

Mitteilung des Senats

vom 19. Juni 1907.

Abwässer in der Stadt Bremen.

Die Baudeputation, Abteilung Straßenbau, hat über den in der Überschrift bezeichneten Gegenstand den anliegenden Bericht erstattet, den der Senat der Bürgerschaft zur Kenntnisnahme zugehen läßt.

Bericht.

Anlage.

In Veranlassung des Beschlusses der Bürgerschaft vom 13. Februar und des vom Senat erhaltenen Auftrages vom 15. Februar d. Js. beehrt sich die unterzeichnete Deputation das Nachstehende zu berichten.

Die ersten Untersuchungen und Vorarbeiten für die Abführung der Abwässer sind aus den Verhandlungen zwischen Senat und Bürgerschaft, Jahrgang 1904 S. 69 ff., zu ersehen.

Nachdem durch Beschluß von Senat und Bürgerschaft (Verhdln. 1904 S. 127 und 128) für die weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen die erforderlichen Mittel bewilligt waren, wurde gemäß dem aufgestellten Arbeitsprogramm (Verhdln. 1904 S. 74 und 75) vorgegangen. Zur Gewinnung einer Übersicht über alle in Frage kommenden Methoden zur Beseitigung der städtischen Abwässer, wurde durch Beschluß der Deputation für das Gesundheitswesen und der Baudeputation, Abteilung Straßenbau, eine Kommission mit der Prüfung der zur Reinigung und Klärung der Abwässer der Städte in England getroffenen Einrichtungen beauftragt.

Das Ergebnis dieser Reise ist in dem in Abdruck anliegenden Bericht (Unteranlage 1) eingehend dargelegt.

Über die hier stattgefundenen Untersuchungen, die notwendig waren, um für die weitere Bearbeitung der Projekte die erforderlichen Unterlagen zu erhalten, gibt der in Abdruck anliegende Bericht von Professor Dr. Tjaden und Baurat Graepel (Unteranlage 2) eine eingehende Darstellung, so daß weitere Erörterungen nicht erforderlich erscheinen. Gemäß den in dem Abschnitt 8 erfolgten Darlegungen ist nunmehr einer eingehenderen Bearbeitung bestimmter Projekte näher getreten.

Die Baudeputation, Abteilung Straßenbau.

(gez.) **Rasnow.**

(gez.) **M. Voettcher.**

Bericht

Unteranlage 1.

über eine Reise zum Studium von Anlagen zur Reinigung von Abwässern in England.

Für Bremen, wie für fast alle großen Städte ist die unschädliche Abführung der Abwässer eine schwer wiegende wirtschaftliche Aufgabe. Die Anlagen müssen so gewählt werden, daß sie den gesundheitlichen Anforderungen entsprechen, dabei aber an Verzinsungs-, Amortisations- und Betriebskosten sich möglichst niedrig stellen. Zur Lösung dieser schwierigen Frage bedarf es einer genauen Prüfung der bis jetzt auf diesem Gebiete geschaffenen Anlagen, damit auf Grund eigener und anderweitig gemachter Erfahrungen die zweckmäßigste Art der Reinigung der Abwässer für Bremen bestimmt werden kann. Aus diesem Grunde hat auch bereits

im Jahre 1898 eine Besichtigung der hauptsächlichsten Anlagen in Deutschland und zwar der Einrichtungen für die Städte Marburg, Frankfurt a. M., Wiesbaden, Braunschweig, Magdeburg, Berlin, Breslau, Leipzig, Cassel durch eine Kommission, bestehend aus den Herren Dr. A. Feldmann, dem verstorbenen Direktor Dr. Kurth und Baurat Graepel, stattgefunden.

Die bei diesen Besichtigungen gesammelten Kenntnisse haben dazu geführt, zunächst für die Stadt am rechten Weserufer mit möglichst geringen Mitteln eine vorläufig genügende Anlage zu schaffen, um dem dringendsten Bedürfnis auf Reinigung der Abwässer vorläufig zu genügen (Vergl. Verhdlg. 1899 S. 297 ff.).

Seit dem Jahre 1898 sind aber auf dem Gebiete der Abwässerreinigung so bedeutende Fortschritte gemacht worden, daß es notwendig ist, neue Besichtigungsreisen vorzunehmen, bevor bestimmte Vorschläge über die für die Stadt Bremen zu treffenden Anlagen gemacht werden. Insbesondere erschien es zweckmäßig, die Anlagen in England einer eingehenden Besichtigung zu unterziehen, weil man in England, durch die Verhältnisse gezwungen, der Reinigung der Abwässer am frühesten näher getreten ist und bei größeren Anlagen praktische Erfahrungen hat sammeln können. Allerdings besteht über die Anlagen in England bereits eine umfangreiche Literatur. Man kann danach aber nicht beurteilen, ob die dort geschaffenen Einrichtungen auch für die hiesigen Verhältnisse passend sind, da die Beschaffenheit der Abwässer und die Aufnahmefähigkeit der Vorfluter und andere örtliche Verhältnisse für die zweckmäßigsten Anlagen und den erforderlichen Grad der Reinigung maßgebend sind. Außerdem herrscht auf dem Gebiet der Abwässerreinigung eine so rastlose Tätigkeit, daß ein fortwährendes Studium dieser Materie unerlässlich ist.

Durch Beschluß der Deputation für das Gesundheitswesen und der Baudeputation, Abtl. Straßenbau, wurden daher nachstehend verzeichnete Herren mit einer Besichtigung der Anlagen in England beauftragt:

Herr Dr. A. Feldmann als Mitglied der Deputation für das Gesundheitswesen,
Herr Professor Dr. Tjaden als Geschäftsführer der Gesundheitsbehörde,
Herr Zink als chemischer Assistent des Vorstehenden,
Herr M. Voettcher als Mitglied der Baudeputation, Abteilung Straßenbau,
Herr Baurat Graepel als Vorstand der Straßenbauinspektion,
Herr Baumeister Böbler als maschinentechnischer Assistent des vorbenannten Baurats.

Diese Kommission wurde von dem hiesigen Senat bei der Kaiserlichen Botschaft in London angemeldet mit der Bitte, ihr bei der Lösung ihrer Aufgaben mit Rat zur Seite zu stehen und sie mit Empfehlungen an die betreffenden Stadtverwaltungen und sonstigen Behörden zu versehen. Besonders wurde auch darauf hingewiesen, daß die Kommission den Wunsch habe, sich der Royal Commission on Sewage Disposal, der obersten Behörde für die Reinigung von Abwässern in Großbritannien, vorstellen zu dürfen. Diese Behörde bearbeitet als Zentralinstanz die Abwässerungsfragen in wissenschaftlicher Weise in Verbindung mit den Gemeindeverwaltungen, sie ist daher am besten über den derzeitigen Stand der Abwässerreinigung und der angewandten Methoden unterrichtet.

Bei ihrer Ankunft in London wandte sich die bremische Kommission zunächst an die Kaiserliche Botschaft, wo sie in Abwesenheit des Herrn Botschafters von dem Kaiserlich deutschen Botschaftsrat, Herrn Grafen Johann Bernstorff, empfangen und mit weiteren Anweisungen versehen wurde. Die Vorbereitungen waren derart sorgfältig getroffen, daß die Kommission noch an demselben Tage von den Herren Dr. Mc. Gown und Mr. Freye als Vertreter der Royal Commission on Sewage Disposal empfangen werden konnte und daß die genannten Herren bei dem Eintreffen der bremischen Kommission bereits ein allgemeines Reiseprogramm vorbereitet hatten. In außerordentlich liebenswürdiger und entgegenkommender Weise suchten sich die genannten Herren zunächst in mehrstündiger Unterhaltung über die bremischen Verhältnisse zu unterrichten, um danach bemessen zu können, welche Anlagen nach den gegebenen Verhältnissen in erster Linie zu besichtigen seien. Nach dieser Orientierung

sind alsdann auf Empfehlung der Royal Commission die Anlagen nachstehend verzeichneter Städte besichtigt worden:

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. Barking, wo die Abwässer der Stadt London am linken Themseufer vor dem Abfluß in die Themse gereinigt werden. | 5. Salford. |
| 2. Friern Barnet. Eine kleinere Stadt, die als Vorstadt von London zu betrachten ist. | 6. Accrington. |
| 3. Nottingham. | 7. Burnley. |
| 4. Manchester. | 8. Leeds. |
| | 9. Chorley. |
| | 10. Glasgow. |
| | 11. Birmingham. |
| | 12. Horfield b. Bristol. |
| | 13. Exeter. |

Die bremische Kommission wurde von der Royal Commission für alle in Betracht kommenden Städte mit Empfehlungsschreiben versehen, die alsdann einige Tage vor dem Eintreffen den in Betracht kommenden Behörden zugestellt wurden. Dank dieser vorzüglichen Disposition war es möglich, die genannten Anlagen in der kurzen Zeit von 14 Tagen (12 Arbeitstagen) unter vorzüglicher Führung eingehend zu besichtigen und die ganze Reisedauer auf die Zeit vom 23. Mai bis zum 11. Juni 1905 zu beschränken.

Die Hinreise erfolgte mit Lloydampfer über Southampton und die Rückreise ebenfalls mittelst Lloydampfer von Plymouth aus.

Über das Ergebnis der Reise ist das Nachstehende zu berichten:

Allgemeines.

Die Entwicklung der wirtschaftlichen Verhältnisse und die Beschaffenheit der Flußsysteme haben die englischen Gemeinde-Verwaltungen schon wesentlich früher als die deutschen genötigt, der Beseitigung der städtischen Abwässer eine erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Durch ihre regen persönlichen Beziehungen zu überseeischen Ländern, deren Klima eine sorgfältige Pflege der Körperoberfläche erfordert, hatten die leitenden Kreise in England den Wert reichlicher Zufuhr reinen Wassers schätzen gelernt. Sie hatten aber auch eingesehen, wie sehr die erhöhte Leistungsfähigkeit jedes Einzelnen den Wohlstand der Gesamtheit fördert. Diese Erkenntnis wirkte zurück auf die Verwaltungen. Die für die Einrichtung zentraler Wasserversorgungsanlagen zu bringenden Opfer erschienen ihnen nicht zu groß, wenngleich sie die Ausführung zunächst geschäftlichen Unternehmungen überließen.

Die zentrale Zufuhr vermehrt den Verbrauch und hat immer eine zentralisierte Abfuhr des gebrauchten Wassers zur Folge. Der zufließende Strom reinen Wassers löst sich in dem Versorgungsgebiet in kleine Zweige auf, welche in den einzelnen Häusern mit Schmutzstoffen beladen werden und sich dann wieder zu größeren Ästen und schließlich zu einem abfließenden Ströme vereinigen. Diesen abfließenden Strom in die öffentlichen Wasserläufe zu leiten, war das Gegebene. Hier stellte sich aber die Schwierigkeit ein, daß aus denselben Wasserläufen häufig das Reinwasser für die Versorgung entnommen werden mußte. Wenn man auch eine künstliche Reinigung des Flußwassers vornehmen konnte, so war dies doch nur bis zu einem gewissen Grade möglich und es blieben die ausschlaggebenden Beziehungen zwischen den Mengen des ursprünglichen Flußwassers und denjenigen des zugeleiteten Hausabwassers bestehen. Übertraf die Menge des ersteren nicht diejenige des letzteren um ein vielfaches, so machten die im Fluße sich abspielenden Fäulnisvorgänge für unterhalb liegende Städte die Benutzung des Wassers unmöglich. Nun führen die englischen Flüsse wegen der Kleinheit ihres Flußgebietes durchweg wenig Wasser, während die zuzuführenden Abwassermengen große sind. Die nachstehenden, einer Arbeit von Bredttschneider und Thunm entnommene Tabelle gibt einen Vergleich zwischen englischen und deutschen Flüssen.

Flüsse in England	Länge km	Flußgebiet qkm	Flüsse in Deutschland	Länge km	Flußgebiet qkm
Humber	298	24 068	Rhein	1225	196 303
Ouse/Yorksh. . .	72	4 771	Mosel	525	29 500
Trent	240	10 495	Main	495	26 430
Derwent	—	2 056	Ruhr	232	4 700
Great Ouse	230	7 164	Emischer	98	793
Themse	323	13 600	Wefer	720	47 960
Lea	80		Elbe	1165	143 327
Oze	89	1 512	Havel	356	24 351
Severn	299	21 027	Spree	365	9 470
Mersey	90	4 460	Oder	940	115 560
Irwell	48	535	Weichsel	1050	184 700
Ribble	87	1 515	Pregel	126	19 230

Dieselben Autoren geben an, daß nach ihnen gewordenen Mitteilungen die Themse oberhalb London 60 Sek. cbm Wasser im Jahresdurchschnitt führen soll, Mersey und Irwell etwa 10,5 Sek. cbm und die Aire etwa 2,3 Sek. cbm, das macht im Tagesdurchschnitt 5,2 Millionen cbm Wasser für die Themse, 900 000 cbm für Mersey und Irwell und 200 000 cbm für die Aire. Die Spree führt bei Berlin bei niedrigem Wasser etwa 700 000 Tageskubikmeter, bei Mittelwasser 2,6 Millionen; die Wefer oberhalb Bremen bei niedrigem Oberwasser noch 4,6 Millionen.

Die Zufuhr des Reinwassers ist in den englischen Städten durchweg eine hohe. So wurden uns folgende Angaben gemacht:

Im Durchschnitt liefert die Wasserversorgung von:

Accrington	95 Liter pro Kopf u. Tag;	Birmingham	120 Liter pro Kopf u. Tag;
Horfield	100 " " " " " ;	Salford	124 " " " " " "
Exeter	100 " " " " " ;	Manchester	130 " " " " " "
Nottingham	112 " " " " " ;	Leeds*)	180 " " " " " "
Burnley	114 " " " " " ;	Glasgow**)	250 " " " " " "
Chorley	120 " " " " " ;		

Nimmt man für London nur 100 Liter pro Kopf und Tag an, — nach schätzungsweise Angaben sollen es 157 Liter sein, — so würden der oben angegebenen Wasserführung der Themse von 5,2 Millionen Tageskubikmeter rund 500 000 cbm häusliche Abwässer entgegenstehen. Manchester und Salford entwässern in den Manchester Schiffahrtskanal, der seinerseits von Irwell und Mersey gespeist wird. Mersey und Irwell führen 900 000 Tageskubikmeter, die Wasserversorgungsanlagen führen aber beiden Städten allein schon täglich 100 000 cbm zu. Die Aire hat die Abwässer von Leeds aufzunehmen; sie führt täglich 200 000 cbm, Leeds erhält aus seiner Wasserversorgung allein 80 000 cbm, Birmingham schickt die ihm durch seine Wasserversorgung täglich zugeführten 65 000 cbm in die Tame, einen kleinen Nebenfluß des Trent. Dieser nimmt etwas weiter unterhalb auch die Abwässer von Nottingham mit täglich 30 000 cbm Reinwasserzufuhr auf. Glasgow erhält täglich etwa 275 000 cbm Reinwasser zugeführt, die es als Schmutzwasser dem Clyde wieder zuschickt.

Diese wenigen Angaben beweisen, daß die englischen Flüsse schon nicht in der Lage sind, die ihnen nur von einzelnen Großstädten zugemuteten häuslichen Abwässer ohne Belästigungen zu verarbeiten. Abgesehen davon, daß noch eine große

*) **) Die letzten hohen Zahlen sind auffällig, aber richtig; sie finden sich in den offiziellen Berichten der Stadtverwaltungen. Leeds gibt an, daß von den 180 Litern 60 für gewerbliche Zwecke dienen. Der gelegentliche Verbrauch steigt dort bis zu 400 Litern pro Kopf und Tag. Glasgow verwendet 150 Liter für Haushaltungs- und 100 Liter für gewerbliche und öffentliche Zwecke.

Anzahl anderer Städte dieselben Wasserläufe ebenfalls als Vorfluter benutzen, bestehen die städtischen Abwässer auch nicht allein aus den der Wasserversorgung entsprechenden Mengen.

Der in einer Stadt sich bildende Abwasserstrom erhält als Nebenzufluß mehr oder minder beträchtliche Mengen gewerblicher Abwässer. Diese steigern einmal die Menge, da ein nicht unbeträchtlicher Teil und zwar besonders die größeren gewerblichen Anlagen eigene lokale Wasserversorgungen besitzen, andererseits beeinflussen sie die Zusammensetzung in mehr oder minder hohem Grade.

Die Steigerung der Abwassermenge durch gewerbliche Anlagen mit eigener Wasserversorgung ergibt sich aus einem Vergleich des sogenannten Trockenwetterabflusses — durchschnittliche Abwassermenge an regenf freien Tagen — und der Reinwasserzufuhr. Es zeigt sich, daß in London, Manchester, Salford und Nottingham in beträchtlichem Maße lokale Versorgungsanlagen bestehen. In London beträgt die Reinwasserzufuhr pro Kopf und Tag 157 Liter; Barking, die Abwässerungsanlage für $3\frac{1}{2}$ Millionen Einwohner Londons — nördlich der Themse — bewältigt 680 000 cbm Trockenwetterabfluß, d. h. 194 Liter täglich. In Manchester ist das Verhältnis 130 zu 200 Liter. In Salford 124 zu 157 und in Nottingham 112 Liter zu 160. London schickt deshalb auch nicht nur 500 000 cbm Abwässer täglich in die Themse, sondern sogar an regenf freien Tagen mindestens die doppelte Menge, so daß sich das Verhältnis von Flußwasser zu Abwasser wesentlich ungünstiger stellt. Hier ist allerdings zu berücksichtigen, daß in der Themse an der Einmündungsstelle der Abwässerkänäle schon eine bedeutende Flutwirkung besteht. Manchester und Salford haben zusammen eine Trockenwetterabwassermenge von rund 150 000 cbm. Das Mengenverhältnis des Irwell-Mersey Wassers zu dem Trockenwetterabfluß der beiden Städte stellt sich also auf 6 zu 1. In Nottingham besteht etwa 30 % des Abwassers aus Fabrikabwässern. Die Wasserversorgung liefert 112 Liter pro Kopf, der Trockenwetterabfluß beträgt 160 Liter. In geringem Grade bestehen für die Fabriken besondere Wasserversorgungsanlagen in Exeter und Accrington. Das Mehr aus ihnen beträgt 10 bzw. 13 Liter pro Kopf und Tag. In Burnley, Chorley, Birmingham, Leeds und Glasgow entnehmen die gewerblichen Anlagen ihren Wasserbedarf aus der öffentlichen Versorgung; die Abwassermenge deckt sich annähernd in diesen Städten an regenf freien Tagen mit der Wasserzufuhr.

Die qualitative Beeinflussung der Abwässer durch die Abflüsse gewerblicher Anlagen ist gelegentlich eine günstige. Dies ist in Nottingham der Fall, wo die Fabrikabwässer fast reines Wasser darstellen und die Verrieselung des Abwassers erleichtern. In Leeds enthalten die Abwässerabflüsse viel Eisensalze, die bis zu einem gewissen Grade üble Gerüche zurückhalten und bei der Klärung mittels Chemikalien den Zusatz in Eisensalzen überflüssig machen. In Birmingham ist ähnliches der Fall, dort lassen sich in dem Klärschlamm nicht unbeträchtliche Mengen von Eisen, Kupfer und sogar Spuren von Gold nachweisen.

Gewöhnlich erschweren jedoch die Fabrikabflüsse die Reinigung der Gesamt abwässer. In Leeds wurde sehr über den reichlichen Gehalt der Abwässer an Wollfasern, welche der dortigen ausgedehnten Tuchindustrie entstammen, geklagt. Die Abflüsse der zahlreichen Färbereien und chemischen Fabriken bewirken eine Verfärbung der Abwässer, welche in weiten Nuancen schwankt, sehr häufig wechselt und an die Leistungsfähigkeit der Anlagen hohe Forderungen stellt. In Chorley beeinflussen die Abgänge aus einer großen Lederfabrik, sowie aus dem Schlachthause die Zusammensetzung in ungünstiger Weise, indem sie die Menge der gelösten und ungelösten fäulnisfähigen Stoffe zeitweise in unverhältnismäßig hohem Grade steigern. Auch fetthaltige Abwässer erschweren die Reinigung (Fett- und Talgschmelzen, Manchester) ebenso die ölhaltigen aus Gaswerken. Der Zufluß großer Mengen anorganischer Säuren (Metallindustrie, Birmingham) ist bisweilen ein so beträchtlicher, daß das Abwasser mit leicht saurer Reaktion auf der Reinigungsanlage ankommt und schon seiner Reaktion wegen der Zerlegung und Reinigung Schwierigkeiten bereitet.

Der Einfluß der gewerblichen Abwässer auf die Zusammensetzung der Gesamtabwässer schwankt von Stadt zu Stadt und auch hier noch zeitlich ziemlich weitgehend.

Trotzdem das Einleiten der Fabrikabflüsse in die öffentlichen Kanäle den Gemeindeverwaltungen Opfer auferlegt, weil die zu beseitigenden Mengen nicht unwesentlich gesteigert werden und trotzdem diese Opfer sich noch dadurch erhöhen, daß die Abwässer wegen ihrer Beschaffenheit größere und kompliziertere Reinigungsanlagen erfordern, haben die meisten Stadtverwaltungen sich nicht entschließen können, den gewerblichen Unternehmungen Beschränkungen aufzuerlegen. Bezeichnend für diese Anschauung sind einige Sätze aus einem Artikel im Nottingham Daily Express vom 17. November 1904:

The Nottingham City Council decided in its wisdom to admit into its sewers all trade effluents without making any charge for the additional cost incurred by their treatment. The Royal Commission had before it a mass of evidence from both sides—that is, from the manufacturers on the one side and from the point of view of local authorities on the other. The Royal Commission experienced the same difficulty in dealing with this subject as many others have done. The City Engineer (Mr. A. Brown) in his report to the City Council pointed out the difficulty of making a special charge to the manufacturers for treating the trade effluents discharged by them into the river Leen, when persons in the same trades in the city of Nottingham had obtained what they believed to be a prescriptive right to deliver these effluents into the public system of sewers, having done so for very many years.

The policy adopted at Nottingham of taking all trade effluents is no doubt the fairest to all parties, but it naturally increases the volume and difficulty of dealing with the sewage, and as now the trade effluents represent nearly half the total volume of the sewage, it can be easily estimated how very largely the dealing with trade effluents is responsible for the great outlay on the extension of the sewage farm at Stocke. To have put in force the Powers of the Rivers Pollution Act would, there is no doubt have ruined the trades, and the Council, it is considered, took a wise view in electing to take the responsibility of purifying these trade effluents rather than ruin the trades or cause them to leave the town.

Nur hier und dort ist die Einleitung der Fabrikabwässer in die Kanäle an einschränkende Bedingungen geknüpft; diese sind jedoch durchweg leicht zu erfüllen. Salford, Leeds und Birmingham verlangen z. B. nur Sammelbecken in den größeren Fabriken, um die Belastung der Straßenkanäle gleichmäßig zu verteilen; Birmingham auch nur dann, wenn Mineralsäuren in das Abwasser gelangen. Salford geht so weit, daß es den in den Fabrikammelbecken sich anhäufenden Schlamm durch Karren, welche der Abwasserreinigungsanstalt gehören, abholen läßt und ihn den Schlammmassen in der Kläranlage beimischt. In Manchester wird verlangt, daß die Fabrikabwässer sich über die 24 Stunden des Tages möglichst gleichmäßig verteilen, daß sie keine Stoffe enthalten, welche die Kanäle schädigen oder innerhalb derselben gefährlich wirken können (Explosionen); auch darf die Menge der ungelösten Stoffe eine bestimmte Höhe nicht überschreiten.

Den dritten Faktor, welcher die Abwässer quantitativ und qualitativ beeinflusst, bilden die meteorischen Niederschläge. Diese werden in den englischen Städten, wo nicht ganz besondere Verhältnisse vorliegen, durchweg mittelst des Kanalsystems abgeführt. Unter den von uns besuchten Städten waren es nur Burnley, Horfield und Friern Barnet, welche für die Ableitung der Himmelswässer besondere Kanäle besitzen und hier waren es auch nur einzelne Teile des Entwässerungsgebietes. Die Aufnahmefähigkeit des Kanalsystems ist naturgemäß eine beschränkte; überall sind daher Notauslässe angeordnet, welche die Abwässer auf dem kürzesten Wege den Flüssen zuführen, so bald sie durch die Niederschläge bis zu

einem gewissen Grade verdünnt sind. In London traten die Notauslässe bei 6,4 mm Regenhöhe in 24 Stunden in Tätigkeit; in Leeds, wenn die Menge des Trockenwetterabflusses auf das $3\frac{1}{2}$ -fache gestiegen ist, in Salford auf das vierfache, in Manchester, Exeter und Chorley auf das sechsfache. Die sechsfache Menge scheint überall die obere Grenze zu bilden.

Qualitativ werden die Abwässer durch die Himmelswässer insofern beeinflusst, als eine Verminderung der gelösten Stoffe, eine Vermehrung der ungelösten eintritt. Letztere sind im wesentlichen von der Oberfläche der Straßen abgespült und schwanken außerordentlich nach der Beschaffenheit des Pflastermaterials, der Frequenz der Straßen, nach der Reinhaltung derselben in regensfreien Tagen, nach der Menge und Intensität des Regens usw.

Den weitgehenden durch die Himmelswässer bedingten Schwankungen können die Reinigungsanlagen nur bis zu einem gewissen Grade folgen. In England pflegt man zu verlangen, daß bis zur dreifachen Menge die Reinigung in gleicher Weise wie beim Trockenwetterabfluß durchgeführt wird, für die darüber hinausgehenden Mengen — sogenanntes Sturmwasser — hält man aber eine weniger durchgreifende Reinigung für zulässig. Der letzteren Anschauung ist beizustimmen; sie wird noch durch die Tatsache gestützt, daß Regenmengen, welche eine Verdünnung des Abwassers um mehr als das Dreifache bewirken, auch die in den Flußläufen vorhandenen Wassermengen erheblich steigern.

Die Zufuhr von Kot und Urin beeinflusst die Beschaffenheit der Abwässer nicht in nennenswerter Weise. In England ist wie in Deutschland das Spülklosett-System im Fortschreiten begriffen. In Leeds, Accrington, Burnley, Horfield und Exeter fanden wir dasselbe schon durchgeführt; in Accrington und Burnley wird die Spülung zum Teil mit Brauchwasser, zum Teil mit Reinwasser bewerkstelligt. In Nottingham ist das Spülklosett noch nicht allgemein, für Neubauten aber vorgeschrieben. In Manchester waren im Anfang des Jahres 1902 rund 46 000 Spülklosetts und 74 000 Tonnenklosetts vorhanden. In Chorley besteht noch das Rübelsystem, doch wird hier der Inhalt der Tonnen vielfach in die Straßenkanäle entleert.

Die Entfernung der Abwasserreinigungsanlagen von dem Zentrum des Entwässerungsgebietes ist durchweg eine geringe. Für die Reinigungsmöglichkeit ist eine größere Entfernung im allgemeinen nicht ungünstig, weil in dem längeren Stammstiel eine gleichmäßigere Durchmischung der verschiedenen Abwasserarten erfolgt, weil ferner die gröberen Partikel mancher Schwemmstoffe in kleinere sich auflösen und weil der Abbau der fäulnisfähigen Stoffe schon bis zu einem gewissen Grade vor sich geht. Diesen Vorteilen stehen aber selbst dort, wo das Abwasser mit natürlichem Gefälle der Reinigungsanlage zufließt, wo also Kosten für Pumpwerke wegfallen, die erhöhten Anlagen- und Unterhaltungskosten für die längeren Stammstiele gegenüber. Es ist unter gewissen Umständen ein weiterer Nachteil, daß der Geruch des Abwassers mit eingetretener Fäulnis belästigender wirkt als der des frischen.

In Friern Barnet liegt die Anlage innerhalb des zu reinigenden Distriktes — Friern Barnet hat einen ländlichen Charakter. In Exeter ist sie 1 km, in Accrington 2 km, in Salford, Chorley und Horfield 3 km von dem Zentrum der Stadt entfernt. In Burnley beträgt die Entfernung 4 km, in Leeds 5 km. Die Vorreinigungsanlage liegt in Birmingham etwa 4 km, das Rieselfeld etwa 9 km von der Stadt entfernt. In Manchester beträgt die Entfernung 8 km, in Glasgow West 11 km, während die Reinigungsanlage in Glasgow Ost unmittelbar am Ende der Stadt liegt. Der Mittelpunkt des Rieselfeldes in Nottingham ist 12 km von der Stadt entfernt. Die Abwasserreinigungsanlagen für London liegen 13 km — Barling für den nördlich der Themse gelegenen Stadtteil — bzw. 16 km — Großneß für den südlichen Stadtteil — von der London Bridge, dem annähernden Mittelpunkte der Stadt, entfernt.

Die einzelnen Reinigungsanlagen.

Dem Zwecke unserer Reise, möglichst verschiedene Typen der Abwässerreinigung in praktischer Ausführung kennen zu lernen, trug die uns beratende Royal Commission on Sewage Disposal in weitgehender Weise Rechnung. Die nachstehende Zusammenstellung möge eine kurze Übersicht über die besichtigten Systeme geben.

I. Beseitigung ohne weitergehende Vorbehandlung: Bristol.

II. Klärung in Abfäßbecken unter Zusatz von Chemikalien:

A. ohne Nachbehandlung des geklärten Wassers: Barking (London), Leeds, Glasgow Westwerk, Glasgow Ostwerk.

B. mit Nachbehandlung in einfachen Körpern: Chorley, Horfield, Salford.

C. mit Nachbehandlung in doppelten Körpern: Friern Barnet.

III. Vorbehandlung in Faulbecken, Nachbehandlung:

mit Tropfkörpern: Accrington,

mit einfachem Eintaufkörper: Exeter,

mit primären und sekundären Eintaufkörpern: Manchester, Burnley,

mit Tropfkörpern oder mit Rieselfeldern: Birmingham.

IV. Beseitigung durch Rieselrei ohne Vorbehandlung: Nottingham.

Bevor die einzelnen Anlagen beschrieben werden, seien einige sich häufig wiederholende Fachausdrücke kurz erklärt. Wir schließen uns dabei im wesentlichen der von Bredttschneider und Thumm gewählten Nomenklatur an.

Vorfluter bedeutet derjenige Wasserlauf, welcher die Abwässer aufzunehmen hat.

Als **Abfäß- oder Klärbecken** sind diejenigen Becken bezeichnet, in welchen nur ein Abscheiden der Schwebstoffe erstrebt wird; legt man Wert darauf, daß in solchen Becken neben der Abscheidung noch eine intensive Fäulnis der gelösten und ungelösten Stoffe vor sich geht, so spricht man von **Faulbecken** oder **Septictanks**.

Eintaufkörper oder **Füllkörper** sind solche mit festem Materiale gefüllte Becken, in welche Abwasser so lange hinein geleitet wird, bis die Zwischenräume zwischen dem festen Materiale gefüllt sind, und welche periodisch gefüllt und geleert werden. Im Gegensatz dazu bringt man bei den **Tropfkörpern** das Abwasser in feiner Verteilung nur auf die Oberfläche und läßt es so durchlaufen, daß eine Füllung der Poren nicht entsteht.

Einfache, erststufige oder primäre Körper sind diejenigen, welche das Abwasser nach der Vorbehandlung zu reinigen haben, **doppelte, zweistufige oder sekundäre Körper** solche, die mit den Abflüssen aus dem einfachen Körper beschickt werden.

Das in Deutschland vielfach geübte Verfahren, die Abwässer ohne Zusatz von Chemikalien durch Stromverlangsamung in Abfäßbecken von einem Teil ihrer Schwebstoffe zu befreien und das so geklärte Wasser den Vorflutern zuzuführen, haben wir in England nicht gesehen; nach uns gewordenen Auskunft wird es dort mit Rücksicht auf die besonderen Verhältnisse für unzureichend gehalten und kommt deshalb kaum zur Anwendung.

I.

Beseitigung ohne weitergehende Vorbehandlung.

Bristol steht unter außerordentlich günstigen Bedingungen; sein Vorfluter, die breitgewordene Mündung des Severnflusses bzw. der Bristolkanal, in welchen der atlantische Ozean mit seiner mächtigen Flutwelle frei hineinspülen kann, gestattet es, die solchen Wassermengen gegenüber verschwindenden Abwassermengen der Stadt ohne Klärung weglaufen zu lassen. Es trifft hier ähnliches zu wie in Deutschland für Hamburg, wenngleich die Verhältnisse in Bristol noch günstiger liegen. So einfach gestaltet sich die Beseitigung der Abwässer aber selten. Selbst dort, wo der Unterlauf der Themse und des Clyde als Vorfluter zur Verfügung stehen, hat man große Reinigungsanlagen herstellen müssen.

II.

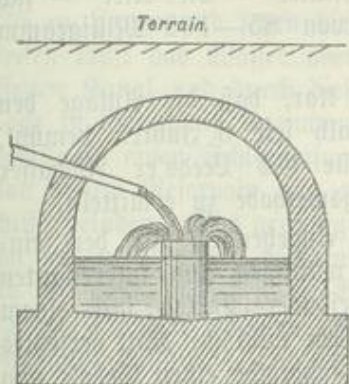
Reinigung der Abwässer in Abklärbecken unter Zusatz von Chemikalien.

A. Das geklärte Abwasser wird ohne weitere Behandlung den Flußläufen überwiesen.

Diese Reinigungsart ist in Gebrauch in London, Leeds und Glasgow.

London. Das Abwasser des nördlich der Themse gelegenen Stadtteiles (täglich 680 000 cbm Trockenwetterabfluß) wird in drei nebeneinander liegenden Stammseilen, welche zur Regelung des Abflusses untereinander durch Querverbindungen verbunden sind, der in Barking liegenden Reinigungsanlage zugeführt. Das aus den tiefer gelegenen Stadtteilen stammende Wasser hat vorher gehoben werden müssen. In der Reinigungsanlage erhält das Abwasser zunächst einen Zusatz von Kalk und zwar 71 gr pro cbm. Der Kalk wird zugeführt in Form von Kalkmilch, die mittelst Kanalwasser aus dem Kalk hergestellt wurde. Um eine innige Mischung beider Flüssigkeiten herbeizuführen, wird die Kalkmilch nicht einfach mittelst

eines Rohres in den Abwasserstrom geleitet, sondern sie schlägt entsprechend nebenstehender Skizze auf einen eingemauerten Steinsockel, um auf diese Weise nach allen Seiten zu versprühen. Der Kalk wird oberhalb London gewonnen und auf dem etwa 23 km langen Flußwege nach der Verbrauchsstelle geschafft. Etwa 400 m unterhalb der Zuleitungsstelle der Kalkmilch erfolgt die Zuführung von Eisenvitriol. Die Menge beträgt 14 gr pro cbm. Die Auflösung erfolgt unter Verwendung von reinem heißem Wasser. Kalk und Eisenvitriol finden auf einem weiteren 200 m langen Wege Gelegenheit, sich mit dem Abwasser gleichmäßig zu mischen. Dann erfolgt



die Stromverlangsamung des Wassers durch Eintritt in die Klärbecken. Diese sind als überdeckte Längskanäle mit einer Länge von 300 m und einem Querschnitt von 4,5 m nebeneinander liegend angeordnet. Das Abwasser strömt in ihnen mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 15—20 mm in der Sekunde und findet damit Gelegenheit, während seines 4—6 stündigen Aufenthaltes in diesen Kanälen den größten Teil seiner Schwemmstoffe und die durch den Kalk und Eisenvitriolzusatz künstlich erzeugten Niederschläge absetzen zu lassen. Unterhalb der Klärbecken ist ein Querkanal angeordnet. Aus diesem fließt das Wasser noch durch vier ebenfalls unterirdisch gelegene aus früheren Zeiten stammende Bassins und von diesen in die Themse.

Die Schieberstellungen in den Reinigungsbecken werden von einer Zentralsstelle aus auf mechanischem Wege geregelt. Der Wasserstand in den Klärbecken wird durch Schwimmervorrichtungen dorthin automatisch angezeigt. Die Abklärbecken sind etwa 4 Tage in Gebrauch, dann werden sie gereinigt. Den in ihnen befindlichen Schlamm läßt man durch unterirdische Kanäle in einen gemeinsamen Schlammsumpf laufen, wo er zum Absitzen kommt. Das im Schlammsumpf sich bildende Wasser — täglich etwa 4—5000 cbm — wird dem Stammseile nochmals zur Reinigung zugeführt. Seine Beschaffenheit ist eine so schlechte, daß ein Zusatz von 286 gr Kalk und 143 gr Eisenvitriol pro Kubikmeter erforderlich ist. Aus dem Schlammsumpf fließt der Schlamm entweder mit eigenem Gefälle in Tankschiffe oder er wird bei Hochflut oder Nebel in ein Hochreservoir gepumpt. Letzteres hat ein Fassungsvermögen von 15 000 cbm.

Näheres über die Mengen des Schlammes, seine Zusammensetzung und seinen weiteren Verbleib soll im Zusammenhange mit den übrigen Anlagen in einem besonderen Abschnitte erörtert werden.

Etwa 80 % der ungelösten Stoffe sollen in Barking im Durchschnitt entfernt werden. Das ablaufende Wasser ist jedoch noch trübe, wie wir uns überzeugen konnten, es ist nicht geruchsfrei und noch fäulnisfähig. Klagen über Belästigungen im Vorfluter sind nicht laut geworden, weil das Wasser desselben seiner Seewasserbeimengungen wegen für Nutz- und Brauchzwecke nicht mehr herangezogen wird.

Barfing besitzt als Nebenanlage noch alte Dibdinische Einstaufkörper, deren unterste Schicht bereits 12 Jahre liegt. Sie dienen Versuchszwecken und reinigen Wasser, welches aus den Abfäßbecken abfließt.

Leeds. Das Abwasser fließt der Reinigungsanlage in einem Stammfäß zu, welches das dreieinhalbfache des Trockenwetterabflusses zu fassen vermag. Letzterer beträgt 76 000 cbm täglich. In der Anlage muß das Wasser zunächst 1,5 m gehoben werden, doch vermögen die Pumpen zur Zeit nur die zweieinhalbfache Menge zu bewältigen; es ist jedoch eine demnächstige Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit auf das sechsfache des Trockenwetterabflusses vorgesehen. Diejenigen Wassermengen, welche nicht gehoben werden können, fließen neben der Anlage in den Vorfluter. Die Klärung der Hauptwassermengen geschieht unter Zusatz von Kalk und zwar 43 gr pro cbm. Ein Zusatz von Eisensalzen ist nicht erforderlich, weil die Abwässer solche in großen Mengen enthalten. Die Strömung des Wassers ist in den Abfäßbecken soweit verlangsamt, daß der Aufenthalt in denselben etwa drei Stunden beträgt. Dennoch hat das in den Vorfluter — die Aire — sich ergießende Wasser noch einen Gehalt an Schwebestoffen von 85—100 Milligramm im Liter.

Man ist sich in den beteiligten Kreisen darüber klar, daß die Anlage den zu stellenden Anforderungen nicht genügt und ist deshalb seit 8 Jahren bemüht, durch im großen Maßstabe angestellte Versuche die für das Leeds'er Abwasser geeignetste und dabei am wenigsten kostspielige Reinigungsmethode zu ermitteln.

Diese Versuchsanlagen bieten für den, der sich eingehender mit den einschlägigen Vorgängen beschäftigen will, eine Fülle von wichtigen und interessanten Einzelheiten. Um einzelnes herauszuheben, so sind besondere Becken mit einem Fassungsvermögen von 12 000 cbm eingerichtet, in welchen nicht mit Kalk versetztes Abwasser zum Ansäulen gebracht wird. Während die Rohjauche einen Gehalt von etwa 560 Milligramm im Liter hat, besitzt das hier ablaufende Wasser nur einen solchen von 200 Milligramm. Die verbleibenden 360 Milligramm haben sich jedoch nicht einfach niedergeschlagen, sondern 140 Milligramm, d. h. annähernd vierzig Prozent haben sich vergast. Es bedeutet dies eine außerordentliche Schlammverminderung. Die aus diesen Septictants stammenden Abwässer gelangen mittelst Überfälle zum Abfluß, angeblich um eine Durchlüftung herbeizuführen. Sie sind nicht übelriechend, eine Tatsache, die auf den hohen Gehalt des Rohwassers an Eisensalzen zurückgeführt wird. Die Faulbeckenabflüsse werden auf Tropfkörpern, die mittelst drehbarer Sprenger beschickt werden, nachbehandelt. Der eine Tropfkörper hat eine Höhe von 1,5, der andere eine solche von 2,4 m. Sie erhalten auf den Quadratmeter Oberfläche täglich 1,1 cbm Abwasser. Die Tropfkörperabflüsse haben, wie anderswo auch, den Schönheitsfehler, daß sie nicht vollständig blank sind und schwärzliche Flocken enthalten, die zwar meistens nicht mehr säunischfähig sind, aber wegen ihrer spezifischen Schwere in kleinen Vorflutern belästigend wirken können. Man leitet deshalb in Leeds diese Abflüsse noch auf besondere Filterbecken aus grobem Material mit aufgebrachtener Feinschicht und erzielt so vollkommen blankes Wasser. Neben diesen größeren Versuchsanlagen sind noch eine Reihe kleiner vorhanden, um technische Einzelheiten zu erproben. Unter andern hat man den Versuch gemacht, das Rohwasser durch sehr feine Drahtsiebe von seinen Schwebestoffen zu befreien. Das Wasser wird intermittierend zugeleitet; jeder nachfolgende Schub spült die von dem vorhergehenden Zufluß auf dem Siebe lagernden Stoffe zur Seite, so daß die Reinigung des Siebes automatisch erfolgt. Nach einer Äußerung des Führers hat die praktische Verwertung einer solchen Einrichtung im großen jedoch mancherlei Schwierigkeiten.

Die Versuche in Leeds gehen ihrem Ende entgegen. Die endgültigen Ergebnisse waren zur Zeit unserer Besichtigung in Bearbeitung, so daß wir eine bestimmte Auskunft nicht erhalten konnten. Wir hatten jedoch den Eindruck, daß man dort auch zu dem System der Faulbecken mit nachfolgender Tropfkörperbehandlung greifen wird.

Glasgow. Glasgow hat die Reinigung seiner Abwässer dezentralisiert. Es hat drei Systeme: eins für den südlich des Clyde gelegenen Stadtteil, die Reinigungsanlage liegt am westlichen Ende der Stadt bei Schieldhall, sie ist noch nicht ganz fertig gestellt; zwei für die nördlich des Clyde gelegenen Stadtteile. Der Westen und das Zentrum dieses Stadtteiles entwässern nach der in Dalmuir gelegenen Anlage, dem sogenannten Westwerk, der Osten hat ein besonderes Werk in Dalmarnoch, am Ostende der Stadt — Ostwerk.

Das Südwerk und das Westwerk sollen im Durchschnitt täglich 440 000 cbm Abwasser reinigen, das gereinigte Abwasser erfährt in dem Vorfluter zur Flutzeit eine Verdünnung von 1 : 30.

Das Ostwerk reinigt etwa 63 000 cbm täglich, die Verdünnung im Vorfluter beträgt 1 : 40.

Westwerk. Diese Anlage ist erst in den letzten Jahren hergestellt. Die Abwässer werden mit Kaltwasser und gelöstem Eisenoxyd versetzt und zwar zunächst mit dem Eisenpräparat und dann mit dem Kalk. Sie durchfließen Abfäßbecken von 225 m Länge und setzen hier den größten Teil ihrer Schwebstoffe ab. Aus den Becken läuft das Wasser über einen Überfall in einen allen Becken vorgeschalteten offenen Kanal und durch diesen in den Clyde. Die Abfäßbecken sind gewöhnlich sechs Tage in Benutzung, manchmal aber auch 10. Der Schlamm läuft mit natürlichem Gefälle in einen Schlammsumpf, aus welchem er in ein Hochreservoir gepumpt wird. Von diesem Reservoir aus werden die den Schlamm definitiv entfernenden Tankschiffe beladen. Das gereinigte Wasser hatte am Besichtigungstage eine Durchsichtigkeit von 14 cm erreicht, während diejenige des Rohwassers 2—3 cm betrug. Man sah in dem abfließenden Wasser noch Schwebstoffe in geringer Menge. Nach einigen Stunden setzte es zahlreiche bräunliche Flocken von Eisen ab. Der Geruch war nicht auffallend, ein leichter Stich ins Miderige war vorhanden. Die von uns vorgenommene chemische Analyse*) ergab in saurer Lösung einen Permanganatverbrauch von 159, in alkalischer von 193 mg. Salpetrige- und Salpetersäure waren nicht vorhanden. Das Abwasser kann also als vollständig gereinigt nicht angesehen werden, für den vorhandenen Vorfluter genügt jedoch das Maß der erreichten Reinigung. In Dalmuir wurde besonderer Wert darauf gelegt, die Chemikalien billig herzustellen und weitgehend auszunutzen. Man hat dort besondere und technisch vollkommene Anlagen zu diesem Zwecke errichtet, die sich nach einer Äußerung des Chefingenieurs trotz ihrer Anlagekosten vorzüglich rentieren. Der sorgfältig zerkleinerte Kalk wird in großen Becken zu Kalkmilch und darauf zu Kaltwasser verarbeitet. Dann läßt man in den Becken das Kaltwasser sich klären und benutzt zur Abwasserreinigung nur dieses geklärte Kaltwasser. Der verbleibende Kalkschlamm wird mittels mechanisch betriebener Rechen aufgerührt und von neuem zu Kaltwasser verarbeitet. So wiederholt sich der Vorgang, bis aller Kalk verbraucht ist. Auf diese Weise gelingt es, von dem Rohkalk 86 % auszunutzen.

Auch die Herstellung des schwefelsauren Eisenoxyds geschieht auf dem Werke selbst. Zunächst wird in großen Bassins, die mit Blei ausgeschlagen sind, schwefelsaures Eisenoxydul hergestellt und zwar durch Einwirkung von Schwefelsäure auf alte Schmiedeeisenabfälle. Das Mengenverhältnis beträgt 4,5 Teile Schwefelsäure, 2 Teile Eisen und 3,5 Teile Wasser. Die Oxydation der schwefelsauren Eisenoxydulösung erfolgt durch Einwirkung von Salpeter oder Natriumnitrit bei Gegenwart von freier Schwefelsäure. Das Verfahren ist patentiert. Dem Erfinder wurde für das Patent 40 000 Mk. bezahlt, das Verfahren rentiert sich aber angeblich jährlich mit 120 000 Mk.

Glasgow Ostwerk (Dalmarnoch). Das Entwässerungsgebiet hat eine Einwohnerzahl von 200 000 Menschen. Die Klärung des Abwassers erfolgt hier mittels Zusatz von schwefelsaurer Tonerde und Kalk im Verhältnis von 2 zu 1. Die Menge der dem Abwasser zuzusetzenden Chemikalien wird von halber zu halber Stunde durch Probeentnahme und Zusatz bis zur neutralen Reaktion bestimmt. Der Betrieb der Abfäßbecken war früher in der Weise geregelt, daß man sie nach

*) Die von der Kommission veranlaßten Analysen sind in dem Bremischen Hygienischen Institut ausgeführt.

der Füllung einige Stunden ruhig stehen ließ, man hat aber gefunden, daß bei dauerndem Durchlaufen mit etwa 4 bis 5 stündigem Aufenthalt des Wassers in den Becken qualitativ ebensoviel und quantitativ mehr erreicht wird. Zur Nachbehandlung des geklärten Wassers sind eine Anzahl Filterbecken eingerichtet worden. Der Betrieb ist jedoch mit Rücksicht auf die hohen Kosten wieder aufgegeben. Man begnügt sich mit der in den Abfäßbecken erzielten Reinigung und dieselbe ist in der Tat als eine relativ gute zu bezeichnen. Es gelingt, die Schwebestoffe fast vollständig zu beseitigen, obgleich der Gehalt der Rohjauche an denselben zeitweise ein recht hoher ist — nach einem Berichte des Chefingenieurs schwankt der Gehalt zwischen 280 und 14 000 Milligramm im Liter. Am Besichtigungstage hatte nach unseren Feststellungen das gereinigte Wasser eine Durchsichtigkeit von 47 cm erreicht und zeigte nur noch kaum bemerkbare Spuren von Schwebestoffen. Freilich waren gelöste fäulnisfähige Stoffe noch in reichlicher Menge vorhanden. Das ablaufende Wasser hatte einen leichten Fäkalgeruch und setzte nach einigen Tagen hellgraue Flocken in ziemlicher Menge ab; eine stärkere Fäulnis war jedoch nicht eingetreten. Eine von uns ausgeführte Analyse ergab eine Oxydierbarkeit in der Höhe von 156 mg bzw. 181 mg Kaliumpermanganatverbrauch in saurer bzw. alkalischer Lösung und die Anwesenheit von 30 mg Gesamtstickstoff bei 11,9 Ammoniak- und 2,2 Albuminoidstickstoff.

Der Clyde führt so viel Wasser, daß Belästigungen durch den Zufluß des in Dalmarnoch gereinigten Wassers nicht eintreten, obgleich er noch die ganze Stadt durchströmt. Zu Trinkwasserzwecken ist das Wasser freilich nicht brauchbar. Wir können dem städtischen Ober-Ingenieur jedoch beistimmen, wenn er mit Rücksicht auf den Reinigungseffekt sagt: The result may leave something to be desired, but it must be borne in mind that economy imposes a limit on achievement in this direction.

Der Reinigungseffekt mittelst Klärung unter Zusatz von Chemikalien ist in den vorstehend kurz geschilderten Anlagen nur ein teilweise befriedigender. Überall sind aber große Mengen Abwässer zu bewältigen, deren weitergehende Reinigung bedeutende Kosten bedingen würden. London und Glasgow können sich mit dem Erreichten begnügen, da die zur Verfügung stehenden Vorfluter nicht unbedeutende Wassermengen führen und das Flußwasser unterhalb dieser Städte zu Nutz- und Branchzwecken keine Verwendung mehr findet. Für das zentral gelegene Leeds trifft beides, wie bereits erwähnt, nicht zu; es ist deshalb im Begriffe, sein Reinigungsverfahren weiter auszugestalten.

Eine Art dieser erweiterten Ausgestaltung ist in der jetzt zu beschreibenden Gruppe von Städten vorhanden. Sie besteht in der Nachbehandlung der vor- geklärten Wässer in einfach angeordneten Reinigungskörpern. Diese Städte sind Chorley, Horfield und Salford.

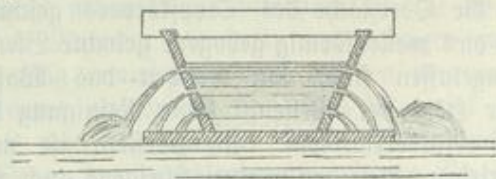
Gruppe II. B. Chemische Vorklärung; Nachbehandlung in einfachen Körpern.

Chorley. Die Einwohnerzahl beträgt 28 500. Der Jahresdurchschnitt der zu reinigenden Abwassermengen beläuft sich pro Tag auf 4500 cbm, pro Kopf also auf 180 Liter. Die Reinigung geschah früher auf einem Kieselfelde. Die zur Verfügung stehende Fläche beträgt jedoch nur 32 ha, es hatte also ein ha die Abwässer von 900 Einwohnern aufzunehmen. Das Feld mußte infolgedessen überlastet werden und versagte. Zur Zeit wird es noch gelegentlich zu Düngungszwecken mit gutem Erfolge überrieselt.

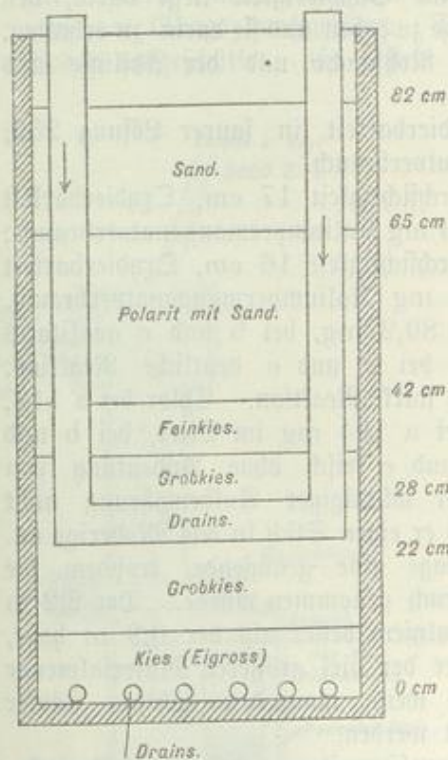
Die chemische Klärung geschieht mittelst Zusatz von Aluminiumsulfat. Das Präparat wird in der Anlage selbst aus Bangit, einer vorwiegend Aluminiumoxyd enthaltenden Gesteinsart, Schwefelsäure und Wasser, hergestellt. Man erhält das Aluminiumsulfat dabei in Form von Blöcken von etwa 30 zu 15 cm, die in das Zulaufgerinne des Schmutzwassers gelegt werden, sich dort nach und nach auflösen und so mit dem letzteren vermischen. Die Mischung durchfließt noch einen etwa 100 m langen Kanal und gelangt dann in die Abfäßbecken. Der Betrieb ist hier ein intermittierender, d. h. die Becken werden gefüllt und bleiben nach der Füllung

etwa 3 bis 4 Stunden ruhig stehen; dann läßt man das Wasser ablaufen. Nach zweimaliger Benutzung eines Beckens erfolgt die Beseitigung des Schlammes. Derselbe fließt mittelst eigenen Gefälles nach einem Liegeplatz und wird von hier aus weiter verarbeitet.

