

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

15526



195  
1,25

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301504



Die Abwasserreinigung  
intermittierender Bodenfiltration  
in Nordamerika

in der Form von 1265 Blattschichten

Von

Gael Henneking

Ph.D. Thesis, Cornell University

Copyright 1973

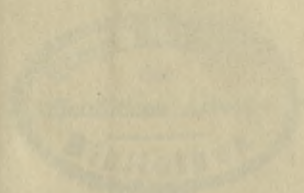
1973

Department of Civil Engineering, Cornell University, Ithaca, New York

1265

1973

Department of Civil Engineering, Cornell University



X  
1265







Die Abwasserreinigung  
mittelst  
intermittierender Bodenfiltration  
in Nordamerika  
insbesondere im Staate Massachusetts.

Von

Carl Henneking  
Stadtbaurat in Bonn a. Rh.

Reisebericht  
erstattet

auf Grund der Bestimmungen der Louis Boissonnet-Stiftung an  
der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin in Charlottenburg.



*F. Nr. 29073.*

Berlin 1909.

Druck von L. Schumacher, N. 24.

X  
1265.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

III 15526

Akc. Nr. 2166/49



## Vorwort.

---

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis einer von dem Herrn Rektor und dem Senate der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin in Charlottenburg als Verwalter des Fonds der Louis Boissonnet-Stiftung auf Vorschlag des Stadtbaurats a. D. Herrn Prof. J. Brix von der Abteilung für Bau-Ingenieurwesen gestellten Aufgabe. Um ihre Durchführung zu ermöglichen, hat der „Verein für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, E. V.“ zu Berlin einen Reisekostenzuschuss von 2000 Mark geleistet und die Königliche Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin sich bereit erklärt, gegebenenfalls den Reisebericht ohne weitere Unkosten in ihren Mitteilungen zu veröffentlichen. Zur Einführung wurde mir in der Anstalt jede Gelegenheit zu vorbereitenden Arbeiten gegeben.

Mein Dank gebührt dem Herrn Rektor und dem Senate der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin in Charlottenburg, dem Vorstände des Vereins für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin, dem Leiter bzw. dem Vorsteher der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung in Berlin, Herrn Geh. Ober-Med.-Rat Prof. Dr. Schmidtman und Herrn Geh. Med.-Rat Prof. Dr. C. Günther für Befürwortung der Verleihung der Reiseprämie. Besonderen Dank sage ich den Herren Prof. J. Brix und Prof. Dr. C. Thumm für die dauernde wertvolle Unterstützung durch vielfachen guten Rat und wichtige Empfehlungen.

Zu danken habe ich den amerikanischen Fachgenossen für die ausserordentliche Liebenswürdigkeit und Bereitwilligkeit, mit der sie die Durchführung aller meiner Pläne unterstützt haben. Allen namentlich an dieser Stelle zu danken, ist unmöglich. Besonderen Dank



habe ich den Herren Rudolph Hering und George W. Fuller, den Chefs der gleichnamigen bekannten Ingenieurfirma in New-York, für die zahlreichen wertvollen Empfehlungen, sowie Herrn X. H. Good-nough, dem Chefingenieur und Herrn H. W. Clark, dem leitenden Chemiker des staatlichen Gesundheitsrats von Massachusetts in Boston, für ihre ausserordentliche persönliche Unterstützung abzustatten.

Herr Oberbürgermeister Funck und die Stadtverwaltung von Elberfeld haben durch weitgehendes Entgegenkommen auf meine Wünsche um Beurlaubung mich unterstützt.

Elberfeld, im Januar 1908.

**Henneking.**



# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<b>I. Teil.</b>	
Einleitung . . . . .	1
Geologische Angaben über Massachusetts . . . . .	2
Meteorologische Angaben über Massachusetts . . . . .	3
Geschichtliche und wirtschaftliche Angaben über Massachusetts . . . . .	4
Die Wasserversorgungsanlagen in Massachusetts mit besonderer Berücksichtigung der Metropolitan-Wasserwerke für Boston und Umgegend . . . . .	6
a) Die Quellen der Wasserversorgung . . . . .	7
b) Verunreinigung der Niederschlagsgebiete . . . . .	9
c) Beschaffenheit des gelieferten Wassers . . . . .	11
Rechtliche Bestimmungen betreffend Verhütung von Verunreinigungen der Wasserversorgungen und Binnengewässer in Massachusetts . . . . .	11
Gründe, die zur Einführung der Abwässerreinigung mittels intermittierender Bodenfiltration in Massachusetts geführt haben . . . . .	16
Die Systeme der Sielnetze in den Gemeinden von Massachusetts . . . . .	18
<b>II. Teil.</b>	
Die Versuchsanstalt in Lawrence und ihre wichtigsten Versuche mit intermittierenden Bodenfiltern . . . . .	20
Versuche mit dem Faulverfahren in Nordamerika . . . . .	42
a) Versuche seitens der Versuchsstation in Lawrence . . . . .	42
b) Versuche in dem Technologischen Institut in Boston . . . . .	47
Die in Nordamerika herrschende Ansicht über das Faulverfahren . . . . .	50
<b>III. Teil.</b>	
Grundsätze für Anlage und Betrieb von Bodenfiltern unter nordamerikanischen Verhältnissen . . . . .	51
Beschreibung einzelner ausgeführter Anlagen in Massachusetts . . . . .	56
Spencer . . . . .	57
Brockton . . . . .	65
Clinton . . . . .	78
Worcester . . . . .	90
a) Bodenfiltration des durch chemische Fällmittel vorbehandelten Abwassers . . . . .	93
b) Bodenfiltration des in Absatzbecken vorbehandelten Abwassers . . . . .	95
c) Bodenfiltration des rohen, unbehandelten Abwassers . . . . .	98



	Seite
Framingham . . . . .	104
Natick . . . . .	112
Marlborough . . . . .	112
Andover . . . . .	118
Saratoga Springs . . . . .	123
Zusammenfassende Uebersicht der Anlagen in Massachusetts . . . . .	140
Bau- und Betriebskosten der Anlagen in Massachusetts . . . . .	148
Zusammenfassende Uebersicht der Anlagen in anderen Staaten der Union ausser Massachusetts . . . . .	150
Gallipolis (Ohio) . . . . .	153
Lancaster (Ohio) . . . . .	154

#### IV. Teil.

Vergleich zwischen dem Abwasser nordamerikanischer und deutscher Städte	156
---	-----

