *(Münchner Allgemeine Zeitung.)*

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

# Gesundheits-Ingenieur

Zeitschrift für die gesamte Städtehygiene

Organ der Vereinigung  
der Verwaltungs-Ingenieure des Heizungsfaches

Herausgegeben von

**E. v. Böhrer**, Reg.-Rat im Kais. Patentamt, Prof. Dr. **Dunbar**,  
Direktor des Staatl. Hyg. Inst. zu Hamburg, Geh. Reg.-Rat. **Herm.  
Harder**, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. **Proskauer**, Dir. des Unter-  
suchungsamtes für hyg. und gewerbl. Zwecke der Stadt Berlin,  
**K. Schmidt**, Stadtbauinspektor, Vorstand d. Bauinsp. f. Heiz- u.  
Lüftungswesen der Stadt Dresden.

Die Zeitschrift erscheint wöchentlich und kostet  
jährlich M. 20.—, halbjährlich M. 10.—.

Das Programm des im 30. Jahrgang erscheinenden „Gesundheits-  
Ingenieurs“, Zeitschrift für die gesamte Städtehygiene, umfaßt die Gebiete:  
Wasserversorgung und alle mit ihr verknüpften Aufgaben, die Städtereini-  
gung einschließlich des Kanalisationswesens, Abwasserbeseitigung und  
-reinigung, die ganze Straßenhygiene, das Abdeckereiwesen und Leichen-  
wesen, die Fragen der Volksernährung und Nahrungsmittelkontrolle ein-  
schließlich des Schlachthauswesens, alle Fragen der Wohnungsbaubygiene  
und Baupolizei, Lüftung, Heizung, Beleuchtung, Rauchplage, Bäder, Kranken-  
hauswesen, die Fragen der Schulhygiene und des öffentlichen Kinder-  
schutzes, des Schutzes gegen Seuchen einschließlich Desinfektion, der  
Gewerbehygiene und des Feuerlöschwesens sowie noch manche andere  
in das Gebiet der Städtehygiene fallende Fragen. Besonders auch Be-  
schreibungen und Darstellungen ausgeführter oder projektierte Anlagen,  
Berichte über Betriebsergebnisse usw.

## Kalender für Gesundheitstechniker

Taschenbuch für die  
Anlage von Lüftungs-, Zentralheizungs- und Badeeinrichtungen

Herausgegeben von

**Herm. Recknagel**, Ingenieur

In Brieffaschenform (Leder) geb. Preis M. 4.—.

Erscheint alljährlich.

... Die Anschaffung des Buches ist allen, die sich für das Heizungs-  
und Lüftungsfach und verwandte Zweige der Gesundheits-Technik inter-  
essieren, zu empfehlen. *(Gesundheits-Ingenieur.)*

... Die Ausstattung ist eine vorzügliche, der Preis ein angemessenen  
billiger und der vorliegende Kalender kann daher aufs wärmste empfohlen  
werden. *(Technische Literatur.)*

... Dieser seit zehn Jahren bestens bekannte Kalender enthält reichen  
Zahlen- und Erfahrungsstoff. *(Zeitschrift für die gesamte Kälte-Industrie.)*

... Wir können diesen bewährten Freund der Gesundheitstechniker  
nur bestens empfehlen. *(Wiener Bauindustrie-Zeitung.)*

... Die Beschaffung dieses Kalenders kann jedem Techniker und Bau-  
meister bestens empfohlen werden. *(Der Bautechniker, Wien.)*

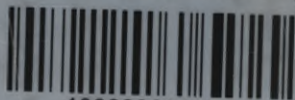
Zu beziehen durch jede Buchhandlung



S - 96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297493