Zum Nachreinigen des chemisch vorgeklärten Wassers sind 15 Filterbetten eingerichtet, von denen die an den Enden liegenden je drei je eine Grundfläche von 170 qm, die mittleren nur die halbe Größe haben. Die Beschickung der Becken geschieht automatisch von Vorbecken aus, die Verteilung des Wassers mittelst hölzerner



auf der Oberfläche liegender Rinnen. Jedes Filter wird etwa alle 40 Minuten mit dem Inhalte eines Vorbeckens — 11 cbm — überschüttet. Da das Wasser schon in wenigen Minuten durchläuft, so bleibt hinreichend Zeit für eine gründliche Durchlüftung der Filterbetten.



Der Aufbau der Filter ergibt sich aus der nebenstehenden Skizze. Die Verwendung des Polarite — ein nach Angabe des Patentinhabers magnetisch wirkendes Eisenoxyd — hat keine besonderen Vorzüge. Die Filter werden etwa alle Woche einmal durch rückströmendes Wasser unter gleichzeitigem Umrechen der obersten Sandschicht gereinigt.

Der Reinigungseffekt der Anlage ist ein guter. Unsere Analyse des gereinigten Abwassers ergab folgende Zahlen: Durchsichtigkeit über 50 cm, Oxydierbarkeit 37 bzw. 62 mg. Permanganatverbrauch in saurer bzw. alkalischer Lösung. Ammoniakstickstoff 5,44, Albuminoidstickstoff 1,68, Gesamtstickstoff 21,0 mg im Liter. Salpetrige Säure 0, Salpetersäure reichlich, Abdampfrückstand 724 mg, Glühverlust 144 mg. Chlor 46 mg im Liter. Schwebestoffe nur in Spuren vorhanden. Das Wasser ist geruchlos, klar und fault bei achttägiger Beobachtung nicht nach.

Belästigungen sind in dem kleinen Vorfluter — Narrowfluß, einem Nebenfluß des Ribble — nicht aufgetreten.

Horfield. H. ist ein kleiner Vorort von Bristol mit etwa 2500 Einwohnern; seine Abwässer

konnten wegen Terrain-Schwierigkeiten schwer mit denjenigen Bristols vereinigt werden. Man zog es deshalb vor, für Horfield eine besondere Reinigungsanlage zu bauen. Die zu reinigende Menge beträgt bei trockenem Wetter täglich 250 cbm, am Besichtigungstage waren es infolge Regensfalls 340 cbm. Bis zu 500 cbm vermag die Anlage zu bewältigen. Die Abwässer sind reine Hausabwässer von bedeutender Konzentration.

Als Klärmittel wird hier schwefelsaure Tonerde zugefetzt und zwar 110 gr pro cbm Abwasser. Die Abscheidung der Schwebestoffe erfolgt nicht in Becken, sondern in Klärbrunnen, die in England vielfach den Namen Dortmundbrunnen führen. Das Wasser wird den Brunnen in geschlossenen Röhren bis etwas mehr als die halbe Tiefe von oben her zugeführt, erhält dadurch zunächst die Richtung von oben nach unten, um dann zu wenden und wieder oben nahe am Rande des Brunnens mittelst kreisförmiger Umlaufkanäle abzufließen. Da die drei vorhandenen Brunnen den ganzen täglichen Trockenwetterabfluß aufzunehmen vermögen, so ist die aufsteigende Strömung in ihnen langsam genug, um den Schwebestoffen die Möglichkeit zu geben, der Stromrichtung entgegen sich abzusetzen. Aus dem tiefsten Teile der Brunnen, der sich konisch verengt, kann der Schlamm durch Öffnen eines Schiebers mittelst einer besonderen Röhrenleitung in ein Sammelbecken abgelassen werden. Der Klärbetrieb braucht dabei in den Brunnen nicht außer Tätigkeit gesetzt zu

werden. Das geklärte Wasser wird auf Tropfkörper geleitet. Ein Teil dieser Körper hat eine Tiefe von 0,9 m, ein anderer von 2,2 m. Das letztere wird in Horfield für vorteilhafter gehalten. Das Material der Tropfkörper ist Schlacke mit einer Korngröße von 3,7 bis 7,2 cm. Die Außenseiten sind mit größeren Schlackestücken aufgesetzt und zwar so, daß zwischen den Umfassungsmauern und dem Tropfkörpermaterial ein Zwischenraum für die Luftzirkulation bleibt. Der Boden des Körpers ist dachförmig geneigt und ohne besonders angeordnete Drainage. Die gleichmäßige Verteilung des Wassers über die Oberfläche des Tropfkörpers geschieht durch sogenannte Stoddarttrinnen. Es sind dies wellenförmig gebogene gelochte Bleche, in deren Löchern nagelförmige Stifte eingelassen sind, von welchen das Wasser abtropft. Die Löcher befinden sich auf der Höhe der Wellen. Eine Reinigung der Bleche soll nur alle zwei bis drei Monate erforderlich sein. In Horfield ist man mit dieser Verteilungseinrichtung recht zufrieden; dieselben werden übrigens auch mit gutem Erfolge in Chemnitz angewandt, nur hatte man hier unterhalb der Bleche noch Bündel von Weißdornreisig angeordnet. Eine Schwierigkeit liegt darin, den Tafeln die erforderliche vollständig horizontale Lage zu geben und sie darin zu erhalten.

Die von uns vorgenommene Analyse der Rohjauche und der Abflüsse aus den Tropfkörpern ergab die nachstehenden Werte:

- a) Rohjauche: Durchsichtigkeit 1,5 cm, Drydierbarkeit in saurer Lösung 253, in alkalischer 310 mg Kaliumpermanganatverbrauch.
- b) aus dem 0,9 m hohen Tropfkörper: Durchsichtigkeit 17 cm, Drydierbarkeit in saurer Lösung 115, in alkalischer 153 mg Kaliumpermanganatverbrauch;
- c) aus dem 2,2 m hohen Tropfkörper: Durchsichtigkeit 16 cm, Drydierbarkeit in saurer Lösung 84, in alkalischer 115 mg Kaliumpermanganatverbrauch.

Stickstoff in Form von Ammoniak bei a 80,2 mg, bei b und c qualitativ reichlich. Salpetrige Säuren bei a Spuren, bei b und c deutliche Reaktion, Salpetersäure bei a nicht vorhanden, bei b und c starke Reaktion. Chlor bei a 113, bei b und c 70 mg im Liter. Schwebestoffe bei a 194 mg im Liter, bei b und c Spuren. Geruch bei a stark fäkal, bei b und c frisch ohne Andeutung von Jauchegeruch. Das gereinigte Wasser faulte bei achttägiger Aufbewahrung nicht nach. Der Geruch blieb bei c frisch, bei b nahm er einen Stich in das Moderige an. Die Reinigung war also an dem Besichtigungstage eine genügende, trotzdem die Anlage um das anderthalbfache verstärkt in Anspruch genommen wurde. Der 2,2 m hohe Tropfkörper arbeitete auch nach unseren Analysen besser als der 0,9 m hohe, doch ist der Unterschied nicht so bedeutend, daß er der viel größeren Materialmenge entspricht. Wie sich die Sache gestalten würde, wenn man den höheren stärker beschickt als den niedrigen, soll hier nicht erörtert werden.

Auch in Horfield befanden sich kleine Nebenanlagen für weitere experimentelle Versuche.

Das gereinigte Wasser wird dem Froonbach zugeführt; Mißstände sind nicht hervorgetreten, obgleich der Bach selbst sehr wenig Wasser hat.

Salford. Das Reinigungsgebiet hat rund 250 000 Einwohner. Der Trockenwetterabfluß beträgt täglich 36 000 cbm, auf den Kopf kommen also täglich 157 Liter. Der Jahresdurchschnitt unter Hinzurechnung der Regenwassermengen beträgt jedoch 55 000 cbm oder pro Kopf 230 Liter täglich. Von der der Anlage zufließenden Abwassermenge müssen etwa 80 % durch Pumpen gehoben werden, der Rest gelangt mit eigenem Gefälle dahin. Geklärt wird in Salford mittelst Zusatz von Kalk, 44—57 gr pro cbm Abwasser, und Eisenvitriol, 29—44 gr pro cbm. Zwischen dem Kalk- und dem Eisenvitriolzusatz liegt ein 60 m langer Weg. Die Abscheidung der Schwebestoffe findet in zwei Abfäßbecken statt, die neben einander angeordnet sind und abwechselnd benutzt werden. Jedes Becken vermag etwa den dritten Teil des täglichen Trockenwetterabflusses zu fassen, so daß die Strömung hinreichend verlangsamt wird. Der Schlamm wird durch unterirdische Leitungen einem großen Schlammumpfe zugeführt und von hier mittelst Pumpen in Tankschiffe befördert.

Um die nachfolgenden Tropfkörper möglichst von aufgeschwemmten Stoffen frei zu halten, schickte man früher das aus den Abfäßbecken abfließende Wasser

zunächst über Grobfilter mit Kiesfüllung. Diese mußten jedoch außer Betrieb gesetzt werden, weil sie verschlammten und Maschinen zur Reinigung des Kiesmaterials nicht vorhanden waren. Man ist jedoch im Begriff, auf dem Kies zum Abfangen des Schlammes noch eine Sandschicht zu bringen und diesen Sand häufig zu waschen.

Die weitere Reinigung des Abwassers erfolgt mittels Tropfkörper von 1,5 bzw. 2,4 m Höhe. Das Wasser wird auf ihnen verteilt mittels fontänenartig wirkender Stendüsen, die einen Strahlungsradius von 1 m haben. Bei den zuerst gebauten Tropfkörpern ist die Wasserzuführung unterirdisch angeordnet, um das Material abnehmen und reinigen zu können; das hat sich jedoch als nicht notwendig erwiesen, so daß bei den neueren Betten die Wasserzuführung oberhalb der Körper angeordnet ist. Das Material der Körper hat eine Korngröße von 5 bis 19 mm, die 15 cm starke Bodenschicht besteht jedoch aus größerem Material. Wegen des verhältnismäßig feinen Materials gewährt man der einen Hälfte der Körper während der Nacht, der anderen während des Tages Ruhe. Auch hat man zur besseren Durchlüftung am Boden gemauerte mit zahlreichen seitlichen Öffnungen versehene Gänge durchgeführt. Das Material ist im übrigen auf den gewachsenen Boden aufgeschüttet. Es besteht aus Schlacke, die im allgemeinen gegen Ersatz der

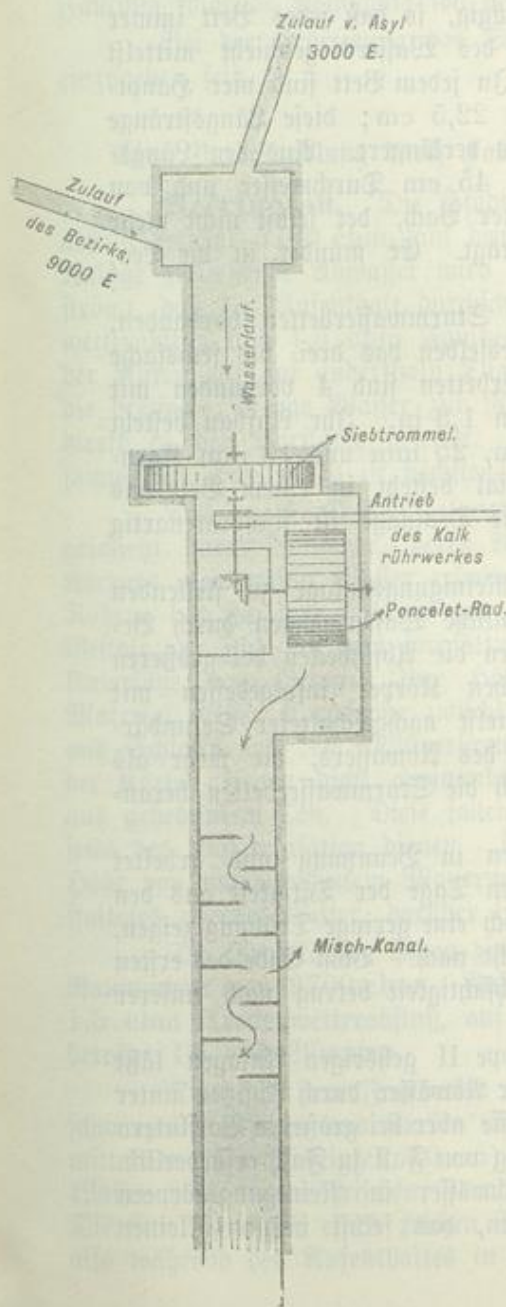
Fuhrkosten umsonst zu haben ist, gelegentlich allerdings mit 3 M. die Tonne bezahlt werden muß, wenn die Lieferanten merken, daß Bedarf vorhanden ist.

Das gereinigte Wasser läuft in einer Kammer zusammen und von hier über ein Überfallwehr in den Manchester Schiffahrtskanal. Der Reinigungseffekt ist ein guter. Nach unsern Analysen hatte das Wasser eine Durchsichtigkeit von 25 cm erlangt, Schwebestoffe waren nur noch in Spuren vorhanden. Die Oxydierbarkeit betrug 80 mg Permanganatverbrauch. Salpetrige Salze waren in geringen, salpetersaure in größeren Mengen vorhanden. Das Wasser hatte einen etwas moderigen Geruch; eine Nachfaulung trat auch bei längerer Aufbewahrung nicht ein. Nach einer Mitteilung des leitenden Ingenieurs schwankt die durch die Reinigung erzielte Oxydationsannahme zwischen 80 und 90 %. Für die Anlage stehen 13,6 ha zur Verfügung, hiervon sind zur Zeit 7,2 besetzt.

IIc. Chemische Vorklärung;

Nachbehandlung in doppelten Körpern.

Diese Art der Abwasserreinigung wird geübt in **Griern Barnett**, einer der nördlichen Vorstädte von London. Das teilweise einen ländlichen Charakter tragende Entwässerungsgebiet wird von 12 000 Menschen bewohnt. Der Trockenwetterabfluß beträgt 1350 cbm täglich, also 112 Liter pro Kopf. Die Klärung geschieht unter Zusatz von Eisenalaun (14 gr pro cbm) und Kalk (56 gr pro cbm). Der Zusatz erfolgt im Anfang des nebenstehend gezeichneten Mischkanales und zwar in der Art, daß an einer Kette ein Block Eisenalaun in das fließende Schmutzwasser eingehängt wird, der sich langsam auflöst. Dicht vor dieser Stelle erfolgt der Zufluß der Kalkmilch. Eine gründliche Mischung der chemischen Zusätze mit dem Abwasser wird durch die zwangsweise wechselnde Wasserführung des letzteren mittels der eingebauten seitlichen Zwischenplatten erreicht (siehe Skizze). Das eingezeichnete Poncelet-Rad wird



durch den Abwasserstrom getrieben und liefert die Kraft für die Herstellung der Kalkmilch. Nachdem das Wasser den etwa 50 m langen Mischkanal passiert hat, gelangt es in 4 Absitzbecken von je einem Fassungsvermögen von 300 cbm bei einer Länge von 30 m. Die Becken werden kontinuierlich betrieben und zwar gewöhnlich unter Zuhilfenahme von Umlaufkanälen hintereinander geschaltet. Sie können jedoch auch einzeln benutzt und ausgeschaltet werden. Drei Becken befinden sich immer in Betrieb, während eins abwechselnd der Reinigung unterzogen wird. Die drei Becken vermögen zusammen 70 % des täglichen Trockenwetterabflusses zu fassen, es ist somit den Schwebstoffen reichlich Zeit gegeben, sich zu Boden zu senken.

Das geklärte Wasser wird über Einstaubetten geleitet, die so angeordnet sind, daß die aus dem einen Körper abfließenden Wässer noch über einen zweiten geleitet werden können. Vier Filterbetten sind vorhanden mit einer Gesamtfläche von 6 ha, bei einer Tiefe von 1,8 m. Der Boden ist gewachsender Grund, die Seitenwände sind gemauert. Die unterste Schicht der Körper besteht in einer Stärke von 0,6 bis 0,7 m aus Ziegelsteinbrocken, die mittlere in einer Stärke von 0,9 m aus einer Mischung von Ziegelsteinen, sandigem Boden und Koksstückchen von 6 bis 12 mm Korngröße. Die oberste 0,15 m starke Feinschicht besteht aus sandigem Boden. Die Abwässer werden den Betten mittelst fünf Einlässe zugeführt und durch rechtwinkelige Holzzinnen verteilt. Der Betrieb ist viertägig, so daß jedes Bett immer 12 Tage Zeit zur Erholung hat. Die Ableitung des Wassers geschieht mittelst Tonröhren, deren untere Hälften durchlöchert sind. In jedem Bett sind vier Hauptlängsstränge vorhanden mit einem Durchmesser von 22,5 cm; diese Längsstränge sind zwecks Ventilation bis zur Oberfläche des Bettes verlängert. Aus den Längssträngen fließt das Wasser in einen Querstang von 45 cm Durchmesser und von diesem in den Vorfluter. Als solcher dient ein kleiner Bach, der selbst nicht mehr Wasser hat, als das ihm zugeführte Abwasser beträgt. Er mündet in die Lea, einen Nebenfluß der Themse.

Außer diesen Körpern sind noch sogenannte Sturmwasserbetten vorhanden, welche das Abwasser aufnehmen, wenn die Menge desselben das drei- bis sechsfache des Trockenwetterabflusses beträgt. Der Sturmwasserbetten sind 4 vorhanden mit einer Oberfläche von je 900 qm, bei einer Tiefe von 1,3 m. Ihr Aufbau besteht aus 4 gleichmäßigen Schichten von 50 mm, 38 mm, 25 mm und 13 mm Korngröße (von unten nach oben gerechnet). Das Material besteht in einem Bett aus Schlacken, in den andern aus Ziegelsteinbrocken. Die Drainage ist fischgrätenartig angeordnet.

Friern Barnet kann sich also den an die Reinigungsanlage zu stellenden Anforderungen in jeder Weise anpassen. Für gewöhnliche Wassermengen durch Benutzung der Einstaubetten als einfache Körper; werden die Absitzbecken bei größeren Wassermengen rascher durchströmt und die einfachen Körper infolgedessen mit größeren Mengen beschickt, so kann ihr Abfluß mittelst nachgeschalteter Sekundärkörper nachgereinigt werden. Bei einer Verdünnung des Abwassers, die mehr als das dreifache beträgt, können durch Umlaufkanäle noch die Sturmwasserbetten herangezogen werden.

Die Anlage ist seit einer Reihe von Jahren in Benutzung und arbeitet dauernd gut. Es hat sich gezeigt, daß die am ersten Tage der Tätigkeit aus den Filterbetten abfließenden Wassermengen gelegentlich noch eine geringe Trübung zeigen, doch riecht das Wasser vollständig frisch und fault nicht nach. Vom Ende des ersten Tages an ist das Wasser vollständig blank, die Durchsichtigkeit betrug nach unserer Feststellung mehr als 50 cm.

Das Ergebnis der Besichtigung der zur Gruppe II gehörigen Anlagen läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß die Reinigung der Abwässer durch Absitzen unter Zusatz von Chemikalien an sich unzureichend ist, daß sie aber bei größeren Vorflutern unter gewissen Verhältnissen genügt. Hier ist Prüfung von Fall zu Fall erforderlich. Mittels einer Nachbehandlung der vorgeklärten Abwässer in Reinigungskörpern verschiedener Art läßt sich jedoch ein Produkt herstellen, das selbst in ganz kleinen Vorflutern zu Belästigungen nicht mehr führt.

Gruppe III. Vorbehandlung des Abwassers in Faulbecken ohne Chemikalienzusatz.

Die Behandlung der Abwässer mit Chemikalien hat im wesentlichen den Zweck, künstlich grobflöckige Niederschläge zu erzeugen, welche beim Niedersinken die feineren Schwebestoffe des Abwassers mit zu Boden reißen. Eine Zerlegung dieser Schwebestoffe findet dabei im allgemeinen nicht statt. Über die Beeinflussung der gelösten Stoffe gehen die Meinungen auseinander. Einheitliche Befunde lassen sich kaum erzielen, da die auf einander einwirkenden Faktoren selbst und die Bedingungen, unter welchen sie auf einander einwirken, von Fall zu Fall schwanken. Bei den gelegentlich benutzten Eisensalzen kommt noch die desodorisierende Wirkung dieser Stoffe zur Geltung.

Bei der Vorbehandlung der Abwässer in Faulbecken bezweckt man etwas anderes. Hierbei sollen die kompliziert gebauten festen und gelösten organischen Bestandteile des Abwassers durch Fäulnisvorgänge zerlegt und in einfache umgewandelt werden. Man erwartet davon eine Verminderung der festen Bestandteile, weil bei dem Fäulnisvorgange gasförmige Produkte entstehen, die sich verflüchtigen. Man ist aber auch der Meinung, daß die zerlegten einfacheren aber noch offensiven Stoffe leichter zu inoffensiven umgewandelt werden, als unzerlegte komplizierte; die auf die Fäulung folgende Reinigung soll also leichter auszuführen sein.

Bei der Erörterung der Schlammfrage wird auf diese Punkte noch näher einzugehen sein.

IIIa. Vorbehandlung durch Fäulung; Nachbehandlung mit einfachen Körpern.

Accrington. Die Stadt zählt 50 000 Einwohner. Der Trockenwetterabfluß beträgt 5700 cbm, auf den Kopf kommen also täglich 106 Liter. Das der Anlage zufließende Abwasser wird in Becken geleitet, durch welche es so langsam strömt, daß der Aufenthalt durchschnittlich 24 Stunden beträgt; für 1 cbm Trockenwetterabfluß sind 1,5 cbm Faulbeckenraum vorhanden, so daß bei trockenem Wetter der Aufenthalt auf anderthalb Tage ausgedehnt werden kann. Gelangt mehr als die dreifache Menge Wasser zur Reinigungsanlage, so wird es durch Umlaufkanäle direkt in den Vorfluter geleitet. Eine Beseitigung des in dem Faulbecken angesammelten Schlammes ist höchstens alle sechs Monate nötig.

Aus den Faulbecken gelangt das Abwasser auf die Tropfkörper, die Verteilung geschieht durch Sprenger, deren Arme ungleich lang sind, damit alle Teile des Körpers gleichmäßig Wasser erhalten. Die Zuführung mittelst feststehender gelochter Röhren hat sich hier nicht so gut bewährt. Die Tropfkörper haben eine achteckige Gestalt; sie sind auf dem sorgfältig eingeebneten Boden aufgebaut mit einer dünnen Unterlage von Beton. Ihre Höhe beträgt 2,7, bei einigen 2,4 Meter. Das Material, dessen Korngröße zwischen 50 und 75 mm schwankt, besteht bei einzelnen aus Schlacke aus dem Müllverbrennungssofen, bei anderen aus Gaskoks. Am Boden der Körper liegen dicht aneinander gefügt halbzylinderförmige durchlochte Schalen aus gebranntem Ton. Diese sollen einmal das gereinigte Wasser abführen, andererseits der Luftzirkulation dienen. Umgeben sind die Körper bis zu dreiviertel der Höhe von unterbrochenem Mauerwerk, über diesem befindet sich ein neßförmig gestaltetes eisernes Gitter, darüber liegen die Seitenflächen der Körper frei.

Die Tropfkörper haben zusammen eine Oberfläche von rund 3800 qm, einen Rauminhalt von 9700 cbm. Auf einer Quadratmeteroberfläche kommt also täglich 1,5 cbm Trockenwetterabfluß, auf 1 cbm Material 0,6 cbm. Die Durchtropfzeit beträgt 15—18 Minuten.

Das aus dem Faulbecken abfließende Wasser hatte am Besichtigungstage ein schwarzes Aussehen und starken Geruch, das von dem Tropfkörper abfließende war mittelfarbig (Durchsichtigkeit 10 cm) mit geringen Mengen schwärzlicher Flocken. Das Wasser hatte einen frischen Geruch und faulte bei der Aufbewahrung nicht nach. Die Analyse ergab einen reichen Gehalt an salpetriger und Salpetersäure. Es war also während des Aufenthaltes in dem Tropfkörper Sauerstoff in genügender Menge

aufgenommen, den Stickstoff zu mineralisieren. Die schwärzlichen Flocken sucht man aus dem abfließenden Wasser durch Einschaltung kleiner Becken zu entfernen. Trotz der bedeutenden spezifischen Schwere der Flocken gelingt dies nur zum Teil, da die Becken zu klein sind.

Auch in Accrington fanden wir neben der geschilderten Hauptanlage eine Anzahl kleiner Versuchsanlagen, in welchen unter Mitwirkung der Royal Commission on Sewage Disposal weitere Versuche angestellt werden.

Cyeter. An beiden Ufern der Egre gelegen, hat die Stadt 47 000 Einwohner; auf den am linken Ufer gelegenen Stadtteil kommen davon 37 000. Der Trockenwetterabfluß aus diesem Stadtteil beträgt 4500 cbm, auf den Kopf also 122 Liter täglich.

Das zufließende Wasser wird in überwölbten Becken der Ausfäulung überlassen. Man hatte früher Einrichtungen getroffen, das sich in den Becken sammelnde Gas zur Beleuchtung der Anlage zu verwenden. Diese Beleuchtungsart mußte jedoch aufgegeben werden, weil die Gasentwicklung zu unregelmäßig war. Es sollen Schwankungen in der Produktion zwischen 0,8 und 110 cbm in der Stunde vorgekommen sein. Jetzt läßt man das Gas mittelst Ventilationsröhren dauernd entweichen. Die Beseitigung des Schlammes aus den Faulbecken erfolgt etwa alle Monat, doch wird jedesmal nur ein Teil entfernt. Die Tätigkeit der Becken soll eine bessere sein, wenn ein Teil der in Umsetzung begriffenen Stoffe bei der Neubeschickung in ihnen noch vorhanden ist. Zur Abführung des Schlammes dienen unterirdische Rohrleitungen, die Becken brauchen dabei nicht entleert zu werden. Das ausgefautte Wasser wird zum Zwecke der Wegverlängerung, um etwa mitgerissenen Schwemmstoffen noch Gelegenheit zum Absitzen zu geben, zunächst in einen den Becken vorgeschalteten Querkanal geleitet. Von diesem aus erfolgt die Füllung der Einstaubecken und zwar automatisch. Die hierzu erforderlichen Apparate sind seit neun Jahren ohne Störung in Tätigkeit. Die Einstaubkörper haben eine Tiefe von 1,5 m, ihr Material besteht aus Schlacke von 6—20 mm Korngröße. Oben tragen sie eine 5 cm starke Deckschicht von feinem Material mit 3 mm Korngröße, um das eigentliche Arbeitsmaterial des Körpers dadurch vor Verschlammung zu schützen. Auf der Deckschicht fanden wir Mangold gepflanzt.

Zur Ableitung des geklärten Wassers dient ein Kanal mit einem Gefälle von 1 zu 4000, Ablagerungen waren in demselben nicht zu sehen. An der Einmündungsstelle in den Vorfluter wuchsen grüne Algen.

Die Anlage vermag das fünf- bis sechsfache des Trockenwetterabflusses zu verarbeiten, das darüber hinaus zufließende, wird auf Land geleitet und dort der Versickerung überlassen.

Am Besichtigungstage herrschte starker Regen, die Anlage wurde auf das Äußerste angespannt, so daß an einzelnen Stellen die Überläufe in Tätigkeit traten.

Es wurden von uns Proben aus dem Rohwasserkanal a, von den Faulbeckenabflüssen b und von den vereinigten Abflüssen der Einstaubkörper c untersucht. Die Analyse ergab: Durchsichtigkeit a 1 cm, b 1,5 cm, c 4,0 cm; Permanganatverbrauch bei der Oxydation a 429 mg, b 310 mg, c 165 mg im Liter in saurer Lösung, in alkalischer 467 bzw. 366 bzw. 209 mg; Ammoniakstickstoff a 43,1 mg, b 32,9, c 16,3; Albuminoidstickstoff a 5,6 mg, b 3,9, c 3,0; Gesamtstickstoff a 56,5, b 41,7, c 27,0; Salpetrige Säure bei a und b leichte Reaktion, bei c starke; Salpetersäure bei a Spur, bei b 0, bei c deutliche Reaktion. Schwebestoffe bei a 458 mg, bei b 285, bei c 41,8 mg im Liter. Das Wasser war bei a fast geruchlos, schwarzgrau, stark getrübt; bei b Geruch deutlich fäkal, Farbe mehr schwarz, Aussehen getrübt; bei c Geruch frisch, Farbe bräunlich grau, Aussehen leicht getrübt. Das Wasser von c fault bei längerem Aufbewahren nicht nach, es nahm einen etwas moderigen Geruch an.

Bei Berücksichtigung der Verhältnisse, unter welchen die Anlage am Besichtigungstage arbeitete, ist die Leistung als eine befriedigende zu bezeichnen, trotzdem die Umsetzung der stickstoffhaltigen Stoffe nicht weit gediehen war.

Neben der Hauptanlage befand sich eine kleine Nebenanlage, in welcher die Hausabwässer aus einem Bezirk von etwa 1200 Einwohnern besonders gereinigt wurden. Sie dient Versuchszwecken. Ihre Einrichtung entspricht derjenigen der Hauptanlage, der Schlamm wird jedoch aus den Faulbecken nur alle 12 Monate entleert. Die Royal Commission erhält regelmäßig Proben zur Untersuchung.

Das Arbeitspersonal der Anlage besteht nur aus drei Mann; nach der Ansicht des Führers könnte man mit zwei auskommen, wenn nicht nebenbei etwas Landwirtschaft getrieben würde.

III b. Vorbehandlung durch Faulung; Nachbehandlung mit doppelten Körpern.

Die Nachbehandlung des vorgesauften Wassers in einfachen Körpern stellt an diese Anforderungen weitgehender Natur. Es wird daher eine Entlastung und ein vollkommenes Ergebnis dadurch herbeizuführen gesucht, daß man die aus den ersten Körpern abfließenden Wasser noch einer weiteren Nachbehandlung in Körpern zweiter Stufe unterzieht. Manchester ist auf Druck der Zentralbehörde hin im Begriff, eine solche Anlage zu schaffen; Burnley, hat sie in vollendeter Weise fertig gestellt.

Manchester. Das Entwässerungsgebiet bewohnen rund 560 000 Menschen. Der Trockenwetterabfluß beträgt 110 000 cbm täglich, der Jahresdurchschnitt infolge der den Kanälen zufließenden Regenwassermengen jedoch 153 000 cbm, auf den Kopf der Bevölkerung kommen also 200 bzw. 273 Liter Abwasser täglich. Bis vor einigen Jahren wurde die Reinigung unter Zusatz von Kalk und Eisenvitriol in Abfließbecken ausgeführt; dieselbe war jedoch eine so wenig ausreichende und führte in dem Vorfluter, dem Manchester Schiffahrtskanal, zu solchen Mißständen, daß die Aufsichtsbehörde sich veranlaßt sah, einzuschreiten. Zur Aufstellung der neuen Reinigungsprojekte wurden die besten Fachmänner Englands auf diesem Gebiete (je ein Bakteriologe, Ingenieur und Chemiker) herangezogen. Nach eingehenden Beratungen und Versuchen kam eine Übereinstimmung zwischen Zentralbehörde und Stadtverwaltung dahin zustande, die vorhandene Anlage in der Weise umzubauen, daß einer Vorbehandlung in Faulbecken eine Nachbehandlung in doppelten Eintaufkörpern zu folgen habe; das aus der zweiten Stufe der Eintaufkörper abfließende Wasser solle noch einer Nachbehandlung auf Land unterzogen werden. Dieser weitgehenden Behandlung sei das Abwasser jedoch nur zu unterziehen, so lange nicht mehr als die dreifache Trockenwetterabflußmenge zu verarbeiten sei, bei einer vier- bis sechsfachen Verdünnung könne ein vereinfachtes Verfahren in Sturmwasserfiltern Verwendung finden. Bei mehr als sechsfacher Menge treten die Notauslässe in der Stadt in Tätigkeit. Als Trockenwetterabfluß wurde der tägliche Wasserverbrauch — 95 000 cbm — zugrunde gelegt. Die Kosten zur Herstellung der neuen Anlage unter möglichster Ausnutzung der vorhandenen wurden auf 10 Millionen Mark veranschlagt, doch ist es dem leitenden Beamten gelungen, wesentliche Beträge zu ersparen, so daß die veranschlagte Bausumme nicht ausgegeben ist.

Der erste Teil der Anlage liegt in Davyhulme, etwa 8 km vom Mittelpunkt der Stadt entfernt; hier befinden sich die 15 offenen Faulbecken und im Anschluß an sie die Eintaubetten erster Stufe und die Sturmwasserbetten. Die Abflüsse dieses Teiles sollen in einem etwa 4 km langen, teils offenen, teils geschlossenen Kanale an dem Schiffahrtskanale entlang zur Gemarkung Carrington geführt werden, wo innerhalb einer durch den Mersey dicht oberhalb seiner Einmündung in den Schiffahrtskanal gebildeten Schleife der zweite Teil der Anlage — die Eintaufkörper zweiter Stufe und der für die Landbehandlung angepasste Boden — hergerichtet werden soll. Es besteht jedoch auch die Einrichtung, daß die Abflüsse der Anlage in Davyhulme direkt dem Schiffahrtskanale zugeführt werden können.

Zur Beurteilung der gewaltigen Größe des Werkes mögen folgende Zahlen dienen. Die Faulbecken haben bei einer Oberfläche von 4 ha ein Fassungsvermögen von 92 000 cbm; die Oberfläche der Eintaufkörper erster Stufe beträgt 18,5 ha, diejenige der Sturmwasserbetten etwa 11 ha. Soweit war die Anlage bei unserer

Besichtigung annähernd vollendet. Mit dem Bau der EINSTAUFKÖRPER zweiter Stufe in Carrington hatte man noch nicht begonnen; zur Verfügung stehen dort 120 ha Reserveland, auf welchen 18 ha EINSTAUFKÖRPER zweiter Stufe und 40 ha für RIESELEI aptiertes Land eingerichtet werden sollen. Die Erfahrungen, welche mit der Wirksamkeit des ersten Teiles der Anlage gemacht wurden, sind jedoch so gute, daß man von der Herstellung des zweiten Teiles der Anlage glaubt zunächst absehen zu können. Statt dessen ist man im Begriff, in der unmittelbaren Nähe von DAVYHULME bei Barton Locks eine geringere Anzahl kleiner REINIGUNGSKÖRPER zweiter Stufe anzulegen; wir haben die ersten bereits in Tätigkeit.

Der Aufenthalt des Abwassers in den Faulbecken dauert etwa sechs Stunden. Der am Boden sich ansammelnde Schlamm wird von Zeit zu Zeit ohne Störung des Betriebes teilweise abgelassen. Man benutzt dazu besondere Leitungen mit EVACUIRKAMMERN, in welche der Schlamm durch den Druck des in den Becken stehenden Wassers hineingetrieben wird. Aus den EVACUIRKAMMERN wird der Schlamm mittelst PNEUMATIK in ein Sammelbecken befördert, von wo aus er in Tankschiffe fließen kann.

Die EINSTAUFKÖRPER werden täglich etwa zweimal mit dem ausgefaulten Wasser gefüllt. Ihr Material besteht vorwiegend aus Schlacke, gelegentlich auch aus anderen festen Körpern; dies ist gewaschen und gesiebt und hat eine Korngröße, die zwischen 5 und 25 mm schwankt. Die Wasserzuführung geschieht von der Mitte des Körpers aus mittelst radiär angeordneter Rinnen, welche auf der Oberfläche leicht ausgehoben sind und eine besonders feine Deckschicht von weniger als 3 mm Korngröße besitzen. Diese feine Deckschicht hält einen wesentlichen Teil der in dem Faulwasser noch vorhandenen Schwebstoffe zurück und schützt damit den Körper vor dem Verschlammen. Der auf der Deckschicht der Rinnen angesammelte Schlamm wird von Zeit zu Zeit entfernt, er hat übrigens, da er aus dem Faulbecken stammt, eine körnige Beschaffenheit und ist nicht mehr fäulnisfähig. Die Tiefe der EINSTAUFKÖRPER ist 1 m, die Boden-Drainage für die Abführung der gereinigten Wässer ist eine sehr sorgfältige.

Die STURMWASSERBETTEN sind nicht so sorgsam hergestellt wie die eben geschilderten EINSTAUFKÖRPER. Sie haben nur eine Tiefe von 0,75 Meter, ihr Material ist nur gesiebt und nicht so vorsichtig ausgewählt. Die Wasserverteilung geschieht bei ihnen ebenfalls von der Mitte aus, nur fehlen die Verteilungsrinnen. Damit auch diese Körper jederzeit gut eingearbeitet sind, beschickt man sie von Zeit zu Zeit an regensfreien Tagen. Bei starkem Regen geschieht der Betrieb in der Weise, daß sie bei geschlossenem Ablaufschieber zunächst gefüllt und mehrere Zentimeter hoch mit Wasser überstaut werden; dann wird der Ablaufschieber geöffnet und nun unter Beibehaltung der Überstauhöhe das zu reinigende Wasser kontinuierlich durchgeleitet. Die Erfahrungen sind jedoch nicht feststehend, ob ein derartiger kontinuierlicher Betrieb besser ist oder ein intermittierender, selbst wenn die einzelnen Perioden der Unterbrechungen nur sehr kurze sind. Die oberste Schicht dieser Betten wird von Zeit zu Zeit umgeharkt, etwa alle Monat einmal; sehr selten hat sich eine Abtragung der Oberfläche als nötig erwiesen. Das abgetragene Material, das einen Fettgehalt von mehr als 30 % besitzen soll, wird mit Kohle verbrannt und dient dann zur Wegebefestigung.

Die Füllung und Entleerung sämtlicher Körper geschieht von Hand, automatische Einrichtungen haben sich hier nicht als praktisch erwiesen.

Der Bau der zweitstufigen Körper entspricht im allgemeinen dem der erststufigen; das Material ist aber etwas feiner gewählt, weil sie in erster Linie den Zweck haben, diejenigen Schwebstoffe zurückzuhalten, welche sich noch in den Abflüssen der primären REINIGUNGSKÖRPER finden. Wenn diese Stoffe auch kaum noch fäulnisfähig sind, so können sie doch bei der großen Menge der Abwässer zu Ablagerungen im Siphonanal führen, die vermieden werden sollen. In zweiter Linie vollenden die Körper der zweiten Stufe die Umsetzung des organischen Materials.

Wir waren in der Lage, die Abflüsse aus dem Sammelkanale der erststufigen Körper (a) und solcher aus einem zweitstufigen Körper (b) zu untersuchen. Die

Analyse ergab: Durchsichtigkeit a 7 cm, b über 50 cm; Verbrauch von Permanganat in saurer Lösung a 121,8, b 30,7 mg im Liter, in alkalischer Lösung a 165,6 mg, b 55,8 mg; Ammoniakstickstoff a 32,64 mg, b 12,92 mg; Albuminoidstickstoff a 1,68, b 1,40; Gesamtstickstoff a 34,72, b 31,36 mg; salpetrige Säure a schwache Reaktion, b starke Reaktion; Salpetersäure a schwache Reaktion, b starke Reaktion; Schwebstoffe a 80 mg im Liter, b kaum nachweisbar. Äußere Beschaffenheit a ziemlich stark getrübt, von gelbschwärzlicher Farbe und schwachem Geruch nach Abwasser, klärt sich nach einigen Tagen und scheidet Eisen aus; nach zwei Tagen deutlicher Abwassergeruch, b klar mit frischem Geruch, bleibt auch bei tagelanger Aufbewahrung unverändert.

Man muß zwar bei einem Vergleich der beiden untersuchten Proben vorsichtig sein, weil sie nicht sicher demselben Rohwasser entstammen, es ergibt sich aber aus den Analysen, daß der Abfluß aus den Körpern der zweiten Stufe ein in jeder Weise einwandfreies Wasser darstellt, das jedem Vorfluter zugemutet werden kann, während der Abfluß aus den Körpern der ersten Stufe an den Vorfluter noch ziemlich hohe Anforderungen stellt. Wenn das Ergebnis gleichmäßig ein derartiges ist, wie wir es gefunden haben, wird Manchester nicht umhin können, die Körper der zweiten Stufe voll auszubauen.

Die ganze Anlage ist ein Musterwerk der Technik und zeigt, wie klar und zielbewußt die Fachmänner an die Lösung der schwierigen Aufgabe herangegangen sind.

Burnley. Das Entwässerungsgebiet zählt 82 000 Einwohner, der Trockenwetterabfluß beträgt täglich 9000 cbm, auf den Kopf kommen also 110 Liter. Vor Eintritt in die Faulbecken passiert das Abwasser zwei Absitzbecken, welche etwa die Mitte halten zwischen den üblichen Sandsängen und eigentlichen Absitzbecken; die Raumverhältnisse sind 15 zu 12 m bei einer Tiefe von 2,4 m. Faulbecken und zwar offene sind 17 vorhanden mit einem Gesamtfassungsvermögen von 11 000 cbm, so daß ein genügend langer Aufenthalt des Abwassers in diesen Becken ermöglicht ist. Versuche mit überwölbten Faulbecken haben keine Vorzüge derselben vor offenen ergeben. Es ist die Einrichtung getroffen, daß die Faulbecken einzeln benutzt werden können, sie lassen sich aber auch zusammenschalten. Der Betrieb ist ein kontinuierlicher, bei der Reinigung der Becken wird er jedoch unterbrochen. Seither mußte man den Schlamm alle sechs Monate etwa beseitigen; seit der Fertigstellung der sämtlichen Becken glaubt man jedoch die doppelte Zeit warten zu können. Bei der Schlammabseitung macht die auf den Becken häufig vorhandene Schwimmdede Schwierigkeiten; durch Zerstückelung derselben und Vermischung mit flüssigem Schlamm ist es jedoch gelungen, sie in einen pumpfähigen Zustand zu versetzen. Der angesammelte Schlamm wird durch Leitungen in einen Schlammsumpf geführt, von welchem aus er weiter verarbeitet wird.

Die Einstaufkörper für die Nachbehandlung liegen etwa 1 km von den Faulbecken entfernt. Die Körper haben eine Tiefe von 0,9 m, das Material besteht aus gesiebter Schlacke; sie sind auf gewachsenem Boden aufgebaut und haben als seitliche Begrenzung Erdwälle. Die gehegten Befürchtungen, daß Ratten diese Wälle undicht machen würden, haben sich nicht bestätigt. Die erststufigen und die zweitstufigen Körper zeigen gleiche Konstruktion, nur die Korngröße des Materiales ist verschieden; sie liegt bei der ersten Gruppe über 12 mm, bei der zweiten zwischen 6 und 12. In Burnley erwuchsen viele Schwierigkeiten dadurch, daß die Aufnahmefähigkeit der erststufigen Einstaufkörper zeitweise um $\frac{2}{3}$ zurückging. Die Untersuchung ergab, daß der mit dem Material eingebrachte Staub mit dem Abwasser schwammartige Massen bildete, welche die Volumsverminderung bedingten. Außerdem fand man, daß sich auf den einzelnen Stücken der Abführungsdrainage gelatinöse Massen entwickelt hatten, die den Wasserabfluß stellenweise vollkommen verhinderten. Die Schwierigkeiten ließen sich dadurch beseitigen, daß man das Schlackenmaterial nicht bloß siebte, bevor es in die Körper eingebracht wurde, sondern auch wusch. Das Waschen hatte noch den Vorteil, daß nun für die zweitstufigen Körper das Material bis zu 3 mm Korngröße hinunterbenutzt werden

konnte, wobei die Wirksamkeit dieser Körper noch stieg. Beim Waschen entsteht ein Verlust von 10 %, wenn Material aus alten Körpern benutzt wird, von 22 % jedoch, wenn man frisches Material nimmt. Die Reinigungskosten stellen sich auf 1,25 M. für ein cbm altes Material. Hierbei sind die Kosten für Auspacken, Verlegen der Leitungen, Waschen, Sieben und Wiedereinpacken, sowie Ersatz des verloren gegangenen Materials eingeschlossen.

Das Sturmwasser wird in Burnley zunächst über Land geleitet; fließt soviel Wasser zu, daß die Versickerung nicht rasch genug erfolgt, so wird der überfließende Teil auf zweitstufige Körper geführt.

Die Verteilung des Wassers über die einzelnen Körper geschieht mittelst durchlochter Röhren; man hält dies Verfahren für billiger, als das in Manchester geübte mittelst Rinnen, weil bei den ersteren so viel Arbeitskraft gespart werden soll, daß die größere Kapitalanlage, welche die Röhren erfordern, mehr als ausgeglichen wird. Die Schieberstellungen beim Zu- und Abfließen des Wassers erfolgt von Hand; automatische werden nicht für praktisch gehalten.

Am Besichtigungstage fiel reichlicher Regen, die Körper wurden stärker belastet als im Durchschnitt. Der Abfluß aus einem zweitstufigen Körper hatte eine Durchsichtigkeit von 8,5 cm, das Aussehen war schwach getrübt, der Geruch des Wassers frisch, die Reaktion auf salpetrige Säure war nicht sehr stark, diejenige auf Salpetersäure jedoch sehr stark. Das Wasser klärte sich beim Stehen unter Abscheidung grauer Flocken und faulte nicht nach. Der Anlage kann demnach eine genügende Leistung nicht abgesprochen werden.

Birmingham. B. bildet mit einigen benachbarten Ortschaften eine Abwässerungsgenossenschaft, den Tame and Rea District Drainage Board. Die Gesamtbevölkerung des Entwässerungsgebietes beträgt 820 000 Menschen, an denen Birmingham mit 540 000 beteiligt ist.

Die Vorbehandlung der Abwässer geschieht in Faulbecken, — für 80 000 Menschen ist aus räumlichen Gründen eine kleine besondere Vorbehandlungsanlage geschaffen. — Die Nachbehandlung sämtlicher Abwässer geschieht zum Teil auf Rieselfeldern, zum Teil auf Tropfkörpern.

Der Trockenwetterzufluß zu den Faulbecken beträgt täglich 90 000 cbm, oder pro Kopf 121 Liter. Von 1872—1900 wurde mit Kalk in Abfließbecken geklärt, dann hörte man mit dem Kalkzusatz auf und benutzte einen Teil der Becken als Abfließbecken, den andern als Faulbecken. Nach und nach hat man die Abfließbecken in Faulbecken umgewandelt, so daß zur Zeit die noch vorhandenen verkleinerten Abfließbecken nur als Vorkammern für die Faulbecken dienen, um die schwersten Sinkstoffe abzufangen. Das Fassungsvermögen der Faulbecken beträgt 48 000 cbm, gewährleistet somit einen 13—15stündigen Aufenthalt des Trockenwetterabflusses. Eine Beseitigung des Schlammes aus den Faulbecken ist etwa jährlich einmal erforderlich. Der Schlamm wird in Druckrohrleitungen, welchen in Entfernungen von je 180 Metern Nebenleitungen angeschraubt werden können, weggedrückt und auf Land ausgebreitet.

Fließt der Anlage mehr als das zweifache des Trockenwetterabflusses zu, so treten Sturmwasserbetten in Tätigkeit. Die sind 0,9 m tief. Das in sorgfältig ausgemauerten Becken eingefüllte Material besteht aus Schlacke oder Koks, deren Oberfläche häufig umgerissen werden muß, um die erforderliche Durchlässigkeit zu erhalten und die bei trockenem Wetter leicht eintretende lästige Staubentwicklung zu verhüten.

Das vorgefaulte Wasser wird in einem etwa 4 km langen geschlossenen Kanale dem Rieselfelde zugeführt. Hier stehen 740 ha zur Verfügung, davon werden 390 für intermittierende Filtration, 350 für die eigentliche Rieselfung benutzt. Ein Hektar hat also die Abwässer von 1100 Menschen aufzunehmen. Der Boden wurde damit überlastet. Da außerdem die Bevölkerung des Entwässerungsgebietes ständig wächst und geeignete weitere Ländereien nicht zu haben waren, entschloß man sich nach jahrelangen sorgfältigen Vorversuchen, einen Teil der Abwässer mittelst Tropfkörper zu reinigen. Von diesen ist eine Anzahl schon in Betrieb,

andere sind im Bau begriffen. Man hat hier Körper angelegt von 100 m Länge, 30 m Breite und 1,8 m Tiefe. Das Material besteht aus Granit mit einer Korngröße von 50—75 mm, die obere 25 cm starke Schicht hat jedoch etwas feineres Korn. Nach den Erfahrungen des Leiters der Werke, Watson, ist die Art des Materials gleichgültig, wenn es nur dauerhaft ist und keine zu glatte Oberfläche hat. Kieselsteine sind deshalb nicht brauchbar, Brocken von alten hartgebrannten Mauersteinen lassen sich dagegen verwenden. Das benutzte Material kostet eingebracht in die Körper 7,5 M pro cbm.

Der Boden der Tropfkörper besteht aus 15 cm starken Betonplatten, auf welchen halb zylinderförmige glasierte Tonschalen unmittelbar aneinander gereiht verlegt sind. Jeder der Schalen sind an ihren beiden Enden kleine Nasen angeformt, so daß beim Verlegen der Fassonstücke jeweils ein Abstand von etwa 1,5 cm entsteht. Es geschieht dies, um die bei der Größe der Körper besonders zu beachtende Durchlüftung zu fördern.

Die Verteilung des Abwassers geschieht mittelst Streudüsen, wie sie bei Salford bereits erwähnt wurden.

In den Abflüssen der Tropfkörper finden sich auch hier die schwärzlichen Flecken, von denen früher bereits die Rede war. Um sie zu beseitigen, will Watson das gereinigte Wasser noch einmal durch Dortmundbrunnen schicken (vergl. Horsfield). Die Brunnen waren bei unserer Besichtigung erst im Bau begriffen.

Die Nachbehandlung der gefaulten Abwässer mittelst Tropfkörper ist nach der Meinung Watsons für Birmingham vorläufig noch teurer als die Kieselei; jedoch glaubt er, daß der Kostenunterschied mit der Zeit geringer wird, weil der Betrieb bei den Tropfkörpern sich nach und nach einfacher gestaltet und damit die Kosten heruntergehen. Die Notwendigkeit einer Erneuerung des Tropfkörpermaterials oder einer Reinigung desselben ist nach Watson nicht zu erwarten.

Eine von uns ausgeführte Analyse des Tropfkörperzuflusses a und Abflusses b ergab folgende Resultate: Durchsichtigkeit a 3,5 cm, b 12,0; Permanganatverbrauch in saurer Lösung a 159,4 mg, b 93,5 mg; in alkalischer Lösung a 187,6, b 112,4; Ammoniakstickstoff a 72,7 mg im Liter, b 34,7; Albuminoidstickstoff a 4,48, b 3,36; Gesamtstickstoff a 69,44, b 59,9; salpetrige Säure a 0, b mäßige Reaktion; Salpetersäure a 0, b ziemlich starke Reaktion. Schwebstoffe a reichlich vorhanden, b mäßige Mengen. (Der Abfluß war nicht durch einen Dortmundbrunnen gelaufen.) Geruch a stinkend, b leicht moderig. Farbe a grauschwarz, b fast farblos; a fault bei der Aufbewahrung weiter, b fault nicht nach. Der Tropfkörper hatte demnach eine mittelmäßige Arbeit geleistet, wenngleich eine vollkommene Reinigung des Abwassers noch nicht erfolgt war.

IV. Reinigung des Abwassers durch Kieselei ohne besondere Vorbehandlung.

Nottingham. Das Entwässerungsgebiet hat 280 000 Einwohner. Der Trockenwetterabfluß beträgt täglich 45 000 cbm, auf den Kopf kommen somit 160 Liter. Etwa 30 % sind Fabrikabwässer. Ein Drittel des Abwassers kann mit natürlichem Gefälle nach dem Kieselwerke laufen, der Rest muß gehoben werden und zwar teilweise bis zu 7 Metern.

Das Kieselwerk liegt mit seiner Mitte 12 km vom Zentrum der Stadt entfernt. Der Boden besteht aus sandigem Lehm, der in einer oberen Schicht von etwa 0,6 m ein feines Korn hat, in den tieferen Schichten mit gröberen Kieselsteinen durchsetzt ist. Das Gut besteht aus zwei Teilen, einem älteren, seit 25 Jahren in Benutzung befindlichen, und einem jüngeren, seit vier Jahren in Betrieb genommenen. Der ältere Teil hat eine Größe von 360 ha, der neuere von 440 ha. Bei einer Einwohnerzahl von 300 000 sind also die Abwässer von 375 Menschen auf einem Hektar zu reinigen. Berücksichtigt man die Verhältnisse

vor fünf bis zehn Jahren, so kamen auf eine Einwohnerzahl von 200- bis 250 000 Menschen ein Mieselfeld von 360 ha, d. h. 1 ha für 550—700 Menschen. Bei dieser Belastung wurde der Boden überanstrengt, er wurde sewage-sick. Mit dem neu hinzugefügten Areal denkt man für 25 Jahre zu reichen.

Die Verteilung des Abwassers geschieht von zwei Hauptverteilungszentren und von Nebenzentren. Die Hauptverteilungsröhren liegen bei dem alten Teil auf der Oberfläche, bei dem neuen sind sie in den Boden hineingelegt. Die einzelnen Äste sind in Form von Hängeland angeordnet, für die letzte Verteilung des Abwassers werden entweder Rillen ausgeworfen oder es werden hölzerne Rinnen benutzt. Die Ableitungsdrains liegen in einer Tiefe von 1,35 m in einer kieshaltigen Bodenschicht. Die Anfangsdrains haben eine Weite von 10 cm, sie liegen 1,7 m auseinander. Sie münden in ein System von Sammelröhren von 30 cm Weite, die ihrerseits zu Ableitungskanälen von 37,5 bis 60 cm Durchmesser führen. Sechs solcher Leitungen münden in den Vorfluter, den Trent.