#### V. Teil.

Grundsätze für die Errichtung von Abwasserreinigungsanlagen mittelst inter- mittierender Bodenfiltration . . . . .	159
a) Kanalisationssystem . . . . .	161
b) Art der Zuleitung des Abwassers zur Reinigungsanlage . . . . .	163
c) Rechenanlage und Sandfang . . . . .	163
d) Vorreinigung . . . . .	164
e) Anordnung der Verteilungskammern . . . . .	166
f) Filterbetten . . . . .	166
g) Nachbehandlung des gereinigten Abwassers . . . . .	168
h) Landwirtschaftliche Nutzung der Filterbetten . . . . .	169
i) Bau- und Betriebskosten von Filterbetten . . . . .	169
Vergleich mit dem Rieselfeldverfahren, mit besonderer Berücksichtigung der Berliner Rieselfelder . . . . .	170
Beispiel: Vergleichende Kostenberechnungen für Reinigungsanlagen mittelst intermittierender Bodenfiltration und Rieselfelder für eine Grossstadt von 250000 Einwohnern . . . . .	174
Intermittierende Bodenfiltration als Mittel zur Nachreinigung von Abwässern	177
Literaturangaben . . . . .	178



## I. Teil.

### Einleitung.

Die seit dem Jahre 1887 regelmässig erscheinenden Jahresberichte des Gesundheitsrates des Staates Massachusetts (State Board of Health) lenkten zuerst die Aufmerksamkeit einzelner deutscher Fachleute auf das in diesem Staate systematisch ausgebaute und nach diesen Berichten vielfach mit glänzendem Erfolge betriebene Verfahren der Abwässerreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration. Bekannter wurde das Verfahren der deutschen Fachwelt durch einige wertvolle, in den letzten drei Jahren in der Fachpresse erschienene Veröffentlichungen, die teils Auszüge aus den amerikanischen Originalberichten, teils Beobachtungen und Feststellungen deutscher Chemiker und Hygieniker bei Besuchen im Lande wiedergaben.

Die Abwässerreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration stellt eine Zwischenstufe zwischen dem Rieselfeldverfahren und den künstlichen biologischen Filtern dar. Mit dem ersteren hat sie die Benutzung des natürlichen gewachsenen Bodens als Filterflächen, mit den letzteren die grössere Aufnahmefähigkeit an Abwässern und Leistungsfähigkeit in ihrer Reinigung gemeinsam. Ihre praktische Verwertbarkeit sowie Uebertragung auf deutsche Verhältnisse in Fällen, in denen die Einführung oder Beibehaltung des einen oder anderen der vorgenannten zwei Verfahren ungeeignet ist, erscheint nicht ausgeschlossen. Aus diesen Erwägungen heraus entschlossen sich im Jahre 1906 Rektor und Senat der Königl. Technischen Hochschule in Berlin zu Charlottenburg im Einvernehmen mit dem Verein für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, das Studium der Abwässerreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration in Nordamerika, insbesondere im Staate Massachusetts zum Gegenstande einer tech-



nischen Precisaufgabe zu machen; so sollte eine technische Bearbeitung zu den bereits vorhandenen beigefügt und hiermit die praktische Verwendbarkeit des Verfahrens im Grossen und die Möglichkeit seiner Uebertragung auf deutsche Verhältnisse festgestellt werden. Verfasser hatte die Freude, unter den Bewerbern den Vorzug zu erhalten.

Die intermittierende Bodenfiltration ist in Nordamerika zuerst im Staate Massachusetts eingeführt worden und in diesem in einem Zeitraume von nunmehr fast drei Jahrzehnten in zahlreichen Anlagen zur Ausführung gelangt. Die gesammelten Erfahrungen führten dazu, dieses Verfahren auch in anderen Staaten (Ohio und New York) anzuwenden. Diese Fälle sind jedoch nur vereinzelt. Es werden sich die nachfolgenden Erörterungen daher zunächst im wesentlichen auf die Anlagen in Massachusetts beziehen; von den in anderen Staaten ausgeführten Anlagen wird es genügen, die wichtigsten, sowie die im Bau und Betriebe von den vorgenannten abweichenden zu beschreiben.

#### Geologische Angaben über Massachusetts.

Massachusetts, zwischen  $41^{\circ} 15'$  und  $42^{\circ} 53'$  nördl. Breite gelegen, wird im Osten und teilweise im Süden vom Atlantischen Ozean, im übrigen von anderen Staaten der Union begrenzt; es besitzt ein Areal von 21 535 qkm. Der Oberflächenbildung nach besteht Massachusetts aus drei Abteilungen: Der Küstensaum ist eine flache Alluvialebene, hinter welcher sich eine den Staat von Norden nach Süden durchziehende Hügelkette bis zu 100 m Höhe erhebt. Die hauptsächlich von dieser Hügelkette zum Ozean in west-östlicher Richtung laufenden Flüsse sind der Merrimac, der Mystic, der Charles und der Neponset; die drei letztgenannten Flüsse münden in bezw. nahe Boston, der Hauptstadt des Staates, in die Massachusetts-Bay. Nach Süden zu fliessen der Taunton und der Blackstone-River. Die zweite oder mittlere Region des Staates umfasst das schöne Tal des Connecticut, die dritte oder westliche den gebirgigen, aber fruchtbaren Park Berkshire, dessen Höhen sich bis zu 1200 m erheben. Für die Zwecke dieser Arbeit kommt vorzugsweise der dichtbevölkerte und industrie-reiche östliche, am Ozean gelegene Bezirk in Betracht, in geringem Grade noch die mittlere Region; die westliche scheidet ganz aus.

Der Boden im Osten Massachusetts' ist im allgemeinen ein von Humusboden und einer mehr oder minder starken Lehm- und Tonschicht überlagerter Sand- und Kiesboden, der bisweilen im geringen Masse lehm-



oder tonhaltig ist. Es ist nicht der feine, oftmals in Flug- bzw. Trieb- sand übergehende Sandboden weiter Flächen der Mark Brandenburg; er ähnelt mehr dem grobkörnigen Kiessandboden der Rheinebene bei Bonn, Köln und Düsseldorf; auch der Kiessandboden der Rheinebene ist der Regel nach von einer 0,50 bis 2,0 m starken Lehm- und Tonschicht und darüber liegendem Humusboden überlagert. Diesen Sand- und Kies- schichten von verschiedener, oftmals viele Meter erreichender Mächtigkeit ist in Massachusetts in der Regel ein mit Geröll versetzter gelber oder blauer Clayboden und diesem wiederum Felsen untergelagert. Reiche Schätze birgt der tiefere Untergrund nicht.

Die Niederschlagsgebiete der von der niedrigen Hügelformation der östlichen, am Ozean gelegenen Region abfließenden vorbezeichneten Flüsse sind ziemlich unbedeutend. Die letzteren dienen mit ihren Neben- flüssen ohne Ausnahme zur Versorgung der an ihnen oder in ihrer Nähe gelegenen Städte und Gemeinden mit Wasser für Trink- und industrielle Zwecke: Das Wasser wird entweder durch unmittelbare Entnahme aus dem Flusse oder als Talsperrenwasser oder als Grundwasser aus Filtergallerien und Brunnen neben dem eigentlichen Flusslaufe ge- wonnen.

**Meteorologische Angaben über Massachusetts.**

Die jährliche mittlere Niederschlagshöhe beträgt nach den An- gaben der meteorologischen Station in Boston für den ganzen Staat nach dem 31jährigen Durchschnitt der Jahre 1875—1905 46,09“ = 1152 mm<sup>1)</sup>. Wie aus nachstehender Tabelle No. 1 ersichtlich, ist die Verteilung auf die einzelnen Monate eine recht ungleichmässige:

Tabelle No. 1.

Niederschlag	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in engl. Zoll . . .	4,24	4,27	4,55	3,58	3,28	3,15	3,73	4,01	3,43	4,14	3,89	3,82
in Millimeter . . .	106	106	114	89,5	82	78,5	93	100	86	103,5	97	95,5

1) Siehe Report of the State Board of Health of Massachusetts. 1905. S. 191.

Anmerk.: Die vorbezeichneten, im folgenden mehrfach erwähnten Jahres- berichte werden fortan in nachstehender Weise abgekürzt werden: R. St. B. H. Mass.



Die Niederschlagshöhe ist mithin fast doppelt so gross wie diejenige der norddeutschen Tiefebene und entspricht etwa den Werten, die für das Bergische Land (Elberfeld, Barmen, Remscheid, Solingen) gelten.

Die mittleren, höchsten und niedrigsten Lufttemperaturen in den einzelnen Monaten ergeben sich nach seit dem Jahre 1881 regelmässig täglich morgens, mittags und abends gemachten Beobachtungen der meteorologischen Station in Providence, der Hauptstadt des zwischen Massachusetts und New-York liegenden kleinen Staates Rhode Island<sup>1)</sup>, aus nachfolgender Tabelle No. 2:

Tabelle No. 2.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Mittlere Temperatur in C. . . . .	—2,3	—2,0	2,3	8,4	14,7	20,0	23,0	21,5	17,7	11,0	5,8	0,4
Höchste gemittelte Temperatur in C.	12,0	11,3	15,8	24,4	30,3	33,7	34,5	32,6	29,8	24,4	18,8	13,8
Niedr. gemittelte Temperatur in C.	—17,0	—16,0	—10,0	—3,5	3,3	9,0	13,0	11,2	5,8	0,0	—8,0	—14,5

Die relative Feuchtigkeit der Luft im Jahresmittel ist 71 bis 72. Die Windstärken und die Häufigkeit der Winde sind für die meisten Städte erheblich; ganz besonders fühlbar machen sich die vorzugsweise in den Wintermonaten auftretenden, nicht durch Gebirge zurückgehaltenen eisigen Nordweststürme.

#### Geschichtliche und wirtschaftliche Angaben über Massachusetts.

In Massachusetts, dem grössten der Neu-England-Staaten, siedelten sich die ersten Kolonisten, englische aus der Heimat vertriebene Puritaner, im Jahre 1620 an; nachfolgende gründeten im Jahre 1630 die Hauptstadt Boston. Um die Mitte des 18. Jahrhunderts war Boston die grösste und wichtigste Stadt der Vereinigten Staaten, die mit ihren 25 000 Seelen New-York und Philadelphia in den Schatten stellte. Neben Boston blühten andere Städte (z. B. Worcester, Salem, Plymouth) auf. In Boston ereignete sich am 5. März 1770 das Bostoner Blutbad, das den Ausgangspunkt des amerikanischen Be-

1) Siehe Report of the City Engineer of the City of Providence for the year 1905. S. 8 u. f.



freiungskrieges von England bildete. Im vorigen Jahrhundert wuchsen Boston und die meisten günstig nahe der Küste gelegenen Städte Massachusetts stetig auf. Die sprunghafte riesengrosse Entwicklung anderer amerikanischer Städte — New York, Philadelphia, St. Louis, Chicago u. s. w. — ist diesen Städten jedoch erspart geblieben.

Die Zunahme der Bevölkerung Massachusetts und seiner Hauptstadt für die letzten fünfzig Jahre ist aus nachfolgender Tabelle No. 3 ersichtlich:

Tabelle No. 3.

Jahr	Bevölkerung	
	Massachusetts	Boston
1860	1 231 066	177 840
1870	1 457 351	?
1880	1 783 085	362 839
1890	2 238 943	444 477
1900	2 805 346	560 892
1905	3 003 680	595 380

Für die letzten Jahre gibt die folgende Tabelle No. 4 Angaben<sup>1)</sup> im einzelnen über die Gesamtbevölkerung, Sterblichkeit insgesamt und Todesfälle an einigen Krankheiten. Die Tabelle gibt die dem staatlichen Gesundheitsrat freiwillig von Stadt- und Landgemeinden, sowie ärztlichen Vereinigungen gemachten Angaben wieder; ihre Richtigkeit ist daher nur bedingt.

Tabelle No. 4.

Jahr	Bevölkerung	Todesfälle		Typhus		Todesfälle an Diphtheritis		Erkrankungen d. Atmungsorgane		Krebs	
		insgesamt	in Prozenten	insgesamt	auf je 10 000	insgesamt	auf je 10 000	insgesamt	auf je 10 000	insgesamt	auf je 10 000
1895	2 500 183	47 540	19,01	—	—	—	—	—	—	—	—
1900	2 805 346	51 156	18,24	632	2,25	1475	5,26	+ 5199	+ 18,53	1998	7,12
1901	2 870 710	48 275	16,82	561	1,95	1166	4,06	+ 5033	+ 17,54	2080	7,25
1902	2 937 600	47 491	16,17	538	1,83	873	2,97	+ 4772	+ 16,62	2141	7,29
1903	3 006 040	49 054	16,32	527	1,75	869	2,89	+ 4685	+ 15,95	2243	7,46
1904	3 076 083	48 482	15,76	463	1,51	699	2,27	+ 4583	+ 15,60	2421	7,87
								+ 4874	+ 15,84		
								+ 5190	+ 17,27		
								+ 4874	+ 15,84		
								+ 5100	+ 16,58		

1) Siehe R. St. B. H. Mass. 1904. S. VIII u. X.