Die aufgebrachten Schmutzwässer hatten eine schwarzgraue Farbe, enthielten eine Menge rasch ausfallender Stoffe und besaßen einen intensiven Geruch nach Schwefelwasserstoff. Sie waren also schon in vorgeschrittener Ausfäulung begriffen, die in der langen Zuführungsleitung vor sich geht. Diese Leitung ersetzt bis zu einem gewissen Grade die in Birmingham vorgeschalteten Faulbecken. Das abfließende Drainwasser war vollständig klar und hatte einen frischen Geruch. Unsere Analysen ergaben folgende Resultate: Rohwasser a, Drainwasser b. Durchsichtigkeit a 1,5 cm, b über 50 cm; Permanganatverbrauch in saurer Lösung a 542, b 15,0; in alkalischer Lösung a 605, b 30,5 mg; Ammoniak a starke Reaktion, b kaum nachweisbar; Salpetrige Säure a 0, b Spuren; Salpetersäure a 0, b mäßige Reaktion; Schwebstoffe a viel, b nicht vorhanden. Eine Nachfäulung des Drainwassers trat nicht ein.

Man muß der Royal Commission zustimmen, wenn sie in ihrem Berichte den Reinigungseffekt als außerordentlich gut bezeichnet und erklärt, daß das Drainwasser in seiner Zusammensetzung gutem Trinkwasser gleich käme.

Gebaut wird auf dem Mieselfeld italienisches Raygras, wobei bis zu fünf Schnitten erzielt werden, Mangold, verschiedene Kohlsorten, Kohlrabi, Steckrüben und Getreide. Das Gemüse wird nur zur Viehfütterung benutzt. Der Viehstand beträgt rund 140 Pferde — eigene Zucht —, 700 Stück Rindvieh, 400 Schweine und etwa 700 Schafe. Beschäftigt sind im ganzen etwa 120 Leute, darunter 100 Erwachsene, von denen der größere Teil verheiratet ist. Die Arbeiter wohnen auf dem Gute in Häusern, welche der Verwaltung gehören. Miete wird nicht bezahlt. Wir hatten Gelegenheit, eine Anzahl soeben fertig gestellter Arbeiterhäuser zu besichtigen; dieselben waren recht zweckmäßig und praktisch eingerichtet. Typhus-Erkrankungen sollen unter der Bevölkerung des Gutes nicht vorgekommen sein.

An Geldmitteln wurde im Jahre 1903 40 000 £, im Jahre 1904 5000 £ zugelegt; es sind hierbei sämtliche laufenden Unkosten berechnet einschließlich einer $3\frac{1}{2}\%$ Verzinsung des Anlagekapitals und einer $1\frac{1}{2}\%$ Amortisation. Nicht berechnet sind die Kosten der Zuleitung des Abwassers bis zu dem Mieselfeld.

Nottingham beseitigt also seine Abwässer in einwandfreier Weise mit geringen Kosten. Zur Herabsetzung der Kosten trägt aber nicht am wenigsten die vorzügliche Wirtschaftsführung auf dem Gute bei.

Rückstände.

Bei der Erfüllung der wesentlichsten Aufgabe der Abwasserreinigung, der Entfernung der festen Stoffe, sammelt sich eine Menge Material an, das der weiteren Behandlung bedarf.

Die äußere Beschaffenheit der Stoffe schwankt in weiten Grenzen: da die Hausabwasserleitungen und die Öffnungen der Straßenkanäle vielfach als geeignete Aufnahmestellen angesehen werden für einen großen Teil dessen, was an festen Stoffen in den Haushaltungen abfällt, so findet man in dem Abwasser Holzstücke, Körbe, Lumpen, Apfelsinenschalen, Kaffeesatz und ähnliche Dinge in nicht zu kleinen Mengen. Dazu kommen beträchtliche Mengen Sand, der von der Straßenoberfläche abgespült wird. Aus praktischen Gründen bemüht man sich, all diese Stoffe vor der eigentlichen Reinigungsanlage abzufangen und sie von den feinen Schwebestoffen zu trennen.

Die spezifisch leichten Schwimmstoffe müssen besonders beseitigt werden, weil sie beim Niederfallen der Schwebestoffe nicht mit zu Boden gehen. Ein Teil von ihnen ist außerdem von so großer Form, daß sie in den Pumpen der Anlagen zu Störungen Veranlassung geben würden. Andererseits setzen sich die spezifisch schweren Stoffe, wie Sand und Kaffeesatz so rasch zu Boden, daß es eine unnütze Belastung der Reinigungsanlage bedeuten würde, wenn man diese Eigentümlichkeit nicht ausnützen wollte.

Zum Abfangen der Stoffe der eben geschilderten Art dienen kleine Voranlagen, die im allgemeinen aus Gitter und Recheneinrichtungen und sogenannten Sandfängen bestehen.

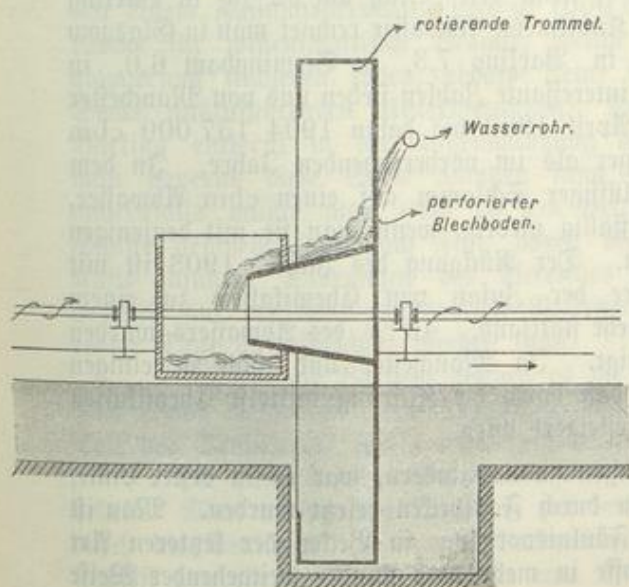
Die Sandfänge sind vertiefte Erweiterungen des Zuführungskanales, welche durch ihren vergrößerten Querschnitt den zufließenden Abwasserstrom etwas verlangsamen, also prinzipiell gleiche Einrichtungen wie die Absitzbecken darstellen.

Ob man die Gitter zum Abfangen der groben Schwimmstoffe am Anfange oder am Ende der Sandfänge anordnet, ist ohne Bedeutung.

Unter den von uns besichtigten Anlagen ist Barling die einzige, welche eine solche Voranlage nicht besitzt, hier befinden sich aber vor dem Schlammsumpf besondere Gitter; außerdem sorgen in den einzelnen Absitzbecken Eintauchbretter dafür, daß die Schwimmstoffe zurückgehalten werden.

Die Gitter sind gewöhnlich Stabgitter, die einfach oder mehrfach hintereinander angeordnet sind. Im letzteren Falle pflegt die Entfernung zwischen den einzelnen Stäben nach der Anlage zu enger zu werden. So sind in Manchester drei Gitter angeordnet, die eine Stabweite von 150, 37 und 10 mm haben. In Burnley beträgt die Entfernung zwischen den einzelnen Stäben 18, 13 und 6,5 mm. Bei einfachen Gittern schwankt sie zwischen 12 und 25 mm.

Statt der Gitter fanden wir im Westwerk von Glasgow feststehende durchlochte Eisenblechtafeln, in der Nebenanlage von Birmingham durchlochte, über Walzen bewegte Blechplatten. Vor-



züge vor den Gittern haben diese Einrichtungen nicht. In Friern Barnet war in dem Zubringerkanal eine rotierende siebartige Trommel eingeschaltet, die bei ihren Umdrehungen die abgefangenen Stoffe in einen zentral angeordneten besonderen Schacht warf; von der Rückseite her wurde die Trommel automatisch gespült. (Siehe Skizze). Eine nette Einrichtung, die bei den dort vorhandenen kleinen Abwassermengen gut arbeitete, auf größeren Werken aber schwer zu verwenden sein dürfte.

Die Entfernung der zurückgehaltenen Stoffe findet entweder von Hand oder mittelst besonderer

maschineller Einrichtungen statt. Die erstere Art ist gewählt in Barking, Friern Barnet, Manchester am ersten Gitter, Leeds, wo das Gitter eine Stabentfernung von 25 mm besitzt, Horsfield und Exeter. In den übrigen Städten fanden wir automatisch arbeitende Rechen, deren Zahnstellung entweder eine durchgehende oder wie in Nottingham eine unterbrochene war (siehe Skizze). In der Nebenanlage zu Birmingham werden Abstrichbürsten benutzt.

Die Verwertung der erhaltenen Stoffe geschieht zusammen mit den aus den Sandfängen erhaltenen; nur Burnley macht eine Ausnahme.

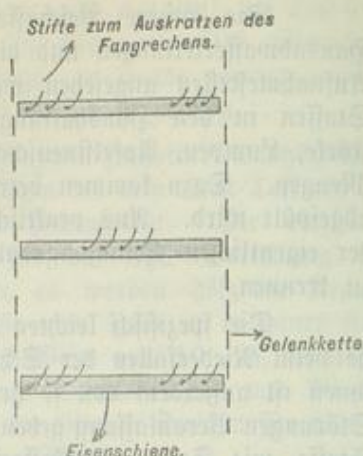
Aus den Sandfängen werden die zu Boden gegangenen schweren Sinkstoffe mittels Baggervorrichtungen gehoben, die sie je nach der Menge in Karren oder Eisenbahnwagen zum Weitertransport werfen. Gewöhnlich dienen diese Stoffe landwirtschaftlichen Zwecken; sie sind dafür geeigneter als der eigentliche Schlamm, weil ihr Wassergehalt geringer ist und ihnen die Fettstoffe fehlen. In Nottingham, Salford und Manchester werden sie verbrannt; in Salford unter dem Kessel der Anlage, in Nottingham und Manchester in Müllverbrennungsöfen. In der letzteren Stadt wurden sie bis vor einem Jahre zur Ausfüllung eines alten Irwellbettes benutzt. Burnley verwertet die vor den Gittern abgefangenen Stoffe landwirtschaftlich; während die Sinkstoffe aus den Sandfängen mit dem übrigen Schlamm gepreßt werden.

Groß sind die Mengen der in Frage kommenden Stoffe nicht. In Barking betragen sie täglich 10–12 cbm, in Manchester ebenso viel. Das Ostwerk von Glasgow erhält 3–4 cbm täglich im Durchschnitt, Leeds etwa 2, während sie bei Accrington etwa 3–4 cbm betragen. Letzteres ist verhältnismäßig viel, die Ursache für die erhöhte Menge vermochten wir nicht festzustellen.

Ungleich wichtiger als die seither geschilderten Stoffe sind diejenigen, welche aus den Abfäßbecken und aus den Faulbecken stammen. Sie haben von jeher die Krug der Abwasserreinigungsanlagen gebildet und das Bestreben aller Fachmänner geht darauf hinaus, ihre Mengen unbeschadet der genügenden Reinigung des Abwassers nach Möglichkeit herabzusetzen und ihnen bestimmte lästige Eigenschaften zu nehmen.

Wie groß die Mengen des Schlammes sind, mögen die nachfolgenden Zahlen zeigen. In Salford werden täglich rund 300 cbm Schlamm gewonnen, in Leeds die gleiche Menge, im Ostwerk zu Glasgow 600 cbm, in Barking gar 5000 cbm. Der Wassergehalt beträgt durchweg 90 %, steigt gelegentlich auf 92 %, in Barking ausnahmsweise auf 95 %. Auf einem Kubikmeter Abwasser rechnet man in Glasgow Ostwerk 9,0 Liter flüssigen Schlamm, in Barking 7,3, in Birmingham 6,0, in Salford 5,0 und in Leeds 4,4. Einige interessante Zahlen stehen uns von Manchester zur Verfügung. Hier wurden vom 1. April 1903 bis dahin 1904 157 000 cbm Schlamm gewonnen, 66 000 cbm weniger als im vorhergehenden Jahre. In dem angezogenen Jahre kommen 2,7 Liter flüssiger Schlamm auf einen cbm Abwasser, im Vorjahre 3,8; beide Ziffern sind auffällig niedrig, wenn man sie mit denjenigen der anderen Städte in Vergleich bringt. Der Rückgang des Jahres 1903 ist mit dadurch bedingt, daß in diesem Jahre der Zusatz von Chemikalien zu einem beträchtlichen Teile des Abwassers nicht mehr stattfand. 43 % des Abwassers wurden schon ohne einen solchen Zusatz gereinigt. In Manchester und auch in einigen andern Städten ist man der Meinung, daß durch die Klärung mittels Chemikalien die Schlammmenge bis zum doppelten gesteigert wird.

Das Bestreben, die Schlammengen zu vermindern, war es in erster Linie, welches dahin führte, daß die Abfäßbecken durch Faulbecken ersetzt wurden. Man ist der Meinung, daß durch die lebhaften Fäulnisvorgänge in Becken der letzteren Art der organische Bestandteil der Schwebestoffe in mehr oder minder weitgehender Weise



in gasförmige Produkte, die in die Luft entweichen, umgewandelt wird. Das trifft auch zu, nur scheint man quantitativ im Anfange zu viel erwartet zu haben. Schätzt doch ein so guter Kenner der Verhältnisse, wie Watson in Birmingham, die Verminderung nur auf 10—15 %. An anderen Stellen glaubt man allerdings die Schlammverzehrung höher annehmen zu dürfen. So rechnet man in Horfield mit 20 %, in Accrington mit 35 %, in Leeds mit 40 %, in Exeter in der Hauptanlage mit einer Abnahme bis zu 67 %, in der Nebenanlage bis zu 87 %. Die letzten Zahlen sind außerordentlich hoch, es ist aber zu berücksichtigen, daß die Zusammensetzung der Abwässer hier eine große Rolle spielt und das Exeter fast reine, viel organische Stoffe enthaltende Hausabwässer verarbeitet.

Wie dem auch sein möge, eine Verminderung der Schlammengen wird sicher erreicht. Sie ist vorweg schon dadurch bedingt, daß die zum Ausfaulen bestimmten Abwässer keinen Zusatz von Chemikalien erhalten, daß also die Menge des Schlammes an und für sich kleiner ist und weiter dadurch, daß von diesen kleineren Mengen noch ein Teil vergast wird.

Ein zweites kommt hinzu. Nicht bloß die Menge des Schlammes wird geringer, seine Beschaffenheit wird in den Faulbecken auch eine andere. Der aus den Abfällbecken stammende Schlamm ist von klebrig schleimiger Beschaffenheit, er trocknet schwer, geht beim Lagern in Fäulnis über und verbreitet üble Gerüche. Der aus den Faulbecken stammende ist körnig, trocknet leichter und riecht wenig oder garnicht. Damit ist seine endgültige Beseitigung wesentlich erleichtert, den Wert als Düngstoff hat er allerdings ziemlich vollständig verloren. So bot in Birmingham das Getreide auf einigen Äckern, die mit derartigem Schlamm gedüngt waren, ein geradezu ärmliches Aussehen, während der Boden an und für sich nicht schlechter war als derjenige benachbarter Ländereien, auf denen die Frucht anders ausfiel.

Bei der endgültigen Beseitigung des Schlammes haben sich die einzelnen Städte in verschiedener Weise zu helfen gesucht. Zunächst wird er fast überall in Becken oder sogenannten Schlammjümpfen zusammengeführt. Das sich hier an der Oberfläche bildende Wasser wird zum Zwecke nochmaliger Reinigung dem Zubringerkanal wieder zugeleitet. In Salford schöpft man die oberste Schicht des Schlammes, welche dort viel Fett enthält, noch besonders ab und verwertet sie industriell.

Entfernt wird der Schlamm mittels Schiffen in Barking, Glasgow West, Manchester und Salford, mittels Lagerung auf Land in Friern Barnet, Leeds, Accrington, Exeter und Birmingham, mittels maschineller Verarbeitung in Glasgow Ost, Chorley, Horfield und Burnley.

Barking besitzt sechs solcher Schlammsschiffe. Es sind Doppelschraubendampfer mit einem Fassungsvermögen von je 1000 cbm. Sie enthalten Wohn- und Schlaf-räume für wissenschaftliche Beamte, welche die Folgen der massenhaften Schlammablagerung studieren sollen, ebenso kleine Laboratorien für die ersten an Ort und Stelle auszuführenden Untersuchungen. Die Ablagerungsstelle liegt 80 km von Barking entfernt in der Außenmündung der Themse bei den Barrow-Deeps. Ob man dauernd diese Stelle benutzen kann, ist den beteiligten Kreisen zweifelhaft, andernfalls müßte man etwa 15 km weiter seewärts gehen. Die Entleerung der Schiffe geschieht kurz nach Flut, damit die Strömung die Schlammstoffe nicht der Küste zuführt. Störungen des Betriebes durch Nebel sind nicht selten, man hat deshalb auf der Reinigungsanlage Reservoirs eingerichtet, in welchen der Schlamm einige Tage aufgespeichert werden kann.

Ähnlich wie Barking machen es die drei andern Städte, die Schiffe sind zum Teil etwas kleiner und einfacher eingerichtet; im letzten Jahre hat Manchester einen Teil des Transports für Salford mit übernommen.

Die Lagerung des Schlammes auf Land ist der älteste und verbreitetste Notbehelf. Man breitet den Schlamm auf drainiertem Boden aus und wartet, bis er durch die Drainage und durch Verdunstung soviel Wasser abgegeben hat, daß er stichfest geworden ist. Es ist dazu eine Reduktion des Wassergehaltes von etwa 90

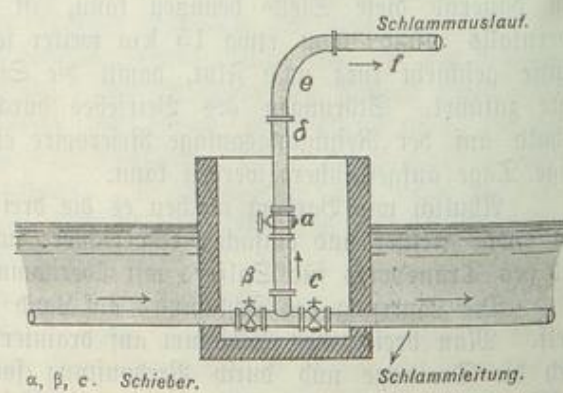
auf 60 % erforderlich. Dieser Vorgang erfordert aber durchgängig Monate Zeit, da der Schlamm die unangenehme Eigenschaft hat, das Wasser zäh festzuhalten, die Drains zu verstopfen und an der Oberfläche eine Kruste zu bilden, welche die Verdunstung hindert. Inzwischen gehen die Fäulnisvorgänge in dem Schlamm weiter, sie zerlegen die in ihm enthaltenen beträchtlichen Mengen von Fettstoffen, deren Produkte sehr übelriechend sind. Auch die stickstoffhaltigen Stoffe werden abgebaut, wobei ein Teil des Stickstoffes sich verflüchtigt, der Düngwert des Stoffes also herabgesetzt wird.

In seiner ursprünglichen Form wird der Schlamm von den Landwirten nicht geholt, weil er seines hohen Wassergehaltes wegen den Transport nicht lohnt. Aber auch in stickfester Form wird er nicht besonders geschätzt. In Friern Barnett bringt man ihn deshalb auf eigenem Terrain unter und mischt ihn mit dem Hausmüll. Die zur Verfügung stehende Fläche ist im Vergleich zur Menge des dort erwachsenden Schlammes eine große. Üble Gerüche waren nicht besonders stark, Fliegen fanden wir jedoch in nicht geringen Mengen. In Leeds sucht man den stickfest gewordenen Schlamm so gut wie möglich los zu werden, ein kleiner Teil wird dort auch von den Landwirten abgenommen. Die Schlammkalamität ist hier eine wesentliche Triebfeder mit gewesen, daß die Umänderung des Reinigungsverfahrens in Angriff genommen wurde. In Birmingham half man sich bis in die letzte Zeit damit, daß man oberflächlich ausgehobene Gräben mit Schlamm füllte, sie einige Tage offen stehen ließ und dann mit der ausgehobenen Erde deckte; der so behandelte Acker blieb ein Jahr brach liegen und wurde das andere Jahr landwirtschaftlich ausgenutzt. Darauf wiederholte sich das Spiel. Das Verfahren hat sich bewährt, erfordert aber viel Platz und ist kostspielig. Man hat es vielfach anderwärts nachgeahmt, aber in Birmingham fängt man schon an, es wieder zu verlassen, weil es dort nicht mehr erforderlich ist. Das Bedürfnis ist in B. geringer geworden, je mehr man von den Abfäbbeden zu den Faulbeden überging.

Oben wurde schon erwähnt, daß dem Faulbedenschlamm die unangenehmen Eigenschaften des Abfäbbedenschlammes fast ganz abgehen. Man kann den Faulbedenschlamm neben vielbegangenen Wegen lagern, ohne daß er zu Belästigungen führt. So sahen wir es in Exeter und in Birmingham. In Exeter hatte der Schlamm annähernd das Aussehen und die Beschaffenheit von Torfstreu, wir mußten erst von dem Führer aufmerksam gemacht werden, daß wir uns in unmittelbarer Nähe der Schlammablagerungsstelle befänden. Ein hineingesteckter Stab überzeugte uns dann, daß der unmittelbar vor unsern Füßen liegende Boden noch keine feste Beschaffenheit angenommen hatte. Ähnlich war es in Birmingham, nur hatte die Masse hier ein weniger braunes, sondern ein mehr graues Aussehen. In Birmingham geschieht die Beseitigung der größten Menge des Schlammes zur Zeit in der Art, daß er in eine Druckrohrleitung gepreßt wird, welche alle 180 m durch Revisionschächte unterbrochen ist. Diese Revisionschächte geben Gelegenheit, durch Anschrauben von Bogenstücken je nach Bedarf Schlamm auf die rechts und links von der Druckrohrleitung liegenden Felder zu leiten und hier trocknen zu lassen, was rasch und ohne Belästigung vor sich geht. (Siehe Skizze.)

In Accrington wird der aus den Faulbeden stammende Schlamm in der Anlage auf Land getrocknet, dann mittelst Karren zum nahen Liverpoolkanal gefahren und in Schiffe verladen. Hier nehmen ihn die Landwirte ohne Bezahlung ab. Die bis zum Schiffe entstehenden Kosten trägt die Stadt.

Die dritte Art der Beseitigung des Schlammes besteht in seiner maschinellen Verarbeitung; man will durch Pressung sein



Die Stücke d, e, f werden nach Bedarf aufgeschraubt.

Volumen verkleinern und den Wassergehalt herabsetzen. Es wird also dasselbe erstrebt wie bei der Lagerung auf Land, nur daß der Prozeß rasch vollzogen wird, die Belästigungen der langsamen Fäulnis daher ausbleiben. Ohne weiteres ist der frische Schlamm jedoch nicht preßfähig, er bedarf eines Zusatzes von Kalk. In Glasgow Ost erhält er einen solchen von 2 %, in Chorley, Horfield und Burnley von 5 %. Das Pressen geschieht mittelst der gewöhnlichen Filterpressen unter Zuleitung von Dampf; die Filtertücher sollen bis zu einem Monat brauchbar bleiben. Durch die Pressung wird der flüssige Schlamm in Horfield auf $\frac{1}{10}$, in Chorley auf $\frac{1}{8}$, in Glasgow auf $\frac{1}{7}$ und in Burnley auf $\frac{1}{5}$ seines Volumens herabgesetzt. Da der Wassergehalt bei weitem nicht dementsprechend vermindert wird, so müssen mit dem Presswasser bedeutende Mengen feiner fester Stoffe durch die Filter hindurchgehen. Das Presswasser fließt den Reinigungsanlagen wieder zu; der durch die Pressung erreichte Erfolg ist daher für den Gesamtbetrieb zum Teil ein scheinbarer. Über die Zusammensetzung der Preßkuchen liegt uns aus dem Jahre 1904 von Burnley eine Analyse vor.

Danach waren in 100 Teilen vorhanden:

Flüssigkeit	51,74
Organische Substanz	8,28
Kalziumoxyd	9,83
Kalziumkarbonat	20,30
Phosphorsäure	1,07
Eisen- und Aluminiumoxyd	1,10
Kieselsäure	7,50

Eine von uns ausgeführte Gegenanalyse ergab Wasser 38,40 %, feste Stoffe 61,60 %. In 100 Teilen wasserfreien Schlammes sind enthalten: organische Stoffe 14,77 %, anorganische 85,23 %. Der Gehalt an Gesamt-Fett betrug 5,59 %, davon direkt extrahierbar 2,94, in Form von Seifen 2,65 %.

Der Gehalt an Stickstoff betrug 0,79 %.

Die Asche setzte sich zusammen aus:

Kieselsäure	16,53 %
Eisen- und Aluminiumoxyd	4,52 %
Kalk (Ca O)	47,75 %
Magnesia (Mg O)	1,04 %
Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	0,71 %
Schwefelsäure (S O ₃)	1,20 %

Bei der Beurteilung der Analysenergebnisse ist aber zu berücksichtigen, daß es sich in Burnley um Schlamm aus Faulbecken handelt. Bei Schlamm aus Abfäulbecken hätte die Analyse mehr Wasser, mehr organische und weniger anorganische Stoffe ergeben.

Die Verwertung der Schlammpreßkuchen ist ebenfalls nicht leicht. In Horfield wurde darauf hingewiesen, daß die Landwirte auch den gepreßten Schlamm nicht wollten, daß man dort stapeln müsse; in Burnley erhält man 80 $\mathcal{L}$ für das Kubikmeter; in Chorley, das eine Ausnahmestellung einnimmt, 2 $\mathcal{M}$. Hier wird ein kleiner Teil des Preßschlammes weiter getrocknet und dann zur Produktion von Leuchtgas verwendet, ein kleiner Scherz des Ingenieurs. In Glasgow Ost erhält man 1 $\mathcal{M}$. pro cbm; hier trocknet man einen Teil der Preßkuchen bis zu einem Wassergehalt von 15 %, mahlt das Produkt fein und vertreibt es als „Globe Fertilizer“ zum Preise von 8–10 $\mathcal{M}$. den Kubikmeter. Aber das Geschäft blüht auch nicht besonders. Nach einem uns vorliegenden Berichte wurden im Jahre 1902 bis 1903 gewonnen 32 759 Tons gepreßter Schlamm; davon wurden auf dem Boden der Anlage gelagert 5451 Tons, verkauft zu Düngzwecken 14 211 Tons, verarbeitet zum „Globe Fertilizer“ 5487 Tons und mittelst Eisenbahn zu Reserve-lagerplätzen befördert 7609 Tons.

Man sieht aus den vorstehenden Ausführungen, daß die Pressung des Schlammes keine Lösung der Aufgabe der Schlammabfuhr bedeutet.

Die Kosten.

Bei einer Beurteilung der durch die Reinigung der Abwässer erwachsenden Kosten sind die Anlagekosten von den reinen Betriebskosten zu trennen.

Die ersteren schwanken in weitgehendster Weise nach den lokalen Verhältnissen; Vergleiche der einzelnen Städte unter einander sind kaum angängig. Diejenigen Reinigungsarten, welche viel Platz erfordern, bedingen naturgemäß im allgemeinen hohe Anlagekosten, zumal der Grund und Boden in der Nähe der Städte nicht billig zu sein pflegt. Andererseits sind große Anlagen in ihrer Herstellung und im Betriebe relativ weniger kostspielig als kleine. Die Art und Weise der Ausführung der Anlagen wirkt, abgesehen von dem gewählten System, in weitgehender Weise auf die Kosten ein. Noch eine Reihe anderer Faktoren, z. B. die Zeit, wann die Anlage gebaut wurde usw., kommen in Frage, so daß wir darauf verzichten müssen, ein allgemeines Urteil auf Grund unserer Besichtigungen abzugeben.

Die billigste Anlage hat Leeds; sie stammt noch aus dem Jahre 1874. Der Grund und Boden, 11 ha, hat damals nur 104 000 *M.* gekostet; der maschinelle Teil, die Becken usw. 1 100 000 *M.*, so daß für die ganze Anlage nur 3,0 *M.* pro Kopf der Bevölkerung herauskommt.

Dies wird sich ändern, sobald mit der Umänderung begonnen wird. Wenn man auch mit dem zur Verfügung stehenden Terrain auszukommen im stande ist, so werden die erforderlichen biologischen Körper doch wesentliche Aufwendungen bedingen. Leeds rechnet übrigens sehr gut, man hat dort einen neuen Leiter für die Reinigungsanlage mit einem Gehalte von 20 000 *M.* angestellt. Der Verwaltungschef der Magistratsabteilung begründete uns gegenüber diese auch für England hohe Honorierung damit, daß ein erstklassiger Fachmann bei den Umänderungen und beim späteren Betriebe so viel sparen könne, daß die Stadt bessere Geschäfte mache, als wenn sie für geringes Gehalt einen weniger tüchtigen Mann anstelle.

London hat für seine beiden Reinigungsanlagen einschließlich der Schiffe etwas mehr als 20 Millionen *M.* angelegt, d. h. pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung 4,7 *M.* Ob die Kosten für Grund und Boden einbegriffen sind, vermochten wir nicht zu erfahren.

Glasgow ist bezahlte für seine Anlage ohne Grunderwerb (11 ha) 2 400 000 *M.*, d. h. pro Kopf 7 *M.*

Exeter ohne Grunderwerb 340 000 *M.*, pro Kopf also rund 10 *M.*

Chorley ohne Grunderwerb 400 000 *M.*, pro Kopf etwa 16 *M.*

Die alte und neue Anlage in Salford kosten einschließlich des Terrains, 13,6 ha, 4 Millionen *M.*, pro Kopf daher 16 *M.*

Manchester hat für seine alte und neue Anlage 14 Millionen *M.* aufgewendet, hier scheint der Grunderwerb mit eingeschlossen zu sein. Auf den Kopf der Bevölkerung entfallen 25,8 *M.*

Der Tame and Rea District Drainage Board, dessen Hauptteilnehmerin Birmingham ist, bezahlte für die Vorreinigungsanlage und die Rieselfelder einschließlich der oberirdischen und unterirdischen Leitungen, Gräben usw. 22 Millionen *M.*, das ist 27 *M.* für den Kopf der angeschlossenen Bevölkerung. Ein Hektar Rieselfeld kommt auf 19 000 *M.*

Die teuerste Anlage, welche wir sahen, hatte der kleine Ort Horfield gebaut, sie kostete 150 000 *M.*, pro Kopf der Bevölkerung daher 42 *M.*

Die reinen Betriebskosten der einzelnen Anlagen ohne Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals lassen eher einen Vergleich zwischen den einzelnen Reinigungssystemen zu, wenngleich bei der endgültigen Beurteilung die Verzinsungs- und Amortisationsaufwendungen mit berücksichtigt werden müssen.

In folgendem sei zunächst nur von den reinen Betriebskosten die Rede.

Wir hatten die Reinigungsarten in vier Gruppen geteilt: 1) Reinigung mittels Chemikalien ohne Nachbehandlung, 2) Reinigung mit Chemikalien und biologischer Nachbehandlung, 3) Reinigung ohne Chemikalien in Faulbetten mit biologischer Nachbehandlung, 4) Kieselwirtschaft.

Die erste Gruppe wird vertreten durch Leeds, London und Glasgow. In Leeds kostet die Reinigung eines Kubikmeters Abwasser 0,5, in London 0,71, in Glasgow Ost 0,95 Pfennige.

Zur zweiten Gruppe gehören Chorley, Salford und Horfield. Die Betriebskosten für die Reinigung stellen sich in Chorley auf etwa 1,2, in Salford auf etwa 1,6 und in Horfield auf 3,1.

Salford wird voraussichtlich bei dem weiteren Betriebe, wenn alles eingearbeitet ist, sich billiger stellen. In den kleinen Anlagen zu Chorley und Horfield stehen die Ausgaben für Personal den sachlichen Ausgaben gegenüber zu sehr in dem Vordergrund. In Chorley sind ständig sechs Leute beschäftigt, in Horfield 1 bis 2.

Zur dritten Gruppe gehören Exeter, Manchester und Accrington. In Exeter stellte sich die Reinigung des Kubikmeters Abwasser nur auf 0,25 £ . Die Ursache liegt hier in dem Fehlen der Auslagen für Chemikalien und in dem geringen Beamtenpersonal (3 Mann für die ganze Anlage). In Manchester kostet die Reinigung 0,6 £ pro Kubikmeter, in Accrington 1,1. Für Accrington gilt zum Teil das für Chorley und Horfield gesagte; Manchester dagegen arbeitet billig.

Halb zu dieser, halb zur vierten Gruppe gehört Birmingham. Die Betriebskosten betragen hier 1,33 Pfennig pro Kubikmeter netto, das heißt nach Abzug der von den Kieselsteinen erzielten Einnahmen. Wie schon erwähnt, muß die Hälfte des Kieselsteins in Birmingham für intermittierende Filtration benutzt werden, so daß hier Einnahmen sich nicht erzielen lassen. Der Boden ist dort aber überhaupt für Kieselstein nicht sehr geeignet, wodurch die Höhe der zu erzielenden Erträge wesentlich beeinträchtigt wird. Daß Kieselsteine billiger arbeiten können, zeigt Nottingham. Hier sind im letzten Jahre überhaupt nur 5000 £ zugelegt, obgleich die Verzinsung zu $3\frac{1}{2}\%$ und die Amortisation zu $1\frac{1}{2}\%$ mit einbegriffen sind.

Aus den vorstehenden Angaben erhellt, daß ein generelles Urteil, welches Verfahren am billigsten arbeitet, sich überhaupt nicht fällen läßt. Unter den von uns besuchten Städten fallen bei Leeds, London und Glasgow geringe Anlage- und geringe Betriebskosten zusammen, aber bei allen drei Städten liegen auch, wie schon wiederholt betont wurde, besondere Verhältnisse vor. Exeter arbeitet bei mäßigen Anlagekosten auffallend billig. Bei Manchester stehen hohen Anlagekosten mäßige Betriebskosten gegenüber. Bei Birmingham und mehr noch bei Horfield sind beide hohe.

Schlußbemerkungen.

Der erste und nachhaltigste Eindruck, welchen wir bei unsern Besichtigungen in England empfinden, war der, daß dort ein außerordentlich hoher Wert auf die einwandfreie Beseitigung der städtischen Abflusstoffe gelegt wird. Es prägt sich dies nicht nur in dem Vorgehen der einzelnen Stadtverwaltungen, sondern auch in gesetzgeberischen Maßnahmen für die Gesamtheit aus. Bereits im Jahre 1875 wurde das Gesetz für die öffentliche Gesundheitspflege (Public Health Act) erlassen, welches eine zweckmäßige Organisation der Gesundheitsbehörden schuf, zu deren Hauptaufgaben die Sorge für eine gute Entwässerung der Ortschaften gehörte. Diesem allgemeinen Gesetz folgte im Jahre 1876 das Gesetz zur Verhinderung der Verunreinigung öffentlicher Wasserläufe (The Rivers Pollution Prevention Act). Hier finden sich bis in das einzelne gehende Bestimmungen, welche es auch kleinen Minderheiten ermöglichen, Flußverunreinigungen seitens der Städte, größerer gewerblicher Anlagen usw. hintanzuhalten. Dazu geben beide

Gesetze dem Local Government Board in London die Befugnis, in diese Dinge jederzeit mit hineinzureden. Diese oberste Behörde muß sogar in jedem Falle gefragt werden, wenn eine Gemeinde eine Anleihe aufnehmen will; sie hat das Recht, ihre Bedingungen zu stellen, selbst wenn diese Bedingungen mit den Zwecken der Anleihe nicht in direkter Beziehung stehen. Durch die Local Government Act vom Jahre 1888 wurden die Lokalbehörden ermächtigt, ihrerseits die Ausführung des Gesetzes von 1876 in die Hand zu nehmen und die Reinhaltung der ihr Gebiet durchziehenden Wasserläufe zu überwachen. Sie können sich mit benachbarten Gemeinden zu diesem Zwecke vereinigen zur Bildung von Joint Committees, welche die Aufsicht über ganze Flußläufe übernehmen. Für einige größere Flüsse wurden von Staatswegen durch besondere Gesetze Aufsichtsbehörden eingesetzt (Conservancy Boards). In England existieren auf Grund der Local Government Act von dem Jahre 1888 drei derartige Conservancy Boards, nämlich „the Mersey and Irwell Joint Committee“ (1891 gebildet), „the Ribble Watershed Joint Committee“ (1891) und „the West Riding of Yorkshire Rivers Board“ (1893).

Das von diesen Conservancy Boards überwachte Gebiet ist ein sehr großes; so umfaßt das Gebiet des Mersey and Irwell Committee ein Areal von rund 2000 qkm mit einer Bevölkerung von über 2 $\frac{1}{4}$ Millionen und mit über 450 Fabrikanlagen; das Ribble Joint Committee umfaßt ein Gebiet von 1400 qkm mit einer Bevölkerung von über 1 Million und mit über 70 Fabrikanlagen; das Gebiet des West Riding River Board deckt sich mit dem geographischen Gebiet West Riding und besitzt eine Ausdehnung von über 7000 qkm mit nicht ganz 2 $\frac{1}{2}$ Millionen Einwohnern.

Außer den vorgenannten 3 Boards gibt es noch „the Thames“, „the River Lea“ und „the River Medway Conservancy Board“, die schon längere Zeit vor Erlass des vorgenannten Gesetzes (Thames Conservancy Board 1857, Lea Conservancy Board 1868) auf Grund besonderer Gesetze errichtet worden sind (nach Bredtichneider und Thumm).

Bereits in den neunziger Jahren machte sich jedoch das Bedürfnis nach einer zentralen Fachbehörde für die wissenschaftliche Bearbeitung der einschlägigen Abwasserfragen geltend; diese wurde durch Erlass der Königin im Jahre 1898 als Royal Commission on Sewage Disposal eingerichtet. Sie besteht aus neun Mitgliedern: 2 Ingenieuren, 2 Medizinern, 1 Bakteriologen, 1 Chemiker und drei Laien. Die Aufgabe der Kommission ist zu untersuchen und zu berichten,

1) welche Methoden der Behandlung und Reinigung der Abwässer besonders geeignet sind, die Reinigung in Übereinstimmung mit den gesetzlichen Bestimmungen zum Schutze der öffentlichen Gesundheitspflege in ökonomischer Weise den lokalen Anforderungen entsprechend zu bewirken;

2) wenn mehrere Methoden geeignet sind, diejenigen zu bestimmen, welche nach Beschaffenheit und Mengen der Abwässer, sowie nach der Bevölkerung und anderen Umständen für die einzelnen Fälle am geeignetsten sind, und

3) auf Wunsch Nachweise über empfehlenswerte Anlagen zu geben.

Eine Anzahl vorzüglicher Berichte sind bereits von der Kommission herausgegeben und manches hat sie zur Klärung wesentlicher Fragen beigetragen.

Die Ausübung der den Zentralbehörden durch die Gesetze übertragenen Befugnisse findet bei den Städteverwaltungen Entgegenkommen. Man merkt dies an der Art und Weise, wie die Reinigungsanlagen ausgeführt sind. Es wurde offenbar überall Wert darauf gelegt, die Anlagen nicht bloß technisch vollkommen zu machen, sondern dabei auch noch bis zu einem gewissen Grade Schönheitsrücksichten mit walten zu lassen. Nirgends fanden wir schlechtes Mauerwerk, nirgends verwahrloste Wege oder dergleichen, überall herrscht große Ordnung und Sauberkeit. Die Abwässerungsanlagen sind in England keine Schmutzstätten, sondern trotz des häßlichen Materials reingehaltene, zum Teil mit gärtnerischen Anlagen versehene städtische Anstalten, die keinen unangenehmen Eindruck machen. Nicht bloß die Fachleute, auch

die Verwaltungsbehörden zeigten sich über die Probleme der Abwasserreinigung gut orientiert. So gut, daß es manchmal den Anschein gewann, als bestehe zwischen den Städten ein edler Wettstreit, auf diesem Gebiete das Vollkommenste zu leisten. Daß unter solchen Verhältnissen auch wirklich etwas Gutes geleistet wird, kann nicht Wunder nehmen, zumal wenn einem Lande eine solche Anzahl hervorragender Fachleute zur Verfügung steht, wie England sie besitzt. Man kann von den englischen Abwässerungsanlagen sagen, daß sie mit Lust und Liebe, Verständnis und reichlichen Mitteln errichtet wurden.

Der zweite Eindruck, den wir empfangen, war der, daß man auch in England in der Abwasserreinigung noch in einer Umwandlung begriffen ist, die freilich dort schon bedeutend weiter sich befindet als in Deutschland. Die alte chemische Reinigungsmethode, deren Bahnbrecher vor mehr als dreißig Jahren ebenfalls die Engländer waren, ist trotz ihrer Kostspieligkeit als unzulänglich erkannt. Man weiß, daß es nicht bloß auf die Beseitigung der ungelösten, sondern ebenso sehr auf die Unschädlichmachung der gelösten säulnissfähigen Bestandteile des Abwassers ankommt, und dieser Erkenntnis hat man seit 10 Jahren in England praktisch Rechnung zu tragen sich bemüht. Überall stießen wir auf alte und neue Versuchsanlagen, die unter praktischen Verhältnissen arbeiten. In den älteren waren die ersten allgemeinen Erfahrungen über den Abbau der in Frage kommenden Stoffe gesammelt, in den neueren sucht man die Natur der Vorgänge wissenschaftlich zu ergründen und in den Rohbau des ganzen Systems die Einzelheiten einzufügen. Solche Versuche sind seit den letzten Jahren bei uns in Deutschland auch vielfach im Gange und es ist ein nicht geringes Verdienst Dunbars, hierzu in erster Linie den Anstoß gegeben zu haben. Auch die Preussische Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung arbeitet mit vorzüglichem Erfolge in gleicher Richtung. Immerhin kann es jedem Fachmann, der sich eingehender mit den Fragen der Abwässerbeseitigung zu beschäftigen hat, nicht dringend genug empfohlen werden, die englischen Arbeiten auf diesem Gebiete an Ort und Stelle kennen zu lernen. Man kann dies um so eher, als die englischen Behörden mit außerordentlicher Liebenswürdigkeit die Anlagen zugänglich machen und ihre Erfahrungen mitteilen.

Über die Richtung, welche die Art der Abwasserreinigung in England nehmen wird, läßt sich allgemein Gültiges kaum sagen. Die lokalen Verhältnisse spielen in jedem einzelnen Falle eine zu große Rolle. Im großen und ganzen scheint es aber das Prinzip der Faulbecken mit nachfolgender Reinigung in Einstau- oder Tropfkörpern zu sein, welches in kommenden Jahren maßgebend sein wird. Ob man sich mehr für Einstaukörper oder für Tropfkörper entscheidet, bleibt abzuwarten, uns scheinen die letzteren die größere Aussicht zu haben.

Dr. A. Feldmann.

M. Boettcher.

Professor Dr. Tjaden.

Baurat Graepel.

Unteranlage 2.

Bericht

über die Bremischen Abwässer und deren Beseitigung.

An

die Deputation für das Gesundheitswesen

und an die Baudeputation, Abteilung Straßenbau.

Der Deputation für das Gesundheitswesen und der Baudeputation, Abteilung Straßenbau, beehren wir uns das nachstehende Gutachten über die bremischen Abwässer und ihre Beseitigung zu unterbreiten.

Dem Gutachten sind die seit 1903 zunächst unter Leitung der Herren Medizinalrat Focke, Baurat Graepel und Professor Tjaden, später der beiden letzteren allein vom Hygienischen Institut und von der Straßenbauinspektion ausgeführten Untersuchungen zu Grunde gelegt.

Unsere Mitarbeiter, denen wir für ihre sorgfältige Arbeit zu Dank verpflichtet sind, waren die Herren Baumeister Böhler von der Straßenbauinspektion, vom Hygienischen Institut die Herren Chemiker Zink, Dr. Garbs, Dr. Bewer, Dr. Hollandt und Dr. Fauth, sowie die Mediziner Dr. Röver und Dr. Geiß.

Eine Mitteilung des Gutachtens an Senat und Bürgererschaft stellen wir ergebenst anheim.

Bremen, den 1. März 1906.

(gez.) Dr. Tjaden. (gez.) Graepel.

Inhalt.

Abschnitt 1.	Entwicklung der Abwasserbeseitigungsfrage	Seite 621—624.
" 2.	Die zur Zeit für die Abführung der Abwässer bestehenden Anlagen	" 625—628.
" 3.	Abwassermengen	" 628—636.
" 4.	Zusammensetzung des Abwassers	" 636—646.
" 5.	Leistungsfähigkeit der jetzigen Reinigungsanlagen	" 646—653.
" 6.	Die Vorfluter	" 653—664.
" 7.	Versuche zur anderweitigen Reinigung des Abwassers	" 664—674.
" 8.	Vorschläge für die zukünftige Beseitigung der Bremischen Abwässer	" 674—682.

Abschnitt 1.

Entwicklung der Abwasserbeseitigungsfrage.

Die Entwicklung der Abwasserbeseitigungsfrage ist für die an den beiden Ufern der Weser liegenden Stadtteile Bremens nicht die gleiche gewesen. Verschiedenartige Abflußverhältnisse und verschieden schnelle Zunahme der Bevölkerungsziffern zeitigten ein verschiedenes Bedürfnis für die Regelung der Abwasserbeseitigung, dem man von Zeit zu Zeit nach Lage der Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse Rechnung zu tragen suchte.

I. Rechtsweiserisch.

A. Hemmgrabengebiet.

(Siehe Lageplan Anlage 1.)

Bis etwa zur Mitte der siebziger Jahre ließ man die Kanalwässer aus dem bei der Hemmstraße ausmündenden Kanale in einen offenen Graben einlaufen, der seinen Inhalt bei der jetzigen Bewässerungsanstalt in die kleine Wümme ergoß, die ihrerseits, allmählich in eine stinkende Pfütze verwandelt, in trägem Laufe der großen Wümme zuströmte. Die Abzugsgräben und Kanäle des Blocklandes wurden hierdurch ebenfalls im Laufe der Zeit mit übelriechenden Schlammassen angefüllt.

Die erste Anregung, diese Mißstände zu beseitigen, ging von Dr. W. O. Focke aus, der in einer Denkschrift im Jahre 1874 die schlechten Zustände klarlegte und — allerdings mehr vom landwirtschaftlichen Standpunkte aus — die Winterberieselung des Blocklandes in Vorschlag brachte. Ein direktes Überpumpen der Abwässer in die Weser hielt er für gefährlich. Die Menge der abzuführenden Abwässer hatte Oberbaurat Berg bereits im Jahre 1864 auf 16 000 cbm täglich geschätzt.

Die Notwendigkeit einer durchgreifenden Neukanalisation veranlaßte dann die Einholung eines Gutachtens des Berliner Oberbaurats Hobrecht. Letzterer empfahl, die Abwässer nach einer hochgelegenen Stelle bei Gröpelingen zu pumpen und von hier aus in die Weser abzuleiten. Die Menge der Hausabwässer nahm Hobrecht zu $\frac{1}{37}$ der durch die Kanäle zum Abfluß kommenden größten Regenmengen an. Wegen der hohen Kosten schloß sich die Baudeputation dem Gutachten Hobrechts nicht an, sondern schlug im Jahre 1876 unter Zurückgreifen auf die Anregung Fockes und unter Benutzung eines Projekts des Wasserbauinspektors Heß ihrerseits vor, die Abwässer während der Monate November bis März auf die Wiesen des Blocklandes zu pumpen, während der übrigen Zeit aber, wie seither, der kleinen Wümme zuzuführen.

Dieser Plan kam für das Oberblockland zur Ausführung. Nach anfänglichen Klagen der Anwohner des Blocklandes war man schließlich mit der Überrieselung zufrieden, da der landwirtschaftliche Erfolg ein guter war. Die Klagen über Verschlammung der kleinen Wümme und der Abzugsgräben nahmen mit dem Wachsen der Bevölkerung jedoch zu. Dazu kamen Differenzen zwischen dem Staat und dem Blocklander Entwässerungsverband, welcher letzterer sich weigerte, zu den Kosten für eine Reinigung der Wümme beizutragen.

Nach Vermittlungsvorschlägen wurde die Reinigung der Wümme schließlich im Jahre 1881/82 ausgeführt, worauf die vorher unerträglichen Zustände für kurze Zeit besser wurden. Diese Besserung war jedoch keine dauernde und es tauchten deswegen bald wieder Pläne für Klär- und Reinigungsanlagen auf.

In einem Berichte der Baudeputation aus dem April 1889 wurde dagegen geraten, vorläufig von derartigen Anlagen abzusehen, um die Erfahrungen anderer Städte abzuwarten, da man überall Schwierigkeiten in der Beseitigung der gewonnenen Schlammengen gefunden habe. Um den unerträglichen Zustand in der kleinen Wümme aber zu beseitigen, schlug die Baudeputation zweierlei vor:

1) Das Kanalwasser während der Zeit, wo es nicht zum Überstauen verwendet würde, mit Weferwasser fünffach zu verdünnen. Die durchschnittliche Gebrauchsmenge für den rechtsweferischen Stadtteil wurde dabei auf 6 cbm pro Minute und die gesamte, zum Verdünnen notwendige Wassermenge auf $9\frac{1}{4}$ Millionen Kubikmeter jährlich angenommen. Das Weferwasser sollte durch ein Pumpwerk bei der Hucksforte dem Kanalnetz zugeführt werden.

2) Der Abzugsgraben an der Hemmstraße sollte an dem linken Ufer der kleinen Wümme entlanggeführt und dann jenseits des Waller Fleets in das sogenannte Maschinenfleet eingeleitet werden. Die Bürgerschaft beschloß im Juli 1889 diesem Vorschlage gemäß, doch ist die Anlage des Grabens nicht zur Ausführung gekommen, da sich bei der weiteren Projektbearbeitung bisher nicht beachtete Schwierigkeiten herausstellten. Auch das Pumpwerk an der Hucksforte wurde nicht ausgeführt, sondern es wurden Einrichtungen getroffen, um die Kanäle teils von der Wefer, teils von den Stadtgräben aus zu spülen. Daß die Anlage des projektierten neuen Abzugsgrabens derzeit nur als Provisorium betrachtet wurde, geht daraus hervor, daß die Bürgerschaft gleichzeitig an den Senat das Ersuchen richtete, die Baudeputation zu beauftragen, eine definitive Regelung der Abführung der Kanalwässer im Auge zu behalten und namentlich zu prüfen, ob es sich empfehle, die Reinigung der Kanalwässer auf chemisch-mechanischem Wege einzuführen und ob nicht die Anlage von Rieselfeldern in großem Maßstabe ausgeführt werden könne. Auch die Frage der direkten Ableitung der Kanalwässer nach der Wefer wurde erörtert, denn im Juni 1891 ersuchte die Bürgerschaft den Senat um einen Bericht der zuständigen Behörden, ob gegen die Einleitung der städtischen Kanalwässer nach einem hinreichend von der Stadt entfernten Punkte der Wefer öffentliche Bedenken beständen und mit welchen Kosten die Abführung der Kanalwässer dahin möglich sei.

Inzwischen war das alte Eimersystem abgeschafft und dafür das Tonnen-system eingeführt worden. Die Hoffnungen, die man auf letzteres gesetzt hatte, verwirklichten sich jedoch nicht und immer brennender wurde die Frage, ob die Einleitung der Fäkalien in die Kanäle möglich und durchführbar sei. Im Mai 1897 erschien dann ein Gutachten des Gesundheitsrates (Dr. Jocke) über die Ableitung und Reinigung der stadtbremischen Kanalwässer. Es wurde darin ausgeführt, daß seit der Durchführung der Unterweferkorrektur sich der Wasserspiegel der Wefer und damit auch der Leseum erheblich gesenkt habe und daß infolgedessen bei niedrigen Ebbeständen häufiger plötzlich große Abwassermengen in die große Wümme sich entleerten, die Veranlassung zu schweren Klagen der Anwohner der großen Wümme gaben. Man habe deswegen 1896 die natürliche Einmündungsstelle der kleinen Wümme bei Dammsiel schon geschlossen und die Entleerung der Abwässer lediglich durch das Maschinenfleet vorgenommen. Der Gutachter kam zu dem Ergebnis, daß auf alle Fälle, auch wenn das winterliche Überstauen beibehalten werden solle, für die übrige Jahreszeit ein anderes Reinigungsverfahren stattfinden müsse. Er schlug darum vor, daß unter Leitung eines Hygienikers von den verschiedensten Fachleuten Untersuchungen über die zweckmäßigsten Reinigungsverfahren angestellt werden sollten.

Eingehende Untersuchungen hatte inzwischen der damalige Direktor des bakteriologischen Instituts, Dr. Kurth, vom Jahre 1895 an gemacht. In einem Gutachten vom 25. September 1897 „Über die voraussichtliche Verteilung der Kanalwässer des rechten Weferufers nach ihrer unmittelbaren Einleitung am rechten Weferufer unterhalb der Stadt Bremen“ kommt er zu folgendem Ergebnis:

1) Unter Annahme einer täglichen rechtsweferischen Abwassermenge von 12 000 cbm findet eine Verdünnung von 1:2100 resp. 1:700 je nach Flut und Ebbe statt.

- 2) Auch nach Einleitung der Fäkalmassen in die Kanäle wird eine erheblichere Verschmutzung des Weserwassers nicht stattfinden.
- 3) Die direkte Einleitung der ungereinigten rechtsweserischen Kanalwässer in die Weser ist unbedenklich, wenn man einen Platz dafür 7 km unterhalb des Holzhafens, etwa bei Mittelsbüren, wählt.