Trotz des Mangels an Bodenschätzen hat sich Massachusetts zu einem der industriereichsten Staaten der Union, wenn nicht dem reichsten, entwickelt. In der Baumwoll- und Wollindustrie, überhaupt in der gesamten Textilindustrie, sowie in der Schuhwaren- und sonstigen Lederwaren-, in der Kautschuk- und in der Papierfabrikation nimmt es bei weitem den ersten Rang unter den Staaten ein. Massachusetts ist das weitaus grösste Absatzgebiet in Nordamerika der den Weltmarkt beherrschenden deutschen Farbenfabriken. Zahlreiche Maschinenfabriken sind vorhanden; die Hochseefischerei steht in grosser Blüte.

Auch für das Bildungs- und Erziehungswesen haben die Städte Massachusetts' dank des stetigen in ihnen herrschenden altenglischen Geistes von jeher viel getan. In literarischer und musikalischer Hinsicht nahm Boston lange Zeit den ersten Rang in den Vereinigten Staaten ein und streitet noch um die Palme mit New York. Blosser Reichtum gilt in Boston vielleicht weniger als in irgend einer anderen Stadt Amerikas.

Die vorstehenden kurzen allgemeinen Angaben dürften dem Leser einen Ueberblick über die allgemeinen Bedingungen geben, unter denen die Abwässerreinigungsanlagen im Staate Massachusetts zu arbeiten haben. Weitere erforderliche spezielle Angaben werden bei der speziellen technischen Beschreibung gegeben werden.

#### **Die Wasserversorgungsanlagen in Massachusetts mit besonderer Berücksichtigung der Metropolitan-Wasserwerke für Boston und Umgegend.**

Bereits im Jahre 1887 hatten alle Gemeinden mit einer 6000 überschreitenden Bevölkerungszahl, sowie eine erhebliche Anzahl kleinere Ortschaften eine zentrale Wasserversorgung; 82 v. H. der ganzen Bevölkerung des Staates wurden aus zentralen Wasserversorgungsanlagen mit Wasser versehen. Sämtliche — insgesamt dreizehn — Stadtgemeinden von mehr als 25000 Einwohnern verbrauchten ausschliesslich Oberflächenwasser aus Flüssen, Staubecken oder Talsperren; die kleineren Landgemeinden teils dieses, teils Grundwasser. Tiefengrundwasser wurde damals und wird auch heute noch nirgends verwendet. Filteranlagen nennenswerter Bedeutung waren und sind auch heute noch — von einer Ausnahme, Lawrence, abgesehen — nirgends vorhanden. Im Jahre 1905 wurden annähernd



93 v. H. der Gesamtbevölkerung des Staates zentral mit Wasser versorgt.

Das älteste und bei weitem grossartigste Wasserwerksunternehmen sind die „Metropolitan Water Works“, die Boston und Umgegend mit Wasser versorgen. Einige allgemeine bis auf den jetzigen Stand ergänzte Angaben über dieses mit einem Kostenbetrage von bisher 160 Millionen Mark durchgeführte Unternehmen, soweit sie für das Verständnis der hier zu behandelnden Fragen von Einfluss sind, seien nachstehend gegeben:

a) Die Quellen der Wasserversorgung.

Das Wasser der Metropolitan-Wasserwerke stammt aus drei Gebieten, dem Cochituate See, dem Sudbury und dem Nashua Flusse. Das Recht der ausschliesslichen Wasserentnahme aus den beiden zuerst genannten Gebieten wurde der Stadt Boston vom Staate Massachusetts bereits in den Jahren 1846 bzw. 1872 verliehen. Das gesamte Wasser wird in der Wachussetts Talsperre am Nashua Fluss, in acht Staubecken im Niederschlagsgebiete des Sudbury Flusses, sowie im Cochituate See aufgespeichert (vergl. Uebersichtsplan zwischen S. 8 u. 9).

Aus diesen verschiedenen Sammelbecken wird das Wasser durch vier Aquädukte in das Versorgungsgebiet geleitet: Der 19,2 km lange Wachussetts-Aquädukt mit einer 24 stündigen Leistungsfähigkeit von 1,2 Millionen cbm bringt das Wasser zum Sudbury-Staubecken; der 21,5 km lange Weston-Aquädukt aus diesem Gebiete zu einem offenen Ausgleichsbehälter, dem Weston-Reservoir, das etwa 16 km vom Mittelpunkte des Versorgungsgebietes entfernt liegt; der 27,8 km lange Sudbury- und der 21,9 km lange Cochituate-Aquädukt bringen das Wasser aus den gleichnamigen Niederschlagsgebieten nach einem zweiten unmittelbar an der Stadtgrenze gelegenen offenen Ausgleichsbehälter, dem Chestnut Hill-Reservoir. Zwischen beiden genannten Ausgleichbehältern besteht eine Verbindung durch eine Rohrleitung von 1,20 m Durchmesser. Vom Chestnut Hill-Reservoir wird das Wasser in das Versorgungsnetz zu 25 v. H. mit natürlicher Vorflut geleitet, zu 75 v. H. in dieses gepumpt. Filter sind nicht vorhanden und auch vorläufig nicht vorgesehen.

Die Werke versorgen ganz Boston nebst zahlreichen Vororten, insgesamt achtzehn Gemeinden mit einer Bevölkerung von 902090 Seelen im Jahre 1905, mit Wasser; der Verbrauch<sup>1)</sup> in den einzelnen Monaten

1) S. Report of the Metropolitan Water and Sewerage Board. 1906. p. 199.



des Jahres 1905 auf den Kopf der Bevölkerung ist aus nachstehender Tabelle No. 5 ersichtlich:

Tabelle No. 5.

Monat	Angeschlossene Bevölkerung	Verbrauch pro Tag und Kopf in Liter
Januar . . . . .	895 600	540
Februar . . . . .	896 770	580
März . . . . .	897 950	495
April . . . . .	899 130	460
Mai . . . . .	900 300	472
Juni . . . . .	901 200	480
Juli . . . . .	902 090	508
August . . . . .	902 980	495
September . . . . .	903 870	490
Oktober . . . . .	904 760	480
November . . . . .	905 650	472
Dezember . . . . .	906 540	500
Im Jahresmittel .	902 090	495

Bei dem für deutsche Verhältnisse abnorm hohen Verbrauch ist besonders noch beachtenswert, dass der Höchstverbrauch in den kalten Wintermonaten erfolgt; er ist auf das dauernde Offenstehen der Hähne zurückzuführen, welches stattfindet, um das Einfrieren des aus den offenen wenig tiefen Ausgleichbehältern und Staubecken kommenden sehr kalten Wassers in den Hausanschlussleitungen zu verhindern. Durch die bisher nicht vorhandene von der Direktion der Werke seit langem erwünschte Einrichtung von Wassermessern in den Grundstücken würde diese Wasservergeudung wahrscheinlich erheblich herabgemindert werden. Näheres über die Ursache des grossen Wasserverbrauchs in nordamerikanischen Städten im allgemeinen ist weiter unten angegeben.