Die Frage der Abwasserreinigung wurde von Kurth ebenfalls geprüft. Unter Annahme einer täglichen Abwassermenge von 12 000 cbm hatte er durch Bestimmung des nach Filtration zurückbleibenden Trockenrückstandes des Abwassers die täglich sich ergebende Schlammmenge auf 2000 kg berechnet. Seiner Meinung nach würde sich nach Zuleitung der Fäkalien diese Menge um etwa den vierten Teil vermehren. Von diesen Schlammengen sollte sich nach zweistündigem Absetzen die Hälfte zu Boden gesetzt haben. Auf Grund dieser Annahmen machte er den Vorschlag, das Kanalwasser am Ende des Hemmgrabens temporär aufzustauen und an der westlichen Seite des Grabens auf die Ländereien der Feldmark Utbremen zu leiten. Hier seien etwa 100 kleine, mit Erdwällen eingefasste Felder einzurichten, aus denen nach dreistündigem ruhigen Absetzen das gereinigte Wasser in die kleine Wäimne abgeleitet werden könne. Für den Fall, daß dieser Plan wegen der Kanalverhältnisse technische Schwierigkeiten machen sollte, empfahl Kurth, diese Felder im Oberblockland anzulegen und das Wasser dorthin unter Zuhilfenahme der Pumpmaschine des Wetterungsverbandes aufzupumpen. Der erstere Plan wurde vom Baurat Graepel in einem Gutachten vom 4. Februar 1898 wegen des Rückstandes des Wassers in die innerhalb der Stadt gelegenen Kanäle als nicht durchführbar bezeichnet.

Anstatt der von Kurth vorgeschlagenen vielen kleinen Absetzbecken empfahl Graepel die Anlage von vier großen Klärteichen mit den erforderlichen Nebeneinrichtungen, wie Umlaufkanälen, Schlammager usw. Vergl. die Beschreibung im Abschnitt 2. Seinem Vorschlage folgte man im Jahre 1899, doch wurden diese Einrichtungen von allen Seiten nur als provisorische betrachtet, um den dringendsten Mißständen zunächst etwas entgegen zu treten und Zeit für die Beschaffung der nötigen, damals noch fehlenden Unterlagen für die endgültige Regelung der Abwasserbeseitigung zu erhalten.

B. Waller Gebiet.

Die frühere beschränkte Abwässerung der Landgemeinde Walle welche durch das Waller Fleet nach dem Maschinenfleet hin stattfand, erfuhr eine erhebliche Erweiterung, als die im Jahre 1891 beantragte Vereinigung von Teilen der Landgemeinde Walle und Gröpelingen mit der Stadt stattfand. Nach Plänen des Baurats Graepel wurden die Abwässer dieses neuen Stadtteiles durch eine Anlage, welche von der Waller Chaussee aus am Waller See vorbei in nördlicher Richtung verläuft, ebenfalls dem Maschinenfleet zugeführt. Vergl. Lageplan.

II. Linksweserisch.

Wie die rechtsweserische, so hat auch die linksweserische Abwasserbeseitigung eine Reihe von Wandlungen durchgemacht. Bis zum Jahre 1833 wurde das gesamte Abwasser der Neustadt der Weser zugeführt. Da jedoch bei der Höhenlage der Abzugskanäle (sechs Fuß über Bremer Null) bei einem Wasserstande von dieser Höhe jegliche Abwässerung aufgehoben wurde, sah man sich genötigt, im Jahre 1833 die Abwässerung durch einen zum Teil offenen Graben nach dem Hafenburger See und von da nach der Ochtum vorzunehmen. Starke Verschlammung des Sees und damit im Zusammenhange stehende Erschwerung der Abwässerung vom Neuenlande aus, sowie große Verunreinigung der Ochtum wurden 1866 die Veranlassung, die Abwässerung der Neustadt durch einen Kanal vorzunehmen, welcher bis zu einer Höhe von 7 Fuß am Brückenpegel beim sog. Teerhause in die Weser mündete. Bei höherem Wasserstande, der als etwa $2\frac{1}{2}$ Monate im Jahr vorhanden angenommen wurde, sollte die Abwässerung nach dem Hafenburger See beibehalten

werden. Die Menge des durch diesen Kanal abzuführenden Schmutzwassers war im Jahre 1864 durch den Oberbaurat Berg für 12 000 derzeit gezählte Bewohner auf 2325 cbm täglich berechnet worden. Für die Südvorstadt, deren Einwohnerzahl sich 1886 auf 12 868 Köpfe belief, wurde die regelmäßige Abwässerung nach dem Hafenburger See beibehalten.

Klagen über Belästigungen durch diese Art der Abwässerbeseitigung sowohl nach der Weser hin, wie nach dem Hafenburger See, veranlaßten für ersteres System die Vorschläge, entweder einen Düker bis in die Mitte des Strombettes der kleinen Weser zu legen, oder denselben ganz durch das Separationswerk hindurch in den Hauptstrom der Weser zu leiten. In einem hierzu erstatteten Bericht der Sanitätsbehörde vom Jahre 1887 wurden gelegentliche Geruchsbelästigungen durch den Abzugsgraben und den Hafenburger See zwar zugegeben, der allgemeine Zustand der Anlagen jedoch nicht für bedenklich erklärt. Die Einleitung des Schmutzwassers in die kleine Weser glaubte man, nach gründlicher Ausbaggerung der letzteren, nicht beanstanden zu sollen. Von einer Einleitung der Abwässer in den Hauptstrom der Weser riet man ab, da diese Einleitung doch nur als ein Provisorium angesehen werden könne, weil die Korrektur der Unterweser alsbald beendet sei und alsdann eine Verunreinigung des Stromes innerhalb der Stadt wegen eventuell dadurch drohender Gefahr für die Wasserkunst vermieden werden müsse. Als Provisorium sei die Anlage zu teuer.

Sie wurde jedoch trotzdem ausgeführt, indem nach einem vom Oberbaudirektor Franzius empfohlenen Projekte ein Düker durch das Separationswerk hindurch gelegt wurde.

Mit dem Plane der Neukanalisation des ganzen linksweserischen Abwassergebietes legte dann im Jahre 1892 Baurat Graepel einen Entwurf vor, wonach das gesamte Kanalwasser durch ein am Hafenburger See aufzustellendes Schöpfwerk gehoben und nach einer etwa 500 m unterhalb der Lantenauer Sielöffnung gelegenen Stelle der Weser gedrückt werden sollte. 1894 änderte Graepel diesen Plan insofern, als bei einer geringen Änderung der Linienführung des Kanals Vorrichtungen zum Überstauen von Ländereien getroffen und ein Abfließbecken vor Einmündung des Kanals in die Weser angelegt werden sollte. Das Abfließbecken wurde von vornherein nur als ein Versuch betrachtet. Gegen diesen Plan erhoben nicht nur die Interessenten der Lantenauer Sielacht und die Kammer für Landwirtschaft Protest, sondern auch Direktor Kurth äußerte Bedenken, da er bei früheren Untersuchungen über den Einfluß der linksweserischen Kanalwässer auf die Weser gefunden hatte, daß von der alten Kanalausmündungsstelle aus die Kanalkerne bei Ebbe mehr als 2500 m unterhalb noch nachweisbar waren, während sie nach oben hin bei Flut ca. 300 m zurückgestaut wurden. Er fürchtete daher, daß durch die neue Anlage die Interessen der Lantenauer Sielacht geschädigt würden. Da jedoch der Gesundheitsrat, obwohl er Kurths Darlegungen zum Teil anerkannte, keine schwerwiegenden Bedenken erhob, kam das Graepelsche Projekt zur Ausführung.

Jedoch auch diese Anlage gab Anlaß zu Klagen über Geruchsbelästigungen, sodaß 1899 neue Projektbearbeitungen gefordert wurden, wobei namentlich auf die Beseitigung der Abwässer durch Rieselfeldanlagen Rücksicht genommen werden sollte.

Die Tatsache, daß inzwischen das biologische Verfahren in größerem Maßstabe in England praktisch zur Verwendung kam, sowie Schwierigkeiten, welche sich der Ausführung des Rieselfeld-Projektes entgegenstellten, dann die immer mehr sich steigenden rechtsweserischen Abwasserkalamitäten veranlaßten, daß vom Jahre 1902 an die Frage der gesamten stadtbremischen Abwasserbeseitigung von neuem einer Bearbeitung unterworfen wurde. Die praktischen Arbeiten wurden im Juni 1903 begonnen, die Ergebnisse derselben sollen in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt werden.

Abschnitt 2.

Die zur Zeit für die Abführung der Abwässer bestehenden Anlagen.

a. Zur Zeit besteht für das sogenannte Hemmgrabengebiet die bereits in dem vorigen Abschnitt unter 1 A erwähnte Kläranlage. Bei dieser Einrichtung fließt das Wasser, nachdem es zunächst durch einen unter der kleinen Wäme befindlichen Düker nach einem zwischen der Achterstraße und der kleinen Wäme belegenen Schlammumpf geführt ist, mittelst eines unterirdischen Kanals einem Schöpfwerk zu. Bevor es in die Pumpen gelangt, durchströmt das Wasser ein Sieb, das bei einer Stabweite von 3,5 cm die gröberen Schwimmstoffe zurückhält. Nach dieser Vorreinigung wird das Wasser in einen durch Deiche hergestellten, hochgelegenen Graben gehoben, von dem es alsdann in die Klärbecken eingelassen wird.

Das Schöpfwerk besteht aus zwei liegenden Dampfmaschinen mit direkt auf der Welle angehängten Reutirchischen Zentrifugalpumpen. Als Dampferzeuger sind zwei Dampfkessel vorhanden, die sich abwechselnd im Betriebe befinden.

Die Kläranlage bestand ursprünglich aus 4 ungeteilten Klärbecken.

Die Länge der einzelnen Becken ist zufolge der örtlichen Verhältnisse eine verschiedene und beträgt in runden Maßen ausgedrückt 146 bis 175 m — vergl. beiliegenden Situationsplan M. 1:2000. Anlage 2. — Die Breite der Becken ist im Mittel 20 m, die Füllhöhe beträgt etwa 50 cm.

Die Kläranlage ist nur als eine provisorische Einrichtung zu betrachten, daher die Becken in Erddämmen ausgeführt und mit aus einfachen Brettern hergestellten Böden versehen sind.

Auch alle Nebenanlagen sind zweckentsprechend mit möglichst geringen Mitteln, soweit tunlich, in Holz hergestellt.

Die Länge der Klärteiche ist im Verhältnis zu den in anderen Städten zur Ausführung gekommenen Anlagen eine ziemlich große. Für die Bauart ist der Gedanke maßgebend gewesen, daß die zu reinigenden Abwässer neben ihrer mechanischen Reinigung möglichst lange Zeit auch der Einwirkung der Luft und insbesondere auch der Lichtstrahlen ausgesetzt werden sollten, indem davon eine reinigende und Bakterien tötende Wirkung erwartet wurde. Anfänglich wurde der Betrieb des Klärverfahrens derart gestaltet, daß die Becken abwechselnd gefüllt und alsdann einige Stunden stehen gelassen wurden, um so bei vollständiger Ruhe des Wassers eine Ausscheidung der ungelösten Schmutzstoffe in möglichst vollkommenem Maße zu erzielen. Nach dem Ablauf der Ruhezeit, die je nach der Menge der zu reinigenden Abwässer bemessen werden mußte, wurde das Wasser durch Entfernen von kleinen, am unteren Ende der Klärteiche angebrachten Staubrettern langsam abgelassen.

Diese Betriebsweise zeigte sich sehr bald als undurchführbar, weil die Becken nicht ausreichten, um das Wasser genügende Zeit der Ruhe zu überlassen und mit der erforderlichen Sorgfalt abzulassen. Vielmehr mußte das Wasser, nachdem sich die Sinkstoffe abgelagert hatten, so rasch abgelassen werden, daß die leichteren Schwimmstoffe, die naturgemäß an der Oberfläche der Schlammablagerungen sich befinden, wieder in Bewegung gerieten. Außerdem zeigten sich an der Oberfläche des Wassers Fladen, die durch die Fäulnis der Schlammstoffe entstanden und beim Ablassen des Wassers mit abflossen. Nach diesen Ergebnissen wurde ein kontinuierlicher Betrieb in der Weise eingeführt, daß die Wassermengen mit einer Geschwindigkeit von im Mittel 8 bis 10 mm in der Sekunde die Klärbecken durchflossen. Diese Betriebsweise ergab weit bessere Resultate, doch trat auch hierbei die Bildung von Fäulnisblasen und demzufolge auch das Aufstreuen eines Teiles des bereits niederge schlagenen Schlammes ein.

Da die zugeführten Wassermengen je nach der Tageszeit und den Witterungsverhältnissen wechselten, so konnten auch die Stromgeschwindigkeiten in den Becken nicht gleichmäßig gehalten werden; um nun bei Vergrößerung der Durchflußgeschwindigkeit ein Mitreißen des bereits abgelagerten Schlammes tunlichst zu verhüten, wurden etwa in der halben Länge der Becken Stauvorrichtungen eingebaut, um damit die Geschwindigkeit in den unteren Wasserschichten möglichst gering zu

halten. Zum Zurückhalten der an der Oberfläche schwimmenden Schmutzteilechen wurden gleichzeitig hochkantig stehende Schwimmbretter angebracht. Diese Einrichtungen ergaben wiederum eine wesentlich bessere Wirkung.

Die bereits erwähnten Fäulnisprozesse machen eine recht häufige Reinigung der Becken erforderlich; es ist daher der Betrieb so eingerichtet worden, daß von den vier Becken stets nur drei in Benutzung sind, während das vierte gereinigt wird. Zum Zwecke der Reinigung wird der Zufluß des Kanalwassers zu dem Becken abgestellt und die obere Wasserschicht nach der kleinen Wanne abgelassen, während das unmittelbar über dem Schlamm befindliche Wasser nach dem Pumpensumpf abgeführt und nochmals gereinigt wird.

Für die Ableitung des über dem Schlamm befindlichen Wassers und des Schlammes selbst dient eine unterirdische Rohrleitung, in der ein Schieberfachdt eingeschaltet ist, von dem aus der Abfluß, je nachdem es sich um nochmals zu reinigendes Wasser oder um Schlamm handelt, nach dem Pumpensumpf oder dem Schlammabassin stattfinden kann. Die Rohrleitung hat in den Klärbecken zwei Einlaßöffnungen, von denen die eine Öffnung höher liegt und zum Ablassen des Wassers dient, während die tief liegende Öffnung den nach dem Schlammabassin abzulassenden Schlamm aufnimmt.

Der aus den Becken abzuleitende Schlamm ist so dickflüssig, daß er durch Arbeiter mittelst Gummischrubber auf dem Boden der Becken weitergeschoben und der Schlammöffnung zugeführt werden muß.

Der Schlamm wird aus dem Schlammabassin mittelst einer gewöhnlichen Zentrifugalpumpe gehoben und nach den Schlammablagungsplätzen geleitet. Im allgemeinen ist der Schlamm für diesen Zweck genügend flüssig, erforderlichenfalls wird etwas Wasser zugeetzt, um ein Verstopfen der Zentrifugalpumpe zu verhüten.

Sehr erschwert wurde die Reinigungsarbeit durch die große Länge der Becken, indem der Schlamm auf der ganzen Strecke vorwärts geschoben werden mußte, was viel Zeit und Kostenaufwand verursachte. Es hat daher eine Querteilung der Becken stattgefunden, wobei unmittelbar oberhalb dieser Querabdämmung die vorbeschriebenen Einrichtungen zur Abführung des Schlammes getroffen sind, so daß jetzt nur noch der Schlamm in der halben Länge der Becken zusammengehoben zu werden braucht. Durch diese Einrichtung sind erhebliche Betriebserleichterungen und Kostenersparnisse erzielt worden.

Zur Unterbringung des Schlammes war ursprünglich ein durch Holzwände in mehrere Abteilungen zerlegtes durch Deiche eingefasstes Schlammablagungsbecken hergestellt. Die Holzwände waren in den oberen Teilen mit Löchern versehen, aus denen das an der Oberfläche des Schlammes sich sammelnde Wasser austreten und dem Pumpensumpf zufließen konnte. Die getroffenen Einrichtungen zeigten sich aber sehr bald als zu klein, da das Austrocknen des Schlammes sehr langsam vor sich ging und sich bedeutend größere Schlammengen ergaben, als bei der Projektierung der Anlagen angenommen war. Der letztere Umstand erklärt sich neben der guten Wirkung der Klärbecken namentlich wohl daraus, daß durch das Auspumpen der Wasserspiegel im Hemmigraben wesentlich niedriger gehalten werden kann, als bei dem früheren Abfluß nach der kleinen Wanne, infolgedessen die Straßenkanäle einen besseren Abfluß haben und bei der großen Geschwindigkeit das abfließende Wasser die Sinkstoffe mit fortreißt.

Tatsächlich ist dann auch die in der Stadt aus den Kanälen gewonnene Schlammmasse seit der Inbetriebsetzung des Schöpfwerkes wesentlich geringer geworden, zumal infolge des besseren Abflusses die früher für die Tonrohrleitungen unter jedem Einsteigebrunnen angebrachten Sandsänge beseitigt werden konnten.

Die erwähnten zu geringen Abmessungen der Schlammablagungsstelle führten dazu, daß alle zur Verfügung stehenden Flächen in der Umgebung der Kläranlage für Schlammablagungen eingerichtet wurden, und im Jahre 1903 ein 82,81 ar großes Areal lediglich für die Schlammablagung angekauft wurde. Seitdem ist es gelungen, den Schlamm so lange lagern zu können, bis er für den Transport genügend abgetrocknet und von Grundbesitzern für Düngzwecke unentgeltlich abgeholt wird.

Die Kläranlage hat in den Jahren 1904 und 1906 eine Vergrößerung erfahren, indem noch zwei kürzere Becken von 45,5 m bzw. 69,65 m Länge und 15,5 m mittlerer Breite eingerichtet sind, die mit einer Füllhöhe von 1,15 m arbeiten und zwar beträgt die Tiefe an dem oberen Ende 1,4 und an dem unteren Ende 0,90 m.

Die Sohlen dieser Becken sind so angeordnet, daß sie an der Einlaufsstelle am tiefsten liegen und nach der Wasserabflußstelle ansteigen, während bei den zuerst angelegten Becken die Böden von der Einlaufsstelle nach der Abflußstelle schwach geneigt abfallend angeordnet sind.

Die Schlammabführung ist in gleicher Weise wie bei den zuerst angelegten Becken eingerichtet.

Dies Schöpfwerk und die Kläranlagen können bei plötzlichen starken Niederschlägen das aus der Stadt zufließende Wasser nur teilweise bewältigen, es ist daher an der Ausmündung des Hemmgrabens ein Sammelbecken von 12 000 qm Grundfläche geschaffen, in dem die überschüssigen Wassermengen bis zu 6000 cbm angesammelt werden können. Diese Wassermengen werden dem Schöpfwerk erst dann zugeführt, wenn dessen Leistungsfähigkeit die zufließenden Wassermengen wieder übersteigt. Übersteigt die überschüssige Wassermenge 6000 cbm, so tritt ein Überlauf nach der Wümme in Tätigkeit.

Die Betriebsergebnisse der ursprünglichen und der neu angelegten Becken werden in den Abschnitten 5 und 7 näher erörtert werden.

Die Kläranlagen sind im allgemeinen nur in der Zeit vom 1. April bis zum 1. November jeden Jahres im Betriebe, da im Winter die Abwässer zur Bewässerung von Ländereien benutzt werden und zwar werden im Oberblocklande etwa 585 ha, in der Ubbremer Feldmark etwa 95 ha, im Waller Felde etwa 103 ha und in der Bürgerweide etwa 63 ha bewässert.

b. Das Waller Abwässerungsgebiet.

Die örtlichen Verhältnisse und die Höhenlage der einzelnen Stadtgebiete ließen es zweckmäßig erscheinen, für den Waller Bezirk einen besonderen Hauptableitungskanal zu schaffen, wie dieses im Abschnitt 1 bereits erwähnt worden ist.

Nach dem für die ehemalige Feldmark Walle aufgestellten Kanalisationsprojekte sollten ursprünglich die Abwässer mittels der in dem anliegenden Lageplan mit A B C D E (Anlage 1) bezeichneten offenen Gräben dem Maschinensleet zugeführt werden; durch Verhandlungen mit den in Betracht kommenden Grundbesitzern und durch einen Zuschuß der früheren Gemeinde Walle im Betrage von 10 000 M. wurde es aber möglich, die Strecke in kürzerer Richtung als geschlossenen Kanal herzustellen, so daß nur noch in der Strecke F D E ein offener Graben besteht.

Das von dem Graben abgeführte Wasser fließt bis jetzt noch vollständig ungeklärt in das Maschinensleet, nur im Winter findet eine ausgiebige Bewässerung von benachbarten Ländereien durch Aufstau des Wassers statt, so daß in der Zeit vom 1. November bis zum 1. März jedes Jahres dem Maschinensleet kaum nennenswerte Schlammengen zugeführt werden.

c. Das Neustädter Abwässerungsgebiet.

Die historische Entwicklung der zur Zeit in der Neustadt eingerichteten Abwässerbeseitigung ist bereits im Abschnitt 1 niedergelegt. Ebenso sind die zur Zeit für die Förderung dieser Wässer angewandten Hilfsmittel namhaft gemacht, auch ist schon erwähnt, daß am Ende des die Wässer nach der Weser abführenden Druckkanales ein größeres Bassin angebracht ist, in welchem Sinkstoffe zum Absitzen gelangen sollen. Es bleibt an dieser Stelle aber noch hervorzuheben, daß das Wasser, bevor es in das in dem Abschnitt 1 bereits erwähnte Schöpfwerk gelangt, zunächst einem 9 m im Durchmesser haltenden Brunnen mit vertiefter Sohle zugeführt wird, in dem die zufließenden Abwässer die schwersten Sinkstoffe absetzen und die gröberen Schwimmstoffe durch einen hohen, vertikal stehenden Rechen mit etwa 10 mm Stabentfernung zurückgehalten werden.

Anfänglich wurde dieser Rechen einmal täglich gereinigt, später wurde aber infolge Zunahme der Bevölkerung des Abwässerungsgebietes und der Einführung von Spülklosetts eine zweimalige Reinigung täglich erforderlich. Die hierbei gewonnenen Schmutzmengen betragen etwa 2,0 cbm täglich und werden täglich von der Verwaltung der Straßenreinigung abgeholt und nach den Müllabladepätzen gebracht.

Das Schöpfwerk ist in zeitgemäßer Weise ausgestattet. Für den gewöhnlichen Betrieb dienen zwei Dampfmaschinen mit 10 und 20 Pferdestärken. Die hierfür nötigen Dampfmenngen werden in zwei Kesseln erzeugt, die abwechselnd in Betrieb genommen werden und so sich gegenseitig als Reserve dienen. Für Regenfälle sind außerdem zwei Gasmotoren von 20 und 50 HP vorhanden, die mit Leuchtgas betrieben werden. Der im Jahre 1905 beschaffte 50 HP Motor ist so eingerichtet, daß er auch mit Kraftgas betrieben werden kann, wenn sich später eine Kraftgasanlage als zweckmäßig erweisen sollte.

Die ganze Kraftanlage kann teils durch Transmissions- und teils durch direkten Riemenantrieb zusammen 5 Zentrifugalpumpen mit einer Gesamtleistung von rund 34 cbm in der Minute betreiben.

Die bei stärkeren Regenfällen mehr zufließenden Wassermengen können im Notfalle durch einen Regenauslaß nach dem Hakenburger See abgelassen werden.

Das gepumpte Wasser wird durch den bereits in dem vorigen Abschnitt erwähnten Kanal der Weser zugeführt. In der Strecke von dem Schöpfwerk bis zu dem ebenfalls bereits erwähnten Abfließen, d. i. in etwa 4750 m Länge, besteht der Kanal aus eiförmigen Eisenbetonröhren von 1,20/0,96 m Größe. Das Abfließen ist mit einem Überlauf nach der Weser versehen, es konnte daher die Leitung im übrigen auf etwa 685 m Länge aus kreisförmigen Eisenbetonröhren von 0,80 m Durchmesser hergestellt werden. An der Ausmündungsstelle wird das Wasser mittelst eines eisernen Dükers unmittelbar über dem Flußbett in die Stromrinne der Weser geleitet, um einen raschen Abfluß zu erreichen und augenscheinliche Verunreinigungen der Weser zu vermeiden.

Abchnitt 3.

Abwassermengen.

A. Erstes rechtsweiserisches Abwässerungsgebiet. Hemmgraben Gebiet.
Größe 1515 ha. Bevölkerungsziffer 1./1. 06. 130 000.

Die Menge des aus dem Stammziel zum Abfluß kommenden unreinen Wassers setzt sich bei schwemmkanalisierten Städten im allgemeinen aus drei großen Gruppen zusammen: dem Haushaltungsabwasser, dem Industrieabwasser und dem Regenwasser. Für Bremen kommen noch zwei Gruppen hinzu: die aus der Wasserleitung und aus den Wasserläufen entnommenen Kanalspülwasser und die Sickerwässer aus den an die Kanalisation angeschlossenen, aber erst zu einem geringen Teile bebauten Stadtteilen.

Das Haushaltungswasser entstammt fast ausschließlich der zentralen Wasserversorgung, dem Leitungswasser. Öffentliche und private Grundwasserbrunnen für Haushaltungszwecke sind zwar noch hier und da vorhanden, aber ihre Zahl ist eine kleine und ihre Inanspruchnahme eine geringe.

Für die Beurteilung des Anteils des Haushaltungswassers an der gesamten Abwassermenge darf man nicht ohne weiteres die Menge des der Stadt zugeführten Leitungswassers zu Grunde legen. Es ist davon abzugeben zunächst der sogenannte Leitungsverlust, der durch Undichtigkeiten der Straßenzuführungsleitungen entsteht. Seine Höhe ist nicht zu bestimmen, auch in Fachkreisen ist man sich darüber nicht einig, wie viel von der Gesamtförderung für diesen Verlust in Abrechnung zu bringen ist. Immerhin ist es nur ein ganz kleiner Anteil. Dann ist abzugeben die für industrielle und gewerbliche Zwecke abgegebene Menge; diese beträgt nach einer Mitteilung des Wasserwerks in Bremen rund 12 %. Dazu kommen diejenigen

Leitungswassermengen, welche zum Spülen der Endstränge der Kanäle benutzt werden, sie belaufen sich auf etwa 2 %. Schließlich sind zu berücksichtigen die in Bremen nicht geringen Mengen, welche zum Gartensprengen, zum Straßensprengen und zum Abspülen der Fußsteige verbraucht werden. Wie groß diese Wassermengen sind, läßt sich direkt nicht ermitteln; indirekt läßt sich ihr Einfluß auf die Höhe des Haushaltsabwassers aber dadurch bestimmen, daß der Durchschnitt eines Wintermonates bei der Berechnung zu Grunde gelegt wird. Man begeht damit keinen Fehler, wenn man diese Spreng- und Spülwässer abzieht, weil von ihnen in die Kanäle wenig hineingelangt. Die Höhe des reinen Haushaltsabwassers wird für bremische Verhältnisse richtig bemessen, wenn man von dem Monatsmittel des Dezember oder Januar etwa 15 % für Industrie, Kanalspülung und Verlust in Abrechnung bringt.

Das Monatsmittel für Januar 1903 betrug 18 600 cbm; zieht man die angezogenen 15 % ab, so ermäßigt sich die Zahl auf 15 800. Das Hemmigraben-Entwässerungsgebiet umfaßt, wie oben angegeben, 13/20 der Gesamtbevölkerungsziffer. Von den berechneten 15 800 cbm entfallen daher 65 % gleich 10 300 cbm Haushaltsabwasser auf dieses Gebiet. Dem steht eine gemessene mittlere Gesamt-Trockenwetterabflußmenge von 26 500 cbm gegenüber. Das heißt mit andern Worten: im Jahre 1903 machten die aus den Haushaltungen stammenden Schmutzwässer nur etwa 40 % der Gesamtabwässer aus. Diese Zahlen haben zunächst etwas überraschendes. Man nimmt gewöhnlich an, daß in schwemmkanalisierten Städten, welche nicht ausgesprochene Industriestädte sind, die Haushaltsabwässer den wesentlichsten Anteil des Trockenwetterabflusses ausmachen. Es werden jedoch die Mengen der gewerblichen und industriellen Abwässer, die aus kleinen aber zahlreichen Quellen zusammenlaufen, sicher vielfach unterschätzt. Die absolute Menge der auf den Kopf der Bevölkerung kommenden Haushaltsabwässer ist dabei in Bremen keineswegs gering, sie betrug im Jahre 1903 87 Liter pro Tag; die übrigen Faktoren bringen nur noch größere Mengen. Woher sie im einzelnen stammen, ist schwer zu ermitteln. Es muß sich aber um fast reine Wässer handeln, denn sie sind es, welche die konzentrierten Haushaltsabwässer so weit verdünnen, daß der Gehalt an Schwebestoffen und gelösten Stoffen, wie später im einzelnen noch dargelegt wird, im bremischen Abwasser weit unter dem Durchschnitt der übrigen deutschen und auch der englischen Städte steht.

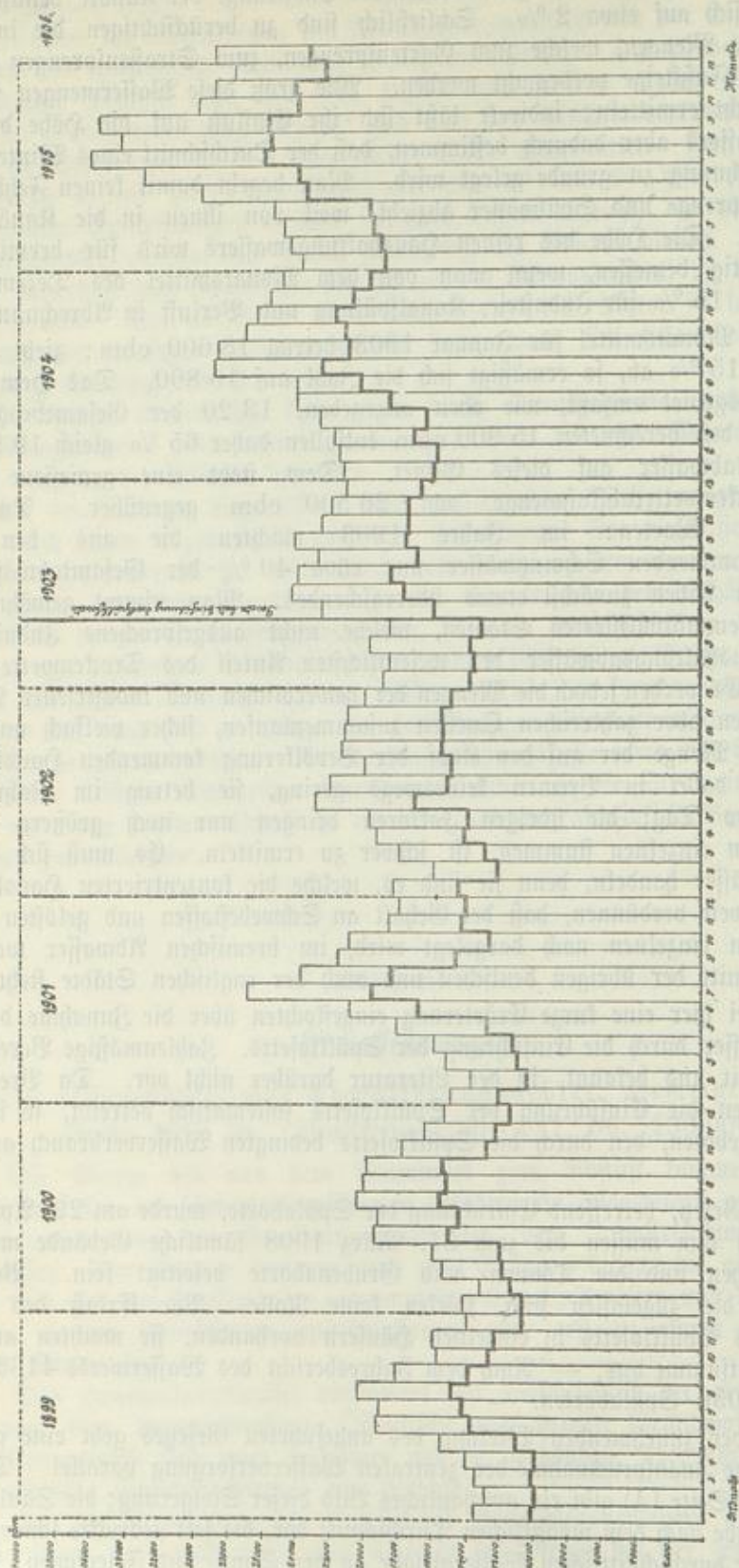
Es sei hier eine kurze Erörterung eingeflochten über die Zunahme der Haushaltsabwässer durch die Einführung der Spülklosetts. Zahlenmäßige Berechnungen liegen, so weit uns bekannt, in der Literatur darüber nicht vor. Da Bremen seit einigen Jahren die Einführung der Spülklosetts systematisch betreibt, so ist damit Gelegenheit geboten, den durch die Spülklosetts bedingten Wasserverbrauch annähernd zu ermitteln.

Das Gesetz, betreffend Einrichtung der Spülaborte, wurde am 29. April 1903 erlassen; nach ihm müssen bis zum 31. März 1908 sämtliche Gebäude mit Spülklosetts versehen und die Tonnen- und Grubenaborte beseitigt sein. Vereinzelte Ausnahmen, die zugelassen sind, spielen keine Rolle. Vor Erlaß des Gesetzes waren bereits Spülklosetts in einzelnen Häusern vorhanden, sie machten annähernd 1/4 der Gesamtsumme aus. — Nach dem Jahresbericht des Wasserwerks 4163 Grundstücke mit 12056 Spülaborten. —

Mit der zunehmenden Wirkung des angeführten Gesetzes geht eine gewaltige Steigerung der Inanspruchnahme der zentralen Wasserversorgung parallel. Das Diagramm Nr. 3 (Seite 14) gibt ein anschauliches Bild dieser Steigerung; die Säulen stellen die Tagesabgabe nach dem monatlichen Durchschnitt dar, die fett gedruckte schwarze Linie die Menge der durchschnittlichen Wasserabgabe an den Sonn- und Feiertagen. Während im Januar 1903 der Monatsdurchschnitt 18 600 cbm täglich betrug, beläuft er sich im Januar 1906 auf 28 400, also eine Steigerung um 53 %. Die Bevölkerungsziffer ist in dem mit Leitungswasser versehenen Gebiet von 182 000 auf 200 000 gestiegen, d. h. eine Vermehrung um 10 %. Auf den Kopf der Bevölkerung wurden im Januar 1903 102 Liter Wasser abgegeben, im Jahre 1906 142 Liter.

Prüfen wir nun, wie weit hierbei die Spülklosetts beteiligt sind.

Diagramm 3.



Dadurch, daß man die Mittelzahlen aus dem Januar zu Grunde legt, fällt der Einfluß des Garten- und Straßensprengens, sowie des Verbrauchs aus öffentlichen Springbrunnen usw. auf den Wasserverbrauch weg. Die beim Reinigen der Bürgersteige verbrauchten Wassermengen sind so gering, daß man sie vernachlässigen könnte, trotzdem werden sie ausgeschaltet. Die Zunahme des Wasserverbrauchs in den Wintermonaten kann demnach nur bedingt sein durch eine Steigerung für

Gewerbe und Industrie und für die Haushaltungen. Der Gebrauch für Gewerbe und Industrie macht überhaupt nur 12 % aus, die Zunahme ist in den letzten drei Jahren unbedeutend. Es bleibt daher nur der Mehrverbrauch in den Haushaltungen, innerhalb der Häuser übrig. Ist dies richtig, so muß die Verbrauchssteigerung sich auch an den Sonn- und Festtagen der Wintermonate geltend machen, wo Bürgersteigspülungen ganz wegfallen und Gewerbe- und Industrieverbrauch eingeschränkt ist. In der Tat trifft dies zu, die Linie des durchschnittlichen Wasserverbrauchs an Sonn- und Festtagen steigt ebenso wie diejenige der Gesamtmonatsdurchschnitte. Der Durchschnittsverbrauch an den Sonn- und Festtagen im Januar 1903 betrug 13 500 cbm, 1906 22 500 cbm, also eher noch eine stärkere Zunahme als im Durchschnitt aller Tage. Es macht sich hier folglich ein Faktor geltend, der Wochentags wie Sonntags unabhängig von der Jahreszeit seine Wirkung entfaltet und der daher im Innersten der Familienbetriebe seine Quelle haben muß.

Nach dieser Feststellung ist die Verbrauchsvermehrung in Vergleich zu bringen mit der Vermehrungszahl der Spülklosetts.

In dem Hemmigraben-Entwässerungsgebiet waren nach Mitteilungen der Polizeidirektion, Abteilung Baupolizei, bis zum 1. April 1903 genehmigt 11 693 Spülklosetts; es wurden weiter genehmigt in dem Zeitraum

vom 1./4. 03—31./12. 03	11 443	zusammen
vom 1./1. 04—31./12. 04	7 960	
vom 1./1. 05—31./12. 05	7 558	

Spülklosetts.

Wenn man das erste Vierteljahr 1903 hinzurechnet und dagegen berücksichtigt, daß eine Anzahl der genehmigten Spülaborte nicht zur Ausführung kam, so darf man mit einer Herstellung von 27 000 Spülaborten im Hemmigraben-Entwässerungsgebiet in den Jahren 1903, 1904 und 1905 rechnen. Dem steht eine Zunahme des Durchschnittsverbrauchs für die Sonn- und Festtage vom Januar 1903 bis Januar 1906 von 9000 cbm gegenüber. Diese 9000 cbm betreffen aber die ganze Stadt und schließen die Bevölkerungszunahme von 18 000 Menschen ein. Für letztere sind, den Sonntags-Januardurchschnitt von 1906 mit 110 Litern pro Kopf und Tag zu Grunde gelegt, rund 2000 cbm abzuführen; von dem verbleibenden Rest entfallen, entsprechend der Bevölkerungsverteilung 13/20 — 4500 cbm auf das Hemmigraben-Gebiet.

Mit einer Einrichtung von 27 000 Spülaborten geht demnach ein Mehrverbrauch von täglich 4500 cbm Leitungswasser parallel, das heißt für das Spülklosett täglich 166 Liter.

Gegen diese Rechnung läßt sich einwenden, daß mit dem Spülklosettzwang eine Anzahl alter Häuser, welche vorher an die Wasserleitung noch nicht angeschlossen waren, genötigt wurden, den Anschluß herzustellen, daß somit die Verbrauchsvermehrung nicht allein auf die Klosettspülung, sondern auch auf den Mehrverbrauch für andere Haushaltzwecke zurückzuführen ist. Wir lassen es dahin gestellt, wie weit dieser Einwand zutrifft; viel dürfte der letztere Anteil nicht ausmachen, denn der Gesamtwasserverbrauch für Haushaltzwecke war in Bremen auch vor dem Spülklosettzwange ein relativ hoher, die weitaus überwiegende Mehrheit der Häuser muß also angeschlossen gewesen sein und die größere Mehrzahl derjenigen Leute, welche eine Hauswasserleitung noch nicht besaßen, benutzten Straßenbrunnen, die von der zentralen Versorgung gespeist werden. Wenn gleich mit dem bequemeren zur Hand haben des Wassers ein vermehrter Verbrauch einhergeht, so ist das dadurch bedingte gesamte Mehr doch nicht sehr viel, weil es sich hier um Bevölkerungsgruppen handelt, denen Hausbadeeinrichtungen und dergleichen fehlen.

Das Zutreffende dieser Annahme wird durch folgende Zahlen bestätigt:

Nach dem Jahresberichte des Wasserwerks waren mit Anschlußleitungen versehene Grundstücke vorhanden:

am 1. April 1903	22 554	Zunahme vom 1. April 02 bis 31. März 03	1296
" 1. " 1904	24 006	" " 1. " 03 " 31. " 04	1452
" 1. " 1905	25 272	" " 1. " 04 " 31. " 05	1266
" 1. Janr. 1906	26 792	in den 3/4 Jahren vom 1. April 05 bis 31. Dezember 05	1520

Die Zunahme der mit Anschlußleitungen versehenen Grundstücke ist also seit dem 1. April 1903, dem Zeitpunkte des Inkrafttretens des Gesetzes, betreffend Einführung der Spülklosetts, keine höhere als im Jahre vorher.

In den oben angezogenen Zeiträumen wurden von der Baupolizei Neubauten 1029, 858, 560 und 899 abgenommen. Unter den neu mit Anschlußleitungen versehenen Grundstücken sind daher nur 267 bzw. 892 bzw. 367 bzw. 621 alte vorher bewohnte Grundstücke, die noch keine Wasserleitung hatten und nun, seit Mai 1903 mit veranlaßt durch den Spülklosettzwang, eine solche einführen. Diesen Zahlen 892 bzw. 367 bzw. 621 Gebäude stehen aber folgende gegenüber:

Im Jahre 1. April 03 bis 1. April 04 sind 6260 Gebäude mit 12 225 Spülklosetts versehen, davon 892 alte, die noch keinen Wasserleitungsanschluß hatten.

Im Jahre 31. März 04 bis 1. April 05 sind 4343 Gebäude mit 9901 Spülklosetts versehen, davon 367 alte seither ohne Wasseranschluß.

In dem Zeitraum 1. April 05 bis 31. Dezember 05 4134 Gebäude mit 8754 Spülklosetts, davon 621 alte seither ohne Anschluß.

Insgesamt stehen also 14 746 Gebäuden, die mit Spülklosetts in der Zeit vom 1. April 1903 bis 31. Dezember 1905 versehen wurden, nur 1880 Gebäude gegenüber, welche vorher noch keine Wasserleitung hatten.

Wenn man von der obigen Ziffer (166 Liter) auch einige Liter abzieht, so bleibt die tägliche Aufwendung für jedes Spülklosett doch eine recht hohe, eine höhere als man seither angenommen hat. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, zu prüfen, ob und wie weit durch mangelhafte Instandhaltung der Ventile der Spülkästen oder durch dauerndes Offenhalten derselben eine Wasserverschwendung dabei stattfindet. Einige Aufmerksamkeit erfordert bei der großen Zahl der in der Stadt vorhandenen Spülklosetts der hohe Wasserverbrauch jedenfalls.

Es wurde oben ausgeführt, daß die Haushaltungsabwässer mit etwa 40 % an der Gesamtmenge des Trockenwetterabflusses beteiligt sind, für die übrigen Mengen kommen gewerbliche und industrielle Abwässer, Kanalspülwässer und eventuell Sickerwässer in Frage.

Die gewerblichen und industriellen Abwässer entstammen zu einem kleinen Teile der zentralen Wasserversorgung; diese gibt, wie schon erwähnt, etwa 12 % ihrer Gesamtmenge für diese Zwecke her. Weitans mehr entstammt lokalen Wasserversorgungen. Die viel Wasser verbrauchenden Betriebe benutzen aus Sparamkeitsgründen eigene Grundwasserbrunnen und nur dort, wo an die Qualität des Wassers besondere Anforderungen gestellt werden müssen, nimmt man die zentrale Versorgung in Anspruch. Genauere Anhaltspunkte über die Mengen der so in die Kanäle gelangenden Wässer besitzen wir nicht; wir wissen nur, daß das Elektrizitätswerk, der Schlachthof und der Eisenbahnbetrieb zusammen täglich rund 5000 cbm Wasser in die Kanäle schicken.

Das gleiche gilt von den Kanalspülwässern. Wasser aus der Leitung wird nur an einzelnen hochgelegenen Kanälen benutzt; die hier verbrauchte Menge ist nicht bedeutend, etwa 200 000 cbm jährlich oder täglich 500—600 cbm. Die übrigen Kanäle werden entweder direkt oder indirekt mit Weiserwasser gespült; direkt nur gelegentlich, indirekt regelmäßig, und zwar dadurch, daß Weiserwasser in die Wasserzüge der Ballanlagen gepumpt wird, von denen aus die Spülung der Kanäle erfolgt. Wieviel Wasser dabei verbraucht wird, läßt sich nicht ermitteln. Nach Meinung der beteiligten Beamten ist sie keine geringe.

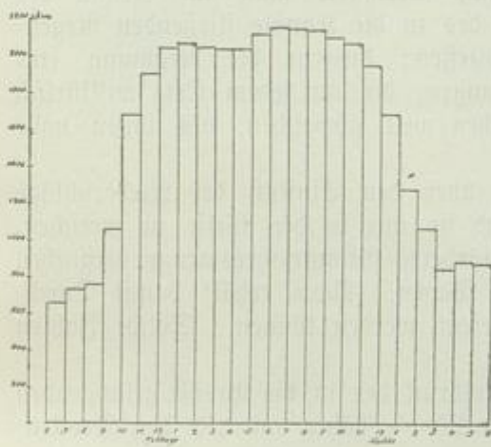
Sickerwässer stellen diejenigen Wässer dar, welche von noch unbebauten aber bereits an die Kanalisation angeschlossenen Gebieten innerhalb der Stadt während längerer Regenperioden aufgenommen wurden und nach und nach, selbst wenn die Regenperiode schon ihr Ende gefunden hat, mittelst der Kanalstränge ihren Abfluß finden. Sie gelangen naturgemäß nur zu diesen, wenn der Grundwasserstand ein so hoher ist, daß die über dem Grundwasserspiegel befindliche Erdschicht nennenswerte Wassermengen selbst nicht festhalten und nach unten versickern lassen kann, oder wenn

undurchlässige Schichten die Versickerung verhindern. Wir haben für die Kanäle mit dieser Art von Wässern in nennenswertem Maße nur im Winter und im Frühling zu rechnen, dann aber auch, wie betont, an regensfreien Tagen. Mit der fortschreitenden Bebauung werden sie in dem Maße sich vermindern, als die Haushaltungs- und Industrieabwässer steigen. Ihre Menge ist nicht feststellbar. Zur Zeit wirken sie ungefähr so, daß die Menge des Trockenwetterabflusses im Hemmigrabengebiet im Januar eine gleiche Höhe hat wie im Sommer, sie gleichen also den durch die Wärme bedingten Mehrverbrauch an Haushaltungswasser und vermehrter Kanalspülung aus.

Die am 28. Juli 1905 gemessene Menge betrug 38 880 cbm, am 4. Januar 1906 38 160 cbm, siehe Diagramme Nr. 4 und 5. Ein Vergleich

Diagramm 4.

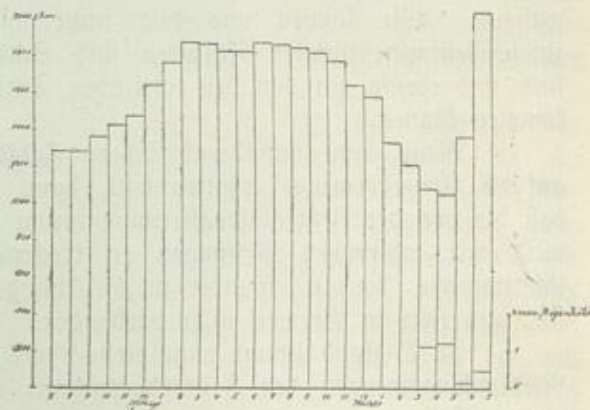
Hemmigraben-Gebiet.



Abwasser-mengen am 28-29 Juli 1905.

Diagramm 5.

Hemmigraben-Gebiet.



Abwasser-mengen am 3-5 Januar 1906.

beider Säulengruppen zeigt aber, daß im Juli die Tagessteigerung den Nachtdurchschnitt wesentlich übertrifft, — das Nachtmittel liegt bei 800 Stundenkubikmeter, das Tagesmittel bei 2000 cbm —, während im Januar die Tageserhebung eine geringe ist, — das Nachtmittel liegt bei 1200 Stundenkubikmeter, das Tagesmittel knapp bei 1800 —. Im Juli setzt sich die Gesamtmenge aus einem kleineren Tag und Nacht gleichmäßig wirkenden Anteil und einem stärkeren durch die Tagesarbeit des Menschen bedingten zusammen, — großer Tagesaufschlag —, im Januar ist der erstere der größere, hier macht sich der von Menschen nicht direkt abhängige Tag und Nacht gleichmäßige Anteil so stark geltend, daß die Tageschwankung demgegenüber zurücktritt, — kleiner Tagesaufschlag. — Die Gesamtmenge ist dabei annähernd dieselbe.

Die Gesamtabwassermengen sind hohe und haben außerdem in den letzten drei Jahren noch eine rasche Steigerung erfahren. Die mittlere im Juni und Juli 1903 gemessene Trockenwetterabflußmenge betrug 26 500 cbm oder auf den Kopf der Bevölkerung 204 Liter; im Juli 1905 38 800 cbm oder für den Kopf der Bevölkerung 298 Liter. Die letztere Zahl ist keine Durchschnittszahl aus einer Reihe von Messungen, sie würde sich nach unseren Erfahrungen etwas ermäßigen, wenn eine größere Zahl von Messungen hätte vorgenommen werden können. Entsprechend der Steigerung, welche wir bei den in der Zwischenzeit vorgenommenen Messungen fanden, darf man die derzeitige Trockenwetterabflußmenge für den Kopf der Bevölkerung zu rund 260 Liter täglich ansehen.

Es bleibt nun noch zu erwägen, wie weit Regenwetter diese Abflußmengen vergrößert. Durch Messungen ermittelte Zahlen lassen sich hierbei schwer verwerten. Es ereignete sich bei unsern zahlreichen Untersuchungen häufig genug, daß Regen dazwischen kam. Wir sind auch über den Einfluß, welchen Regenwetter auf die Zusammensetzung der bremischen Abwässer hat, wie später gezeigt werden wird, einigermaßen unterrichtet, aber aus einer selbst großen Anzahl von Einzelbeobachtungen in dem Sinne Schlüsse zu ziehen, daß man sagt, bei so und so viel Millimeter

Niederschlagsmenge beträgt die Steigerung der Abwassermenge so und so viel Kubikmeter, tragen wir Bedenken. Dafür ist in einem derartigen großen Entwässerungsgebiet, wie das Hemmigrabengebiet, die Verteilung des Regens eine zu ungleichmäßige; man könnte ihr nur mit einer größeren Anzahl von Regenmeßstellen folgen. Letztere fehlen jedoch. Weiter ist die Art des Regens und die Geschwindigkeit, mit der er niedergeht, von Einfluß auf die Menge, welche in die Kanäle gelangt. Die Jahreszeit und damit die Verdunstungsgröße ist ferner zu berücksichtigen. Schließlich noch das Verhältnis des gepflasterten und bebauten Areals zu dem unbebauten und ungepflasterten, ganz abgesehen von der Art der Pflasterung. Man ist anderwärts denselben Schwierigkeiten begegnet und hat sich dadurch zu helfen gesucht, daß man feststellte, wie viel von dem Entwässerungsgebiet bebaut und gepflastert ist und daß man nun für diesen Stadtteil einen bestimmten Prozentsatz der Niederschläge als in die Kanäle gelangend annahm, für den unbebauten und ungepflasterten dagegen einen andern niedrigeren. Indem man dann das Jahresmittel der Gesamtniederschläge als Grundstock annahm, berechnete man auf Grund der prozentualen Annahmen den Jahresdurchschnitt des in die Kanäle fließenden Regenwassers. Wir können uns dem nicht anschließen; die in die Rechnung einzuführenden wesentlichsten Faktoren sind Schätzungen, die an jedem Orte willkürlich sind und ebenso gut von den wirklichen Tatsachen weit abweichen, als ihnen nahe kommen können.

Wenn man annähernd sichere Zahlen über den Einfluß der Niederschläge auf die Abwassermenge erhalten will, dann sind sie nur in der Weise zu erreichen, daß die von der Zentralabwasserpumpstation geförderte Gesamtjahresmenge verglichen wird mit zahlreichen Messungen an trockenen Tagen. Man erhält damit Durchschnittswerte, die zu einander in Beziehung gesetzt werden können. Solche Zahlen sind zur Zeit in Bremen nicht vorhanden.

In England nimmt man vielfach als Ausdruck der in die Kanäle gelangenden Niederschlagsmengen den Jahresdurchschnitt um 25 % höher an als den Trockenwetterabfluß.

Für die Bemessung der Reinigungsanlagen legt man jedoch zweckmäßig den Trockenwetterabfluß zu Grunde und einigt sich darüber, das wie vielfache des Trockenwetterabflusses die Anlage noch bewältigen muß, bevor Umlaufkanäle bzw. Notauslässe in Wirksamkeit treten. Die normalen Regenwasserschwankungen fallen dann immer noch innerhalb dieses Vielfachen, so daß die Anlage ohne weiteres im Stande ist, ihnen zu genügen.

Bei der Festsetzung der Leistungsgrenze der Reinigungsanlagen ist aber in höherem Grade, als es gewöhnlich geschieht, der Zusammensetzung des Abwassers Rechnung zu tragen. Man kann bei Regengüssen ein dünnes Abwasser eher ungereinigt in den Vorfluter laufen lassen als ein konzentriertes. Wenn beispielsweise 3 cbm Schmutz in 1000 cbm Wasser verteilt sind und man stellt die Forderung auf, diese Schmutzmenge darf erst in Vorfluter gelangen, wenn die Wassermenge auf das dreifache verdünnt ist, wenn also 1000 cbm nur noch 1 cbm Schmutz enthalten, so ist es unlogisch, die gleiche Forderung der dreifachen Verdünnung auch für ein Abwasser zu stellen, das nur 2 cbm Schmutz in 1000 cbm Wasser enthält; hier genügt eine einmalige Verdünnung, um denselben Erfolg zu erzielen, wie bei dem andern Abwasser mit der dreifachen. Wir halten daher die in der Literatur häufig gefundene allgemeine Formel, bei einer so und so vielfachen Verdünnung durch Regenwasser behandelt man das Abwasser so und so, für etwas recht Fragwürdiges. Schädlich erscheint sie uns sogar, wenn sie sich zu einem Standard verdichtet, der unterschiedslos als Maßstab angelegt wird. Die englische Royal Commission on Sewage disposal stellt als Regel die Forderung auf, daß das Abwasser bis zur dreifachen Menge des Trockenwetterabflusses im Normalbetriebe, vom vier- bis zum sechsfachen im Dünnwasserbetriebe zu reinigen ist und daß erst bei der sechsfachen Vermehrung des Trockenwetterabflusses durch Niederschlagswasser die Abwässer ungereinigt den Vorflutern zugeführt werden dürfen; wollte man diese Forderung auf das bremische Abwasser anwenden, so würde man der Stadt Opfer zumuten, die nach Lage der Dinge ungerechtfertigt sind.