Die Grössen der drei angegebenen Niederschlagsgebiete, die zur Wasserversorgung dienen, sind:

Cochituate-See . . . .	48,9 qkm
Sudbury-Fluss . . . .	125,2 "
Nashua-Fluss . . . .	308,0 "

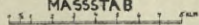
Einige weitere Angaben über einzelne der Stauanlagen und Ausgleichbehälter gibt die nachfolgende Tabelle No. 6. Man erkennt, worauf besonders hingewiesen sei, dass, abgesehen von der neuesten und grössten, der Wachusett-Talsperre, sämtliche Stauanlagen nur sehr geringe Wassertiefen haben:



# UEBERSICHTSPLAN DER METROPOLITAN WASSERWERKE VON BOSTON UND UMGEBUNG

ZUSTAND 1. JANUAR 1904

MASSSTAB





BIBLIOTEKA TECHNICZNA  
KRAKÓW



Tabelle No. 6.

Stauanlage bzw. Ausgleichbehälter.	Fläche des Wasser- spiegels in ha	Grösste Staumenge in cbm	Höhe der Mauer über Fundament- sohle in m	Grösste Wassertiefe in m
Wachusett . . . . .	1678,0	246 000 000	62,1	38,7
Sudbury . . . . .	516,8	27 500 000	—	19,5
Framingham 1. . . . .	57,2	1 090 000	6,6	4,8
Framingham 2. . . . .	53,6	2 010 000	7,8	6,0
Framingham 3. . . . .	101,2	4 500 000	8,7	7,2
Cochituate-See . . . . .	310,4	7 600 000	—	21,0
Weston-Ausgleichs- behälter . . . . .	24,0	757 000	—	8,1
Chestnut-Hill-Ausgleichs- behälter . . . . .	49,1	1 135 000	—	9,6

## b) Verunreinigung der Niederschlagsgebiete.

Der für den grossen Wasserverbrauch erforderliche Umfang der Niederschlagsgebiete in dem zwar hügeligen, jedoch — z. B. im Ver-  
gleiche zu den steilen Hügeln und tiefen Tälern des Bergischen Landes  
— nur geringe und allmählich wechselnde Höhenunterschiede auf-  
weisenden Gelände, die Dichte der Bevölkerung, die Nähe der Gross-  
stadt und andere Gründe haben es unmöglich gemacht, die hohen  
Ansprüche in gesundheitlicher Beziehung bezüglich Freihaltung des  
Niederschlagsgebietes von schädlichen Einflüssen zu stellen, die wir  
gewöhnlich sind. Ein Blick auf Uebersichtsplan 1 zeigt, dass nicht  
allein zahlreiche Eisenbahnlinien, Wege und Strassen die einzelnen  
Niederschlagsgebiete durchkreuzen, sondern neben zahlreichen einzelnen  
Gehöften auch mehrere grössere Ortschaften, in denen teilweise er-  
hebliche industrielle Tätigkeit herrscht, in ihnen gelegen sind. Für  
das Jahr 1905 ergeben sich nach den regelmässigen Feststellungen  
der Werke für die in den drei Niederschlagsgebieten bestehenden mensch-  
lichen Ansiedelungen nachstehende Angaben in Tabelle No. 7 (S. 10).

Die Zahl der zur amtlichen Kenntnis gelangten Typhuserkran-  
kungen betrug im Jahre 1905 innerhalb der drei Niederschlagsgebiete  
zusammen 40.

Die Fernhaltung der festen und flüssigen Abgänge aus  
diesen menschlichen Ansiedelungen von den der Wasser-  
versorgung dienenden Anlagen ist die grösste Sorge der  
Werke: Auf den Einzelgehöften ergibt sich die Aufgabe, Abort-  
gruben zu bauen, Misthaufen, häusliche und gewerbliche Abfälle zu  
beseitigen u. a. Für die innerhalb der Niederschlagsgebiete gelegenen



Tabelle No. 7.

	Bevölkerung		Von der ständigen Bevölkerung sind nicht an die Kanalisation angeschlossen pro qkm Niederschlagsgebiet	Pferde	Kühe	Schafe	Schweine	Geflügel	Hunde
	ständige	im besonderen							
Wachusett-Niederschlagsgebiet	5 772	1 900 a)	19	1370	4265	157 986	36 661	639	
Sudbury-Niederschlagsgebiet	21 131	10 575 b)	54	1794	3738	308 665	48 460	1063	
Cochituate-Niederschlagsgebiet	15 508 c)	6 521 b)	127	937	858	31 639	32 326	812	

a) 1900 ausserdem, jedoch nur im Sommer. b) 10575 (6521) von der Gesamtzahl sind an eine zentrale Kanalisation angeschlossen. c) ausschl. 214 nur im Sommer 1. 8. 05.

Ortschaften und grösseren von zahlreichen Personen bewohnten Einzelanlagen drängt sich die sorgfältigste Durchführung einer zentralen Kanalisation mit weitgehender Reinigung ihrer innerhalb des der Wasserversorgung dienenden Niederschlagsgebietes verbleibenden Abwässer mit Notwendigkeit auf.

Eine weitere Sorge ist die starke Benutzung der Wasserflächen für Sportzwecke: Segeln, Rudern, Schwimmen und Angeln wird auf ihnen betrieben. Infolgedessen sahen sich die Werke für den der Grossestadt nächstgelegenen und Verunreinigungen meist ausgesetzten Cochituate-See beispielsweise gezwungen, die seit dem 1. Januar 1906 in Kraft befindliche Verfügung zu treffen, die Höchstzahl der Boote auf dem See auf 125 zu beschränken und das Halten eines solchen nur den ständigen Landhausbesitzern zu gestatten, die an den Ufern des Sees ausserhalb des schmalen den Werken gehörigen Schutzstreifens wohnen.

Die vorstehenden allgemeinen Angaben über die Wasserversorgungen der Stadt- und Landgemeinden im östlichen Teile des Staates Massachusetts und die etwas eingehenderen über die Metropolitan-Wasser-Works beweisen die harte Notwendigkeit für die Gesetzgebung, der Frage der unschädlichen Abführung und Beseitigung der Abwässer dauernd die grösste Sorgfalt zuzuwenden. Nicht der ideale Wunsch, die Abwässer an sich zu klären, sondern die schwere Sorge für die Reinhaltung der zur Trinkwasserversorgung dienenden Binnengewässer führte zu den im Jahre 1887 begonnenen und bis heute systematisch durchgeführten grundlegenden Untersuchungen der dem staatlichen Gesundheitsrat angegliederten Versuchsanstalt in Lawrence über



die Abwässerreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration und zu ihrer erfolgreichen Durchführung in zahlreichen Ausführungen. Erst allmählich erschien es zweckmässig und notwendig, auch für Abwässer, deren Vorflut nicht nach Gewässern, die Wasserversorgungszwecken dienen, gerichtet ist, Reinigungsanlagen vorzuschreiben und für diese die intermittierende Bodenfiltration zu wählen.

c) Beschaffenheit des gelieferten Wassers.

Von allgemeinem Interesse dürften noch einige Angaben über die Beschaffenheit des unter den vorstehend skizzierten Bedingungen in das Versorgungsnetz geförderten Wassers sein. Nach dem aus einem Zapfhahn in Boston während der Jahre 1892 bis 1905 als Mittel aus einmalig monatlich vom staatlichen Gesundheitsrat entnommenen Proben ergibt sich die Tabelle No. 8 S. 12 u. 13.

Die ferner-in dieser Tabelle unter dem zweiten stärkeren wage-rechten Strich gemachten Angaben geben die Beschaffenheit des Wassers in einzelnen Stauanlagen und Ausgleichbehältern im Jahre 1905 auf Grund von 10—20 in diesem Jahre von derselben Behörde entnommenen Proben.

Für die einzelnen Proben aus diesen unter dem zweiten Strich gegebenen Gesamtergebnissen, die in der Tabelle ermittelt sind, wird der Geruch sowohl des kalten wie des erwärmten Wassers als „schwach nach Pflanzen“ „faintly vegetable“ im allgemeinen bezeichnet.

Nach den im Jahre 1905 insgesamt gemachten 2595 mikroskopischen und 604 bakteriologischen Untersuchungen wurde in allen Staubecken eine erhebliche Anzahl Organismen festgestellt: Im Cochituate-See insbesondere verursachten *Synura* — im Januar —, *Uroglena* — Mai bis Juli — und Chlamydomonen erhebliche Störungen, sodass der See für die bezeichneten Monate von der Wasserversorgung ausgeschlossen wurde.

**Rechtliche Bestimmungen betreffend Verhütung von Verunreinigung der Wasserversorgungen und Binnengewässer in Massachusetts.**

Die gesetzliche Grundlage für die gesamte jetzt bestehende staatliche Fürsorge bezüglich der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Staate Massachusetts ist durch das im Jahre 1886 erlassene und 1888 erweiterte „Gesetz, um die Reinheit der Binnengewässer zu schützen“<sup>1)</sup> gegeben. Die vier Paragraphen dieses wichtigen und

1) „An Act to protect the purity of Inland waters.“ s. R. St. B. H. Mass. 1888. S. IX.



Tabelle  
Mittlere Beschaffenheit des Wassers  
Teile in  
Proben entnommen an

Jahr	Farbe nach Nessler	Rückstand beim Verdunsten		Freies	Ammoniak		
		insgesamt	Glühverlust		total	gelöst	suspendiert
1892	0,37	4,70	1,67	0,0007	0,0168	0,0138	0,0030
1893	0,61	4,54	1,84	0,0010	0,0174	0,0147	0,0027
1894	0,69	4,64	1,83	0,0006	0,0169	0,0150	0,0019
1895	0,72	4,90	2,02	0,0006	0,0197	0,0175	0,0022
1896	0,49	4,29	1,67	0,0005	0,0165	0,0142	0,0023
1897	0,65	4,82	1,84	0,0009	0,0193	0,0177	0,0016
1898	0,41	4,19	1,60	0,0008	0,0152	0,0136	0,0016
1899	0,23	3,70	1,30	0,0006	0,0136	0,0122	0,0014
1900	0,24	3,80	1,20	0,0012	0,0157	0,0139	0,0018
1901	0,24	4,43	1,64	0,0013	0,0158	0,0142	0,0016
1902	0,26	3,93	1,56	0,0016	0,0139	0,0119	0,0020
1903	0,25	3,98	1,50	0,0013	0,0125	0,0110	0,0015
1904	0,23	3,93	1,59	0,0023	0,0139	0,0121	0,0018
1905	0,24	3,89	1,67	0,0020	0,0148	0,0126	0,0022

Ort	Proben entnommen im Jahre 1905						
Wachusett-Talsperre, nahe West-Boylston . . . . .	0,55	3,74	1,73	0,0023	0,0205	0,0168	
Wachusett-Talsperre, nahe Clinton, an der Oberfläche	0,21	3,29	1,30	0,0028	0,0150	0,0124	
Wachusett-Talsperre, nahe Clinton, Höhe 288' . . . . .	0,21	3,06	1,05	0,0025	0,0123	0,0102	
Wachusett-Aquädukt bei Southborough . . . . .	0,40	3,96	1,68	0,0034	0,0188	0,0166	
Sudbury-Staubecken an der Oberfläche . . . . .	0,19	3,71	1,53	0,0041	0,0126	0,0125	
Framingham - Staubecken No. 3, nahe der Mauer . . . . .	0,19	3,23	1,18	0,0028	0,0150	0,0121	
Framingham - Staubecken No. 2, am Einlauf . . . . .	0,71	4,84	2,37	0,0040	0,0249	0,0217	
Framingham - Staubecken No. 2, nahe der Mauer . . . . .	0,76	4,37	2,00	0,0044	0,0222	0,0201	
Cochituate-See . . . . .	0,25	4,81	1,81	0,0025	0,0213	0,0166	
Spot-Teich . . . . .	0,16	3,80	1,41	0,0021	0,0171	0,0148	

bis heute massgebenden Gesetzes seien im Nachfolgenden wörtlich wiedergegen, da sie auch für deutsche Verhältnisse noch heute in technischer, hygienischer und rechtlicher Beziehung von Bedeutung sein können.

Sektion I. „Der staatliche Gesundheitsrat soll die allgemeine Aufsicht und Sorge über alle Binnengewässer haben. Er soll mit Plänen, Zeichnungen und Dokumenten, die für diesen Zweck geeignet

No. 8.  
der Metropolitan-Wasserwerke.  
100 000.  
einem Zapfhahn in Boston.