B. Zweites rechtsweiserisches Abwässerungsgebiet: Das Waller. Die Größe beträgt 580 ha. Die Bevölkerungsziffer am 1. Januar 1906 26 000.

In diesem Abwässerungsgebiet treten die Industrieabwässer den Haushaltsabwässern gegenüber noch stärker in den Vordergrund als im Hemmigrabengebiet. Es ergibt sich dies aus der absoluten Menge der Abwässer und aus dem weiten Unterschiede zwischen Wochentags- und Sonntagsabfluß. Nach einer größeren Anzahl von Messungen, die im Sommer 1904 am Ende des Stammfels vorgenommen wurden, betrug der Trockenwetterabfluß im Tagesdurchschnitt 10 400 cbm an Wochentagen, 3500 cbm an Sonntagen. An Wochentagen kommen auf den Kopf der Bevölkerung 400 Liter, an Sonntagen 135.

Die Höhe der Industrieabwässer ist bedingt durch einige gewerbliche Anlagen, von denen eine einzige täglich rund 5000 cbm Kondenswässer den Kanälen zuführt.

Die Abnahme des Abflusses während der Nacht ist unbedeutend, siehe Diagramm Nr. 6; der Wasserverbrauch muß in den gewerblichen Betrieben also auch nachts ein beträchtlicher sein. Vollständig herab sinkt die Kurvenlinie erst am Sonntag im Laufe des Vormittags und verbleibt tief bis zum Montag Morgen, um dann steil in die Höhe zu gehen. Da der erste Teil des am Sonntag Morgen zum Abfluß kommenden Abwassers noch der Industrie zuzurechnen ist, so ist eigentlich der Sonntagsverbrauch ein etwas geringerer als oben angegeben.

Eine am 11. Oktober 1905 bei trockenem Wetter vorgenommene Messung ergab einen Trockenwetterabfluß von 17 200 cbm, d. h. pro Kopf 661 Liter. Es ist noch zu ermitteln, ob es sich hier um eine Ausnahme handelt, oder ob die in dem Waller Gebiet sich rasch entwickelnde Industrie eine derartige Vermehrung für die Dauer mit sich gebracht hat. Zu prüfen wird weiter sein, ob die Verhältnisse so liegen, daß man mit solchen Mengen relativ reiner Industrieabwässer die Reinigungsanlagen belasten muß, oder ob diese Abwässer nicht ohne weiteres bezw. nach einer einfacheren Reinigung dem Vorfluter getrennt von den übrigen Abwässern zugeführt werden können.

C. Linksweiserisches Entwässerungsgebiet: Das Neustädter.

Die Größe beträgt 660 ha; die Bevölkerungsziffer am 1. Januar 1906 44 000.

Im Neustädter Entwässerungsgebiet betrug der Trockenwetterabfluß im Jahre 1904 11 500 cbm täglich; auf den Kopf der Bevölkerung kommen dort 260 Liter, also dieselbe Menge wie auf der rechten Weiserseite im Hemmigrabengebiete. Ent-

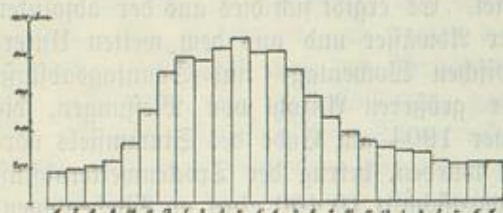
Diagramm 6.

Waller-Subst.



Abwasserabfluß

Diagramm 7.
Abwassermengen
 linksweiserisches Entwässerungsgebiet (Neustadt)
 am 24-27 April 1907.



Gebieten steht das Waller Abwassergebiet, dort ist der Nachtabfluß bedeutend, die Tagessteigerung erreicht knapp die doppelte Höhe. Diese Unterschiede entsprechen dem Charakter der Gebiete. Im Waller einzelne große Industrien, die Tag und Nacht große Abwassermengen produzieren, in den beiden andern mehr kleinere, die im wesentlichen nur Tagesbetrieb haben; überall aber eine starke Verdünnung der Haushaltsabwässer durch die gewerblichen und industriellen Abflüsse.

Gesamtübersicht über die Abwassermengen der ganzen Stadt.

Das Hemmgraben-Abwässerungsgebiet hat zur Zeit einen Trocken-	
wetterabfluß von rund	35 000 cbm
Das Waller Gebiet einen solchen von rund	11 0 "
Die rechtsweiserische Abwassermenge beträgt also zur Zeit....	46 000 cbm
Das Neustädter, linksweiserische Gebiet, hat einen Trockenwetter-	
abfluß von rund	12 000 "

Der gesamte Trockenwetterabfluß für Bremen beträgt zur Zeit 58 000 cbm Abwasser.

Die Bevölkerung betrug am 1. Dezember 1905 214 000 Menschen. Von diesen sind rund 200 000 an die Kanalisation angeschlossen.

Je nachdem man die erste oder zweite Ziffer zu Grunde legt, kommen in Bremen auf den Kopf der Bevölkerung 271 bzw. 290 Liter Abwasser täglich.

40 % stellen davon etwa Haushaltsabwässer im engeren Sinne dar.

Hervorgehoben sei aber nochmals, daß es sich hier um Trockenwetterabfluß handelt. Der die Regenwetterabflüsse mit umfassende Jahresdurchschnitt stellt sich höher. Ob man für diese Regenwetterabflüsse einen durchschnittlichen Zuschlag von 15, 20, 25 oder 30 % wählen will, lassen wir dahingestellt. Wie erwähnt, rechnet man in England vielfach mit 25 % Zuschlag. Bremen hat im Verhältnis zu seiner Einwohnerzahl viel Straßen- und viel Hausdachfläche; ein großer Teil der Gesamtniederschläge gelangt dadurch in die Kanäle. Auf der anderen Seite sind aber wieder viele Gärten vorhanden, die von dem auf sie fallenden Regen nicht viel abgeben. Im Verhältnis zu der Gesamtfläche bebauter Stadtteile sind die Dachflächen und gepflasterten Flächen nicht größer als in anderen Städten.

Abschnitt 4.

Zusammensetzung des Abwassers.

A. Hemmgraben-Entwässerungsgebiet.

Neben der Kenntnis der Menge des Abwassers ist es erforderlich, ein auf Zahlen begründetes Urteil über die Zusammensetzung desselben zu besitzen. Es ergibt sich diese Notwendigkeit, weil die Beschaffenheit der Abwässer die Art der Reinigungsmethode mit bedingt.

In erster Linie ist es der Gehalt an Schwebestoffen, in zweiter die Menge der gelösten säurelöslichen Substanzen, welche wichtig sind für die Lösung der Frage, wie weit man mit der Reinigung gehen muß.

Die erforderlichen Zahlen einwandfrei zu bekommen, ist jedoch nicht leicht. Die Analyse einzelner Stichproben führt nicht allein nicht zum Ziele, sie bedingt sicher Irrtümer, weil die Zusammensetzung des zu untersuchenden Stoffes innerhalb 24 Stunden in weiten Grenzen schwankt. Als Beispiel für diese Behauptung verweisen wir auf die Bremer Normalkurven, Diagramme Nr. 8—14, wie sie aus den Ergebnissen sehr zahlreicher Versuche gewonnen wurden. Die Normalkurven haben schon Schwankungen ausgeglichen und doch zeigen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Stundenabflüssen, die bis zum vierfachen gehen. Dann sind bei der Konstruktion der Normalkurven nur Trockenwetterabflußwerte zu Grunde gelegt; bei Regenwetter treten weitere plötzliche Schwankungen auf, deren Einfluß man zwar kennen muß, die aber bei Durchschnittsberechnungen auszuschalten sind.

Dazu kommt, daß neben den Schwankungen in der Zusammensetzung Schwankungen in den Mengen einhergehen. Für die Berechnung der Gesamtmenge der im Abwasser enthaltenen Stoffe ist es nicht einmal gleichgültig, ob man den Durchschnitt der Tageszusammensetzung einfach mit der Gesamt-Abflußmenge multipliziert, oder ob man berücksichtigt, daß gerade zur Zeit der geringsten Abflußmenge auch der Gehalt an bestimmten Stoffen am niedrigsten ist.

Bei dem ersten Verfahren erhält man niedrigere Werte als beim zweiten, doch sind die Unterschiede nicht beträchtlich. Die folgende Gegenüberstellung möge das zeigen. Spalte 1 gibt den Gesamtgehalt, der ermittelt wurde durch Multiplikation der Tagesabflußmenge mit dem Tagesdurchschnitt; in Spalte 2 ist der Gesamtgehalt festgestellt auf Grund der stündlichen Abwassermengen, die mit dem jedesmaligen stündlichen Gehalt an festen und gelösten Stoffen multipliziert wurden.

Mit dem Abwasser wurden abgeführt in 24 Stunden:

	Spalte 1.	Spalte 2.
Schwebestoffe	kg 6 067	kg 6 737
Davon anorganisch	" 2 275	" 2 477
Trockensubstanz der gelösten Stoffe	" 21 154	" 22 791
Stickstoff	" 860	" 901
Chlor	" 5 100	" 5 200

Hier sind die Unterschiede nicht groß, wir konnten daher bei den Berechnungen das erstere einfachere Verfahren wählen. Anders stellt sich die Sache aber, wenn man nur einzelne Analysen und Meßergebnisse und nicht die Tagesdurchschnitte zu Grunde legt, das heißt wenn mit sogenannten Stichproben gearbeitet wird.

Als Beispiel möge hier der am 5. Januar 1904 angestellte Versuch dienen:

An diesem Tage wurden abgeführt im Hemmgraben-Abwasser um 11 Uhr stündlich rund 50 kg Schwebestoffe, um 1 Uhr 433, um 3 Uhr 1287, um 5 Uhr 414 und um 7 Uhr 489 kg. Würden diese Analysenergebnisse für den ganzen Tag zu Grunde gelegt worden sein, so hätte das Abwasser an dem betreffenden Tage 13 800 kg Schwebestoffe beiseite; tatsächlich waren es aber nach den Ergebnissen der 24 Stunden lang stündlich durchgeführten Untersuchungen nur 7344 kg.

Da wir es als unsere Aufgabe erachteten, an Stelle der seitherigen Schätzungen für die Projektbearbeitungen einwandfreie Unterlagen zu beschaffen, konnten wir uns den vorstehenden Erwägungen nicht entziehen; sie nötigten uns, Serienversuche anzustellen. Wir haben diese jedesmal in der Weise 24 Stunden lang gemacht, daß stündlich Proben entnommen wurden, die für sich gesondert sofort zur Verarbeitung kamen. Derartige Serien sind für das Hauptgebiet Hemmgraben 7, für die beiden Nebengebiete Neustadt und Walle je 2 erarbeitet. Die gewonnenen Zahlen geben uns eine genügende Einsicht in die im Laufe von 24 Stunden vorkommenden Schwankungen; sie geben hinreichende Unterlagen für Mittelwerte. Gleichzeitig mit der Probeentnahme wurden auch die Wassermengen bestimmt und Aufzeichnungen über etwaige Regenmengen gemacht. Dadurch wurden wir in die

Lage gesetzt, für die einzelnen Tageszeiten angeben zu können, wie viel Mengen fäulnisfähiger Stoffe zu beseitigen sind und in welcher Konzentration sie zur Verarbeitung kommen.

Ergänzt mußten diese Tageskurven werden durch Untersuchungen in der Richtung, ob die einzelnen Wochentage weitgehende Unterschiede untereinander zeigen. Für den Sonntag lag die Vermutung nahe, für die übrigen Tage hatte man keine Anhaltspunkte. Wir sind in der Weise vorgegangen, daß wir einmal die Serienversuche auf verschiedene Tage verlegten, dann haben wir fortlaufend an bestimmten Tagesstunden, von denen wir ermittelt hatten, daß sie selbst eine weitgehende Konstanz zeigen, mehrere Wochen hindurch Proben untersucht und schließlich haben wir von Tag zu Tag und von Stunde zu Stunde fortschreitend Proben analysiert. Bei dem zweiten Verfahren mußten die Zahlen annähernd gleich bleiben, bei dem dritten mußten sie ein Bild zeigen, das einer Tageskurve entspricht.

Die jahreszeitlichen Schwankungen erhielten wir dadurch, daß die Serienversuche über Vor- und Nachsommer, Herbst und Winter verteilt wurden.

Berwertet dürfen alle diese Unterlagen für ein Durchschnittsbild nur werden unter Berücksichtigung des Trockenwetterabflusses. Der Einfluß von Regen war gesondert zu studieren. Anhaltspunkte dafür bot ein Vergleich der plötzlich einsetzenden Schwankungen im Gehalt an bestimmten Stoffen in den Abwässern mit der gleichzeitigen Vermehrung der Abwassermenge und mit der gemessenen Menge der Niederschläge. So ergab sich ein annäherndes Bild, in wie weit eine bestimmte Niederschlagshöhe die Abwassermenge steigert, wie rasch die Steigerung in den einzelnen bei uns vorhandenen Systemen eintritt und wie die Menge der gelösten und ungelösten Stoffe durch die Niederschläge beeinflusst wird. Die Wirkung der Form und Art der Niederschläge und ihrer räumlichen Verbreitung kommt dabei nicht zur Geltung. Das gewonnene Bild kann daher nur ein annäherndes sein, es kann nicht die Sicherheit bieten, wie die Trockenwetterkurve, aber für die praktische Verwertung genügt es, weil die Abwasserreinigung sich der Niederschlagsmengen nur bis zu einem gewissen Grade anzupassen braucht. Überschreitet die letztere eine bestimmte, auf Grund der klimatischen Verhältnisse, der Kanalprofile und der Beschaffenheit des Vorfluters zu bestimmende Höhe, so müssen die Reinigungsanlagen durch Notauslässe oder Umlaufkanäle nsw. entlastet werden.

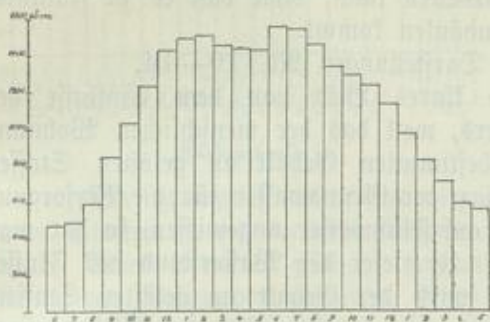
Im folgenden sei zunächst die Zusammensetzung des Trockenwetterabflusses erörtert:

Schwebestoffe: Siehe graphische Darstellung Nr. 9. (Seite 23.) Der Gehalt an Schwebestoffen ist am geringsten in der Zeit von 4 bis 7 Uhr morgens; er bleibt im Durchschnitt unter 100 mg im Liter. Der morgentliche Aufstieg zur vollen Höhe nimmt die Zeit von 7—9 Uhr in Anspruch, der Abfall von 12—4 Uhr nachts. Während der Zeit von 9 Uhr vormittags bis 12 Uhr nachts, also während 15 Stunden ist die volle Höhe vorhanden mit einem Gehalte von 250 mg im Liter. Auf diesem Hochplateau setzen sich zwei Nebengipfel auf; der eine fällt auf 11 Uhr, der andere auf 7 Uhr, getrennt sind sie durch einen flachen Mittagsrückgang.

Die weitgehenden Unterschiede in der Zeit von 9 Uhr vormittags bis 12 Uhr nachts (15 Stunden) und 12 Uhr nachts bis 9 Uhr vormittags (9 Stunden) finden ihre Erklärung darin, daß die Schwebestoffe den typischen Ausdruck für das darstellen, was der Mensch mit seinem Tun und Treiben dem ihm frei von Schwebestoffen zugeführten reinen Wasser beimischt. Das Zutreffende der vorstehenden Erklärung ergibt sich auch aus einem Vergleich der Abflussmengen mit dem Gehalt an Schwebestoffen, siehe Diagramme Nr. 8 und Nr. 9, (Seite 23); beide Kurven bieten dasselbe Bild. Sie zeigen sogar die weitgehende Übereinstimmung, daß der Abwassermengenkurve nicht einmal der Vormittags- und Abendgipfel mit dem Mittagsrückgang fehlt. Je intensiver der Mensch Wasser verbraucht, in desto höherem Grade mischt er ihm die Produkte seiner Tätigkeit bei. Diese Tatsachen werden dadurch nicht angefochten, daß die Höhe der Kurve von 9 Uhr morgens bis 12 nachts liegt und nicht etwa von 7 bis 8 Uhr morgens bis 10 oder 11 Uhr nachts. Die Ver-

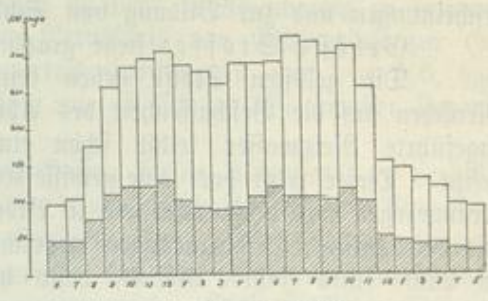
Diagramm 8.

Sammungsgebiet.



Abwasser-mengen.

Diagramm 9.

Schwebestoffe.
(organisch = anorganischer Anteil)

schiebung ist bedingt durch die Zeit, welche das Abwasser nötig hat, um von den kleinen Anfängen zu dem gemeinsamen Ausflußziel zu gelangen.

Ein kleiner Nebenumstand trägt noch in geringem Grade zur Vergrößerung des Unterschiedes von Tag und Nacht mit bei. Mit der Abnahme der Wassermengen verlangsamt sich der Strom, weil das Profil und die Menge des durchfließenden Wassers bei geringem Gefälle die Strömungsgeschwindigkeit bedingen. Bei der verlangsamten Strömung findet ein Teil der schweren Stoffe Gelegenheit, in den Kanälen zu Boden zu sinken, um von der am Morgen kommenden größeren und rascher fließenden Wassermenge wieder mit fortgenommen zu werden. Die Steilheit im Anstieg des Gehalts an Schwebestoffen am Morgen erklärt sich dadurch zum Teil; ferner die später noch zu erwähnende Beobachtung, daß die Klärbecken unter sonst gleichen Umständen des Nachts prozentmäßig weniger gut arbeiten als bei Tage.

Die Schwebestoffe sind zum größeren Teile organischer Natur, annähernd 40 % sind anorganisch. Für die endgültige Beseitigung des Schlammes ist die relativ hohe Menge organischer Stoffe nicht ohne Bedeutung. Soll der Schlamm technisch verwertet werden, so ist die Ausbeute an Fett- und Dungstoffen eine desto höhere, je mehr organische Stoffe vorhanden sind; das gleiche gilt von der Ausnutzung des Schlammes zur Wärmezeugung. Auch für die Verminderung der Schlammengen im Faulbeckenbetriebe ist es vorteilhaft, daß der prozentuelle Anteil an zerlegungs- und damit vergasungsfähigem Material ein höherer ist. Unvorteilhaft ist dagegen der hohe Gehalt an organischen Stoffen, wenn man genötigt ist, den Schlamm in der Nähe menschlicher Wohnungen oder technischer Betriebe zum Zwecke der Trocknung zu lagern. Er trocknet langsamer und verbreitet mehr unangenehme Gerüche.

Der absolute Gehalt des Abwassers an Schwebestoffen ist ein geringer; er ist niedriger als derjenige, welcher aus vielen anderen deutschen und englischen Großstädten angegeben wird. Während das Bremer Abwasser im Tagesdurchschnitt 250 mg zeigt, wird von Dresden 591 mg angegeben, von Mannheim 717, von Mainz 485, von Hannover 270, von Köln 319 mg; Baumeister gibt für eine Anzahl deutscher schwemmkanalisierten Städte Ziffern an, die zwischen 319 und 1108 mg schwanken. Von den englischen Städten soll London 568 mg, Manchester 458, Salford 280, Leeds 589 und Birmingham 686 mg haben. Wir messen Vergleichen mit solchen Ziffern keinen Wert bei; sie sind vielfach aus Stichproben gewonnen, die, wie wir oben nachwiesen, unzuverlässig sind. Daß der Gehalt an Schwebestoffen in Bremen ein so geringer ist, mag seinen Grund in der relativ großen Wassermenge haben, welche für den Kopf der Bevölkerung zum Abfluß kommt.

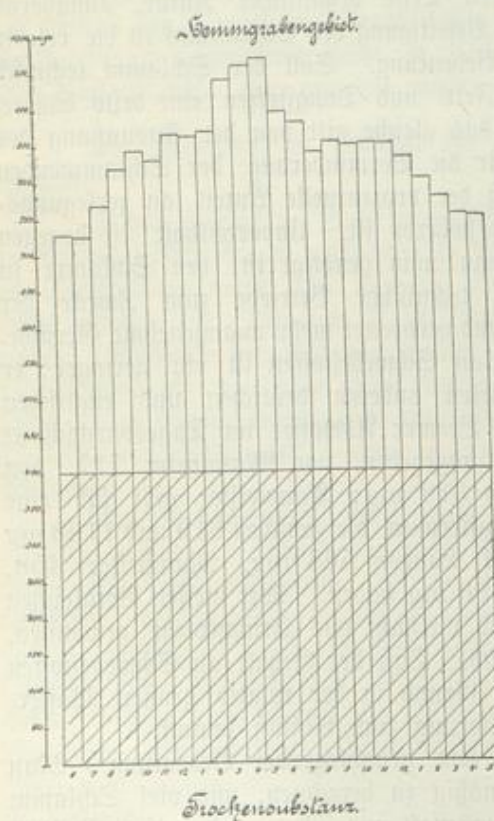
Die Kenntnis der Tatsache selbst ist von grundlegender Bedeutung. Man hat damit die Möglichkeit gewonnen, zahlenmäßig zu berechnen, wie viel Schlamm dem Vorfluter bei einem bestimmten Reinigungseffekt zugeführt wird. Ein Beispiel möge das zeigen. Bei 250 mg Tagesdurchschnitt und 30 000 cbm Abflußmenge werden 75 cbm Schlamm mit 90 % Wassergehalt erzeugt. Verlangt man von der Reinigungsanlage als unterste Leistungsfähigkeit eine Beseitigung von 60 % des im

Wasser vorhandenen Schlammes, so werden täglich dem Vorfluter noch 30 cbm Schlamm zugemutet. Der Techniker ist damit in der Lage, zu beurteilen, ob der Vorfluter je nach seiner Wasserführung, nach der Stromgeschwindigkeit, nach der Beschaffenheit seiner Ufer usw. solche Schlammengen verarbeiten kann, ohne daß es zu Fäulnisercheinungen und zur Bildung von Schlammhäufen kommt.

Gelöste Stoffe: siehe graphische Darstellungen Nr. 10—14.

Die gelösten Stoffe geben kein so klares Bild von dem Einflusse des Menschen auf die Beschaffenheit des Abwassers, weil das der menschlichen Wohnung zugeführte Reinwasser selbst schon einen bestimmten Gehalt an gelösten Stoffen besitzt. Dieser zeigt dort eine gewisse Konstanz, wo Grundwasser für die Versorgung herangezogen wird; ist man wie in Bremen auf Flußwasser angewiesen, so hat man mit beträchtlichen Schwankungen zu rechnen. Je tiefer der Wasserstand des Flusses im Laufe eines Jahres absinkt, desto höher wird der Gehalt an gelösten Stoffen. Unsere im Jahre 1904 vorgenommenen fortlaufenden Analysen des Weserwassers geben ein deutliches Bild hierfür. Während der Trockenrückstand des abgedampften Wassers im Dezember bei hohem Wasserstand etwas mehr als 300 mg im Liter beträgt, liegt er bei niedrigem im September um 550; der Chlorgehalt ist im ersten Falle zu 46 mg ermittelt, im letzteren zu 124. Diese Schwankungen erschweren die Beurteilung, aber sind nicht zu hoch einzuschätzen, weil es sich hier um Stoffe handelt, die ihrer Natur nach zu Belästigungen kaum führen. Man begeht daher keinen großen Fehler, wenn man niedrige Mittelwerte annimmt und diese von den im Abwasser ermittelten Werten in Abrechnung bringt. Bei einem derartigen Vorgehen erhält man auch denjenigen Anteil an gelösten Stoffen mit, der nicht der zentralen Wasserversorgung, sondern lokalen Grundwasseranlagen entstammt. In den graphischen Darstellungen ist der Anteil, welcher in dem zugeführten Reinwasser bereits enthalten war, schraffiert gezeichnet.

Diagramm 10.



Der Trockenrückstand des Abwassers (Diagramm Nr. 10) beträgt im minimo 725 mg, er steigt langsam stufenweise von 8 Uhr morgens an, erreicht einen Gipfel in der Zeit von 3 bis 6 Uhr nachmittags mit 900 bis 950 mg und fällt von 12 Uhr nachts an auf das Minimum zurück; das Hochplateau liegt hier bei einem Gehalt von 850 mg und dauert von 10 Uhr vormittags bis 12 Uhr nachts, entspricht also in seiner Dauer ungefähr dem für die Schwebestoffe ermittelten. Die absoluten Schwankungen zwischen Maximum und Minimum liegen auch hier wie bei den Schwebestoffen in der Spanne von 250 mg, sie sind aber relativ nicht so ausgesprochen im Vergleich zum Gesamtgehalt, selbst wenn man 400 mg absetzt als den Anteil, welcher in dem zugeführten Reinwasser bereits enthalten war.

Der gesamte Trockenrückstand enthält zwei Faktoren, einen anorganischen und einen organischen. Als annähernden Ausdruck des letzteren nimmt man allgemein den sogenannten Glühverlust an, d. h. diejenige Menge, welche verloren geht, wenn man den Gesamtrückstand unter Innerehaltung bestimmter Bedingungen glüht.

Den organischen Bestandteil macht man für die Fäulnisercheinungen verantwortlich, welche auch in solchen Abwässern auftreten, die von Schwebestoffen befreit sind. In dem bremischen Abwasser ist der Glühverlust ein geringer, vergleiche graphische

Diagramm 11.

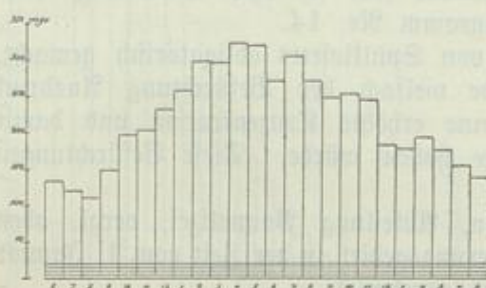


Glühverlust.

Der geringe Gehalt des von Schwebstoffen freien Abwassers an verglühbaren Stoffen ist ein weiterer Beweis für die dünne Beschaffenheit des Abwassers.

Einen fernerer gibt die sogenannte Oxydierbarkeit; sie bezeichnet diejenige Menge von Kaliumpermanganat, deren Sauerstoff von den organischen Substanzen des zu prüfenden Abwassers begierig aufgenommen wird. Diese Prüfung stellt ein Übereinkommen dar, sie ist vielfach angefochten worden, hat sich aber immer wieder als diejenige Methode bewährt, welche unter Innehaltung bestimmter Bedingungen

Diagramm 12.



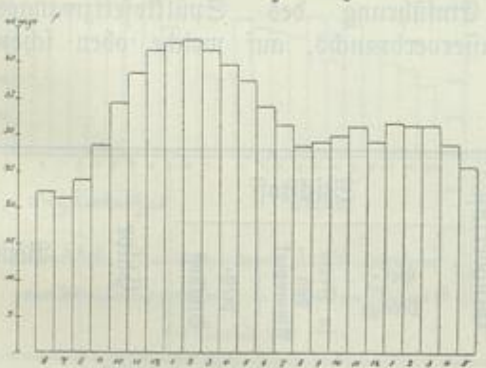
Oxydierbarkeit.

Punkt wird in der Zeit von 4—6 Uhr erreicht mit 320 mg.

Neben der Glühverlust- und Oxydierbarkeitsbestimmung hat man den Stickstoff als den Vertreter der Eiweißgruppe direkt ermittelt. Der Gesamtgehalt wird dann wieder, je nach der Form, in welcher der Stickstoff vorhanden ist, in drei Gruppen zerlegt, den Ammoniakstickstoff, den Albuminoidstickstoff, auf den die

Diagramm 13.

Gemengungsgebiet.



Stickstoff.

der Speisen und der Reinigung des beim Essen gebrauchten Geschirres dem Hauswasser in größeren Mengen beigemischt, eine Tatsache, die den Verlauf der Kurve wesentlich mit beeinflusst haben dürfte. Der Hauptgipfel fällt in die Zeit von 12 bis 4 Uhr und ein kleiner Nebenanstieg beginnt noch einmal um 10 Uhr abends.

Bei der Wertung der Stickstoffmengen ist nicht zu vergessen, daß von den organischen Bestandteilen nur die Eiweißstoffe durch ihn repräsentiert werden, daß aber die Gruppen der Fettstoffe und der Kohlehydrate für die unangenehmen Eigenschaften der Abwässer mit verantwortlich sind.

Darstellung Nr. 11. Die Menge liegt zwischen 125 und 225 mg im Liter und von diesen geringen Mengen sind noch 70 mg als Bestandteil des zugeführten reinen Wassers in Abrechnung zu bringen. Das Verhältnis von Glühverlust zur Gesamttrockensubstanz ist wie 1 zu 5,6, dasselbe, wie es sich im Wasser findet.

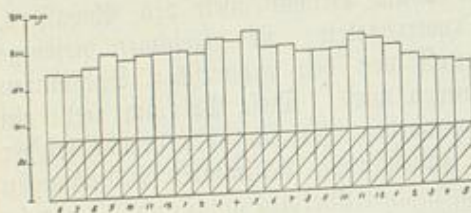
einen raschen Überblick gibt und Vergleiche ermöglicht. Wir haben nach der in Deutschland üblichen Kubelischen bzw. Schulze-Trommsdorffschen Form der Methode gearbeitet. Auch die Oxydierbarkeit ist eine niedere, sie schwankt zwischen 100 und 325 mg Permanganatverbrauch. Der mittlere Durchschnitt liegt etwas über 200, Diagramm Nr. 12. Auf diesen Durchschnitt setzt sich ein staffelförmig auf- und wieder absteigender Gipfel von 12 Uhr mittags bis 11 Uhr nachts, sein höchster

Engländer viel Wert legen, und den sogenannten Reststickstoff. Wir haben diese weitgehenden Analysen ebenfalls vorgenommen, um bis in das Einzelne gehende Vergleiche anstellen zu können, hier sei jedoch nur der Gesamtstickstoff herangezogen; siehe Diagramm Nr. 13. Im Mittel sind 32 mg im Liter filtrierten Abwassers vorhanden; das Minimum beträgt 21, das Maximum 43. Die Kurve verläuft unter Beibehaltung der Tendenz der Mittagssteigerung insofern abweichend von den übrigen, als das Maximum früher abfällt und der niedrige Stand sich schon von 8 Uhr abends an geltend macht. Stickstoffhaltige Stoffe werden bei der Bereitung

Wenngleich nach dem Dargelegten sowohl der Glühverlust, wie die Drydierbarkeit und die Stickstoffbestimmung für sich allein nur ein teilweise zutreffendes Bild von den offensiven Stoffen im Abwasser geben, so kann man doch aus der Heranziehung aller drei ein genügend genaues Urteil über die Menge und Bedeutung der in Frage kommenden Stoffe gewinnen.

Dem Chlorgehalt hat man bei der Beurteilung des Abwassers vielfach deshalb einen Wert beigelegt, weil man diesen Stoff als einen Repräsentanten des Urins ansieht. Für das bremische Abwasser spielt er keine Rolle. Annähernd die Hälfte ist im Trinkwasser schon vorhanden und die zweite Hälfte zeigt so geringe Schwankungen, daß Schlussfolgerungen irgend welcher Art daraus nicht gezogen werden können; vielleicht kann man die kleinen Anstiege um 9 Uhr morgens, um 3 bis 5 Uhr mittags und um 10 bis 12 Uhr nachts als bedingt durch Morgen-, Mittag- und Abend-Urin auffassen. Der Gesamtmenge gegenüber sind sie ohne Bedeutung, siehe Diagramm Nr. 14.

Diagramm 14.



Chlor.

Seit April 1903 ist die Einführung von Spülklosetts obligatorisch gemacht. Bei den Beratungen über das Gesetz wurde vielfach der Befürchtung Ausdruck gegeben, daß die Zuführung der Fäkalien eine erhöhte Konzentration und damit eine Verschlechterung des Abwassers zur Folge haben würde. Diese Befürchtungen haben sich als grundlos erwiesen.

Nach Mitteilungen der Polizeidirektion, Abteilung Baupolizei, vergl. oben Abschnitt 3, wurden im Hemmgraben-Entwässerungsgebiet in der Zeit vom 1. Januar 1900 bis 1. April 1903 11 693 Spülklosetts genehmigt.

In der Zeit vom 1. April 1903

In der Zeit vom 1. April 1903			
bis 31. Dezember	1903	11 443.....	} zusammen 26 961 rund 27 000
im Jahre	1904	7 960.....	
im Jahre	1905	7 558.....	
		1. Januar 1906 noch vorhandenen De	

Die Zahl der am 1. Januar 1906 noch vorhandenen Tonnenaborte betrug etwa 6500. Die Klosetts sind also zu etwa $\frac{2}{3}$ an die Kanalisation angeschlossen.

Die Konzentration des Abwassers ist nach Ausweis der Analysen (siehe nachstehende Tabelle 1) in den zwei letzten Jahren eher eine geringere geworden. Der Grund liegt in der mit der Einführung des Spülklosettzwanges parallel gehenden starken Zunahme des Wasserverbrauchs, auf welche oben schon hingewiesen wurde.

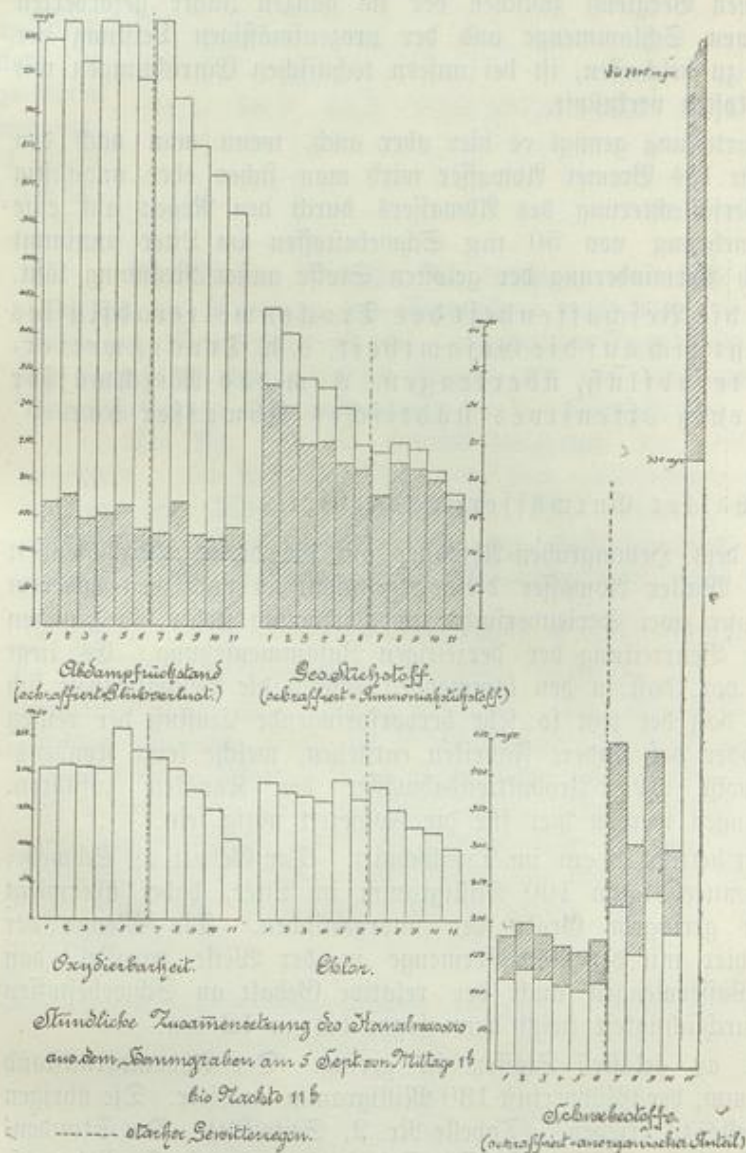
Tabelle 1.

	Suspendierte Stoffe			Drydierbarkeit	Trockensubstanz	Glühverlust	Stickstoff			Chlor	Bemerkungen
	Ges. Menge	organischer Natur	anorganischer Natur				Ges. Menge	in Form von Ammoniak	Rest-Stickstoff		
Wasser aus dem Hemmstraßenkanal Mittelzahlen eines 24 stündigen Versuches am 5.—6./1. 04.	274,0	205,0	69,5	308,8	964,7	201,7	38,4	27,8	10,6	227,7	Von 5—6 u. 10—11 Uhr abends leichter Regen, der die Zusammenlegung des Wassers nicht beeinflusst.
desgleichen vom 4.—5./1. 06.	210,1	158,6	51,5	291,9	935,0	213,0	42,6	30,7	11,9	204,5	Trocken.

Daß trotz gleichgebliebener Konzentration die Gesamtmenge der abzuführenden Stoffe durch das Spülklosett eine größere geworden ist, bedarf keiner besonderen Erörterung.

Die Ergebnisse sämtlicher Analysen lassen sich dahin zusammenfassen, daß der Trockenwetterabfluß im Hemmgraben-Entwässerungsgebiet ein dünnes städtisches Abwasser darstellt, dünn sowohl in Bezug auf die Schwebestoffe wie in Bezug auf die gelösten Stoffe. Vorteilhaft ist dabei, daß bei den gelösten Stoffen die anorganischen Stoffe die organischen beträchtlich überwiegen. Diese Zusammensetzung des Abwassers erleichtert einerseits die Reinigung, andererseits gestattet sie, dem Vorfluter mehr zuzumuten, als man sonst als die Regel anzunehmen gewohnt ist.

Diagramm 15.



am Auslauf des Stammfels sich schon bemerkbar machte. Die Folge war eine beträchtliche Steigerung der Schwebestoffe sowohl in ihrem organischen wie im anorganischen Anteil, während der Abdampfungsstand, dessen vergläubarer Teil ganz unvermindert blieb, nur um ein geringes sank. Werden die Wassermengen so groß, daß die Notauslässe in Tätigkeit treten, dann zeigt das Überlaufwasser allerdings einen bedeutenden Rückgang der gelösten Stoffe; dabei bleibt aber die Steigerung der Schwebestoffe. Dauerregen wirken ebenfalls vermehrend auf die Menge der letzteren ein, vermindern auf die ersteren, jedoch sind unter diesen Verhältnissen die Abweichungen von der Normalkurve nicht so weitgehend. Die

Bei den seitherigen Ausführungen ist der Trockenwetterabfluß als der für die Zusammensetzung ausschlaggebende Grundstock allein berücksichtigt. Es fragt sich nun, wie weit wird er durch Regen beeinflusst. In der Literatur begegnet man häufig der Ansicht, daß Regenwetter generell eine Verdünnung des Abwassers bedeutet. Das trifft für Bremer Verhältnisse und vermutlich auch anderwärts nicht zu. Wir haben bei unsern Serienversuchen häufig Gelegenheit gehabt, die Wirkung einsetzenden Regens zu beobachten. Der Regen bedingt eine Vermehrung der Schwebestoffe, die vielfach weit schärfer sich geltend macht, als die Verminderung der gelösten Stoffe. Wir verweisen auf die Untersuchungsergebnisse vom 4. September 1903, siehe Diagramm Nr. 15. Hier setzt nach einer acht-tägigen Trockenperiode um 6 Uhr ein Gewitterregen ein, der um 7 Uhr

Reinigungsmöglichkeit des Abwassers wird durch diese Verhältnisse nicht erschwert; auf jeder gut eingerichteten Anlage sind immer Reserveeinrichtungen vorhanden, die sich erhöhten Anforderungen bis zu einem bestimmten Maße anzupassen vermögen. Bei Überschreitung der Durchschnittswassermenge um das Mehrfache wird man Notauslässe oder Umgehungskanäle in Tätigkeit treten lassen. Wenn damit auch gelegentlich der Vorfluter stark in Anspruch genommen wird, so sind das so seltene Ereignisse, daß sie wegen ihres vorübergehenden Auftretens zu Belästigungen nicht führen.

Analytisch ermitteln läßt sich der Einfluß des Regens auf die Zusammensetzung der Abwässer wohl für den einzelnen Fall, schwer lassen sich aber aus den einzelnen Ermittlungen Durchschnitte ziehen; dafür sind alle beteiligten Umstände zu schwankend. Will man einen annähernden Jahresdurchschnitt haben, so läßt sich der nur erreichen durch einen Vergleich zwischen der im ganzen Jahre geförderten Wassermenge, der erhaltenen Schlammmenge und der prozentmäßigen Leistung der Klärbecken. Diese Zahlen zu beschaffen, ist bei unsern technischen Einrichtungen mit unverhältnismäßig hohen Kosten verknüpft.

Für die Gesamtbeurteilung genügt es hier aber auch, wenn man nach den Einzelanalysen schätzt. Für das Bremer Abwasser wird man sicher eher ungünstig rechnen, wenn man die Verschlechterung des Abwassers durch den Regen auf eine jahresdurchschnittliche Vermehrung von 50 mg Schwebstoffen im Liter annimmt und die Verbesserung durch Verminderung der gelösten Stoffe außer Rechnung läßt.

Das oben über die Beschaffenheit des Trockenwetterabflusses abgegebene Urteil läßt sich auf die Gesamtheit, d. h. Trockenwetterabfluß und Regenwetterabfluß, übertragen. Auch das Mischwasser stellt ein dünnes, wenig offensives städtisches Abwasser dar.

B. Waller Entwässerungsgebiet.

Wurde schon bei dem Hemmigraben-Abwasser auf die dünne Beschaffenheit hingewiesen, so besitzt das Waller Abwasser diese Eigenschaft in noch weit höherem Maße. Wenngleich uns nur zwei Serienversuche zur Verfügung stehen, so genügen sie doch für die allgemeine Beurteilung der derzeitigen Zusammensetzung. Es liegt allerdings die Möglichkeit vor, daß in den kommenden Jahren die Beschaffenheit sich ändert, entweder dadurch, daß der jetzt so sehr hervorspringende Einfluß der reinen Fabrikabflüsse zurücktritt oder daß andere Fabriken entstehen, welche keine Kondens- und ähnliche Wässer, wohl aber Produktionsabwässer den Kanälen zuführen. Kontrollierende Untersuchungen werden hier für die Folgezeit nötig sein.

Die Durchsichtigkeit beträgt 6 cm im Durchschnitt. Der Gehalt an Schwebstoffen erreicht im Tagesmittel kaum 100 Milligramm im Liter, dabei überwiegt der organische Anteil in geringem Grade den anorganischen. Die Menge der Schwebstoffe läuft auch hier mit der Abwassermenge in der Weise parallel, daß zur Zeit der geringsten Wassermengen auch der relative Gehalt an Schwebstoffen am kleinsten ist. Die Durchsichtigkeit steigt dann sogar bis zu 12 cm.

Auch der Gehalt an gelösten Stoffen ist gering. Der Abdampfrückstand beträgt etwa 550 Milligramm, der Glühverlust 130 Milligramm im Liter. Die übrigen Zahlen sind aus der Tabelle zu ersehen. (Tabelle Nr. 2, Seite 29). Die Stunden-schwankungen in dem Gehalte an gelösten Stoffen sind gering, soweit sie Abdampfrückstand und Chlor betreffen. Der Gehalt des Leitungswassers und Grundwassers an den hier in Frage kommenden Stoffen ist von vornherein ein zu hoher, als daß die kleinen Zugaben, welche die menschliche Verarbeitung bedingt, bei dem allgemeinen Charakter des Waller Abwassers große Ausschläge bedingen könnten. Etwas anders steht es wieder mit dem Gehalt an Stickstoff. Dieser Repräsentant eines Teiles der menschlichen Umfahstoffe zeigt die Tagessteigerung, aber nicht einmal bis zur doppelten Höhe. Die Drydierarbeit steigt im Laufe des Tages bis zur doppelten Höhe, der Glühverlust zeigt dagegen nur ganz geringe Steigerung. Die Kleinheit dieser Steigerung im Verhältnis zur Zunahme des Stickstoffgehaltes und der Drydier-

barkeit bietet einen hübschen Beweis für die Tatsache, daß der Glühverlust nicht als reiner Ausdruck für die Menge der organischen Stoffe betrachtet werden darf. Im Waller Abwasser ist ein wesentlicher Teil des Glühverlustes offenbar durch Änderungen in dem anorganischen Bestandteil des Trockenrückstandes bedingt.

Tabelle 2.

	Suspendierte Stoffe			Lyophilisierbarkeit	Trockensubstanz	Glühverlust	Stickstoff			Chlor	Bemerkungen
	Ges. Menge	organischer Natur	anorganischer Natur				Ges. Menge	in Form von Ammoniak	Rest-Stickstoff		
Wasser aus dem Wasser-Ableitungs-Kanal entnommen am 8.—9./11. 04. u. 11.—12./10. 05.	94,4	48,9	45,5	93,9	557,3	132,1	11,4	6,7	4,7	99,3	Mittelwert aus zwei 24 stündigen Versuchen.

Das Waller Abwasser hat durchweg eine hohe Temperatur; dieselbe liegt selbst an der Mündung des Stammfels noch über 20° und schwankt bis zu 30°. Diese hohe Temperatur ist eine unangenehme Eigenschaft des Wassers, sie beschleunigt die Zersetzung und führt im Verein mit dem niedrigen Gehalt des Abwassers an Einweissstoffen zu Pilzwucherungen an den Kanalwänden.

Die Art und die Lebensbedingungen der beteiligten Pilze sind noch zu ermitteln. Sie sind, wenn irgend möglich, zu beseitigen, weil sie für die Reinigungsanlagen eine lästige Zugabe bilden. Wir erinnern an den langjährigen Streit zwischen der Stadt Herford und der Hoffmann'schen Stärkefabrik in Salzuflen, welcher in dem Auftreten solcher Pilzwucherungen seine Ursache hatte.

C. Linksweserisches Entwässerungsgebiet.

Das linksweserische Abwasser entspricht in seiner Zusammensetzung dem rechtsweserischen Hemminggraben-Abwasser. Die Menge der Schwebestoffe ist um ein wenig geringer, ebenso der Stickstoffgehalt; Trocknbarkeit und Chlor zeigen dagegen etwas höhere Zahlen. Diese Abweichungen sind nicht von Bedeutung, sie würden sich wahrscheinlich ganz verwischt haben, wenn wir dem Durchschnittswerte mehr als zwei Serienversuche hätten zu Grunde legen können. Sie ändern nichts an dem Charakter des linksweserischen Abwassers als eines dünnen städtischen Abwassers. Die einzelnen Durchschnittszahlen finden sich in der nebenstehenden Tabelle (Tabelle Nr. 3).

Tabelle 3.

	Suspendierte Stoffe			Hydrirbarkeit	Trockensubstanz	Glühverlust	Stickstoff			Chlor	Bemerkungen
	Ges. Menge	organischer Natur	anorganischer Natur				Ges. Menge	in Form von Ammoniak	Rest-Stickstoff		
Wasser aus dem Neustädter-Ableitungs-Kanal entnommen am 26.—27./4. 04. u. 5.—6./1. 05.	204,4	112,0	92,4	402,4	917,1	198,2	26,8	15,0	11,8	269,8	Mittelwert aus zwei 24 stündigen Versuchen.

Ergebnis der Erörterungen im Abschnitt 4.

Die Abwässer aller drei Abwässerungsgebiete der Stadt Bremen sind dünne städtische Abwässer von wenig offensiver Beschaffenheit. Die Einführung der Spülklosetts hat die Zusammensetzung des Abwassers nicht verschlechtert.

Abschnitt 5.

Leistungsfähigkeit der jetzigen Reinigungsanlagen.

A. Hemmgraben-Gebiet.

Um ein Urteil über die Wirksamkeit der Klärbecken, deren Beschreibung oben gegeben ist, zu gewinnen, haben wir an verschiedenen Becken Serienversuche in der Weise angestellt, daß gleichzeitig am Einlauf und Auslauf die zu untersuchenden Proben entnommen und sofort einzeln untersucht wurden. Jeder Versuch wurde 24 Stunden durchgeführt; es kamen damit in der Serie 50 Proben zur Untersuchung. Insgesamt verfügen wir über 15 solcher Serien mit 775 Einzelproben. Gleichzeitig wurde während der Versuche die Gesamtabwassermenge, die Menge des durch das Versuchs-Becken geflossenen Abwassers, sowie die Strömungsgeschwindigkeit stündlich festgestellt. Notizen über die Witterungsverhältnisse ergänzten die Feststellungen.

Die zu lösenden Fragen betrafen einmal die Leistungsfähigkeit der Becken überhaupt und zwar sowohl in Bezug auf die Schwebestoffe wie auf die gelösten Stoffe, dann die Leistungsfähigkeit bei verschiedener Strömungsgeschwindigkeit und schließlich die Dauer der Arbeitsfähigkeit, bis eine Reinigung der Abklärbecken erfolgen muß.

Im Anschlusse hieran waren die Eigenschaften der Reinigungsprodukte zu prüfen, einerseits des Schlammes, andererseits des geklärten Wassers. Von ersterem sind 41 Analysen gemacht, letzteres ist durch besondere, später zu beschreibende Vorrichtungen auf seine Sedimentierfähigkeit geprüft.

Nach einigen kleineren, hier nicht weiter zu erwähnenden Vorversuchen, wurde am 29. September 1903 der erste Serienversuch gemacht. Er ergab sofort Klarheit nach den verschiedensten Richtungen. Da er den Typus solcher Versuche darstellt, geben wir zur Erleichterung der Übersicht die beiden Diagramme Nr. 16 und Nr. 17.

Diagramm 16.

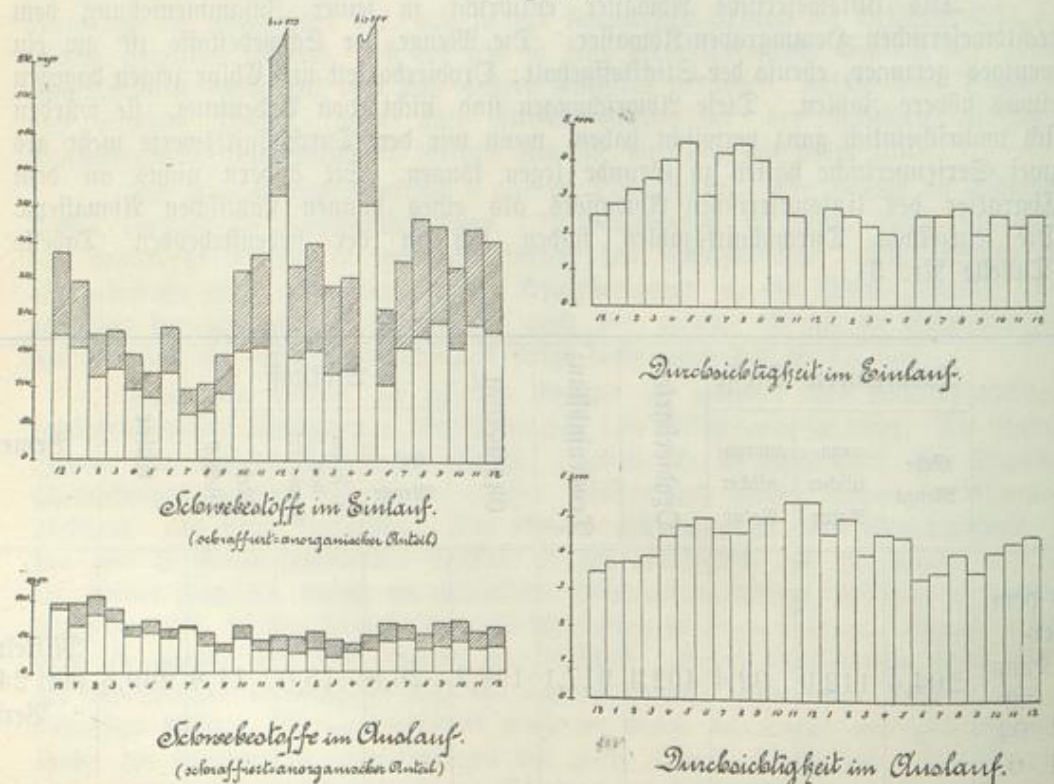
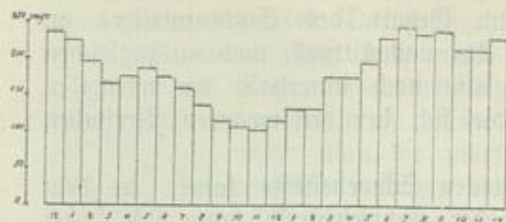
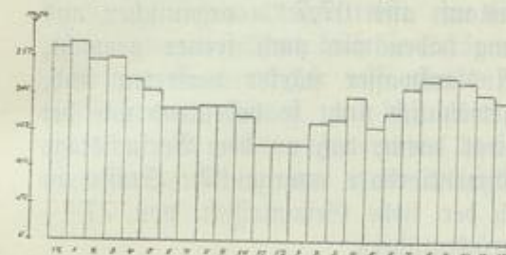


Diagramm 16.