Chlorine	Stickstoff als		Sauerstoff-Verbrauch	Härte	Bakterien im cem
	Nitrate	Nitrite			
0,41	0,0210	0,0001	—	1,9	—
0,38	0,0143	0,0001	0,60	1,8	—
0,41	0,0106	0,0001	0,63	1,7	—
0,40	0,0171	0,0001	0,69	0,7	—
0,37	0,0155	0,0001	0,56	1,4	—
0,40	0,0137	0,0001	0,64	1,6	—
0,29	0,0097	0,0001	0,44	1,4	—
0,24	0,0137	0,0001	0,35	1,1	—
0,25	0,0076	0,0001	0,38	1,3	181
0,30	0,0173	0,0001	0,42	1,7	162
0,29	0,0092	0,0000	0,40	1,3	164
0,30	0,0142	0,0001	0,39	1,5	126
0,34	0,0110	0,0001	0,37	1,5	176
0,36	0,0078	0,0001	0,36	1,4	231

an den nachfolgend bezeichneten Stellen.

0,0038	0,28	0,0059	0,0001	0,60	0,8
0,0026	0,26	0,0051	0,0001	0,35	0,9
0,0021	0,22	0,0070	0,0001	0,32	0,7
0,0021	0,28	0,0112	0,0001	0,55	1,1
0,0021	0,30	0,0070	0,0001	0,34	1,1
0,0029	0,28	0,0053	0,0002	0,30	1,2
0,0033	0,37	0,0115	0,0002	0,78	1,1
0,0021	0,34	0,0055	0,0002	0,83	1,0
0,0047	0,50	0,0046	0,0001	0,42	1,8
0,0022	0,35	0,0021	0,0001	0,33	1,4

sind, ausgerüstet werden und fortlaufende Berichte über alle seine diesbezüglichen Massnahmen erstatten. Er ist berechtigt, Ingenieure und sonstiges Personal — „engineers and clerks and other assistants“ —, das ihm notwendig erscheint, in seinem Dienste zu beschäftigen; doch ist er nicht berechtigt, Verträge mit Personen oder andere rechtliche Verpflichtungen abzuschliessen, die in finanzieller Beziehung das Budget des Staates belasten, falls er hierzu nicht ausdrücklich durch



den Landtag zuvor ermächtigt worden ist. Er soll jährlich am oder vor dem 10. Januar an den Landtag über seine Tätigkeit im vergangenen Jahre berichten und gleichzeitig die Voranschläge für den nächstjährigen Etat einreichen. Er soll auch gesetzgeberische Massnahmen und geeignete technische Entwürfe für Entwässerungssysteme vorschlagen, die zum Schutze der öffentlichen Gesundheit, sowie für die Reinigung und Reinhaltung von Teichen, Flüssen und sonstigen Binnengewässern im Staate notwendig sind.

Sektion II. Der Gesundheitsrat soll so oft es ihm notwendig erscheint, die „angeführten Wässer“ prüfen lassen, um sich zu überzeugen, ob sie als Quelle häuslicher Wasserversorgungen geeignet sind, oder ob sie sich in einem Zustande befinden, durch den das Interesse der Oeffentlichkeit bezw. Personen, die berechtigt sind sie zu benutzen, beeinträchtigt oder gar die öffentliche Gesundheit gefährdet wird. Er soll Massnahmen zum Schutze gegen die Verunreinigungen solcher Wässer, sowie zwecks Beseitigung von Stoffen und Ursachen irgendwelcher Art, die geeignet sind, eine Verunreinigung hervorzurufen, empfehlen, um so die Rechte und das Eigentum des Landes zu schützen und zu erweitern und hiermit auch die öffentliche Gesundheit zu schützen. Er soll berechtigt sein Versuche auszuführen, um die bestmöglichen Methoden zur Reinigung von Meteorwasser und von Abwasser, sowie zu ihrer Verteilung und Fortschaffung zu finden. — „methods of purification of drainage and sewage or disposal of the same“ —. Zu diesem Zweck ist er berechtigt, sich die Mitwirkung von Fachleuten zu sichern.

Sektion III. Der Rat soll von Zeit zu Zeit mit den Behörden der Stadt- und Landgemeinden, Korporationen, Firmen oder Personen, die Systeme zur Wasserversorgung oder zur Beseitigung des Niederschlags- oder Abwassers besitzen oder einzuführen gedenken, sich beraten. Er soll ihnen die geeignetsten Quellen für die Wasserversorgung sowie die bestmöglichen Methoden, um deren Reinheit zu sichern oder um Meteor- oder Abwässer zu verteilen und fortzuschaffen, empfehlen und zwar unter Beachtung der gegenwärtigen und künftigen Bedürfnisse und Interessen anderer Stadt- und Landgemeinden, Korporationen, Firmen oder Personen, die hiervon berührt werden könnten. Er soll auch von Zeit zu Zeit sich mit Personen und Korporationen beraten, die industrielle oder andere Anlagen besitzen oder zu errichten gedenken, falls durch das von ihnen stammende Meteor- oder Abwasser eine Verunreinigung irgendwelcher Binnengewässer eintreten kann, um so die bestmöglichen Methoden zur Verhinderung



solcher Verunreinigungen durch Beseitigung, Verteilung und Fortschaffung oder Reinigung solcher Meteor- oder Abwässer zur Durchführung zu bringen.

Die entstehenden Kosten für die Beratung oder für die Ausführung von Untersuchungen und Versuchen, die für die besagten Zwecke gemacht werden, sind nicht den Interessenten aufzuerlegen.

Alle Behörden, Korporationen, Firmen oder Personen sind verpflichtet, dem Rate die zur Wasserversorgung, sowie Beseitigung von Meteor- und Abwasser in Aussicht genommenen Entwürfe vorzulegen.

Alle an die Gesetzgebung gerichteten Anträge, um ein System zur Wasserversorgung und Beseitigung von Meteor- oder Abwasser einzuführen, müssen von einer Abschrift des Gutachtens des Rates begleitet sein.

Der Rat soll zur Kenntnis der Staatsanwaltschaft alle ihm bekannt gewordenen Fälle bringen, in denen die bestehenden Gesetze bezüglich der Verunreinigung von Wasserversorgungen und Binnengewässern verletzt werden; er soll jährlich an die Gesetzgebung alle besonderen Fälle, die nicht durch die bestehenden Gesetze berührt werden, berichten, falls nach seiner Ansicht eine Erweiterung der bestehenden Gesetzgebung notwendig wird.

Sektion IV. In diesem Gesetze bezieht der Ausdruck „Meteorwasser“ — „Drainage“ — sich auf Regen-, Oberflächen- und Grundwasser allein, der Ausdruck „Abwasser“ — „Sewage“ — auf häusliche und industrielle flüssige Abgänge.