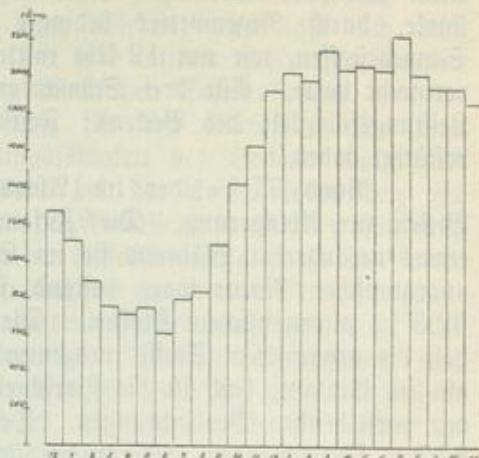


Oxydierbarkeit im Einlauf.

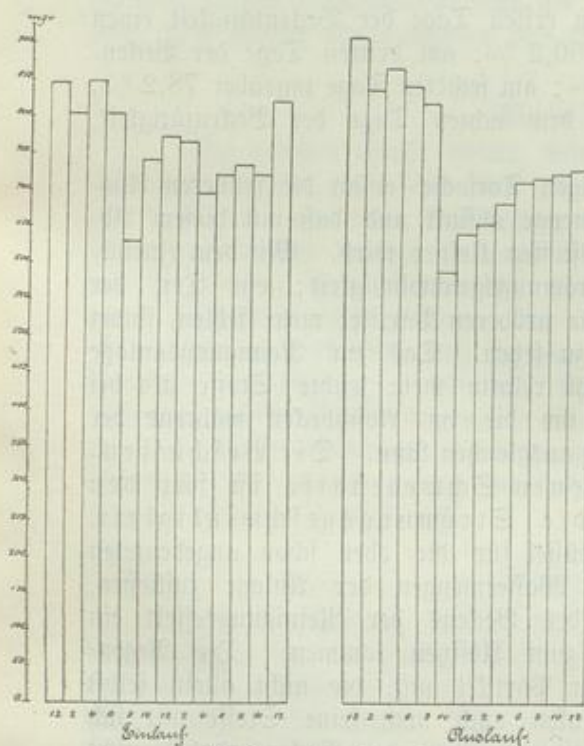


Oxydierbarkeit im Auslauf.

Diagramm 17.

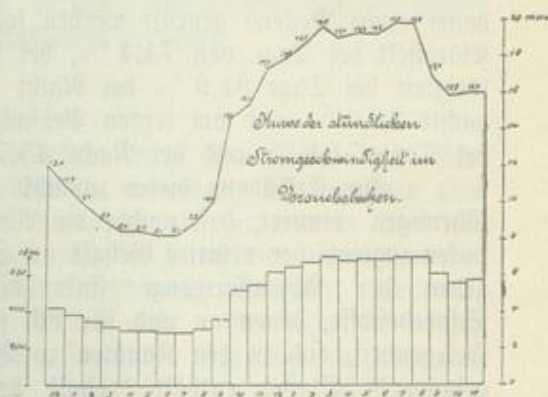


Schwankt Ab Wassermengen.



Oxydierbarkeit im Einlauf.

Oxydierbarkeit im Auslauf.



Stromgeschwindigkeit im Niederschlagbecken.

	Schwankt	Stromgeschwindigkeit	Niederschlag	Durchlaufzeit
Einlauf	279,7	180,2	763,1	3,2
Auslauf	63,6	202,6	752,0	4,3
Differenz	77,3 %			

Tabelle der Mittelwerte

Arbeitsleistung des Märbeckens No 3

am 23.-28. Sept. 1903.

Sie zeigen zunächst, daß unter ungünstigen Verhältnissen gearbeitet werden mußte. Die Gesamtmenge des Abwassers war eine beträchtliche, 36 480 cbm, dementsprechend mußte das Versuchsbecken mit 12 500 cbm in Anspruch genommen werden. Entsprechend den Schwankungen in den stündlich durchlaufenden Mengen schwankt die Strömungsgeschwindigkeit; ihr Minimum liegt morgens von 6—8 Uhr bei 8,1 mm in der Sekunde, ihr Maximum abends von 7—9 Uhr bei 19,8 mm. Vergleicht man mit diesen Schwankungen in der Wassermenge und in der Strömungsgeschwindigkeit die beiden Gegenüberstellungen des Gehaltes an Schwebestoffen im Einlauf- und Auslaufwasser, so zeigt sich, daß das Becken bei 19,8 mm Geschwindigkeit, ebenso gut arbeitete, wie bei 8,1 mm, daß bei einer stündlichen Durchflußmenge von 700 cbm in der Stunde die Beschaffenheit des abfließenden Wassers

keine schlechtere war als bei 300 ckm und schließlich, daß das Becken sogar so starke, durch Regenwetter bedingte Anstiege im Gehalt des Einlaufwassers an Schwebestoffen, wie um 12 Uhr mittags und 5 Uhr nachmittags, noch auszugleichen vermocht hatte. Alle drei Schwankungen lagen also noch innerhalb der normalen Leistungsfähigkeit des Beckens; Feststellungen, die sich bei den weiteren Versuchen bestätigt haben.

Rund 77 % der im Abwasser enthaltenen Schwebestoffe kamen in dem Becken zur Ablagerung. Die Zusammensetzung der Schwebestoffe hatte sich dabei etwas verändert. Während sie im Einlauf zu 53,4 % organischer und zu 46,4 % anorganischer Natur war, bestand sie im Auslauf aus 67,7 % organischen und 32,3 % anorganischen Stoffen. Die Beobachtung haben wir auch ferner gemacht, daß die organischen Stoffe prozentmäßig im Auslaufwasser stärker vertreten sind, als im Einlauf, doch ist die Verschiebung für gewöhnlich nicht so bedeutend wie bei den vorstehenden Beobachtungen. Der Grund liegt darin, daß an dem Versuchstage stärkere Regenmengen niedergingen, die leicht sedimentierbare anorganische Stoffe in größerer Menge dem Abwasser zuführten. Auch der hohe Gesamteffekt von 77 % Reinigung ist etwas mit auf diesen Umstand zurückzuführen.

Bei dem ersten Versuche war es uns aufgefallen, daß der Kläreffekt am Tage ein besserer war als bei Nacht. Die weiteren Beobachtungen haben das bestätigt. Wir ermittelten z. B. bei einem anderen Versuche, bei welchem die Arbeitsdauer eines Beckens geprüft werden sollte, am ersten Tage der Beckentätigkeit einen Kläreffekt bei Tage von 74,4 %, bei Nacht 60,2 %; am dritten Tage der Beckentätigkeit bei Tage 81,9 % bei Nacht 41,9 %; am sechsten Tage tagsüber 78,2 %, nachts 48,0 % und am letzten Versuchstage, dem achten Tage der Beckentätigkeit, bei Tage 71,1 % und bei Nacht 45,7 %.

Zur Erklärung dieser zunächst auffälligen Tatsache sei an die früheren Ausführungen erinnert, daß nachts die Abwassermenge absinkt und daß mit diesem Absinken zugleich der relative Gehalt an Schwebestoffen kleiner wird. Mit dem Zurückgehen der Abwassermenge sinkt die Strömungsgeschwindigkeit; ein Teil der Schwebestoffe, denen an und für sich schon die größeren Partikel mehr fehlen, findet Gelegenheit, sich in den Kanälen zu Boden zu setzen. Das zur Reinigungsanlage gelangende Wasser enthält deshalb bei Nacht relativ mehr leichte Stoffe als bei Tage, ein Unterschied, der so groß ist, daß ihn die im Abklärbecken während der Nacht ebenfalls verlangsamte Strömung nicht ausgleichen kann. Die Beschaffenheit der in dem Abwasser vorhandenen Schwebestoffe ist für den Reinigungseffekt wichtiger, als die Strömungsgeschwindigkeit. Dieser fundamentale Satz gibt auch den Schlüssel für die oben schon angedeuteten Tatsachen, daß bei Regenwetter, wo große Wassermengen der Anlage zufließen, innerhalb der normalen Leistungsfähigkeit des Beckens der Reinigungseffekt ein besserer ist, als wenn Trockenwetterabflüsse zum Abfließen kommen. Die Regenwetterabflüsse bringen größere Menge größerer Partikel mit, die nicht allein selbst rasch zu Boden gehen, sondern im Niedersinken auch noch feine Stoffe mit sich herunterreißen. Freilich darf die obere Leistungsgrenze des Beckens dabei nicht überschritten werden. Werden demselben solche Wassermengen zugemutet, daß die Gleichmäßigkeit der Strömung im Querschnitt des Beckens wesentlich gestört wird oder daß die Strömungsgeschwindigkeit auch den schwereren Partikeln keine Zeit läßt, sich abzusetzen, so kann der Kläreffekt bis zu Null heruntergehen: daß abfließende Wasser kann sogar von schlechterer Beschaffenheit werden als das zufließende, wenn von dem am Boden des Beckens lagernden Schlamm die oberflächlichste Schicht, die sich noch in halbem Schwebestate befindet, mitgerissen wird. Die Verwaltung einer Reinigungsanlage muß wissen, wo die obere Leistungsgrenze jeden Beckens liegt und sie muß Umlaufkanäle oder Reserverbecken genügend zur Verfügung haben, daß sie nicht genötigt ist, die Grenze zu überschreiten. Die Leistungsgrenze ist für jedes Werk besonders zu ermitteln; man kann nicht die in einer Stadt gefundenen Werte ohne weiteres auf andere Städte übertragen, weil die Menge und die Zusammensetzung der in dem jedesmaligen Abwasser vorhandenen Schwebestoffe hier den Ausschlag geben. Man sollte deshalb auch bei Vorschriften, die seitens der

Zentralbehörden für den Betrieb von Reinigungsanlagen gegeben werden, von einer sogenannten mittleren Durchflußgeschwindigkeit ganz absehen; diese läßt sich auch bei Trockenwetterabfluß doch nicht innehalten, wie jede unserer zahlreichen Kurven zeigt, weil die Strömungsgeschwindigkeit sich den stündlichen Schwankungen der Abwassermengen anpassen muß. Eine Minimalgrenze für den Kläreffekt kann man nur feststellen, wenn man die maximale Leistungsfähigkeit des Beckens kennt, und diese läßt sich ermitteln. Wenn dann die Behörde bei der Erlaubniserteilung für den Betrieb unter Berücksichtigung der Beschaffenheit des Abwassers, der Art der Zuleitung zu den Becken, der Dimensionen der letzteren und der Aufnahmefähigkeit des Vorfluters die klaren Bestimmungen trifft, wie viel Wasser in maximo pro Stunde jedem Beckenzugeführt werden und wie hoch die Strömungsgeschwindigkeit ansteigen darf, dann ist sie sicher daß ihre Forderungen von einer sich verantwortlich fühlenden Verwaltung auch erfüllt werden können, und daß die Verhältnisse in dem Vorfluter sich nicht ganz anders gestalten, als man angenommen hatte. Festzusetzen ist dabei noch die später zu besprechende Dauer der Arbeitsfähigkeit der Becken.

Durchsichtigkeit.

Trotzdem drei Viertel der Schwebstoffe aus dem Abwasser entfernt wurden, war die durchschnittliche Durchsichtigkeit nur von 3,0 auf 4,3 cm gestiegen. Die zurückbleibenden Schwebstoffe sind am feinsten verteilt, ihre Menge genügt immer noch, dem Wasser ein unschönes und trübes Aussehen zu geben.

Gelöste Stoffe.

Die gelösten Stoffe hatten beim Durchfließen durch das Becken keine Veränderung erfahren. Es war dies von vornherein zu erwarten; wir machten aber die Analysen, um eine Bestätigung unserer Annahme zu bekommen. Bei den späteren Versuchen wurden sie dann weggelassen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß der Versuch Ende September, also bei kühler Witterung, stattfand. Nennenswerte Fäulnisvorgänge bestanden daher in dem Becken nicht. Bei heißer Witterung ist es nicht ausgeschlossen, daß in dem im Becken lagernden Schlamm die Zersetzung intensiver vor sich geht, und daß damit dem über dem Schlamm hinfließenden Abwasser gelöste Stoffe beigemischt werden. Große praktische Bedeutung hat die auf diese Weise entstehende Vermehrung der gelösten Stoffe nicht, weil aus andern Gründen, wie später gezeigt werden wird, bei heißer Witterung der Schlamm häufiger entfernt werden muß.

Arbeitsdauer.

Zur Entscheidung der Frage, wie lange die Bremer Abfließbecken arbeiten dürfen, haben wir im Herbst 1903, (im November) Becken Nr. 1 acht Tage lang beobachtet, im Sommer (Juni) 1904 neun Tage und schließlich noch im Oktober 1904 Becken Nr. 4 20 Tage. Im ersten Falle wurde der 24 stündige Serienversuch mit allen oben erwähnten Feststellungen jedesmal am 1., 3., 6. und 8. Tage der Bedientätigkeit vorgenommen, im zweiten, im Juni, am 1., 3., 5., 7. und 9. Tage und im dritten am 1., 5., 9. und 20. Tage der Bedientätigkeit. Diese Untersuchungen wurden erforderlich, weil die Beobachtungen im praktischen Betriebe gezeigt hatten, daß unter verschiedenen Umständen die Leistungen der Becken nach relativ kurzer Zeit nachließen. Unsere Untersuchungen haben die Beobachtungen bestätigt und die Ursache des Herabsinkens der Leistungsfähigkeit erkennen lassen.

Der Kläreffekt an den einzelnen Tagen ist aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen:

November 1903.		Juni 1904.	Oktobre 1904.
1. Tag	67,3 %	75,0 %	63,0 %
3. Tag	70,6 %	76,4 %	5. Tag 60,1 %
6. Tag	66,3 %	5. Tag 77,5 %	9. Tag 66,8 %
8. Tag	58,3 %	7. Tag 70,9 %	20. Tag 61,8 %
		9. Tag 64,7 %	

Die beiden ersten Versuchsreihen zeigen übereinstimmend, daß etwa vom siebenten Tage an der Kläreffekt ein geringerer wird, während bei der dritten Versuchsreihe ein solches Sinken nicht hervortritt. Die beiden ersten Versuche sind am Becken Nr. 1 angestellt, der letzte am Becken Nr. 4. Vorweg sei bemerkt, daß Becken Nr. 4 überhaupt weniger Schwebstoffe ausscheidet als Nr. 1; es ist das von der Zentralspumpe am weitesten entfernte Becken und hat infolgedessen den längsten Zubringerkanal, in welchem schon kleine Mengen der schwereren Sinkstoffe zu Boden gehen. Diese Unterschiede haben aber auf die vorliegende Frage keinen Einfluß. Die Ursache liegt darin, daß während der Versuche in dem Becken Nr. 1 jedesmal Fäulnisercheinungen aufgetreten waren, welche in Becken Nr. 4 fehlten. Das Auftreten solcher Fäulnisvorgänge wird durch die warme Witterung beschleunigt, ebenso sehr aber auch durch das Zurückbleiben von faulendem Schlamm bei der Reinigung der Becken. Die Wirkung der Fäulnis zeigte sich in dem Emporsteigen großer Gasblasen aus dem am Boden liegenden Schlamm; das Gas reißt mehr oder weniger große Mengen bereits abgesetzten Schlammes wieder mit in die Höhe und vermehrt damit nicht nur den Gehalt des über dem Schlamm fließenden Wassers an Schwebstoffen, sondern stört auch die gleichmäßige Strömung und verhindert das Absetzen anderer. Die Wirkung selbst kleiner Gasmengen ist eine intensive, weil die Abfäßbecken als Flachbecken betrieben werden, d. h. eine geringe Tiefe haben; der Weg von der Schlammsschicht bis zur Oberfläche des strömenden Wassers ist nur ein kurzer.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß für die jetzige Anlage die Betriebszeit bei einigermaßen warmer Witterung auf höchstens sieben Tage zu bemessen ist und daß beim Reinigen der Becken auf eine möglichst vollständige Entfernung des Schlammes sorgfältig geachtet werden muß. Gelegentlich wird man im Sommer schon früher die Becken reinigen müssen, das Auftreten größerer Gasblasen ist immer ein Zeichen für das Herabgehen der Leistungsfähigkeit.

Mit der Tatsache, daß unter günstigen Umständen bei kalter Witterung ein Becken ausnahmsweise etwas länger arbeitsfähig bleiben kann, darf die Betriebsführung nicht rechnen.

Den Versuch am Becken Nr. 4 im Oktober 1904 haben wir noch benutzt, um im großen nachzuprüfen, ob unsere Feststellungen, daß der Jahresdurchschnitt etwa 300 mg an Schwebstoffen im Liter beträgt, und daß die Abfäßbecken rund $\frac{2}{3}$ der Schwebstoffe zurückhalten, richtig sind. Wir konnten diese Prüfung machen, weil eine Schlammverzehrung durch Fäulnis, wie schon erwähnt, nicht stattgefunden hatte.

Das Becken hatte in den 20 Versuchstagen rund 210 000 cbm Abwasser erhalten. Unter der Voraussetzung, daß 300 mg trockene Schwebstoffe im Jahresdurchschnitt im Liter vorhanden sind, enthalten die 210 000 cbm Abwasser 63 cbm trockener Schwebstoffe. Der frische Schlamm enthält, so lange er keine Gelegenheit zum Abdunsten bekommen hat, rund 90 % Wasser. Die 63 cbm trockener Schwebstoffe entsprechen daher 630 cbm Schlamm. Bei einer Leistungsfähigkeit des Beckens von 66 % mußten im Becken zum Abfassen kommen $\frac{2}{3}$ von 630 gleich 420 cbm Schlamm. Wir fanden bei der Entleerung des Beckens annähernd 430 cbm.

Die tatsächlichen Verhältnisse haben also unsere Berechnungen bestätigt.

Schlamm.

Die Beseitigung des bei dem Reinigungsprozeß entstehenden Schlammes bietet zur Zeit noch große Schwierigkeit. Zahlreiche Vorschläge sind nach mannigfachen Richtungen gemacht, sie leiden ausnahmslos daran, daß sie zu kostspielig sind. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier die einzelnen Methoden der Schlammabfuhr gegen einander zu werten; eigene Versuche konnten wir, abgesehen vom Lagern in freier Luft, bis jetzt nicht anstellen. Da wir jedoch meinen, daß solche Versuche desto aussichtsvoller sind, je besser man die Zusammensetzung des Schlammes kennt, haben wir während der drei Versuchsjahre diese unter den verschiedensten Bedingungen ermittelt. Es stehen uns im ganzen 41 Analysen zur Verfügung.

Untersucht man den Schlamm unmittelbar nach dem Ablassen des Wassers aus dem Becken, so zeigt er einen Wassergehalt von rund 90 %. Bleibt der Schlamm dann einen halben bis einen ganzen Tag in dem Becken ruhig liegen, so verliert er teils durch Abfluß, teils durch Verdunstung noch bis zu 10 % Wasser. Damit ist die Grenze der leichten Abgabe erreicht, das übrige Wasser wird lange festgehalten. Selbst wenn man den Schlamm auf drainiertem Boden oder auf Koks oder dergleichen lagert, dauert es je nach der Witterung Wochen, ja Monate lang, bis so viel Wasser abgegeben wird, daß der Schlamm stichfest geworden ist. In diesem Zustande enthält er noch ungefähr 60 % Wasser.

Die Trockensubstanz besteht annähernd zu gleichen Teilen aus anorganischer und organischer Substanz, das Verhältnis schwankt von Probe zu Probe, doch weichen die Schwankungen selten über 10 % nach oben oder unten von dem mittleren Durchschnitt ab.

Der Fettgehalt in der Trockensubstanz des frischen Schlammes ist ein hoher. Er beträgt im Mittel aus 35 Proben 17,8 %, die Schwankungen gehen von 11,9 bis 28,7 %. Das Fett ist zum Teil in Form von Neutralfett und freien Fettsäuren, zum Teil in Form von Seifen vorhanden. Der hohe Gehalt an Fett mag einerseits bedingt sein durch die Lebensgewohnheiten der bremischen Bevölkerung, die fette Speisen liebt, andererseits führt der Schlachthofbetrieb der Reinigungsanlage viel fetthaltige Abwässer zu.

Der Stickstoffgehalt der Trockensubstanz beträgt im Mittel aus 30 Analysen 2,14 %, das festgestellte Minimum war 1,5 %, das Maximum 3,0 %.

Der Phosphorsäuregehalt ist einmal bestimmt, er betrug 0,53 %.

Beim Lagern des Schlammes treten rasch Zersetzen ein. Vor allem sind es die Fettsubstanzen, die solche eingehen und damit zur Bildung der unangenehmen Gerüche, welche Schlammlager zu verbreiten pflegen, Veranlassung geben. In einem Falle fanden wir nur noch 8 % Fett in der Trockensubstanz, in einem andern 9,24 %, in einem dritten 7,7 %, nachdem der Schlamm jedesmal 8 Tage bei warmer Witterung auf Koks gelagert hatte. Bei kalter Witterung, Ende November, Anfang Dezember, betrug der Fettgehalt noch 12,8 % trotz annähernd vierwöchentlicher Lagerung des Schlammes.

Eine Abnahme des Stickstoffgehaltes haben wir nicht feststellen können, doch möchten wir darüber ein abschließendes Urteil nicht abgeben; unsere Untersuchungen reichen dazu nicht aus.

Das gereinigte Wasser.

Das aus dem Abfäßbecken abfließende Wasser enthält, wie erwähnt, noch sämtliche gelösten Stoffe des Rohwassers und etwa $\frac{1}{3}$ der Schwebestoffe. Es ergibt sich von selbst, daß diese Schwebestoffe die spezifisch leichtesten sind, die kleinsten brauchen sie darum aber nicht zu sein. Wir haben uns deshalb nicht an die sonst übliche Formel gehalten, nach der es heißt, die Schwebestoffe müssen bis zu zwei oder drei Millimeter Größe herab aus dem Abwasser entfernt sein, sondern erachteten es für richtiger, zu ermitteln, in welcher Zeit die in dem gereinigten Abwasser noch vorhandenen Schwebestoffe zu Boden sinken. Die Lösung dieser Frage ist für Bremen deshalb von Wert, weil der wichtigste Vorfluter, die Weser, bei Bremen unter der Wirkung von Ebbe und Flut steht. Es ist deshalb zu erwägen, ob man die Abwässer zu jeder Zeit oder nur bei bestimmten Flutverhältnissen in die Weser hineinlassen soll und für diese Erwägung ist es erforderlich, die Sedimentationszeit der im gereinigten Abwasser verbliebenen Schwebestoffe zu kennen.

Die erforderlichen Untersuchungen lassen sich nach Lage der Dinge nur in stehendem Wasser ausführen; die ermittelten Werte können aber auf langsam strömendes Wasser übertragen werden, wenngleich sie etwas ungünstiger sind als die tatsächlichen Verhältnisse in diesem. Die Strömung wirkt je nach ihrer Geschwindigkeit hemmend auf das zu Boden sinken der Schwebestoffe ein.

Zu den Versuchen wurde ein 1,0 m hohes und 0,76 m breites und 0,5 m langes Glasbecken benutzt, aus welchem 80 cm, 50 cm und 20 cm über der Sohle Untersuchungsproben ohne stärkere Wasserbewegung entnommen werden konnten. Für

die Fernhaltung äußerer Erschütterungen war genügend Sorge getragen. Das zu untersuchende, aus einem Klärbecken abfließende Wasser wurde vorsichtig eingefüllt. Bei den beiden ersten Versuchen wurden von zwei zu zwei Stunden aus den drei verschiedenen Bedentiefern Proben entnommen und analysiert, bei dem dritten Versuche in längeren Zeiträumen. Neben dem Gehalt des zum Versuche benutzten Wassers an Schwebestoffen wurde auch die Leistungsfähigkeit des Klärbeckens, aus welchem das Versuchswasser stammte, festgestellt.

Die Reinigungsfähigkeit des Beckens betrug rund 70 %, der Gehalt an Schwebestoffen in dem gereinigten Wasser 56, 50 und 94 mg im Liter.

In den beiden ersten Versuchen hatte die 80 cm über der Sohle liegende oberste Wasserschicht nach 2 Stunden 20 %, nach 4 Stunden 23 %, und nach 6 Stunden 36 % ihrer Schwebestoffe abgesetzt; die 50 cm über dem Boden befindliche Schicht 16,5 %, 19 % und 19 %; die 20 cm über dem Boden befindliche Schicht 16 %, 24 % und 23 %. Selbst bei sechsstündigem ruhigen Stehen war also knapp ein Viertel der Schwebestoffe zu Boden gesunken; dabei war das Becken nur 1 m tief. Bei dem letzten Versuche wurden die Proben nach 6 Stunden, nach 22 und nach 30 Stunden entnommen. Die oberste Schicht zeigte einen Verlust von 17 bzw. 47 bzw. 45 % an Schwebestoffen. Die mittlere von 14, 37 und 63 %, die unterste von 23, 35 und 44 %.

Beziehungen zwischen der Leichtigkeit, mit welcher diese Schwebestoffe zu Boden sinken und ihrem Gehalt an organischen oder anorganischen Substanzen haben wir nicht ermitteln können.

Wir legen den einzelnen Zahlen keinen besonders großen Wert bei, in ihrer Gesamtheit zeigen sie aber, daß die Schwebestoffe, welche in dem Klärbeckenabfluß sich noch befinden, spezifisch sehr leicht sind und sich daher außerordentlich langsam zu Boden senken. Die Gefahr der Schlammabkantung in der Nähe der Mündungsstelle des Einlaufkanals ist in einem fließenden Vorfluter daher kaum vorhanden.

B. Waller Entwässerungsgebiet.

Die Abwässer fließen unbehandelt dem Vorfluter zu.

C. Linksweserisches Entwässerungsgebiet.

Die Abwässer dieses Gebietes werden in einem großen Brunnen vor der Maschine zusammengeführt. Dieser Brunnen dient als Sandfang. Die gröberen Schwimmstoffe werden außerdem durch ein Gitter zurückgehalten. Die Schwimmstoffe und die abgelagerten schweren Sinkstoffe werden je nach Bedarf ein- und zweitägig von Hand entfernt und mit städtischem Müll außerhalb des bebauten Terrains kompostiert. Ihre Mengen betragen zur Zeit täglich etwa 2 cbm. Eine nennenswerte Reinigung des Abwassers ist somit durch ihre Entfernung nicht erzielt. Der Brunnen ist auch in erster Linie da, um das Eindringen von Sand und gröberen Schwimmstoffen in die Pumpen zu verhindern.

Kurz vor seiner Einmündung in die Weser ist das Leitungsröhr durch ein überdecktes Becken unterbrochen. Das Becken hat eine Länge von 37 m, die Strömungsbreite des Abwassers beträgt in ihm bei Ebbe 4 m, bei Flut je nach der Höhe derselben 12 m und mehr. Da die Strömung des Wassers in diesem Becken eine verlangsamte ist, so war zu prüfen, ob es einen Einfluß auf den Gehalt des abfließenden Wassers an Schwebestoffen ausübte.

Bei Ebbe betrug die Auslaufgeschwindigkeit aus dem Zubringerkanal 620 mm in der Sekunde, die Strömungsgeschwindigkeit in dem Becken 200 mm, an einzelnen Stellen 300 mm. Daß bei einer Geschwindigkeit von 200–300 mm auf der Strecke von 37 m ein Absinken der Schwebestoffe nicht stattfinden würde, war zu erwarten. Die Analysen bestätigten diese Erwartung. Der Durchschnitt einer Anzahl korrespondierender Proben zeigte im Einlauf 115 mg, im Auslauf 120 mg Schwebestoffe im Liter.

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse bei Flut; es kommt dann je nach der Wasserhöhe zu einem Aufstauen des Abwassers in dem Becken und damit

zu einer Stromverlangsamung, die bei mittlerer Fluthöhe bis zu 50 mm Geschwindigkeit geht. Bei dieser Geschwindigkeit senken sich schwere Stoffe schon zu Boden. Wir fanden infolgedessen einen durchschnittlichen Unterschied zwischen Einlauf und Auslauf von 25%. Zu einer dauernden Ablagerung der Schwebestoffe im Becken kommt es dadurch aber nicht; was während des Hochstandes des Wassers sich senkt, wird von dem fallenden stärker ablaufenden Wasser wieder mit fortgenommen. Wenn somit insgesamt auch keine Verminderung der der Weser zugeführten Schwebestoffe eintritt, so wirkt das Becken doch bis zu einem gewissen Grade ausgleichend; bei geringer Stromgeschwindigkeit in der Weser während der Fluthöhe werden dem Flusse weniger Schwebestoffe zugeführt, bei stärkerer Geschwindigkeit während des ablaufenden Wassers mehr. Mit dieser Leistung ist allerdings auch die Wirksamkeit des Beckens erschöpft.

Zusammenfassung.

In den Klärbecken der Blocklander Reinigungsanlage werden zwei Drittel der im Rohwasser vorhandenen Schwebestoffe entfernt, die gelösten Stoffe werden nicht beeinflusst.

Die Strömungsgeschwindigkeit darf 20 mm in der Sekunde betragen, ohne daß der Kläreffect beeinträchtigt wird.

Bei warmer Witterung müssen die Becken nach höchstens sieben Tagen vom Schlamm gereinigt werden, bei kalter darf die Betriebszeit länger dauern.

Die Schwebestoffe des abfließenden Wassers sedimentieren sehr langsam.

Der Klärschlamm enthält beträchtliche Mengen Fett; die Fettstoffe zerfallen sich beim Lagern des Schlammes jedoch rasch.

Der Sammelbrunnen für das linksweiserische Abwasser und das Regulierungsbecken im Ableitungskanal führen eine nennenswerte Reinigung des Wassers nicht herbei.

Abschnitt 6.

Die Vorfluter.

A. Die kleine Wümme, das Maschinenfleet und die große Wümme.

Zur Ermittlung des Einflusses, welchen das Hemmgraben-geklärte und das Waller-ungeklärte Abwasser auf den Vorfluter ausüben, wurden im Jahre 1903 eine Anzahl orientierender Vorversuche angestellt. Auf Grund der hierbei gemachten Erfahrungen fanden im Frühjahr und Sommer 1904 je zwei Befahrungen der in Frage kommenden Wasserläufe statt. Die Frühjahrsumtersuchungen wurden vorgenommen, bevor die Hemmgraben-Reinigungsanlage arbeitete, das ungeklärte Wasser also noch auf die Wiesen des Ober- und Niederblocklandes gepumpt wurde; siehe Abschnitt 2.

Die Wasserführung der kleinen Wümme und des Maschinenfleets ist eine geringe, sie beträgt etwa 30 000 cbm täglich, erreicht also nicht die Höhe der ihr zugeführten Abwassermenge. Die Strömungsgeschwindigkeit schwankt, je nachdem die Schleusen und die Pumpen zu Wasserhorst und zu Dammfel in Tätigkeit sind. Die höchste von uns beobachtete Geschwindigkeit betrug einmal an einer Stelle 220 mm in der Sekunde, die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit ist aber eine weit geringere; zeitweise steht das Wasser ganz still.

Es sei zunächst die Beschaffenheit der Vorfluter während der kalten Jahreszeit geprüft. Karte Anlage Nr. 1.

Während dieser Zeit wird, wie erwähnt, das Hemmgraben-Abwasser an der Reinigungsanlage vorbeigeführt und auf die rechts und links neben den Vorflutern gelegenen Wiesen gepumpt; diese werden mehr oder weniger überstaut. Das Stau-

wasser steht durch Gräben mit dem Wasser der Wümme und des Maschinenfleets in Verbindung. In der Nähe der Pumpstation gelangt ein Teil des Abwassers bald wieder in die Wümme, weiter entfernt von derselben hat es Zeit und Gelegenheit auf den großen Wiesenflächen vollständig abzufließen.

Die allgemeine Beschaffenheit des Flußwassers ist während dieser Jahreszeit nicht gerade als schlecht zu bezeichnen. Oberhalb der Kläranlage hat es eine Durchsichtigkeit von mehr als 20 cm; diese geht von der Kläranlage an herunter auf 10 bis 15 cm; das Wasser hat aber die ihm als Moorwasser eigene gelbe Farbe nirgends ganz eingebüßt, wenigstens die gelbe Farbe unmittelbar unterhalb des Waller Abzugsgrabens kaum zu erkennen ist. Einen auffallend unangenehmen Geruch zeigt das Wasser nicht.

Die Menge der Schwebstoffe, welche oberhalb der Kläranlage 14,7 mg im Liter betrug, hob sich bis zur Entnahmestelle 3 (Gerken) auf das Doppelte, 30,5 mg, um dann infolge der Zuführung des nur wenig Schwebstoffe (7,8 mg) enthaltenden Wassers aus dem Waller Fleet wieder abzusinken. Das aus dem Waller Abzugsgraben zufließende Waller Abwasser, das 71,9 mg Schwebstoffe führte, ließ die Menge der Schwebstoffe in dem Maschinenfleet zunächst wieder steigen und zwar auf 34,7 mg. Allmählich erfolgt dann durch Sedimentation wieder eine Abnahme. Die beinahe als toter Arm anzusehende Fortsetzung der kleinen Wümme über die Abgangsstelle des Maschinenfleets hinaus zeigte bei Entnahmestelle c (Käpelle) noch dieselbe Menge an Schwebstoffen wie zwischen Kläranlage und Mündungsstelle des Waller Fleets. Der organische Anteil der Schwebstoffe betrug oberhalb der Kläranlage und im Waller Fleet, also an Stellen, die der Verunreinigung mit Abwasser weniger ausgesetzt sind, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{6}$; an den anderen Stellen dagegen ein Drittel bis mehr als die Hälfte.

Die gelösten Stoffe zeigen einen mäßigen Gehalt an Stickstoff bzw. Ammoniak. Auch hier zeigt sich die zweimalige Steigung auf das Doppelte bis Dreifache unterhalb der Kläranlage und wieder unterhalb der Einmündungsstelle des Waller Abzugsgrabens. Salpetrige Säure ist an einzelnen Stellen in Spuren vorhanden; die Salpetersäurereaktion gab jedoch dort einen kräftigen Ausschlag, wo die Proben eine Strecke entfernt von den beiden Verunreinigungsstellen entnommen wurden. Chlor war am meisten vorhanden oberhalb der Kläranlage; ob dies seinen Grund darin hat, daß neben der kleinen Wümme bei der Abdeckerei große Mengen von Chlorkalk gelagert waren, von welchen Chlor in die Wümme gespült wurde, sei dahingestellt.

Sämtliche Proben, mit Ausnahme derjenigen aus dem Waller Abzugsgraben, zeigten einen hohen Gehalt an Sauerstoff. Es macht sich zwar auch hier der Einfluß der zufließenden, leicht oxydablen Abwasserstoffe geltend, indem der Sauerstoffgehalt bis auf 4,55 cem (bei 6° Wassertemperatur) und auf 3,8 cem (bei 8° C.) herunterging, aber es blieb überall noch genug gelöster Sauerstoff zur Verfügung, um stinkende Fäulnis hintanzuhalten. Die niedrige Temperatur und die weite Oberfläche, welche das Wasser auf den überstauten Wiesen hat, bieten die Möglichkeit, große Sauerstoffmengen aufzunehmen und bei der Abgabe an die sauerstofffreien aber sauerstoffbegierigen fäulnisfähigen Stoffe zu ergänzen.

Im Waller Abzugsgraben liegen die Verhältnisse anders. Das Wasser hat selbst an der Einmündungsstelle in das Maschinenfleet noch eine Temperatur von 18–20° C., ist also schon deshalb wenig geeignet, Sauerstoff zu binden und führt außerdem zu viel fäulnisfähiges Material, daß nicht die geringe aufgenommene Sauerstoffmenge sofort verarbeitet würde; wir fanden nur noch 0,27 cem in dem Wasser.

Gleichzeitig mit den Wasserproben wurden auch Schlammproben von dem Boden der Wasserläufe untersucht. Üblen Geruch hatte der Schlamm im Waller Abzugsgraben und oberhalb und unterhalb der Einmündung desselben im Maschinenfleet. Daß auch oberhalb der Mündungsstelle faulender Schlamm vorhanden war, erklärt sich dadurch, daß gelegentlich bei entsprechender Windrichtung Wasser aus dem Abzugsgraben zurückgestaut wird. Der an den übrigen Stellen entnommene Schlamm roch nicht; im Waller Fleet hat er einen leichten Stich in das moderate. Die mikroskopische Untersuchung zeigte überall anorganische strukturlose, zum Teil scharfgekantete Massen

untermischt mit spärlichem, hier und da noch strukturiertem, organischem Detritus. Diatomeen fanden sich überall, Pilzfäden, Bakterien und Infusorien vereinzelt dort, wo der Schlamm noch in der Zersetzung begriffen war.

Das Ergebnis der Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß man zwar den Einfluß des zufließenden Abwassers überall in den Vorflutern nachweisen kann, daß jedoch durch die Art und Weise, wie die Abwässer im Winter beseitigt werden, nennenswerte Mißstände zur Zeit nicht entstehen.

Ganz anders gestaltet sich das Bild im Sommer. Oberhalb der Kläranlage hat das Wasser der kleinen Wümme noch seine gelbe Farbe, es ist schwach getrübt und geruchlos mit einem leichten Stich ins moorig-moderige. Unterhalb der Kläranlage wird es stark getrübt, seine Durchsichtigkeit sinkt auf weniger als die Hälfte, die Farbe wird schwarz, der Geruch faulig und fäkal. Diese Eigenschaften behält das Wasser bis über die Einmündungsstelle des Waller Abzugsgrabens hinaus. Etwa von der Oslebshauser Brücke an (km 5) macht sich eine langsame Abnahme bemerkbar, doch war selbst an der Pumpstation Wasserhorst ein fäkalen Geruch unverkennbar und die Farbe des Wassers noch schwärzlich.

In der großen Wümme, die oberhalb der Pumpstation und am rechten Ufer unterhalb derselben eine gelbliche Färbung hat, konnte man an den Beobachtungstagen am linken Ufer einen anders gefärbten Wasserstreifen erkennen. Man sah hier und da einen Fisch sich aus dem Wasser heben und nach Luft schnappen, außerdem trieben einzelne tote Fische auf dem Wasser herum. Üble Gerüche waren auf der großen Wümme nicht festzustellen.

In der kleinen Wümme war von der Abgangsstelle des Maschinensfleets an die Beschaffenheit des Wassers bis Kapelle etwa dieselbe wie im Maschinensfleet. Von Kapelle an machte sich aber eine Besserung bald geltend; bei Barendamm war die Farbe des Wassers wieder schwach gelb, der Geruch nicht mehr faulig, sondern leicht moderig und die Durchsichtigkeit eine eben so große, wie oberhalb der Kläranlage. In dieser Strecke der kleinen Wümme war eine Bewegung des Wassers nicht merkbar.

Das Waller Fleet bot in seinem nahe dem Maschinensfleet gelegenen Teile dieselben Verhältnisse wie dieses. Im Waller Abzugsgraben bot das Wasser die schlechteste Beschaffenheit; es hatte nur noch eine Durchsichtigkeit von 2,5 cm, war schwarz und sehr übelriechend.

Von der Einmündungsstelle der Kanalwässer an stiegen im Wasser zahlreiche Gasblasen hoch, die zum Teil Fladen von Schlamm mit an die Oberfläche rissen.

Pflanzenwachstum (Wasserlinsen usw.) war oberhalb der Kläranlage in der Wümme vorhanden, an der Kläranlage verschwanden die Pflanzen, bei Geerken (km 2) traten allmählich wieder Wasserlinsen auf, die nach Kapelle hin mehr und mehr zunahmen. Im Maschinensfleet war jedoch jedes Wachstum wieder verschwunden und erst von der Oslebshauser Brücke an (km 5) fand wieder eine zunächst spärliche aber weiter abwärts stark zunehmende Entwicklung statt.

Die Veränderungen des Wassers waren im Anfang August ausgesprochener als zu Ende Mai.

Den Feststellungen in Bezug auf die physikalische Beschaffenheit entsprechen die Ergebnisse der chemischen Analysen.

Die Menge der Schwebstoffe steigt unterhalb der Kläranlage stark an, sinkt etwas ab bis zum Maschinensfleet, um durch das Wasser des Waller Abzugsgrabens wieder eine leichte Steigerung zu erfahren. Nach Wasserhorst und Dammijel zu hat sich dann nach und nach ein gut Teil auf den Boden der Wasserläufe abgelagert. Die Steigerung durch den Zufluß des Waller Abzugsgrabens ist im Sommer relativ nicht so bedeutend wie im Winter; im Sommer bringt das Wümmewasser von der Kläranlage her mehr Schwebstoffe mit, denen gegenüber die Wirkung des an und für sich an Schwebstoffen armen Waller Abwassers zurücktritt.

Fast scharfer noch als durch die Schwebstoffe prägt sich die Wirkung der Abwässer durch die gelösten Stoffe aus. Der Ammoniakgehalt, welcher oberhalb der Kläranlage etwa 2 mg im Liter betrug, steigt bis auf das Fünffache; auch

er macht dieselbe Kurve wie der Gehalt an Schwebestoffen. In der kleinen Wümme fanden sich bei Kapelle noch 25 mg, bei Bavendamm nur noch 5,7 und bei Dammsiel 0,36 mg. Bei Wasserhorst dagegen waren noch 16 mg vorhanden. Bemerkenswert sind auch die Befunde in der großen Wümme; oberhalb Wasserhorst fanden sich 0,53 mg Ammoniak im Liter, unterhalb am linken Ufer 9,1, am rechten Ufer 0,78 mg.

Der Gehalt an Sauerstoff gibt das umgekehrte Bild. Oberhalb der Kläranlagen sind noch reichliche Mengen vorhanden, dann verschwindet er vollständig und bleibt weg im ganzen Maschinenfleet; auch bei Wasserhorst konnte keiner festgestellt werden. In der kleinen Wümme fehlt er noch bei Kapelle, bei Bavendamm finden sich 1,14 cem, bei Dammsiel 3,87 cem. Spuren finden sich auch im Waller Fleet. In der großen Wümme fanden wir oberhalb Wasserhorst 4,42, unterhalb am rechten Ufer 3,96 und am linken 0,43 cem. Der Luft hunger der in den Bereich dieses Teiles des Flusses geratenden Fische findet damit seine Erklärung.

Salpetrige Säure und Salpetersäure fanden sich auf der Strecke von der Kläranlage bis Kapelle und bis Wasserhorst nicht, oberhalb der Kläranlage und bei Bavendamm und Dammsiel in geringen Mengen. In der großen Wümme fanden wir an allen drei Entnahmestellen geringe Mengen salpetriger Säure; Salpetersäure jedoch nur oberhalb und am rechten Ufer; links fehlt sie, hier hatten die geringen Sauerstoffmengen zur Oxydation bis zur Salpetersäure nicht gereicht. Die Befunde in betreff der Salpetersäure und der salpetrigen Säure gehen also vollständig konform den Ammoniak- und Sauerstoffbefunden.

Auch am Stickstoff, Abdampfdruckstand, Glühverlust und an der Oxydierbarkeit ließ sich Schritt um Schritt die Wirkung des zufließenden Abwassers verfolgen; das Bild ist daselbe, wie soeben für die übrigen gelösten Stoffe geschildert. Wir sehen deshalb davon ab, auf die Einzelheiten näher einzugehen.

Einen klaren Einblick in die in den Vorflutern sich abspielenden Vorgänge boten auch die Schlammuntersuchungen. Infolge der außerordentlich geringen Strömungsgeschwindigkeit, die, wie erwähnt, zeitweise auf Null hinabsinkt, kommen die den Vorflutern zugeführten Schwebestoffe trotz ihrer großen spezifischen Leichtigkeit doch zum Absinken und zwar vorwiegend in der Nähe der beiden Zuflußstellen, also an der Kläranlage und am Waller Abzugsgraben. Die an der ersten Stelle der kleinen Wümme zugeführten Mengen sind weitaus die größeren, trotzdem in den Klärbecken zwei Drittel der Schwebestoffe zurückgehalten werden. Die Gesamt abwässerung beträgt hier das Dreifache desjenigen im Waller Abzugsgraben und der Gehalt an Schwebestoffen im Rohwasser ist um das Doppelte höher. Entsprechend diesen Verhältnissen fanden wir auf dem Boden der Vorfluter von der Kläranlage an bis Kapelle in der kleinen Wümme einerseits und bis Entnahmestelle 5 (km 5) im Maschinenfleet andererseits frischen in Fäulnis befindlichen Schlamm. An diesen beiden Endstellen war die Fäulnis jedoch schon nicht mehr so intensiv als weiter aufwärts; abwärts von ihnen hatte der auch hier vorhandene Schlamm kaum noch offensive Eigenschaften, er verhielt sich wie der oberhalb der Kläranlage aus der kleinen Wümme entnommene und wie derjenige aus der großen Wümme.

Der Unterschied zwischen dem mit faulendem Schlamm gefüllten Zentrum und den nicht faulenden Schlamm enthaltenden Enden des Vorflutergebietes zeigte sich neben der Gasbildung in dem Schlamm recht deutlich in der in ihm befindlichen Fauna und Flora. In dem faulenden Schlamm eine intensive, mikroskopisch zu verfolgende Lebenstätigkeit niederer Lebewesen. Überall Bruchstücke farbloser Algen und niederer Pilze, ruhende und in lebhafter Bewegung befindliche große und kleine Bazillen, dazwischen rasch durch das Gesichtsfeld schießende Spirillen; kleine und große Amöben, von denen die letzteren mittelst ihrer Wimpern wirbelnde Strömungen hervorriefen und die mit den Wirbeln in ihren Bereich kommenden organisierten und unorganisierten Körperchen ihrem Innern einverleibten.

In dem nicht faulenden Schlamm war von all diesem Leben nichts zu sehen, gelegentlich nur nach langem Suchen fand man ein einfaches Bakterium. An den Übergangsstellen — Kapelle und km 4 im Maschinenfleet — waren Pilzfäden und

große ruhende Bakterien noch reichlich vorhanden, die Zahl der beweglichen Bakterien und der Amöben trat aber zurück. In allen Schlammproben fanden sich gleichmäßig geringe Mengen von Diatomeen.

Das Ergebnis der Sommeruntersuchungen zeigt also die Vorfluter in stinkender Fäulnis. An der Fäulnis sind beteiligt die Schwebestoffe wie die gelösten Stoffe. Die ersteren machen sich geltend in faulenden Ablagerungen auf dem Boden der Wasserläufe, die sich von den Einflußstellen bis zu Kapelle in der kleinen Wümme und bis zum km 4 im Maschinenfleet erstrecken. Die gelösten Stoffe des Abwassers bewirken eine faulige Umänderung der ganzen Wassermenge von der Kläranlage bis Wasserhorst; sie wirken bei dem Einfluß in die große Wümme am linken Ufer dieses Flusses je nach ihrer Menge noch schädigend auf die Fische ein. Der Verunreinigungsbeffizient ist im Sommer größer bei dem Abwasser aus dem Hemmgrabengebiet als bei dem aus dem Waller Gebiet.

Zusammenfassung.

Die Beseitigung der Abwässer aus dem Hemmgraben- und dem Waller Abwässerungsgebiet läßt sich im Winter zwar durch eine geringe Verschlechterung der Beschaffenheit der Vorfluter — kleine Wümme und Maschinenfleet — nachweisen, sie führt aber nennenswerte Mißstände nicht herbei.

Im Sommer genügen die kleine Wümme und das Maschinenfleet zur Aufnahme der nur mechanisch gereinigten Abwässer des Hemmgrabengebietes und der ungereinigten des Waller Gebietes nicht.

B. Die Weser.

Die Beurteilung der Wasserverhältnisse der Weser und der Beeinflussung, welche das Flußwasser durch zufließende Abwässer erfährt, ist erschwert durch den Umstand, daß der Unterlauf des Stromes unter Einwirkung von Ebbe und Flut steht und daß Bremen gerade an der Stelle liegt, wo die Flutwirkung ihre Grenze findet. Während bei Ebbe die ganze im Fluße befindliche Wassermenge abwärts strömt, dreht bei Flut die von der See eindringende Welle die Stromrichtung um, bis das auflaufende Wasser zu einem Punkte gelangt, an dem das von oben her zufließende ihr das Gleichgewicht hält, wo es also zum Stillstand im Fließen kommt. Der Stillstand dauert so lange, als die Kräfte der von oben und der von unten andringenden Wassermassen die gleichen sind. Von diesem Kräfteverhältnis hängt aber nicht allein die Dauer des Stillstandes ab, sondern auch der Ort, wo er stattfindet. Trifft ein rasch und mit hoher Welle auflaufendes Wasser auf niedriges Oberwasser, so liegt der Gleichgewichtspunkt weiter oberhalb im Fluße, ist hohes Oberwasser vorhanden, so liegt er weiter unterhalb.

Oberhalb des Stillstandspunktes ist die Abströmungsgeschwindigkeit eine verlangsamte, sie steigt mit zunehmender Entfernung, bis sie dort, wo die Stauwirkung nicht mehr zur Geltung kommt, die ihr nach Flußprofil und Wassermenge eigene dauernde und gleichmäßige Höhe erreicht.

Die Verschiebungen der Wassermassen gegeneinander erfolgen naturgemäß nicht in mathematischen Linien, es finden an den Grenzen überall Unterströmungen und Mischungsströmungen statt, die im einzelnen schwer zu ermitteln sind.

Die Frage, ob und wie weit die unterhalb der Stadt in den Fluß geleiteten Abwässer bei Flut zurückströmen, hat für Bremen eine ganz besondere Bedeutung, weil die zentrale Wasserversorgung am oberen Ende der Stadt ihr Wasser aus der Weser entnimmt.

Zur Klärung der Verhältnisse haben wir 175 m oberhalb der Schöpfstelle des Wasserwerks und 130 m oberhalb der Mündung des Freihafenbeckens II — d. h. etwa 0,2 km oberhalb der Ausflußstelle des linksweyerischen Abwassers —, mit dem Woltmannflügel wiederholte Messungen vorgenommen. Wir haben ferner ein Jahr lang unmittelbar oberhalb des Wasserwerks und oberhalb der Mündung des Freihafenbeckens I bei Ebbe und Flut wöchentlich einmal entnommene Wasserproben analysiert und haben ebenfalls ein Jahr lang Bakterienzählungen gemacht. Die

Sie zeigen, daß bei einem Ebbepegelstand von 2,58 m unter Bremer Null — Bremer Null ist $+ 2,289$ N. N. — und einer Flutdifferenz von 2 m das abfließende Wasser eine mittlere Geschwindigkeit von 50 cm in der Sekunde hat. Diese Geschwindigkeit ist vorhanden während 6 Stunden; während $3\frac{1}{2}$ Stunden liegt sie zwischen 50 und 0 cm und während der übrigen $2\frac{1}{2}$ Stunden findet eine Rückströmung statt, die aber höchstens eine Geschwindigkeit vom 6 cm in der Sekunde erreicht.

Der Wasserquerschnitt ist naturgemäß am kleinsten in dem Augenblick der tiefsten Ebbe, d. h. zu der Zeit, wo die Geschwindigkeit abzunehmen beginnt, weil die Flut gerade einsetzt; er beträgt hier rund 200 qm. Zur Zeit des höchsten Flutstandes, wo das Wasser abzufließen anfängt, erreicht der Wasserquerschnitt 350 qm. Die durchlaufende Wassermenge ist etwa eine bis anderthalb Stunden nach einsetzender Ebbe am größten; hohe Geschwindigkeit und großer Wasserquerschnitt treffen um diese Zeit zusammen und bewirken eine Abflußmenge von 155 cbm in der Sekunde. Am Schluß der Ebbe beträgt sie immer noch 80 cbm in der Sekunde, erreicht etwa in der Mitte der Flut den Nullpunkt und während der letzten Hälfte derselben eine Rückströmungsmenge von 20 cbm.

Fast ebenso lagen die Verhältnisse an dem zweiten Beobachtungstage. Das Oberwasser stand hier um 28 cm höher, die auflaufende Flut war aber ebenfalls um 37 cm höher; die Flutdifferenz betrug 2,17 m. Die Ausschläge sind daher etwas schärfer. Die Rückströmungszeit dauert etwa eine Viertelstunde länger, sie erlangt eine Höchstgeschwindigkeit von 10 cm mit einer Wasserführung von 30 cbm in der Sekunde.

Ein ganz anderes Bild boten die Messungen am dritten Tage. Bei einem Ebbepegelstand von $-1,77$, einem Flutpegelstand von $-0,18$ bis $-0,12$ m, bei einer Flutdifferenz also von 1,60 kam es am Wasserwerk nicht mehr zu einer Rückströmung. Die den Strom herabkommenden Wassermengen sind zu kräftig, sie werden von der Flut wohl etwas aufgehalten, aber ihre geringste Abflußgeschwindigkeit bleibt doch 40 cm. Die abfließende Wassermenge beträgt im Minimo 153, im Maximo 294 cbm in der Sekunde.

Die Messungen haben also ergeben, daß bei einer Flutdifferenz von 2,0 m und einem Ebbepegelstand von $-2,30$ noch eine wirkliche Rückströmung des Wassers am Wasserwerk stattfindet, daß dagegen bei einer Flutdifferenz von 1,60 m und einem Ebbepegelstand von $-1,80$ dies nicht mehr der Fall ist.

Das an der Untersuchungsstelle rückwärts strömende Wasser gelangt nicht weit; selbst wenn man die höchste Geschwindigkeit von 10 cm als während der ganzen Rückströmungszeit vorhanden annehmen wollte, so würde die Strecke nur 1 km betragen; in Wirklichkeit ist sie natürlich geringer.

Bei der Untersuchungsstelle, etwa 130 m oberhalb der Mündung des Hafenbeckens II, macht sich die Wirkung des auflaufenden Wassers stärker geltend. (Vergl. Diagramm Nr. 19.)

Bei einer Flutdifferenz von 2,30 m und einem Pegelstand an der Eisenbahnbrücke von $-2,64$ bzw. $-0,34$ unter Bremer Null dauert die Rückströmungszeit 4 Stunden, ihre höchste Geschwindigkeit beträgt 25 cm, die größte Wasserführung 107 cbm in der Sekunde; die im Flusse vorhandene Wassermenge ist dauernd eine größere, sie hat einen Mindestquerschnitt von 250 qm. Die hier rückwärts fließenden Wassermengen würden einen Weg von 3,6 km zurücklegen, wenn die Widerstände von oben her ausgeschaltet wären.

Bei der zweiten Messung kam es bei einer Flutdifferenz von 1,80 m und einem Ebbepegel von $-2,14$ schon nicht mehr zu einer Rückströmung, dagegen wurde ein zwei Stunden dauernder Stillstand des Wassers festgestellt. Es hat den Anschein, als ob mit dieser Flutdifferenz und diesem Pegelstande der mittlere Umschlagspunkt gefunden wäre, an welchem das abströmende und auflaufende Wasser annähernd im Gleichgewicht stehen. Die letzten Feststellungen sind aber wegen der Einwirkungen der Hafenbecken nicht ganz einwandfrei.

stelle über die Mündung des Hafenbeckens I hinaus (Entfernung rund 2 km) aufwärts zurückfließen. Dieser Rückstrom findet sowohl in der Tiefe, wie an der Oberfläche statt; die Kanalwässer waren am Freihafenbecken I schon über die ganze Breite des Stromes verteilt, wenngleich sie am rechten Ufer wesentlich verdünnter sind als in der Mitte und am linken Ufer. In dem Diagramm Nr. 20 (Seite 46) liegen die ausgezogenen Kurven, welche die bei Flut in einem cem ermittelten Keimzahlen angeben, durchweg bedeutend höher als die punktierten Linien, welche die bei Ebbe gefundenen Zahlen darstellen. Am rechten Ufer sind die ausgezogenen und punktierten Linien näher zusammengedrückt als in der Mitte und am linken Ufer, an welchem das Kanalwasser einläuft.

Daß die Mengen des auslaufenden Kanalwassers in weiten Grenzen schwanken, zeigen die steilen Gipfel in den ausgezogenen Kurven. So muß zum Beispiel am 20. Oktober viel Kanalwasser rückwärts geströmt sein, am linken Ufer fanden wir bei Flut die hohen Zahlen von 22 000 und 19 000 Keimen, in der Mitte 19 000 und 18 600 und am rechten Ufer 11 000 und 9000. Der Ebbepegel betrug an diesem Tage — 2,56, der Flutpegel — 0,60, es bestand also eine Flutdifferenz von rund zwei Metern.

Zum Vergleich zeigt Diagramm Nr. 21 (Seite 46) die Bakterienzahlen der an denselben Tagen am Wasserwerk entnommenen Wasserproben. Hier liegen im allgemeinen die punktierten, die Ebbelinien, höher; die beiden Ufer und die Mitte verhalten sich darin gleich.

Die Kurven zeigen, daß für gewöhnlich selbst in den Monaten mit niedrigem Oberwasser, wo häufig eine Rückströmung des Wassers über die Schöpfstelle des Wasserwerks hinaus stattfindet, Kanalkeime aus dem linksweiserischen Siel nicht dorthin gelangen. Aber die hierdurch geschaffene Sicherheit ist nur eine relative. Man hat die Extreme nicht in der Hand. Ein zufälliges Zusammentreffen von sehr stark auflaufendem Wasser bei Springflut mit andauerndem Nordwestwind und niedrigem Oberwasser kann wesentlich ungünstigere Verhältnisse schaffen, als wir sie bei unseren Untersuchungen vorfanden. Daß auch ohne dieses gelegentlich bei ohnehin schon hohem Keimgehalt der Weser die Flut noch mehr Bakterien über die Schöpfstelle des Wasserwerks zurückdrängen kann, zeigen die Untersuchungsbefunde im November, vergl. Diagramm Nr. 22 (Seite 47). Am dritten Untersuchungstage, dem 29. November, zeigten die Flutuntersuchungen am Wasserwerk überall gleichmäßig höhere Keimzahlen als bei der korrespondierenden Ebbe, auch am Freihafen war dies in gleicher Weise der Fall. Diagramm Nr. 23 (Seite 47). Die Untersuchung am 15. September zeigt ähnliche, wenn auch nicht so ausgesprochene Bilder.

Es kann selbstverständlich nicht behauptet werden, daß die zur Flutzeit gesteigerten Keimzahlen aus dem linksweiserischen Siel stammen, die Wahrscheinlichkeit spricht sogar dagegen. Aber jedenfalls zeigen die Zahlen, daß es zeitweise an der Schöpfstelle des Wasserwerks zu einer Anhäufung von Bakterien kommen kann, von denen wir annehmen müssen, daß sie schon innerhalb des dicht bebauten Stadtgebietes gewesen sind. Diese Verhältnisse sind um so unliebsamer, als sich nicht weit unterhalb des Wasserwerks an beiden Ufern Notauslässe befinden, welche gelegentlich Kanalwässer in nicht geringen Mengen der Weser zuführen.

Bei den Probeentnahmen wurden die Fahrten häufig bis zur Einlaufsstelle des linksweiserischen Sieles ausgedehnt. Gelegentlich ließen sich in der Nähe der Einlaufsstelle unangenehme Gerüche feststellen, jedoch war dies nur in der Minderzahl der Beobachtungen der Fall, nur in mäßigem Grade und nur räumlich beschränkt. Zu ihrer Entstehung scheinen Ablagerungen von Schwefelstoffen in der Lankenauer Bucht unterhalb der Einmündungsstelle des Sieles die wesentlichste Veranlassung zu geben. Es bedarf jedoch noch näherer Untersuchung des Bodens des Flußbettes und der Lankenauer Bucht, um mit Sicherheit die Ursache angeben zu können.

Diagramm 20.

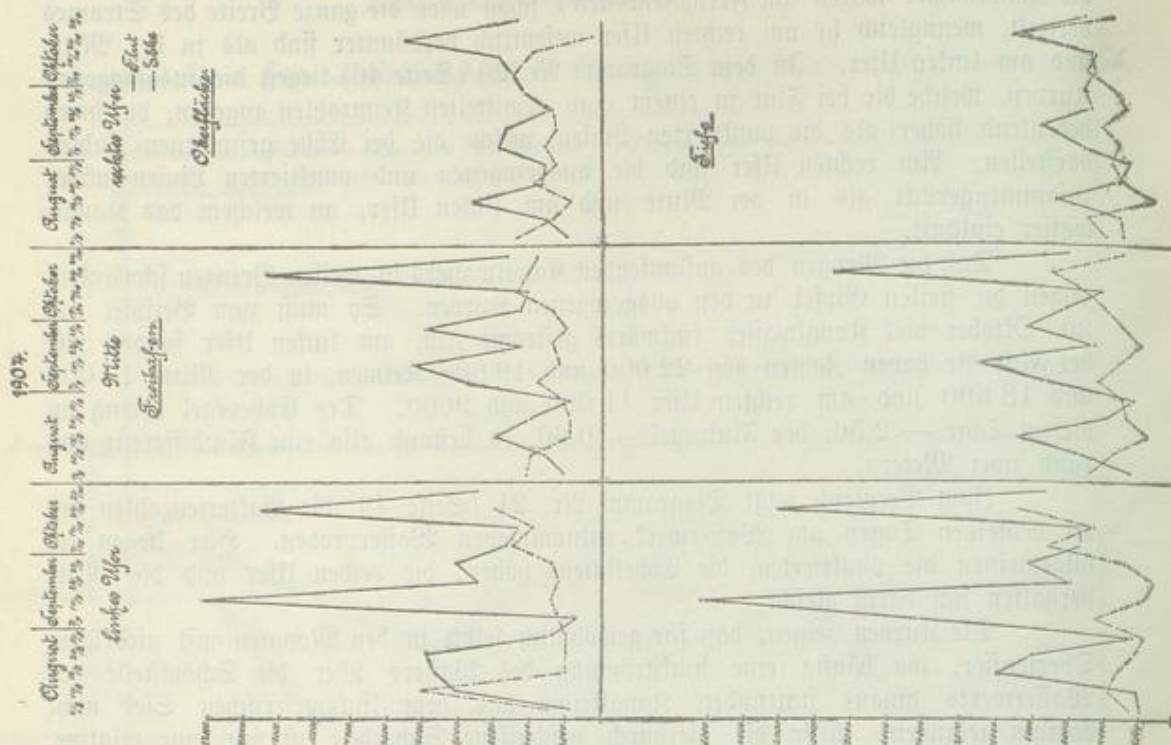


Diagramm 21.

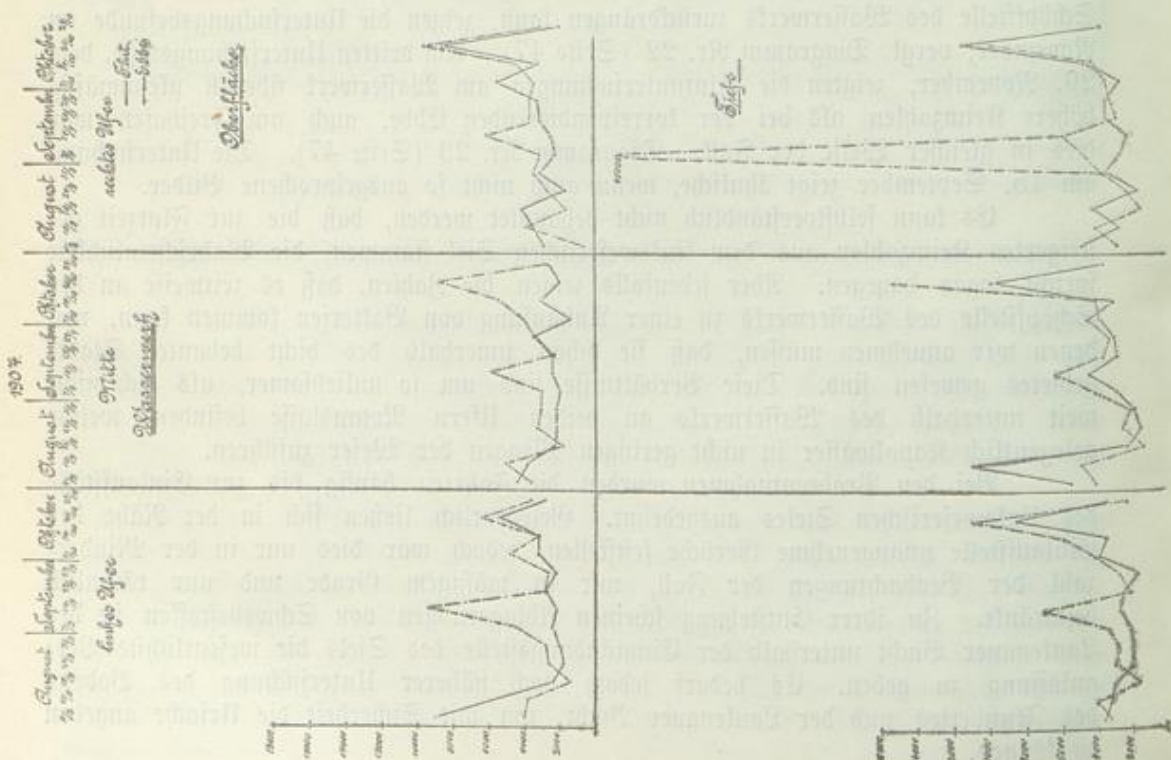


Diagramm 22.

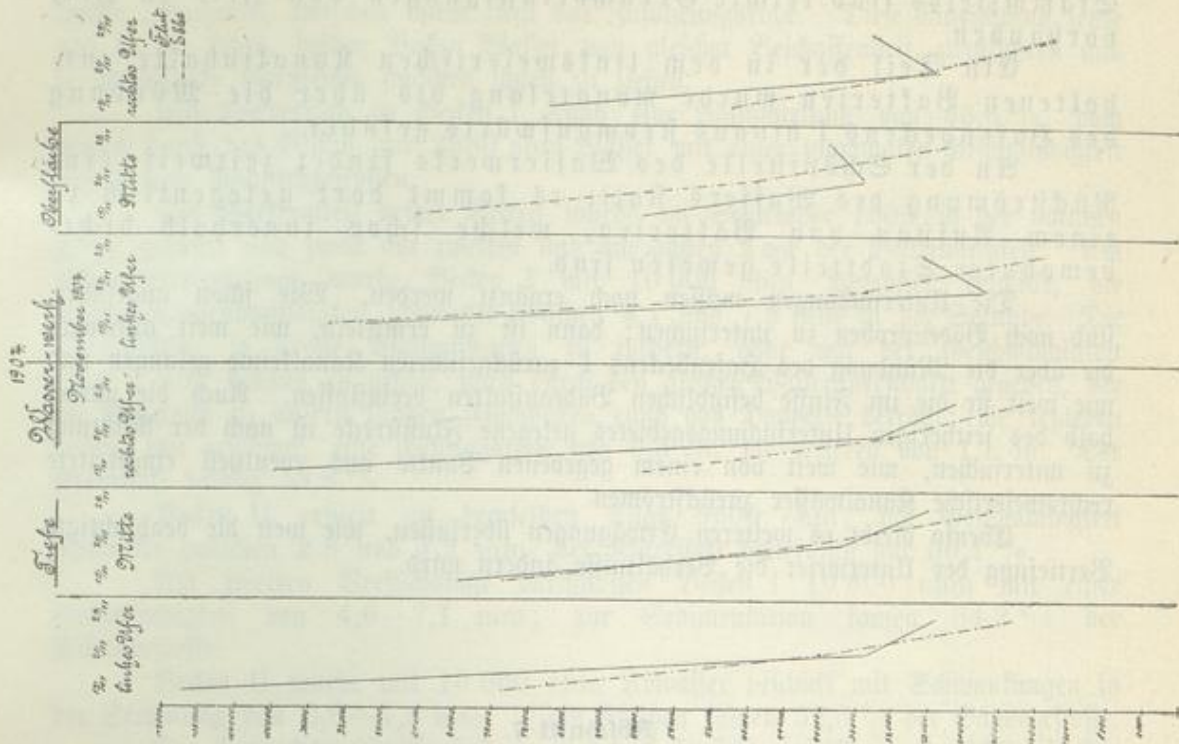
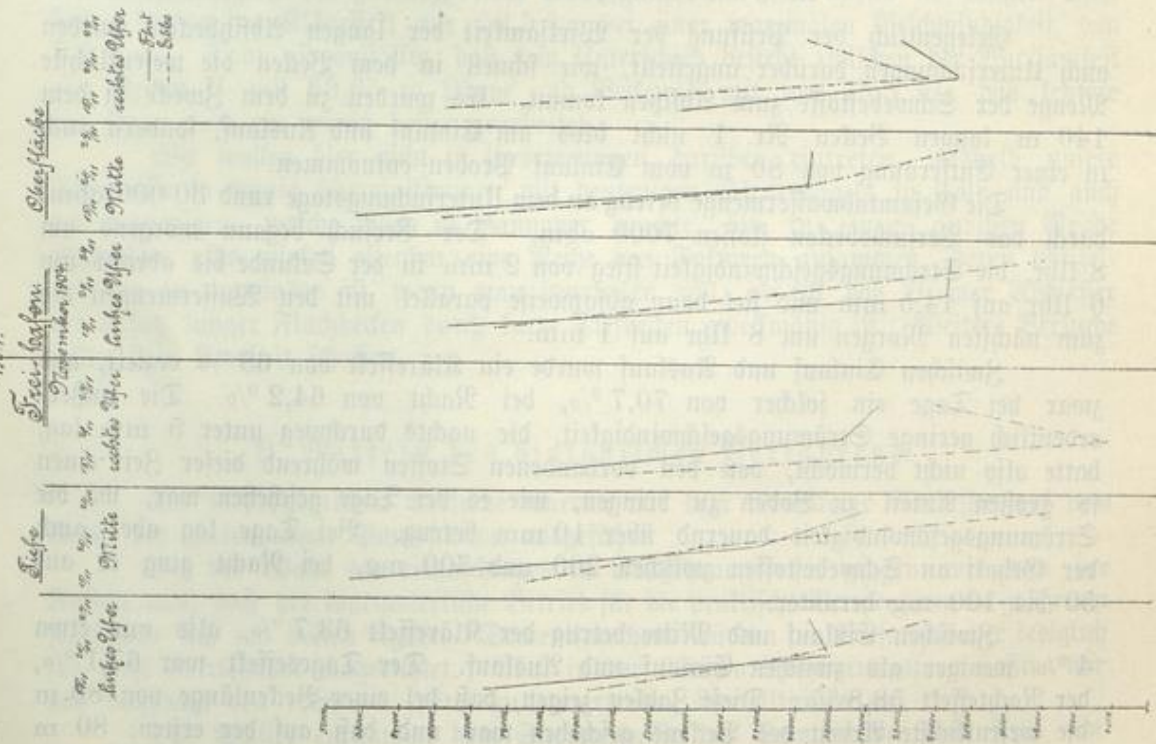


Diagramm 23.



Unsere Weferunterfuchungen haben also bis jetzt ergeben:

In der Nähe der Einmündungsstelle des linksweferischen Stammfiefes sind leichte Geruchbelästigungen von Zeit zu Zeit vorhanden.

Ein Teil der in dem linksweferischen Kanalinhalte enthaltenen Bakterien wurde monatelang bis über die Mündung des Hafenbeckens I hinaus stromaufwärts geführt.

An der Schöpfstelle des Wasserwerks findet zeitweise eine Rückströmung des Wassers statt; es kommt dort gelegentlich zu einem Aufstau von Bakterien, welche schon innerhalb dichtbewohnter Stadtteile gewesen sind.

Die Untersuchungen müssen noch ergänzt werden. Wie schon angeführt, sind noch Bodenproben zu untersuchen; dann ist zu ermitteln, wie weit aufwärts die über die Mündung des Hafenbeckens I zurückgeführten Kanalkeime gelangen und wie weit sie die im Flusse befindlichen Badeanstalten beeinflussen. Auch die unterhalb des seitherigen Untersuchungsgebietes gelegene Flußstrecke ist nach der Richtung zu untersuchen, wie weit von einem gegebenen Punkte aus eventuell eingeleitete rechtsweferische Kanalwässer zurückströmen.

Ebenso bleibt es weiteren Erwägungen überlassen, wie weit die beabsichtigte Vertiefung der Unterwefer die Verhältnisse ändern wird.

Abchnitt 7.

Versuche zur anderweitigen Reinigung des Abwassers.

A. In verkürzten Absitzbecken.

Gelegentlich der Prüfung der Wirksamkeit der langen Absitzbecken wurden auch Untersuchungen darüber angestellt, wie schnell in dem Becken die wesentlichste Menge der Schwebestoffe zum Absitzen kommt. Es wurden zu dem Zwecke in dem 140 m langen Becken Nr. 1 nicht bloß am Einlauf und Auslauf, sondern auch in einer Entfernung von 80 m vom Einlauf Proben entnommen.

Die Gesamtabwassermenge betrug an dem Untersuchungstage rund 30 000 cbm, durch das Versuchsbecken flossen 7000 cbm. Der Versuch begann morgens um 8 Uhr, die Strömungsgeschwindigkeit stieg von 2 mm in der Sekunde bis abends um 6 Uhr auf 14,5 mm und fiel dann absatzweise parallel mit den Wassermengen bis zum nächsten Morgen um 8 Uhr auf 1 mm.

Zwischen Einlauf und Auslauf wurde ein Kläreffekt von 68 % erzielt, und zwar bei Tage ein solcher von 70,7 %, bei Nacht von 64,2 %. Die außerordentlich geringe Strömungsgeschwindigkeit, die nachts durchweg unter 5 mm lag, hatte also nicht vermocht, von den vorhandenen Stoffen während dieser Zeit einen so großen Anteil zu Boden zu bringen, wie es bei Tage geschehen war, wo die Strömungsgeschwindigkeit dauernd über 10 mm betrug. Bei Tage lag aber auch der Gehalt an Schwebestoffen zwischen 200 und 300 mg, bei Nacht ging er auf 50 bis 100 mg herunter.

Zwischen Einlauf und Mitte betrug der Kläreffekt 63,7 %, also nur etwa 4 % weniger als zwischen Einlauf und Auslauf. Der Tageseffekt war 67,1 %, der Nachteffekt 58,8 %. Diese Zahlen zeigen, daß bei einer Beckenlänge von 80 m die wesentlichste Arbeit des Beckens geschehen war und daß auf der ersten, 80 m langen, Strecke bei Tage, wenn das Abwasser die meisten Schwebestoffe enthält, zwei Drittel zu Boden gehen, trotzdem die Strömungsgeschwindigkeit andauernd über 10 mm in der Sekunde betrug.

Diese Beobachtungen und ähnliche in der Literatur niedergelegte veranlaßten uns, zwei verkürzte Becken einzurichten; sie erhielten eine Länge von 45,5 m

(Becken I) und eine solche von 69,65 m (Becken II) bei einer mittleren nutzbaren Tiefe von 1,10 m. Die tiefste Stelle der Sohle legten wir an die Einlaufsseite; der Anstieg des Bodens beträgt 50 bzw. 40 cm. Die Stirnseiten der zwei Becken stoßen zusammen, zwischen ihnen liegt das Zuführungsrohr. Diese Einrichtung setzte uns in die Lage, beiden Becken Wasser von gleicher Beschaffenheit zuzuführen und so zutreffende Vergleiche zwischen ihnen zu ziehen.

Ein Vorversuch in Becken I ergab eine Abföhwirkung von 66,6 %, doch waren durch das Becken nur 2880 cbm Wasser mit einer maximalen Geschwindigkeit von 4 mm hindurchgeflossen.

Die Wirksamkeit beider Becken wurde im September 1905 in der üblichen Weise geprüft und zwar am zweiten und am achten Tage der Beckentätigkeit. Am ersten Versuchstage wurde Becken I mit 10 000 cbm Abwasser beschickt, die Strömungsgeschwindigkeit schwankte zwischen 4,1 und 7,3 mm in der Sekunde. Die Möglichkeit, so große Wassermengen zu fördern, ohne mit der Geschwindigkeit über 8 mm hinaus zu gehen, wird durch den großen Wasserquerschnitt gegeben, der im Vergleich zu unsern langen Flachbecken rund das Doppelte beträgt; die letzteren haben, wie erwähnt, eine Füllungstiefe von 0,5 m, die ersteren von 1,1 m. Der Kläreffekt betrug 53,8 %.

Becken II erhielt an demselben Tage 9600 cbm; die Geschwindigkeit schwankte zwischen 2,8 und 7,2 mm; der Kläreffekt belief sich auf 50,1 %.

Am zweiten Versuchstage durchflossen Becken I 10 800 cbm mit einer Geschwindigkeit von 4,6—7,1 mm; zur Sedimentation kamen 54,2 % der Schwebestoffe.

Becken II wurde mit 10 000 cbm Abwasser beschickt mit Schwankungen in der Strömung von 3,0—7,8 mm. Zum Abföhen kamen 52,5 % der Schwebestoffe.

Die Versuchsergebnisse sind in mancher Hinsicht auffällig. Zunächst ist der Kläreffekt als ein mäßiger zu bezeichnen, wenn man erwägt, daß die höchste Geschwindigkeit nicht über 8 mm hinausging. In dem Flachbecken waren auf der ersten 80 m langen Strecke 63,7 % der Schwebestoffe zu Boden gegangen, obgleich die Geschwindigkeit bis zu 14,5 mm hinaufging; in dem 69,65 m langen Tiefbecken betrug der Kläreffekt nur 52,5 % bei einer maximalen Geschwindigkeit von 7,8 mm. Dann ist auffällig, daß kein Unterschied besteht zwischen der Wirksamkeit von Becken II mit 69,65 m Länge und Becken I mit nur 45,5 m; das letztere hat sogar noch ein wenig besser gearbeitet.

Wir wollen hier nicht in Erörterungen darüber eintreten, weshalb unsere Ergebnisse so wenig übereinstimmen mit denjenigen Steuernagels in Cöln und auch von denjenigen, welche Vock in Hannover machte, bis zu einem gewissen Grade abweichen. Es wirken offenbar eine Reihe von Faktoren zusammen, deren Einzelwirkung zu ergründen ist, wenn man beurteilen will, ob für das Bremer Abwasser der Ersatz langer Flachbecken durch kurze Tiefbecken zweckmäßig ist. Weitere Versuche sollen hier Klarheit schaffen.

B. Mittelfst des biologischen Verfahrens.

Die diesbezüglichen Versuche wurden mit dem Neustädter Abwasser auf dem Areal der Hafenburger Pumpstation ausgeführt.

Bei der Wahl der einzuschlagenden Ausführungsform gingen wir von der Ansicht aus, daß der kontinuierliche Betrieb für die praktische Verwendung in größerem Maßstabe sich am besten eignet. Dementsprechend wurden die Versuchskörper lediglich für diese Betriebsart eingerichtet. Auch in der übrigen Ausführungsform paßten wir uns möglichst den eventuell später zu erwartenden Verhältnissen an.

Das Wasser entstammt dem Sammelbassin der Pumpstation und stellt ein unverändertes städtisches Kanalwasser dar.

Bei unseren Versuchen lassen sich drei Perioden unterscheiden:

In die erste Periode entfallen die Versuche mit zwei aus einheitlichem Material hergestellten Körpern, jedoch mit verschiedenartiger Wasserverteilung.

Die zweite Periode erstreckt sich auf die Prüfung eines Sprinklerkörpers, dessen beide vertikalen Hälften aus zweierlei Material aufgebaut waren. Die dritte Periode stellt eine Fortsetzung der Versuche der zweiten dar; zur Verwendung kam jedoch ein wesentlich höherer Körper.

1) Allgemeines über den Bau und den Betrieb der Versuchskörper.

a. Material zum Aufbau der Körper.

Als Material zum Aufbau der Oxydationskörper diente in der ersten Periode Hochofenschlacke, bezogen von der Georg-Marienhütte bei Hasbergen. Die Versuche mit diesem Material wurden bereits nach einem Monat eingestellt, da die Schlacke andauernd große Mengen Schwefel abgab.

Als Material für den Körper der zweiten Periode wählten wir in Ermangelung genügender Mengen von Kohlen- und Hochofenschlacke Schlacke aus dem Hamburger Müllverbrennungs-Ofen. Beide Materialarten hatten ein ähnliches Aussehen, doch enthielt letztere mehr Kalk. Daneben wurden Versuche mit Ziegelsteinbrocken angestellt.

b. Bau der Körper.

Für die Versuche der ersten Periode stand uns ein Sprinklerkörper und ein Körper mit Rinnenverteilung zur Verfügung.

Der Sprinklerkörper hatte eine achteckig prismatische Form bei einer Höhe von 1 m und 5,5 m Durchmesser des eingeschriebenen Kreises. Er ruhte auf einem Beton-Fundament, das mit einem Gefälle von 5 cm versehen war. Die Schlacke hatte eine Korngröße von 8–10 cm (faustgroß), oben lag eine schwache Deckschicht von etwa eigroßem Material. Die ganze Masse wurde durch schmale Holzplanen mit Zwischenräumen zusammengehalten.

Der zweite Körper hatte eine rechteckige Form. Seine Länge betrug 7 m, die Breite 3 m und die Höhe 1,15 m. Die Ausführung war ähnlich wie bei dem Sprinklerkörper. Die untere etwa 1 m hohe Schicht bestand aus faustgroßen Stücken; dann kam eine 10 cm starke Schicht aus etwa eigroßem Material und darüber lag eine 5 cm starke Schicht aus haselnußgroßen Stücken.

Der Sprinklerkörper der zweiten Periode wurde auf dem Fundament des inzwischen abgerissenen ersten Körpers errichtet. Er bestand aus zwei verschiedenen Materialien und zwar vertikal geteilt die eine Hälfte des Körpers aus Schlacke des Hamburger Müllverbrennungs-Ofens, die andere aus Brocken von gewöhnlichen Ziegelsteinen.

Um die Abläufe beider Hälften getrennt auffangen zu können, war auf der Sohle des Körpers zwischen beiden Materialien eine etwa 15 cm hohe Steinwand errichtet. Auf dieser ruhte eine über die Oberfläche des Körpers ragende Holzwand. Die Dimensionen des Körpers waren im übrigen dieselben wie beim ersten Sprinkler.

Der in der dritten Periode aufgestellte Sprinklerkörper war in seiner Ausführung ähnlich wie der vorstehende. Die Höhe des Schlackenmaterials betrug jedoch 2 m, die Grundfläche rund 16 qm und der Inhalt 32 cbm.

c. Wasserzufuhr und Wasserverteilung.

Das den Sprinklerkörpern zugeführte Kanalwasser wurde zunächst in einen 2 m hohen und 1 m im Durchmesser haltenden Turm aus Betonröhren gepumpt. Das Wasser floß unten durch ein trichterförmiges Ansatzrohr in den Turm ein, stieg in demselben langsam in die Höhe und floß dann durch ein kurz unter der Oberfläche angebrachtes Rohr in den Sprinklerkessel. Um die Wasserzufuhr zum Sprinkler gleichmäßig zu halten, war eine Überlaufvorrichtung angebracht.

Die Einschaltung des Turmes hatte den Zweck, die groben Schwebstoffe des Abwassers teilweise zurückzuhalten und einen gleichmäßig ruhigen Zulauf des Wassers herzustellen; andererseits sollte die Möglichkeit gegeben sein, den Turm als Faulkammer zu verwenden.

Die Verteilung des Wassers auf die achteckigen Körper erfolgte durch andauerndes Besprengen mittelst zwei sich durch die Reaktion des durchströmenden Wassers selbsttätig drehender Sprinklerarme, die von einem zentralen oben und unten in Kugellagern geführten, oben offenen Topfe ausgingen.

Bei dem rechteckigen Körper der ersten Periode versuchten wir das Wasser durch Rinnen zu verteilen. Es wurde in diesem Falle nicht durch den Turm geleitet, sondern direkt in die an der Längsseite des Körpers befindliche Zuleitungsrinne gepumpt, von welcher sich etwa 50 cm über der Oberfläche 7 winkelförmige Holzrinnen von 3 m Länge abzweigten. Das Wasser sollte in gleichmäßiger Stärke langsam über die Oberkante der Rinnen auf den Körper herabfließen und denselben auf der ganzen Oberfläche dauernd und gleichmäßig benetzen.

Dieses Ziel wurde nicht erreicht, da es sich als zu schwer erwies, die Holzrinnen im richtigen Gefälle zu erhalten. Die Schwebestoffe des Abwassers bewirkten außerdem bald eine Verstopfung bzw. Verschlammung der Rinnen, wodurch der dauernde und gleichmäßige Überlauf des Wassers behindert und eine ständige Wartung erforderlich wurde.

Um diesen Übelständen zu begegnen, wurden zunächst Rillen in die Oberkante geschnitten und als dieses ebenfalls nichts half, die Rillen durch Blechnasen verlängert. Auch hiernach gestaltete sich der Ablauf des Wassers nicht wesentlich anders als vordem.

Dann ließen wir das Wasser auf schräg liegende Bretter auffallen, um eine weitere Zerstreuung zu Tropfen hervorzurufen. Dieser Effekt ist in einfacherer Weise durch Unterlegen von Klinkersteinen erreicht worden. Eine gleichmäßige und vollständige Verteilung des Wassers auf die Filteroberfläche kam indes dadurch nicht zu Stande. Die nächst der Zufuhrstelle liegende Schlackenschicht bekam zu viel Wasser, sie wurde überangestrengt, die übrigen Teile bekamen wenig oder gar keins. Infolgedessen trat sehr bald eine Verschlammung der meist in Anspruch genommenen Schichten ein, der auch durch häufiges Umharken der Oberfläche nicht zu steuern war. Dieser Zustand änderte sich auch dann nicht, als die obere Feinschicht abgenommen und durch eine 10 cm starke Schicht groben und eine 5 cm starke feineren Weierkieses ersetzt wurde. Die Verteilung des Wassers erfolgte in diesem Stadium nicht mehr durch Holzrinnen, sondern wir ließen das Wasser aus einem Rohr auf eine in der Mitte des Körpers aufgesetzte Eisenplatte aufschlagen, um so ein Versprühen zu erreichen. Der größte Teil des Wassers versickerte jedoch zunächst an der Zufuhrstelle, allmählich erweiterte sich die Benetzungszone, in dem Maße als die Verschlammung der am meisten in Anspruch genommenen Stellen zunahm und bereits nach 8 tägigem Betriebe war die Verschlammung der Körperoberfläche derartig, daß der Versuch eingestellt werden mußte. Ein weiterer Versuch mit einem noch größeren Kies zeitigte die gleichen Verhältnisse.

Infolge der ungünstigen Ergebnisse haben wir weitere Versuche nach dieser Richtung nicht unternommen und lediglich die Beschickung durch Sprinkler beibehalten.

Es ist anzunehmen, daß die Ergebnisse bessere gewesen wären, wenn eine teilweise Beseitigung des Schlammes vor der Beschickung der Körper stattgefunden hätte. Für den Großbetrieb scheinen uns jedoch grundsätzlich Sprengvorrichtungen eine bessere Verteilung des Abwassers zu gewährleisten als eine mittelst Rinnen, selbst wenn man Stoddartrinnen wählt. Auch will es uns scheinen, daß bei dem kontinuierlichen Betriebe die Bedeckung der Körper mit einer Feinschicht der Luftzufuhr in die Körper nicht förderlich ist.

d. Wassermessung und Belastung der Körper.

Zur Ermittlung der durch die Versuchskörper geschickten Wassermengen wurden die gereinigten Abläufe zunächst durch eine Wasseruhr geleitet. Diese Art der Messung bereitete indes Schwierigkeiten, indem die feinsten Schwebestoffe des Abwassers sich bald in dem Mechanismus der Uhr festsetzten und hemmend auf den Gang der Meßflügel wirkten. Die Einschaltung eines mit Sieb versehenen Trichters

beseitigte den Übelstand nicht. An Stelle der Wasseruhr verwendeten wir seit Januar 1905 einen Kippapparat mit Tourenzähler, der zufriedenstellend arbeitete.

Die während der ersten Serie durch die Körper geflossene Wassermenge betrug pro Quadratmeter Oberfläche annähernd 1,1—1,3 cbm.

In der zweiten Serie bekam der Sprinklerkörper pro Quadratmeter Oberfläche ebenfalls etwa 1,26 cbm. Der Sprinklerkörper III erhielt in der Zeit bis zum 3. März 1905 im Mittel 1,78 cbm pro Quadratmeter Oberfläche oder 28,5 cbm in 24 Stunden. Vom 3. März 1905 bis 1. Februar 1906 bekam derselbe nur noch 1,39 cbm pro Quadratmeter Oberfläche oder 22,21 cbm täglich.

Bis 1. Februar 1906 sind durch den Körper insgesamt 6716 cbm Wasser gereinigt worden.

e. Arbeitsleistung der Körper.

Die Arbeitsleistung eines biologischen Körpers ergibt sich:

- 1) Aus der Verbesserung der äußeren Beschaffenheit des Abwassers in Bezug auf Klarheit, Farbe, Geruch, sowie aus dem Verhalten des Wassers beim Aufbewahren (Fäulnisfähigkeit) und
- 2) aus den chemischen Veränderungen, welche das Abwasser in Bezug auf seine organischen und anorganischen Stoffe erfahren hat.

Um einen einwandfreien Vergleich der Beschaffenheit des gereinigten Wassers gegenüber dem Rohwasser führen zu können, sind wir bei der Probeentnahme folgendermaßen verfahren:

Während 2—3 Stunden wurde alle 10 Minuten gleichzeitig je eine Literprobe von dem Zulaufe und von dem Ablaufe des zu prüfenden Körpers entnommen. Die zusammengehörigen Proben von je einer Stunde wurden zusammengegossen und in dieser Stundendurchschnittsprobe die physikalische und chemische Beschaffenheit festgestellt. Die Untersuchung erstreckte sich auf Feststellung des Geruches, der Farbe, der Klarheit (Durchsichtigkeit), Bestimmung der Menge der organischen und anorganischen Schwebestoffe, der Oxydierbarkeit und endlich auf die Prüfung auf Anwesenheit von salpetriger- und Salpetersäure.

Bei der III. Versuchsserie haben wir auch den Gehalt des Wassers an gesamtem Stickstoff, Ammoniak- und Albuminoid-Stickstoff ermittelt.

Derartige Serienuntersuchungen fanden während der I. Periode etwa jeden zweiten Tag statt. In der zweiten Periode, soweit die Verhältnisse es gestatteten, alle acht Tage und in der III. Periode jeden Monat.

Um die Untersuchung der Proben umgehend ausführen zu können, wurde an Ort und Stelle ein Filiallaboratorium eingerichtet.

Bei Wahl der anzuwendenden Analysemethoden hielten wir uns im großen und ganzen an den Leitfaden für die chemische Untersuchung der Abwässer von Farnsteiner, Buttner und Korn.

Bei den Versuchen der ersten Serie ist zu berücksichtigen, daß es wegen der Kürze der Versuchszeit zu einem Einarbeiten der Körper nicht kam, da es sich, wie erwähnt, sehr bald herausstellte, daß das Schlackenmaterial für den vorliegenden Zweck nicht brauchbar war. Die Schlacke enthielt 4,25 % Schwefel, davon 1,3 % in Form von Schwefelcalcium. Das aus den Körpern abfließende Wasser war meist mehr oder weniger milchig getrübt (Schwefel) und noch stark nach Schwefelwasserstoff, namentlich beim Ansäuern.

Unter diesen Verhältnissen können nur die Werte für die Abnahme der Schwebestoffe ein annäherndes Bild von der Wirksamkeit des Körpers in der ersten Zeit des Betriebes geben. Bei dem Springlerkörper betrug der prozentuale Reinigungseffekt in Bezug auf die Entfernung der suspendierten Stoffe am zweiten Betriebstage 84 %, dieser Wert sank allmählich bis zum zwölften Tage auf 14,5 % herab. Wegen Änderungen am Sprinkler mußte die Beschickung drei Tage unterbleiben. Nach Wiederaufnahme derselben betrug der Reinigungseffekt 48,2 % und stieg bis zum 23. Tage langsam auf 60 % an. Zu dieser Zeit war bereits eine ziemliche Verschlammung des oberen Körpermaterials bemerkbar.

Der rechteckige Körper zeigte am zweiten Betriebstage einen Reinigungseffekt von 65 %; am siebten Tage betrug derselbe nur noch 36 %. Nachdem die obere Schicht umgehärtet worden war, stieg dieser Wert auf 60 % an, ging aber bald wieder zurück und zeigte am zwölften Betriebstage nur noch 19 %. Die obere Schlackenschicht wurde hierauf fast täglich umgehärtet, worauf der Reinigungseffekt auf 41–60 % anstieg und am 23. Tage 74 % erreichte.

Die Versuche mit den in Frage stehenden Körpern sind nach einem Monat als aussichtslos eingestellt worden.

Wir haben diese Vorkommnisse mitgeteilt, um zu zeigen, wie vorsichtig man bei der Auswahl des Schlackenmaterials sein muß. Die Schwierigkeit bei der Beschaffung großer Mengen Materials, wie sie für die Reinigung der gesamten Abwässer einer großen Stadt erforderlich sind, steigt dadurch bedeutend.

Zweite Versuchsreihe.

Die Versuche der II. Periode begannen am 20. Mai 1904 und dauerten mit geringen Unterbrechungen bis zum 6. September. Während der Zeit von September bis Januar ruhte der Betrieb. Von Januar bis März 1905 wurde der Körper wieder mit Kanalwasser beschickt.

Das Aussehen des aus den beiden Hälften des Versuchskörpers abfließenden Wassers war im Vergleich zu dem Rohwasser in beiden Fällen ein wesentlich besseres. Der in der ersten Zeit der Körpertätigkeit noch etwas fäkal Geruch verschwand mit der Zeit völlig und machte einem frischen erdigen Geruche Platz; nur wenn das zulaufende Wasser stark durch teerartige Stoffe verunreinigt war, trat dieser Geruch auch im Auslaufe, jedoch in schwächerem Maße auf.

Die reinigende Kraft des Körpers verlor sich aber verhältnismäßig rasch. In der Zeit von Januar bis März 1905 ließ das abfließende Wasser wieder einen deutlichen Fäkalgeruch erkennen und Hand in Hand damit ging eine allgemeine Verschlechterung desselben.

Die Durchsichtigkeit der Schlackenabflüsse lag in der Zeit bis zum 7. Juli zwischen 4,7–9,0 cm, im Mittel 6,0 cm, bei den Ziegelsteinabflüssen zwischen 3,3–8 cm, im Mittel 5,5 cm. Nachdem im Juli eine 15 cm starke Feinschicht aufgebracht worden war, stieg die Durchsichtigkeit bei den Schlackenabflüssen auf 11,5–13 cm und bewegte sich in der Zeit vom 4. bis 11. August zwischen 8 und 9 cm.

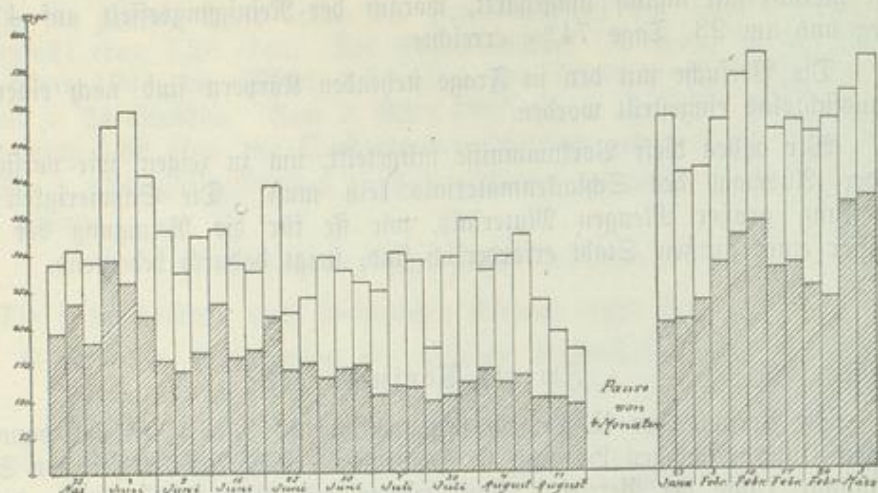
Die Ziegelsteinabflüsse zeigten in dieser Periode zuerst 8–9,5 cm, allmählich sank die Durchsichtigkeit bis zu 3,6 cm herab. Vergleicht man beide Abflüsse mit einander, so zeigt es sich, daß die Durchsichtigkeit der Schlackenabflüsse durchweg höher lag, als diejenige der Ziegelsteinabflüsse. Die bessere Beschaffenheit der Schlackenabflüsse konnte schon grobsinnlich wahrgenommen werden, insbesondere waren die Schlackenabflüsse nach dem Absetzen der Schwebestoffe klarer als die Ziegelsteinabflüsse.

Auch im Geruch der beiden Wässer waren Unterschiede zu bemerken. Anfangs rochen beide Ausläufe wie bereits erwähnt, schwach fäkalisch. Nachdem sich der Körper aber eingearbeitet hatte, was etwa Mitte Juli der Fall war, verlor sich der fäkal Geruch bei den Schlackenabflüssen völlig, während den Ziegelsteinabflüssen noch längere Zeit ein deutlicher fäkalartiger Abwassergeruch anhaftete.

Ähnlich verhielt es sich mit der Fäulnisfähigkeit. So lange in den Abläufen der Fäkalgeruch vorherrschte, traten auch Fäulniserscheinungen beim Aufbewahren der Proben auf, war der Geruch nicht mehr fäkal, sondern frisch erdig, dann war auch bei längerem Stehenlassen (8 bis 14 Tage) keine Änderung des Geruches und des Aussehens wahrzunehmen.

Die Herabsetzung des Oxydierbarkeitsgrades war zu Beginn des Versuches gering. Siehe Diagramm Nr. 24. Etwa 20 % bei den Ziegelsteinabflüssen und

Diagramm 24.



Oxydierbarkeit des Rohwassers und des Schlackenkörperauslaufes in der II. Periode.
(ganze Säulen = Rohwasser, schraffiert = Schlackenkörperauslauf)

31 % bei den Schlackenabflüssen. Allmählich stieg dieser Wert an und erreichte am 7. Juli bei dem Schlackenabfluß die Höhe von 59 %, bei dem Ziegelsteinabfluß 56 %. Von diesem Zeitpunkte ab machte sich wieder ein stetes Abnehmen bemerkbar. Am 11. August war der Reinigungseffekt bei der Schlacke 50 %, bei den Ziegelsteinen 43 % und nach Wiederaufnahme des Versuches im Januar 1905 betrug die Abnahme der Oxydierbarkeit bei der Schlacke 55 %, bei den Ziegelsteinen 49 %, am Ende des Versuches am 3. März nur noch 30 % bzw. 32 %.

Diese Verschlechterung dürfte in erster Linie auf Rechnung der Feinschicht zu setzen sein. Die bereits vor dem Aufbringen der Feinschicht vorhanden gewesene Neigung des Körpers zum Verschlammen wurde durch die weitere Vermehrung des feineren Materials gefördert. In dem Maße als die Verschlammung des Körpers zunahm, sank der Reinigungseffekt, weil die Verschlammung den Luftzutritt zum Innern des Körpers immer mehr behinderte.

In Bezug auf die Verarbeitung der Schwebestoffe verhielten sich beide Materialien ziemlich gleich und zwar arbeiteten beide wenig gut.

Der Körper ist zunächst imstande, die Schwebestoffe zurückzuhalten; bald kommt es jedoch zu einer Ansammlung von feinen Partikeln in den Poren und Hohlräumen des Körpers, welche zwar zuerst ziemlich fest haften, durch die eingeleiteten Zersetzungsvorgänge jedoch mit der Zeit gelockert und dann von dem herabrieselnden Wasser mit fortgespült werden. Welche Zufälligkeiten eine Vermehrung der Schwebestoffe im Auslaufe verursachen können, zeigt folgender Vorgang. Gelegentlich einer Probeentnahme wurde der Sprinkler für kurze Zeit angehalten. Einige Minuten später machte sich eine starke Zunahme der Schwebestoffe in den beiden Ausläufen geltend. Durch das Anhalten des Sprinklers war eine stärkere Beschickung einzelner Stellen eingetreten, wodurch eine stärkere Abspülung der Schlacken hervorgerufen wurde. Mit ähnlichen Störungen ist in der Praxis ebenfalls zu rechnen.

Die Beschaffenheit dieser Stoffe ist anderer Art, als die des Einlaufes. Sie sind meist grobklüftig, ballen sich leicht zusammen, haben eine tiefschwarze Farbe und setzen sich rasch zu Boden. Die organischen Bestandteile in ihnen treten den anorganischen gegenüber in der Regel nicht zurück, auch ist die Fäulnisfähigkeit nicht völlig geschwunden. Bisweilen sind sie sogar noch stark fäulnisfähig, da gelegentlich noch völlig unzeretzte Stoffe mit weggespült werden.

In der prozentualen Abnahme der Schwebestoffe läßt sich eine Regelmäßigkeit nicht erkennen, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt. (Tabelle Nr. 4).

Tabelle 4.

Prozentmäßige Abnahme der Schwebestoffe in dem Sprinklerkörper der zweiten Versuchsreihe.

1905.

1906.

	26. Mai	2. Juni	9. Juni	16. Juni	25. Juni	30. Juni	7. Juli	30. Juli	4. August	11. August	27. Janr.	3. Febr.	10. Febr.	17. Febr.	24. Febr.	3. März
Ziegelstein- körper	51,2	62,2	35,6	26,7	61,2	Zu- nahme	50,7	63,1	90,2	Zu- nahme	54,1	51,3	37,9	44,8	35,4	35,3
Schlacken- körper	69,1	73,1	1 Zu- nahme 2 Ab- nahme	49,4	71,9	Zu- nahme	50,9	57,4	84,7	58,9	62,6	48,2	58,2	40,9	Zu- nahme	23,3

Eine Oxydation der Stickstoffverbindungen zu salpetriger Säure und Salpetersäure fand in der ersten Zeit des Betriebes nicht statt. Vom 10. Juni an zeigte sich die erste Bildung von salpetriger Säure beim Schlackenauslaufe und vom 11. Juni auch beim Ziegelsteinauslauf. In der Schlackenseite des Körpers hatte stets eine kräftigere Nitrifikation stattgefunden als in der Ziegelsteinseite. Während der Zeit von Januar bis März war die Nitrifikation geringer als vordem.

Dritte Versuchsreihe.

Die Versuche mit dem 3. Sprinklerkörper begannen im Januar 1905 und dauerten mit einer Unterbrechung von 30 Tagen bis jetzt (Anfang 1906). Der Körper unterscheidet sich von dem vorhergehenden nur durch seine nahezu doppelte Höhe und geringere Grundfläche. Im übrigen sind sämtliche Versuchsbedingungen dieselben.

Um einen weiteren Einblick in die Wirksamkeit des Oxydationsverfahrens zu bekommen, wurde hier die Untersuchung des Wassers auch auf die stickstoffhaltigen Stoffe ausgedehnt.

Die äußere Beschaffenheit der Abläufe war ähnlich derjenigen bei dem vorhergehenden Versuche.

Der anfangs schwach, aber deutlich fäkal-, manchmal auch kohllartige Geruch haftete den Abflüssen ziemlich lange an und verschwand erst vollständig in der Zeit, wo die Nitrifikation einsetzte (6. bis 8. April). Seitdem sind die Abflüsse meist frei von jedem Abwassergeruch und zeigen einen frischen Erdgeruch. Gelegentlich, wenn das Rohwasser stark nach Brauereiabwässern riecht, zeigen auch die Ausläufe eine schwache Andeutung davon. Auch bezüglich der Fäulnisfähigkeit der Abläufe liegen die Verhältnisse wie beim vorhergehenden Versuche. Anfänglich waren deutliche Fäulnisercheinungen wahrzunehmen, wenn man das Wasser stehen ließ, später jedoch, als der Körper sich eingearbeitet hatte, trat selbst nach achttägigem Stehen der Proben bei Laboratoriumstemperatur keine Änderung in dem Geruche und in dem Aussehen auf.

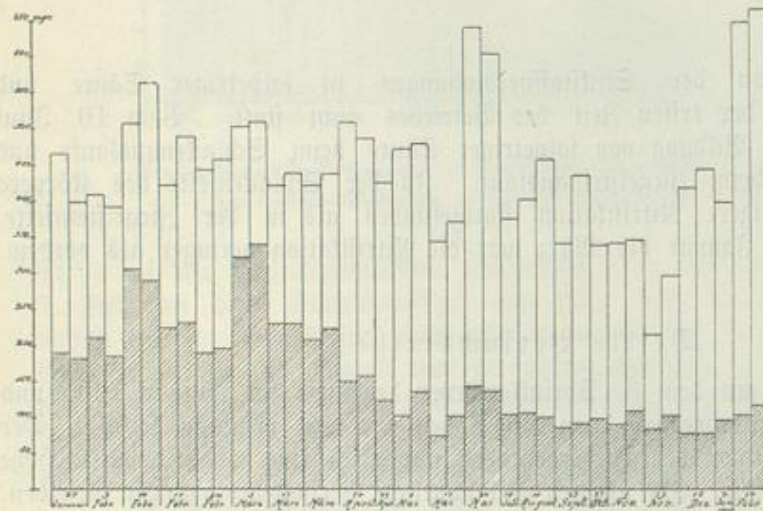
Der Reinigungseffekt der Körper in Bezug auf die Schwebestoffe des Abwassers läßt dieselbe Unregelmäßigkeit erkennen, wie bei den vorhergehenden Versuchen. In umstehender Tabelle sind die diesbezüglichen Werte zusammengestellt. (Tabelle Nr. 5.) Die suspendierten Stoffe der Ausläufe hatten denselben Charakter wie diejenigen der zweiten Versuchsreihe.

Tabelle 5.

Prozentmäßige Abnahme der Schwebestoffe in dem Sprinklerkörper der dritten Versuchsreihe.

1905.																	1906.
	27. Janr.	3. Febr.	10. Febr.	17. Febr.	24. Febr.	3. März	17. März	30. März	14. April	6. Mai	10. August	27. Sept.	1. Nov.	28. Nov.	18. Dez.	7. Febr.	
Ziegelstein- körper	45,8	62,2	57,1	35,5	63,5	47,8	49,8	67,5	Zu- nahme	Zu- nahme	26,9	42,1	Zu- nahme	36,3	63,4	29,9	
Schlacken- körper	64,1	78,7	63,8	48,4	53,8	45,6	51,7	45,1	Zu- nahme	8,8	46,2	63,6	Zu- nahme	30,2	70,1	73,0	

Diagramm Nr. 25.



Trockenbarkeit des Rohwassers und des Schlackenkörperauslaufs in der III. Periode.
(ganzes Säulen-Rohwasser, abwaflert-Schlackenkörperauslauf.)

Die Drydier-
barkeitsabnahme
war in der ersten
Zeit verhältnis-
mäßig gering (siehe
Diagramm Nr. 25),
Schlacke 34 bis
57 %, Ziegelsteine
32—50 %. Vom
14. April ab stieg
sie rasch auf 66 bis
69 % und bewegt
sich seit dieser Zeit
in aufsteigender
Linie. Gegenwärtig
(Januar 1906) be-
trägt sie trotz der
kalten Jahreszeit
beim Schlackenför-
per 83 %, beim

Ziegelsteinkörper 79 %.

Von besonderem Interesse ist die Leistung des Körpers in Bezug auf die Verarbeitung der Stickstoffverbindungen bzw. des Ammoniak. Zu Beginn der Versuche war in den Ausläufen nur um ein Geringes weniger Stickstoff vorhanden, als in den Einläufen. Mit dem Anstieg der Drydierbarkeitsabnahme zeigte sich eine zunehmende Verminderung des Stickstoffes in den Ausläufen. Am 14. April betrug die prozentuale Stickstoffabnahme 39—43 %, am 18. Dezember 55—56 %. Tatsächlich ist aber die Stickstoffverarbeitung des Körpers größer, da auch die suspendierten Stoffe stickstoffhaltig sind. Sehr energig ist die Verarbeitung des Ammoniak. Am 14. April betrug die Abnahme desselben nur 18—27 %, am 28. November dagegen 89—91 %, allerdings bei einem verhältnismäßig niederen Ammoniakgehalte in den Einläufen. Die Abnahme des Ammoniakgehaltes beruht der Hauptsache nach auf Drydation zu salpetriger Säure und Salpetersäure, wie das Auftreten der genannten Säuren in den Ausläufen beweist. Auch der Gehalt an Albuminoidstickstoff war im Abfluß stets geringer als im Rohwasser.

Die Ursachen des Stickstoffdefizits im einzelnen zu erklären, sind Unter-
suchungen eingeleitet.

Reguliertürme.

Die Einschaltung der Türme hatte, wie oben erwähnt wurde, den Zweck, die groben suspendierten Stoffe des Abwassers zurückzuhalten und einen gleichmäßigen und ruhigen Zufluß des Wassers zu den Reinigungskörpern herzustellen. Die beiden Türme waren in der Regel so lange in Betrieb, als der Auslauf aus ihnen eine

Klärwirkung noch erkennen ließ, bezw. keine andauernde Vermehrung der suspendierten Stoffe im Sprintlerzulaufe auftrat. Dies war verhältnismäßig selten der Fall.

Turm I wurde während seines Betriebes nur dreimal gereinigt. Turm II, der von Januar 1905 ab in Betrieb sich befindet, ist bislang fünfmal gereinigt. Bei dieser Betriebsweise wirkten die Türme mehr oder weniger als Faulkammern. Das geht auch daraus hervor, daß sich die für Faulkammern charakteristische Schlammdecke bildete und zeitweise starke Gasentwicklung eintrat. Für eine eigentliche Faulkammer waren indes die Türme viel zu klein. Trotzdem wirkten sie verhältnismäßig günstig. Bei Turm I schwankte die Abnahme der suspendierten Stoffe in der Zeit von Januar bis März 05 zwischen 13 und 51 %, bei Turm II von Januar 05 bis heute zwischen 18 und 56 %. Zuweilen kam es zu einer plötzlichen Vermehrung der suspendierten Stoffe, wenn durch starke Gasentwicklung der Schlamm am Boden aufgewühlt wurde.

100 cbm Abwasser gaben im Durchschnitt 5,6—5,8 Liter Schlamm mit einem Wassergehalt von etwa 90 %. Der Zusammensetzung nach bestand derselbe aus 60,50 % organischen und 39,4 % anorganischen Stoffen; er entspricht also hierin dem hiesigen Klärschlamm.

Der Einfluß des Turmes auf die Oxydierbarkeit war nur gering. Vereinzelt zeigte das ablaufende Wasser eine etwas höhere Oxydierbarkeit als der Zulauf.

Einfluß der Temperatur.

Der Einfluß, welchen die Jahreszeit auf die Tätigkeit eines biologischen Körpers ausübt, läßt sich am besten aus dem Versuche mit Körper III ersehen. Derselbe wurde im Winter 1904/05 in Betrieb gesetzt und es dauerte nahezu 2½ Monate, bis der Körper sich eingearbeitet hatte. Wahrscheinlich hat die Kälte ungünstig auf die Entwicklung der niederen Organismen eingewirkt. Mit dem Eintritt der wärmeren Jahreszeit begann der Körper eine energische Tätigkeit; die Nitritifikation setzte kräftig ein und die Oxydierbarkeitsabnahme stieg erheblich an. Der Geruch des Abwassers verbesserte sich, die Fäulnisfähigkeit verschwand und das allgemeine Aussehen des Wassers wurde ein günstigeres. Dieser Zustand hielt den ganzen Sommer über an und verlor sich auch nicht, als die Außentemperatur allmählich wieder sank. Die Leistung des Körpers hat z. Bt. nicht nur keine Verminderung, sondern eher eine Erhöhung erfahren. Die niederste Außentemperatur war bislang allerdings nur etwa -6°C und nur von kurzer Dauer. Daß es auch bei anhaltendem Frostwetter schwerlich zu einem Einfrieren des Körpers kommen wird, ist bei der verhältnismäßig hohen Temperatur unseres Abwassers wahrscheinlich. Die Durchschnittstemperatur des Wassers im Hafenburger Sammelbehälter betrug im Sommer $25-30^{\circ}\text{C}$, im Winter $17-20^{\circ}\text{C}$. Die Ausläufe der Reinigungskörper hatten im Sommer eine mittlere Temperatur von $19-22^{\circ}\text{C}$, im Winter von $8-9^{\circ}\text{C}$. Wenn die Außentemperatur unter 0 sank, ging auch die Temperatur der Ausläufe weiter zurück bis auf $+4^{\circ}\text{C}$. Es bildeten sich wohl an den äußeren Teilen des Körpers Eiskrusten, zu einem Einfrieren kam es jedoch nicht.

Die Versuche, die brennischen Abwässer auf biologischem Wege zu reinigen, sind für uns recht lehrreich gewesen, vielfach allerdings in der Richtung, wie man es nicht machen soll. Wenn man auch die Fachliteratur noch so gut beherrscht und wenn man auch eine Anzahl ähnlicher Anlagen gesehen hat, so empfiehlt es sich doch, in allen Fällen dem Beispiele der Engländer zu folgen und mit dem später zu reinigenden Abwasser selbst Versuche in kleinem Maßstabe, aber unter praktischen Verhältnissen anzustellen. Abgesehen von allem anderen ist schon das Einarbeiten der später verantwortlichen Beamten soviel wert, daß es die Versuchskosten lohnt; es werden dadurch bei der Einrichtung und beim Betriebe Summen gespart, die viel höher sind.

Wir haben den verwendeten Reinigungskörpern von vornherein größere Mengen Abwasser zugemutet, als es sonst üblich ist und für erlaubt angesehen wird. Ein Teil der mangelhaften Erfolge in der zweiten Versuchsreihe ist ohne Frage auf diese Tatsache zurückzuführen; auch die Vorreinigung der Abwässer war eine ungenügende. Aber wir gingen absichtlich so vor, um zu ermitteln, unter wie ungünstigen Verhältnissen unser Abwasser noch eben hinreichend zu reinigen ist; die erforderlichen pekuniären Mindestaufwendungen hängen ja hiermit auf das engste zusammen.

Die wesentlichsten Ergebnisse der Versuche lassen sich dahin zusammenfassen:

Das bremische Abwasser bedarf trotz seines geringen Gehaltes an Schwebestoffen noch einer weitgehenden Befreiung von denselben, wenn es auf Tropfkörpern gereinigt werden soll. Als Material zu diesen Körpern ist Schlacke aus Müllverbrennungsöfen gut tauglich, wenngleich auch Ziegelsteinbrocken verwendet werden können; die Leistungsfähigkeit dieser ist aber eine etwas geringere, auch ist ihre Haltbarkeit nicht so groß. Die Verwendung von Hochofenschlacke erfordert Vorsicht. Tropfkörper von 2 m Höhe vertragen eine Beschickung bis zu 1,5 cbm auf den Quadratmeter Grundfläche. Die Bedeckung der Oberfläche mit einer Schicht feineren Materials ist unzweckmäßig. Die Abflüsse aus den Körpern enthalten noch flodige Schwebestoffe, welche zwar wenig offensiv sind, aber beseitigt werden müssen, wenn der Vorfluter rein gehalten werden soll.

Abchnitt 8.

Vorschläge für die zukünftige Beseitigung der bremischen Abwässer.

In den vorhergehenden Erörterungen wurde darauf hingewiesen, daß die derzeitige Beseitigung der bremischen Abwässer von allen Seiten als eine nur vorläufige betrachtet wird und daß sie Mißstände im Gefolge hat, deren Beseitigung wünschenswert ist.

Bei der Überlegung, in welcher Weise die Abwässer der Stadt entfernt werden können, ohne daß Mißstände auftreten, ist es das Gegebene, zunächst an die Weser als den natürlichen Vorfluter zu denken. Die Weser ist ein großer, viel Wasser führender Fluß und unterhalb Bremens liegt keine Ortschaft mehr, welche mit ihrer Wasserversorgung auf sie angewiesen ist. Eine Einleitung der Abwässer in den Fluß erscheint daher auf den ersten Blick als das einfachste. Aber diese anscheinende Einfachheit wird sofort sehr verwickelt durch den Umstand, daß die Weser bis über Bremen hinaus unter der Wirkung von Ebbe und Flut steht. Der Gedanke, große Mengen Abwässer, und es handelt sich in Bremen zurzeit schon um annähernd 60 000 cbm täglich, in einen Wasserlauf zu leiten, der einen Teil seines Wassers bis in die Häfen der Stadt, an den innerhalb der Stadt gelegenen Flußbadeanstalten vorbei bis an und über die Schöpfstelle der zentralen Wasserversorgung zurückschickt, hat etwas Unsympathisches. Die Bemühungen, die Weser von den Abwässern frei zu halten, sind daher gerechtfertigt, zumal die Wissenschaft und die Praxis zurzeit die Möglichkeit bieten, die Abwässer so weit zu reinigen, daß sie ihre unangenehmen Eigenschaften verloren haben und jedem kleinen Wasserlauf zugeführt werden können. Aber es darf hierbei das wirtschaftliche Moment nicht übersehen werden. Derartige weitgehende Reinigungen so großer Mengen Abwässer sind kostspielig. An das Budget unserer rasch sich entwickelnden Großstädte werden große Anforderungen gestellt, die bei Bremen infolge seiner besonderen Verhältnisse doppelt groß sind. Diesen Zuständen ist Rechnung zu tragen und so sehr man fordern muß, daß gerade wegen der raschen Entwicklung der Großstädte mit ihrer dichten Zusammenhäufung von Menschen alles für die Volksgesundheit notwendige geschieht, so sehr muß man doch überlegen, wo gespart werden kann und wo das notwendige mit relativ geringen Mitteln sich erreichen läßt, selbst wenn darüber das wünschenswertere aber kostspieligere zurücktreten muß.

Für die rechtsweserischen Stadtteile gibt es von diesem Gesichtspunkte aus zwei Möglichkeiten, die Abwässer zu beseitigen.

Projekt I.

Die erste läßt die Weser unberührt und benutzt die Wasserzüge des Blocklandes auch weiterhin als Vorfluter. Will man dies, dann muß die Reinigung eine andere werden, als sie zurzeit ist. Die Abwässer müssen zunächst durch Faulbecken geschickt werden, die Faulbeckenabflüsse sind mittelst Tropfkörper zu behandeln und die hier abfließenden Wässer sind einer Nachfiltration zu unterziehen. Die Einleitung der so gereinigten Abwässer in die kleine Wümme wird zu Mißständen nicht führen.

Es sind Faulbecken zu wählen und nicht Abflüßbecken, weil in ersteren wegen der Beschaffenheit der Bremischen Abwässer auf eine weitgehende Zerlegung des am Boden sich ansammelnden Schlammes zu rechnen ist. Man kann dabei die Becken vom Frühjahr bis zum Herbst im Betriebe behalten, ohne daß eine Reinigung sich erforderlich macht. Aber selbst wenn man den in den Becken angesammelten Schlamm häufiger entfernen will, so macht das keine besonderen Schwierigkeiten, da es sich um geringe Mengen handelt, da der Schlamm leicht trocknet und unangenehme Eigenschaften, die zu Geruchsbelästigungen führen, kaum noch besitzt.

Die Größe der Faulbecken ist so zu bemessen, daß sie den täglichen Trockenwetterabfluß aufnehmen können. Die Becken sind damit in der Lage, selbst die doppelte Menge noch genügend zu verarbeiten. Überdeckte Becken zu wählen, ist nicht erforderlich.

Die zweite Phase der Bearbeitung geschieht zweckmäßig auf Tropfkörpern. Bei einer Höhe der Körper von 1,80 m kann der Quadratmeter Oberfläche täglich mit 1,25—1,5 cbm Abwasser beschickt werden. Das Material der Körper muß nicht unbedingt Schlacke sein, wenngleich diese nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen das beste ist. Es ist nur Sorge zu tragen, daß das Material genügend fest ist und nicht zu glatte Oberflächen hat. Die Verteilung des Abwassers über die Körper geschieht am besten nach dem Muster von Salford und Birmingham mittelst feststehender Spraydüsen.

Die Abflüsse der Tropfkörper werden geringe Mengen schwarzer, spezifisch schwerer und daher leicht entfernbare Körperchen enthalten. Schickt man das Wasser noch über einfache Filterbetten von Sand und Kies, so entfernt man diese Partikel und erreicht eine solche Schönung des Abwassers, daß es vollkommen blank dem Vorfluter zufließt. Werden statt der Filter Abflüßbecken oder Abflüßbrunnen benutzt, so beseitigt man die schwarzen Stoffe ebenfalls, das abfließende Wasser wird jedoch nicht so blank wie das aus den Filtern stammende.

Das Endprodukt dieser Art der Abwasserreinigung ist frei von Schwebstoffen und nicht mehr säulnisfähig. Es ist für die Fischzucht brauchbar und besitzt wegen seines hohen Gehaltes an Stickstoff in Form von salpetrigsauren und salpetersauren Verbindungen einen beträchtlichen Wert für die Landwirtschaft. Da es frei von Schwebstoffen ist, kann es auch zur Sommerberieselung benutzt werden.

Oben wurde erwähnt, daß die Faulbecken so zu bemessen seien, daß sie noch das Doppelte des Trockenwetterabflusses verarbeiten können. Wir halten diese Leistungsfähigkeit für hinreichend. Treten zu dem Trockenwetterabfluß solche Regenwassermengen, daß die Gesamtheit mehr als das Doppelte beträgt, so handelt es sich um Ausnahmestände, die selten und vorübergehend sind. Für diese Ausnahmestände reguläre Einrichtungen zu treffen, liegt kein zwingender Grund vor. Unter solchen Verhältnissen muß man dem Vorfluter etwas mehr zumuten, und man kann es tun, weil es sich dann um Wässer handelt, die einen Teil ihrer unangenehmen Eigenschaften verloren haben.

Bei dem vorstehend in groben Zügen gezeichneten Projekt kann die jetzt bestehende Beseitigung der Abwässer im Winter beibehalten werden; eine große Verbilligung entsteht dadurch aber nicht, weil die Verzinsung und Amortisation der Anlagekosten einen beträchtlichen Teil der Gesamtkosten ausmachen werden.

Das Projekt sichert eine einwandfreie Beseitigung der rechtsweserischen Abwässer unter Einfluß der Waller; es wird die derzeitigen Übelstände in der kleinen Wümme, im Maschinensleet und in der großen Wümme beseitigen, aber es ist teuer.

Projekt II.

Eine weniger gute aber immer noch hinreichende und dabei voraussichtlich beträchtlich billigere Lösung der Aufgabe bietet das zweite Projekt.

Hierbei sind die Hemminggraben- und Waller Abwässer gemeinsam in einem geschlossenen Kanale eine Strecke weiserabwärts zu führen, dann mittelst Abfäßbecken zu 60—70 % von ihren Schwebestoffen zu befreien und darauf der Weser zuzuleiten. Es fragt sich nun, wie werden sich dadurch die Verhältnisse in der Weser gestalten und wie beseitigt man den Schlamm, ohne daß er zu Belästigungen führt.

Der rechtsweserische Trockenwetterabfluß beträgt zurzeit täglich 36 000 + 10 000 = 46 000 cbm Abwasser; ein beträchtlicher Teil davon besteht aus reinen Fabrikabwässern, von denen zu überlegen ist, ob man sie nicht direkt einem Vorfluter zuleiten soll, um an Anlagkosten für die Reinigungsvorrichtungen und die Pumpen zu sparen. Geschieht dies, so wird das Abwasser dementsprechend konzentrierter, es sollen deshalb die in rund 50 000 cbm Abwasser zurzeit enthaltenen Schwebestoffe und gelösten Stoffe den folgenden Überlegungen zugrunde gelegt werden.

Die 50 000 cbm Abwasser enthalten bei einem hochgerechneten Jahresdurchschnitt von 300 mg im Liter täglich 15 000 kg Trockensubstanz an Schwebestoffen, die in Form von Schlamm bei einem Wassergehalt von 90 % 150 cbm Schlamm darstellen. Von diesem Schlamm werden rund $\frac{2}{3}$ in den Abfäßbecken zurückgehalten; $\frac{1}{3}$ gelangt mit dem abfließenden Wasser während 24 Stunden in die Weser.

Der Abfluß ist jedoch nicht gleichmäßig. Während der Zeit von morgens 9 Uhr bis nachts 12 Uhr betragen die Abflussmengen stündlich etwa das Doppelte, als während der übrigen Stunden.

Der Einfachheit halber sei die Zeit von 9 Uhr morgens bis 12 Uhr nachts bei den weiteren Erörterungen als Tageszeit, die übrige als Nachtzeit bezeichnet.

Während der Tageszeit wird bei 50 000 cbm Gesamtabwasser der stündliche Zufluß zur Weser 2500 cbm betragen, diese enthalten höchstens 250 kg Schwebestoffe in Form von Trockensubstanz oder 2,5 cbm in Form von 90 % Wasser enthaltenden Schlamm. Der Schlamm ist also von vornherein schon in tausendfacher Verdünnung vorhanden. Dazu kommt die Verdünnung durch das Weserwasser.

Die Weser führt selbst bei einem Pegelstande von — 2,60 bei tieferster Ebbe oberhalb der Stadt noch 80 Sekunden 11 cbm Wasser, d. h. in der Stunde 288 000 cbm. Die zufließende Abwassermenge wird dadurch weiter auf das 115 fache verdünnt. Unterhalb der Stadt ist an den Stellen, die für die Einleitung der Abwässer in Frage kommen, die Wasserführung übrigens eine noch beträchtlichere.

Der Ebbestrom nimmt hier von einer Tide etwa acht Stunden in Anspruch, die übrigen vier Stunden fließt das Wasser mit verminderter Geschwindigkeit rückwärts oder kommt auf kürzere Zeit zum Stillstand. Während dieser Zeit wächst aber der Wasserquerschnitt und damit der Verdünnungskoeffizient. So stieg bei unsern Messungen am Freihafen der Wasserquerschnitt bei einem Pegelstande von — 2,60 m von 340 auf 560 qm, bei einem Pegelstande von — 2,10 m von 340 auf 580 qm. Bringt also die herabgesetzte Wasserbewegung die Gefahr der geringeren Verdünnung des Abwassers mit sich, so arbeitet dem die größere zur Verfügung stehende Wassermenge wieder entgegen. Dazu kommt, daß die in dem Abwasser nach dem Abfäßen verbleibenden Schwefelstoffe, wie oben im Abschnitt 5 nachgewiesen wurde, spezifisch so leicht sind, daß in einem Zeitraume von vier Stunden erwähnenswerte Mengen nicht zu Boden sinken, selbst wenn das Wasser vollständig ruhig steht und die Wasserhöhe nur einen Meter beträgt. In der Weser handelt es sich aber zur Flutzeit um eine Wasserhöhe von mindestens fünf Meter und ein Stillstand von vier Stunden ist ausgeschlossen.

Die Gefahr der Schlammablagung in dem Flußbette selbst besteht nach diesen Darstellungen unseres Erachtens nicht.

Auch die Befürchtung, daß sich an den Ufern Schlamm ablagert, der zu Geruchsbelästigungen Veranlassung gibt, braucht man nicht zu hegen, wenn die Ausflußstelle des Abwassers richtig gelegt wird. Vermieden werden muß, daß die Ausflußstelle in der Nähe von Buchten mit totem Wasser liegt. Führt man das Abwasser dem Flusse in der Mitte zu und an einer Stelle, wo die Ufer etwa 1 km

oberhalb und unterhalb einigermaßen glatt sind, so wird bei der Beschaffenheit der Schwebestoffe und bei der weitgehenden Verdünnung die Vermureinigung der Ufer mit Schlamm vermieden.

Die in dem Abwasser enthaltenen gelösten Stoffe werden in der Weser nicht bemerkbar sein.

Wir geben im folgenden eine Gegenüberstellung derjenigen Mengen an Trockenrückstand aus den gelösten Stoffen, an sog. Glühverlust als Repräsentanten des organischen Anteils des Trockenrückstandes und an Chlor, welche die Weser bei einer Wasserführung von 80 Sek.-cbm in den Monaten Juli bis Oktober stündlich selbst besitzt und derjenigen Mengen der gleichen Stoffe, welche in der stündlichen Abwassermenge von 2500 cbm ihr zugeführt werden:

Weserwasser	Abwasser
Trockenrückstand 450—500 mg im Liter	850 mg im Liter
gesamt 130 000—144 000 kg.	2200 kg, das Mehr beträgt $\frac{1}{60}$.
Glühverlust . . . 80 mg im Liter	200 mg im Liter
gesamt 23 000 kg	500 kg, das Mehr beträgt $\frac{1}{46}$.
Chlor 100 mg im Liter	200 mg im Liter
gesamt 28 800 kg	500 kg, das Mehr beträgt $\frac{1}{56}$.

Es läßt sich gegen diese Rechnung der Einwand machen, daß die in dem Glühverlust stehenden organischen Stoffe anderer und zwar bössartigerer Natur seien im Abwasser als in dem Weserwasser, daß die qualitative Verschlechterung des Weserwassers daher eine größere sei, als sie in der quantitativen Vermehrung um $\frac{1}{46}$ des Glühverlustes zum Ausdruck komme. Dieser Einwand wird gestützt durch die Tatsache, daß die Oxydierbarkeit im Weserwasser nur 25 mg Kaliumpermanganat beträgt, im Tagesabfluß des Abwassers dagegen 250, daß also der Verschlechterungs-koeffizient nach diesem Maßstabe ein zehnfacher ist, während beim Glühverlust nur ein zweiundeinhalbfacher (80 zu 200 mg) zum Ausdruck kommt. Benutzt man daher die Menge der oxydablen Substanz als Grundlage, so beträgt das Mehr $\frac{1}{13}$ der bereits vorhandenen Menge.

Es fragt sich nun, ob damit die Möglichkeit gegeben ist, daß durch die mit dem Abwasser zugeführten gelösten Substanzen Fäulnisercheinungen auftreten. Diese Frage ist zu verneinen.

Die im Abwasser zugeführten oxydablen gelösten Stoffe bedürfen im Liter 250 mg Kaliumpermanganat, welche rund 60 mg Sauerstoff entsprechen; die ganze stündlich zugeführte Abwassermenge, 2500 cbm, hat daher 150 kg Sauerstoff nötig. Da 1 ccm Sauerstoff 1,43 mg wiegt, so sind die 150 kg räumlich ausgedrückt 105 cbm.

Bei unsern Analysen fanden wir das Weserwasser immer annähernd gesättigt mit Sauerstoff, selbst in den Sommermonaten war bei einer Temperatur von 18° C ein Gehalt von rund 6 ccm im Liter vorhanden. In der stündlichen Wassermenge von 80 Sek. cbm sind im Weserwasser also selbst bei dieser relativ hohen Wassertemperatur rund 1730 cbm freier Sauerstoff vorhanden. Die oxydablen gelösten Substanzen des Abwassers bedürfen, wie oben gezeigt wurde, nur 105 cbm. Das Weserwasser stellt somit ein gewaltiges Sauerstoffreservoir dar, das nicht allein in der Lage ist, an die fäulnisfähigen, sauerstoffbegierigen gelösten und ungelösten Abwasserstoffe die erforderlichen Mengen von Sauerstoff abzugeben und damit das Auftreten von Fäulnis zu verhindern, sondern das auch noch die Möglichkeit bietet, eine bereits teilweise eingetretene Fäulnis des Abwassers zu unterdrücken und üble Gerüche desselben verschwinden zu lassen. Dabei findet an der Oberfläche des Wassers ein steter Ersatz des etwa verbrauchten Sauerstoffs aus der Luft statt.

Selbst wenn die Ablagerung von Schlamm vermieden wird und die Gefahr des Auftretens von Fäulnis seitens der gelösten Stoffe nicht besteht, so läßt sich als weiterer Einwand gegen die Einleitung der Abwässer in den Fluß geltend machen, daß mit den Abwässern dem Flusse Krankheitskeime zugeführt werden. Es ist zuzugeben, daß dies geschieht. In welchen Mengen es jedoch stattfindet, darüber fehlen uns alle Anhaltspunkte. In Frage kommen die Erreger der Cholera, des

Typhus und wohl auch der Ruhr, dazu noch als seltenere Gäste die Veranlasser akuter Darmkatarrhe, wie bac. enteritidis und verwandte. Aber die Gefahr ist nicht so groß, wie es auf den ersten Anblick scheint. Bei Cholera und bei Epidemien von Typhus und Ruhr wird die Bevölkerung sich ohne weiteres hüten, ungereinigtes Weserwasser zu genießen. In gewöhnlichen Zeiten bemüht sich die Behörde nicht minder als bei Epidemien, jeden Fall von Typhus und Ruhr zu ihrer Kenntnis zu bekommen und eine Desinfektion der die Krankheitserreger enthaltenen Abgänge der Kranken in der Wohnung zu erzielen. In manchen Fällen wird das erreicht, in anderen jedoch nicht. Das Bestreben der Gesundheitsbehörde geht dahin, möglichst viel die an Typhus und Ruhr Erkrankten dem Krankenhaus zuzuführen, ein Bestreben, das namentlich dort, wo in der Wohnung des Erkrankten unhygienische Verhältnisse vorlagen, in den letzten Jahren nicht ohne Erfolg gewesen ist.

Man darf also die Gefahr, welche in der Zuführung der Abwässer liegt, nicht überschätzen. Man muß sich aber noch mehr hüten zu glauben, daß die Weser unterhalb Bremens überhaupt ein zum Trinken geeignetes Wasser führt. Seit der Korrektur ist die Unterweser eine außerordentlich viel befahrene Wasserstraße geworden. Die sich stetig vergrößernden Häfen Bremens legen Zeugnis dafür ab. Wenn man nun in den Häfen auch alles mögliche tut, die Verunreinigung des Wassers mit Fäkalien zu verhüten, so läßt sich das auf dem Strome nicht erreichen. Hier ist und bleibt vorläufig das Wasser noch der Rezipient, der alles aufzunehmen hat. Die durch den Schiffsverkehr stattfindende unvermeidliche Verunreinigung ist aber besonders gefährlich, weil hier die Krankheitskeime noch dicht beisammen sind und in vielen Fällen durch schleimige Umhüllungen und ähnliches eine zeitlang beisammen gehalten werden. Mit steigender Konzentration wächst aber für den einzelnen, der die Krankheitserreger aufnimmt, die Gefahr des Erkrankens.

Das Wasser der Unterweser hat seine Fähigkeit bereits verloren, als Trinkwasser zu dienen, das Wasser der Weser oberhalb Bremens wird es voraussichtlich von Jahr zu Jahr in steigendem Maße verlieren. Der Mittellandkanal und die bessere Schiffbarmachung der Oberweser werden diese nicht nur zu einer häufig befahrenen Straße umgestalten, sondern es wird sich auch Industrie und mit der Industrie eine stärkere Bevölkerung an den Ufern ansiedeln. Die Kanalisierung der untern Mainstrecke zeigt das in treffender Weise. Im mittleren Stromgebiet der Weser kommen noch die aufblühenden Erdöl- und Kaliindustrien dazu, die auf die Weser und ihre Nebenflüsse als Vorfluter angewiesen sind.

In Voraussicht des Kommenden ist Bremen deshalb beschäftigt, mittelst systematischer Bohrungen die Frage zu prüfen, ob es seine Oberflächen-Wasserversorgung durch eine solche mit Grundwasser ergänzen bzw. ersetzen kann.

Nach alledem darf man an die Reinhaltung der Weser keine allzu hohen Anforderungen stellen, auch ohne die Zuführung der rechtsweserischen Abwässer wird sie mehr und mehr die Fähigkeit einbüßen, für Trinkwasserzwecke zu dienen.

Eine Schädigung der Landwirtschaft und der Fischzucht wird durch die Einleitung der Abwässer nicht erfolgen. Man hat früher vor Einleitung der linksweserischen Ländereien das Bedenken geäußert, daß die Gräben der linksweserischen Ländereien, welche gelegentlich mit Weserwasser gefüllt werden und dem Weidevieh zur Tränke dienen, hierzu ungeeignet würden, daß ferner die in dem Wasser enthaltenen Krankheitskeime Erkrankungen der Tiere veranlassen könnten. Die Befürchtungen haben sich nicht bestätigt, die Verdünnung des Abwassers ist eine zu große. Für Cholera, Typhus und Ruhr ist außerdem das Vieh nicht empfänglich, es käme höchstens noch Milzbrand in Frage; bei dieser Krankheit wird aber seitens der städtischen Gesundheitsbehörde sehr scharf Acht gegeben, daß eine sorgfältige und umfassende Desinfektion erfolgt. Außerdem hat die Beseitigung der Tierkadaver durch die Errichtung einer thermischen Vernichtungsanstalt in jüngster Zeit eine Regelung erfahren, die den weitgehendsten Ansprüchen genügt.

Etwasige Schädigungen der Fischzucht scheinen näher zu liegen als die der Landwirtschaft. Hat es sich doch in der großen Wümme gezeigt, daß dort gelegentlich

Fische an Luft hunger oder auch an Schwefelwasserstoffeinwirkung zu Grunde gehen. Aber die große Wümme ist der Weser gegenüber ein kleiner Vorfluter und sie bekommt Abwasser, das sich in vorgeschrittener Fäulnis befindet. Das letztere ist das gefährliche Moment. Frische Abwässer haben nicht die offensiven Eigenschaften wie faule. Aus diesem Grunde haben wir oben für Projekt II im Gegensatz zu Projekt I Absitzbecken und nicht Faulbecken vorgeschlagen. Frische Abwässer schädigen, wenn sie nicht zu konzentriert sind, die Fischzucht nicht. Im Gegenteil, die in ihnen enthaltenen Schwebstoffe bieten ein gern genommenes Futter für die verschiedensten Arten niederer Lebewesen und diese wieder für die Fische, welche ihrerseits auch direkt einen Teil der Schwebstoffe zu sich nehmen. Das haben die biologischen Untersuchungen in Hamburg gezeigt, wo die gesamten Abwässer zwar von den ganz groben Schwimm- und Sinkstoffen befreit werden, im übrigen aber vollkommen ungereinigt in die Elbe gehen. Auch in Bremen hat die Einleitung der ungereinigten linksweiserischen Abwässer zu Fischsterben keine Veranlassung gegeben.

Ob eine Änderung der Fauna in der Richtung erfolgt, daß edle Fischarten verschwinden und minder edle an ihre Stelle treten, vermögen wir nicht zu beurteilen; man muß sich hüten, gelegentliche Beobachtungen aus anderen und vor allem kleineren Flüssen, die dazu vielfach noch recht zweifelhafter Natur sind, einfach zu übertragen.

Eines muß aber geschehen, wenn eine Schädigung der Fischzucht vermieden werden soll; es ist Sorge zu tragen, daß giftartige industrielle Abwässer in größeren Mengen in das städtische Kanalsystem nicht hineingelangen. Da derartige Industrien konzeptionspflichtig sind, so läßt sich das erreichen; es fragt sich nur, ob man sie durch Vorschriften über besondere Beseitigung ihrer Abwässer nicht zu schwer belastet, daß sie die Existenzmöglichkeit verlieren. Wir werden auf diesen Gegenstand bei der Besprechung der Beseitigung der linksweiserischen Abwässer noch zurückkommen.

Zum Schlusse ist noch zu prüfen, ob und wie weit die Möglichkeit, im Flusse zu baden, in Zukunft beschränkt wird.

Wir schicken voraus, daß wir es im Interesse der Volksgesundheit für sehr wünschenswert halten, daß weiten Kreisen der Bevölkerung bequeme Gelegenheit gegeben wird, Flußbäder zu nehmen.

Im Abschnitt 6 wurde darauf hingewiesen, daß ein Teil der von den linksweiserischen Abwässern herkommenden Kanalkleime in den Sommermonaten bei niedrigem Oberwasser regelmäßig bis über die Mündung des alten Freihafens, d. h. 2 km zurückgeführt werden und daß ihre Verteilung dort bereits über den ganzen Flußquerschnitt erfolgt ist, wenngleich am linken Ufer und in der Mitte des Flusses die Zahl der Keime eine höhere war, als an der rechten Seite. Wir haben es für weitere Untersuchungen vorbehalten, festzustellen, in welchem Maße die oberhalb der Freihafenmündung im Flusse belegenen Badeanstalten noch beeinflusst werden.

Der Ausflußstelle des linksweiserischen Siels gegenüber liegt die Mündung des neuen Freihafens. Die etwa zwei km lange Strecke zwischen den Mündungen des alten und des neuen Freihafens ist zur Zeit für die Anlage von Flußbadeanstalten nicht zu benutzen. Das rechte Ufer des Verkehrs wegen nicht und weil das in den Bassins der Häfen verunreinigte Wasser hier hin und her geschoben wird, das linke Ufer nicht, weil das Wasser hier unter direkter Einwirkung der ungereinigten linksweiserischen Kanalwässer steht. Dieselben Verhältnisse treffen für eine etwa 2 km lange Strecke unterhalb der Mündung des Siels bzw. des neuen Freihafens zu.

Ungefähr noch 3 km weiter abwärts hat man sich die Mündungsstelle für die rechtsweiserischen Abwässer zu denken. Diese 3 km lange Strecke wird, wie die früheren Untersuchungen Kurths dargetan haben, in den Sommermonaten regelmäßig einen Rückstau von Kanalwasser erhalten, das von km zu km aufwärts mehr verdünnt sein wird. Am oberen Ende dieser Strecke wäre diese Verdünnung hochgradig genug, um den Fluß zum Baden zu benutzen, wenn hier nicht gerade die von oben her kommende Verunreinigung einsetzte. Diese Verhältnisse treffen für das rechte wie für das linke Ufer gleichmäßig zu.

Unterhalb der Einmündungsstelle des rechtsweiserischen Ziels wird etwa drei km weit das Baden ebenfalls besser unterlassen; in Begefall ist jedoch ein Einfluß der Kanalwässer nicht mehr zu befürchten.

Die in den letzten Ausführungen erörterten Verhältnisse treffen nur zu, so lange die linksweiserischen Kanalwässer an ihrer jetzigen Stelle ebenfalls der Weser zufließen. Wie weit sich die Sache zum Besseren ändert, wenn das nicht der Fall ist, wird später auseinandergelegt.

Den Berechnungen über die Fähigkeit der Weser, die rechtsweiserischen gereinigten Abwässer aufzunehmen und zu verarbeiten, ohne daß Mißstände entstehen, ist ein 24stündiger Zufluß von 50 000 cbm zu grunde gelegt. Es ist überall so sehr zu Ungunsten gerechnet und die Ergebnisse sind dabei trotzdem für die Lösung der dem Flusse zugemuteten Aufgabe so günstige, daß man anstandslos dieselbe Leistungsfähigkeit als auch der doppelten Abwassermenge gegenüber bestehend annehmen kann.

Wir tragen kein Bedenken, auf Grund unserer Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse den Fluß als genügenden Vorfluter für die doppelte Einwohnerzahl zu erklären, wenn die Schwebstoffe zu 60—70 % vorher entfernt werden und neue große Industrien mit besonders schlechten Abwässern diese nicht ohne Vorbehandlung in das Kanalnetz leiten.

Die Ausführbarkeit des Planes, die rechtsweiserischen Abwässer in die Weser zu leiten, ist jedoch nicht bloß abhängig von der Aufnahmefähigkeit dieses Flusses. Es muß auch die Möglichkeit vorliegen, den in den Abfließbecken entstehenden Schlamm zu beseitigen, ohne daß er zu Belästigungen führt.

Die Gründe, weshalb wir für Projekt II Abfließbecken und nicht Faulbecken vorschlagen, sind oben schon erwähnt.

Den Schlamm in der Nähe der Reinigungsanlage zu lagern, bis er lufttrocken und stichfest geworden ist, geht nicht an. Es würde hier zu Geruchsbelästigungen führen, die vermieden werden müssen. Die Abfließbecken selbst geben bei richtigem Betriebe zu solchen keine Veranlassung.

Man wird daher den Schlamm nach irgend einer Richtung hin technisch verwerten müssen oder ihn vermittelt einer Druckrohrleitung auf abgelegene Ländereien zu pumpen haben, für die er eine wertvolle Zugabe darstellen kann.

Da der Schlamm einen hohen Gehalt an Fettstoffen besitzt, so kann man daran denken, ihn nach dieser Richtung hin auszunutzen. Zu erwägen ist auch, in wie weit er unter Zusatz von Torf pressfähig wird, und dann mittelst Vergasung zur Erzeugung von Kraft benutzt werden kann. Die erleichterte Transportfähigkeit nach der Pressung ist ebenfalls bei der Frage der Verwendung des Schlammes zu prüfen.

Wir können hier diese Möglichkeiten nur andeuten, sie bedürfen noch einer besonderen Untersuchung, für die eine Anzahl von Unterlagen bereits vorhanden sind, die aber der Gegenstand der nächsten Arbeiten sein werden.

Faßt man das über die Einleitung der rechtsweiserischen Abwässer in die Weser Ausgeführte zusammen, so ergibt sich, daß das Projekt nicht ganz ohne Einwendung ist. Diese Einwände sind jedoch nicht schwerwiegend genug, den Plan fallen zu lassen, wenn die nähere Bearbeitung ergibt, daß es wirtschaftlich wesentlich vorteilhafter ist, die teilweise gereinigten Abwässer in die Weser zu leiten, als die vollständig gereinigten in die kleine Wümme.

Die Einleitung der linksweiserischen Abwässer in die Weser führt gelegentlich zu Geruchsbelästigungen; Kanalkleime werden von der Sielöffnung aus zeitweise bis in die Stadt hinein zurückgeführt. Diese Übelstände sind zugegeben, aber sie erscheinen uns nicht so schwerwiegend, daß auf alle Fälle die Einleitung der Abwässer eine Änderung erfahren muß. Wünschenswert ist eine solche Änderung allerdings

und zwar einmal, um die angeführten Übelstände zu beseitigen und den Fluß so rein wie möglich zu halten, andererseits aber aus zwei weiteren, oben schon angedeuteten Gründen.

Bei der Besprechung des Projektes II für die Beseitigung der rechtsweiserischen Abwässer wurde ausgeführt, daß die Weser von der Mündung des alten Freihafens an auf eine Strecke von 4 km abwärts für Badezwecke nicht brauchbar ist, im wesentlichen, weil die linksweiserischen Abwässer diese Flußstrecke verunreinigen. Unterhalb dieser 4 km folgt eine weitere Strecke von 6 km, die in Zukunft eventuell unter Einwirkung der rechtsweiserischen Abwässer stehen wird. Das Bedürfnis, für die weserabwärts gelegenen Stadtteile die Möglichkeit zum Baden im Fluße zu schaffen, ist aber vorhanden. Diese Möglichkeit wird gegeben, wenn die Abwässereinleitung links aufhört. Es wird dann eine vier Kilometer lange günstig gelegene Badestrecke am linken Ufer frei. Auch die oberhalb der Freihafenmündung gelegene Flußstrecke wird für die genannten Zwecke geeigneter werden, da die Verunreinigungsgrenze sicher weiter oberhalb liegt, als bis jetzt festgelegt ist. Oben wurde bereits darauf hingewiesen, daß die vorliegenden Untersuchungen hier noch zu ergänzen seien.

Zu diesen Erwägungen kommt folgendes. Die Entwicklung des linksweiserischen Stadtteiles wird voraussichtlich im wesentlichen in industrieller Richtung liegen. Die Einleitung größerer Mengen spezifischer Industrieabwässer, d. h. solcher, die aus der Fabrikation selbst hervorgehen und nicht Hilfsabwässer wie Kondenswässer usw. darstellen, in die Weser hat etwas sehr Mißliches. Die abzuführenden Industrieprodukte brauchen nicht direkt giftiger Natur zu sein, sie können auch ohne dies durch ihre physikalische Beschaffenheit zu weitgehenden Belästigungen führen, wenn sie in den Flußlauf gelangen. So wollen wir nur auf farbstoffhaltige Abwässer hinweisen, ferner auf ölhaltige, auf solche aus der Textilindustrie, auf viel Einweißstoffe enthaltende und andere.

Den Fabrikanten die Beschränkung aufzuerlegen, solche Abwässer erst lokal zu reinigen, bevor sie in das Kanalnetz gelangen, hält schwer. Die Reinigung ist vielfach technisch nicht leicht und häufig recht kostspielig. Die englischen Städte haben deshalb auch meistens von derartigen einschränkenden Bestimmungen abgesehen.

Will man die industrielle Entwicklung fördern, so muß eine Abwasserbeseitigung gewählt werden, die auch Industrieprodukte mit verarbeiten kann. Für den linksweiserischen Stadtteil bietet sich diese Möglichkeit in der Anlage von Kieselfeldern.

Greift man auf dieses schon vielfach von den bremischen Behörden erwogene Projekt zurück, so kann man je nach Lage der Verhältnisse an Ort und Stelle die einfache Kieselei wählen ohne Vorreinigung der Abwässer, oder man kann das Abwasser erst durch Absitzenlassen von seinen Schwebestoffen zum Teil befreien und dann verrieseln. Im ersteren Falle wird man die Größe des Kieselgutes so zu bemessen haben, daß auf 250 bis 300 Einwohner des zu entwässernden Gebietes 1 ha berieselbare Fläche kommt. Im letzteren Falle kann man mit einem Drittel bis einem Viertel dieser Fläche auskommen. Die Verwertung des bei der letzten Art des Verfahrens entstehenden Schlammes macht auf dem Kieselgute bei der für Bremen in Frage kommenden Bodenart — Heide und Sand — keine Schwierigkeit.

Eine teilweise Reinigung der linksweiserischen Abwässer könnte man auch in der Art vornehmen, wie sie im Projekt II für die rechtsweiserischen vorgesehen ist. Aber am linken Ufer macht die Schlammabseitung größere Schwierigkeiten, weil die Menge nicht so groß ist, um eine technische Verarbeitung zu lohnen und andererseits groß genug, um beim Lagern zu Belästigungen zu führen. Auch würden die Schwierigkeiten, welche in Bezug auf das Baden und in Bezug auf die Industrieabwässer bestehen, bei Belassung der jetzigen Ausflußstelle damit nicht gehoben werden. Selbst bei Verlegung der Ausflußstelle weiter weserabwärts bleiben die durch die Einleitung der Industrieabwässer zu erwartenden Mißstände bestehen.

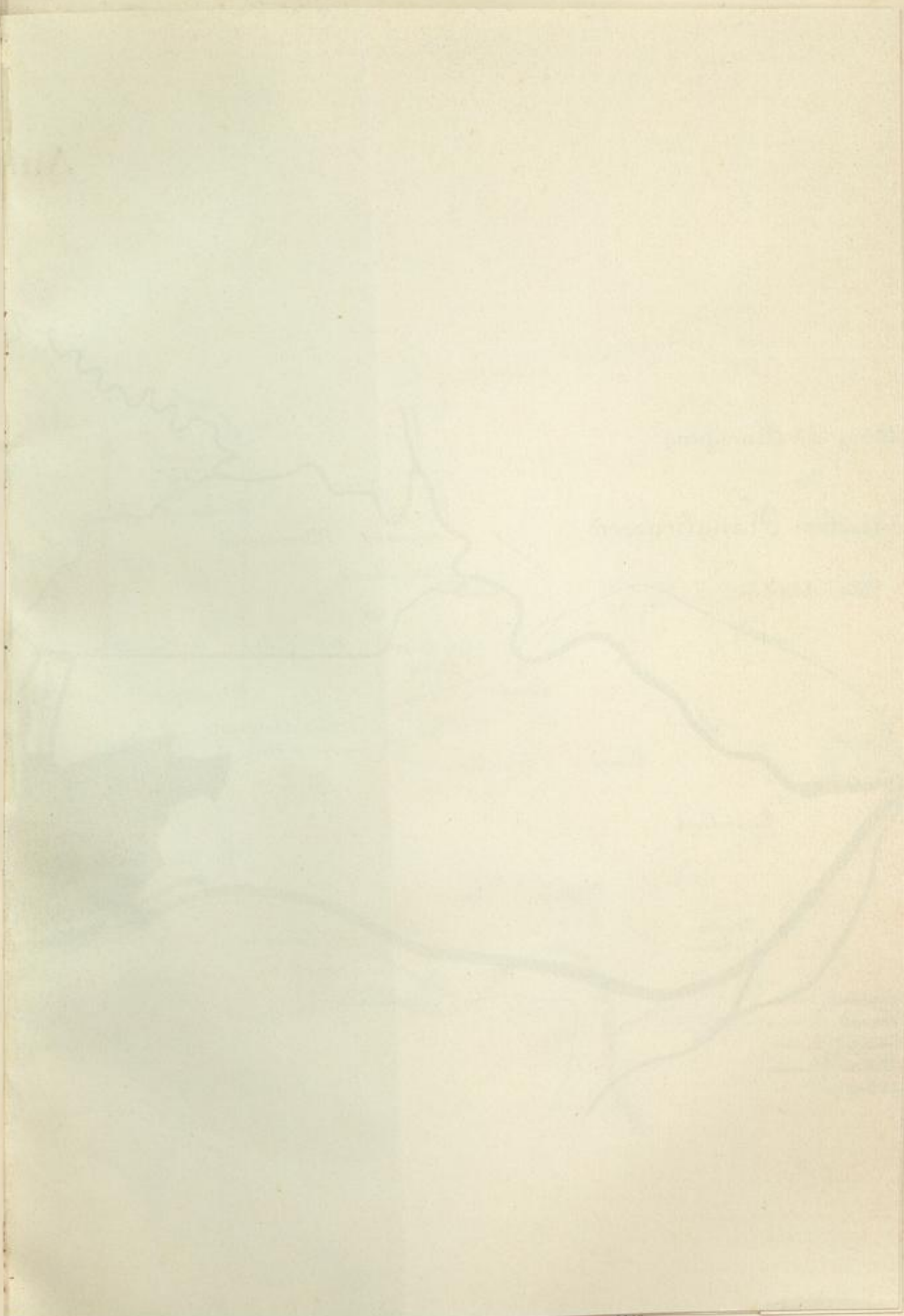
Die biologische Reinigung der linksweiserischen Abwässer bietet keine Schwierigkeit, wie unsere mehrjährigen im Abschnitt 7 erörterten Versuche ergeben haben. Die Frage ist nur, welche pekuniären Aufwendungen sie erfordert im Vergleich zu den andern Reinigungsarten

Fassen wir das über die Beseitigung der linksweiserischen Abwässer Gesagte zusammen, so ist es aus manchen Gründen wünschenswert, die Weser von ihnen frei zu halten. Die Möglichkeit hierzu bietet in erster Linie die Anlage von Kieselfeldern.

In den Ausführungen des letzten Kapitels haben wir rechtsweiserisch die Einleitung der Abwässer in die Weser vorgeschlagen, während wir linksweiserisch ein Aufhören der bereits bestehenden Einleitung für wünschenswert halten. Es liegt darin ein scheinbarer Widerspruch, der aber aufhört, ein solcher zu sein, wenn man in Rechnung zieht, daß Bremen sich am rechten Weserufer in einer Zwangslage befindet, die links nicht besteht. Rechts der Weser können Kieselfelder wegen der Bodenbeschaffenheit nicht angelegt werden. Die nur teilweise gereinigten Abwässer zu verarbeiten, sind die kleinen Vorfluter — kleine Wümme, Maschinenflect, große Wümme — nicht in der Lage. Man muß daher entweder eine vollkommene aber sehr kostspielige Reinigung der Abwässer anwenden oder den von der Natur gebotenen großen Vorfluter, die Weser, zu Hülfe nehmen. Letztere vermag die von ihren Schwebestoffen zum größten Teile befreiten rechtsweiserischen Abwässer aufzunehmen, ohne daß Mißstände entstehen. Wenn man auch mit uns die Reinhaltung der Weser für in jeder Weise anzustreben hält, so muß hier doch dem wirtschaftlichen Moment das größere Gewicht beigelegt werden.

Die Reinhaltung der Weser von den linksseitigen Abwässern läßt sich ermöglichen, weil in einer Entfernung von rund 10 km zur Kieselei geeignetes Land vorhanden ist. Werden von Seiten der Beteiligten der Einrichtung eines Kieselgutes nicht zu große Schwierigkeiten in den Weg gelegt, so sollte man unseres Erachtens die Mehrkosten für die Kieselei aufwenden. Sind die Schwierigkeiten aber zu große und erweisen sich die Mehrkosten bei näherer Berechnung als zu hohe, so wird voraussichtlich nichts anderes übrig bleiben, als nach wie vor die linksseitigen Abwässer der Weser zuzuführen oder mit großen Kosten eine biologische Reinigung einzurichten.

rißen
änden
öglich
ern.
riß die
riß ein
Es liegt
un man
angänge
egen der
Abwässer
t, große
rne aber
atur ge-
die von
fer auf-
haltung
in wirt-
st
reignetes
g eines
unieres
igkeiten
als zu
vor die
ologische



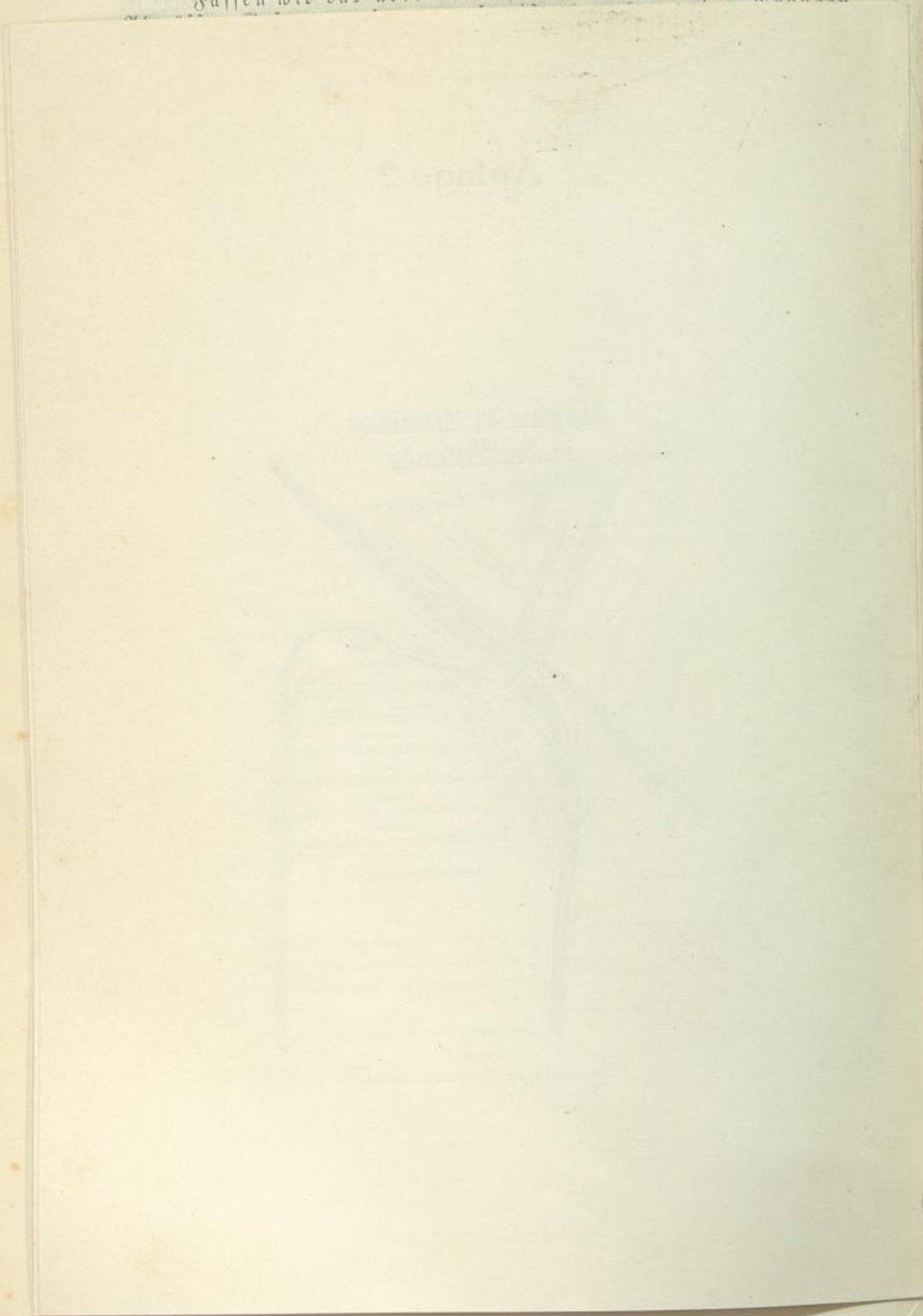
Anlage 1.

Ableitung und Reinigung
 des
 stadtthermischen Kanalwassers

Übersichtplan



Fassen wir das über die Beseitigung der linksweiserischen



Anlage 2.

Lageplan der Kläranlage
in der Netzerung.