Der auf Grund dieses Gesetzes zu seiner jetzigen Bedeutung erstandene „Staatliche Gesundheitsrat von Massachusetts“ — „State Board of Health of Massachusetts“ —, dessen Anfänge allerdings noch längere Jahre zurückreichen, entwickelte nunmehr eine ungemein fruchtbringende Tätigkeit auf dem Gebiete der Wasserversorgung und mehr noch der Abwässerbeseitigung, wie sie die besonderen Verhältnisse von Massachusetts erforderten und noch erfordern. Bereits im Jahre 1887 wurde die Versuchsanstalt in Lawrence errichtet<sup>1)</sup>. Auf

1) Seit länger als 10 Jahren wird die Anstalt nunmehr von Mr. H. W. Clark, dem hervorragenden in Nordamerika als erste wissenschaftliche Autorität geltenden Chemiker geleitet. In früheren Jahren haben Mr. Allen Hazen und Mr. George W. Fuller an der Anstalt gewirkt; ersterer hat sich mit Mr. Geo. C. Whipple, letzterer mit dem angesehenen deutsch-amerikanischen Ingenieur Mr. Rudolph Hering seit langem zu gemeinsamer Tätigkeit als beratende Ingenieure, „consulting engineers“ vereinigt.

Chefingenieur des Gesundheitsrats ist seit nunmehr fast 10 Jahren Mr. X. H. Goodnough. Sein Vorgänger Mr. F. P. Stearns, die erste Autorität auf dem



Grund der in ihr durchgeführten erfolgreichen Versuche wurde zwei Jahre später der innerhalb des Niederschlagsgebietes der Metropolitan-Wasserwerke gelegenen Stadt Framingham die Reinigung ihrer Abwässer mittels intermittierender Bodenfiltration auferlegt und mit diesem in Amerika erstmalig durchgeführten Verfahren ein glänzender Erfolg erzielt. 1891 folgten die Städte Gardner und Marlborough. Im Jahre 1903 übte der Rat die Aufsicht über 23 Abwässerreinigungsanlagen mittels intermittierender Bodenfiltration aus.

**Gründe, die zur Einführung der Abwässerreinigung mittels intermittierender Bodenfiltration in Massachusetts geführt haben.**

1887, im Jahre der Errichtung der Versuchsanstalt in Lawrence, war die Zahl der Verfahren zur Reinigung von Abwässern noch eine eng begrenzte. Die zahlreichen in den letzten Jahren mit wechselndem Erfolge durchgeführten neueren vollständigen oder teilweisen Reinigungsverfahren — Faulbecken, Füllbecken, Sprinklersystem und deren Kombinationen — waren, von einigen kleineren Ausführungen in England abgesehen, noch gänzlich unbekannt oder über Versuche im Laboratorium nicht hinausgekommen.

Bekannt war im Jahre 1887 neben der Reinigung in einfachen Absitzbecken diejenige mittels chemischer Fällmittel: Die industrie-reiche Stadt Worcester hatte mit diesem gegen den Rat des Gesundheitsrats einige Jahre vorher eingeführten Verfahren infolge der Schwierigkeiten der Schlamm-Beseitigung und -Unterbringung schlechte Erfahrungen gemacht. Man kannte ferner die in äusserst günstigen Kläreffekten bestehenden Vorzüge der Reinigung auf landwirtschaftlich genutzten Rieselfeldern nach den an Ausführungen in England, Deutschland und teilweise auch im eigenen Lande, im „Trockenen Westen“ gemachten Erfahrungen. Man verschloss sich aber auch nicht den Nachteilen dieses Verfahrens, bestehend in der Inanspruchnahme ungeheurer Landflächen und hohen Unterhaltungskosten. Letztere traten und treten noch heute für Amerika stärker in den Vordergrund, einerseits wegen der vermehrten Betriebsausgaben infolge der die unsrigen um das zwei- bis dreifache übersteigenden Höhe der Arbeitslöhne und andererseits wegen der verringerten Betriebseinnahmen infolge der Wohlfeilheit von Getreide jeglicher Art, Gemüsen, Obst, die aus den fast ausschliesslich in Grossbetrieben bewirtschafteten fruchtbaren

---

Gebiete der Wasserversorgung in Nordamerika, ist jetzt Chefingenieur der Metropolitan-Wasserwerke von Boston und Umgegend.



weiten Gebieten des „Mittleren Westen“ stammen. Nichtsdestoweniger drängten viele Gründe dahin, die Reinigung der Abwässer durch Behandlung auf gewachsenem Boden zu erstreben. Der aus grobem Sand und aus Kies bestehende Untergrund Massachusetts ist in hohem Masse aufnahmefähig; der Stand des Grundwassers ist im allgemeinen ein niedriger und daher seine Verunreinigung selten zu befürchten. Der ausserhalb der Stadt gelegene Boden liegt seit langen Jahren vielfach brach. Der Getreideanbau auf den im Vergleich zu den weiten fruchtbaren Flächen im „Mittleren Westen“ immerhin beschränkten und weniger ergiebigen Gelände lohnt sich nicht; einzelne kleinere Flächen werden zum Gemüsebau oder als Obstgärten, andere, die sog. „chicken farms“ als Hühnerplantagen benutzt; im allgemeinen jedoch sind die Flächen Oedland oder Weideland. Die Bevölkerung findet in der Industrie lohnendere und bequemere Tätigkeit.

Man hatte nun folgende Erfahrungen gemacht<sup>1)</sup>:

„Beim Rieselbetriebe muss die Grösse der Beschickungen mit Abwasser der Felder sich nach den auf ihnen gezogenen Pflanzen richten. Einige Bodenarten vermögen jedoch eine sehr viel grössere Menge Abwässer zu reinigen, als von landwirtschaftlichen Erzeugnissen ertragen wird. Voraussetzung ist jedoch, die Abwässer in solchen Zeitintervallen aufzuleiten, dass der Boden genügend entwässern kann und mehr oder weniger mit Luft während der Pausen zwischen den einzelnen Beschickungen wieder gefüllt wird. Dieses Verfahren ist als „Intermittierende Bodenfiltration“ bekannt. Durch dieses Verfahren werden die Schwebestoffe nahe der Oberfläche zurückgehalten und zu einem grossen Teile verbrannt. Die Flüssigkeit, die in dünnen gebrochenen Strahlen eindringt, kommt in Berührung mit der Luft. Viele in Lösung befindliche Stoffe werden beseitigt oder verändert, sodass der Abfluss sich als tatsächlich gereinigt erweist.

Diese Reinigung war, wie man ursprünglich annahm, ausschliesslich eine Folge des oxydierenden Einflusses der Luft; aber durch die Versuche<sup>2)</sup> von Schloesing in Frankreich,

1) Wörtlich entnommen aus: R. St. B. H. Mass. 1887. S. 38 und 41.

2) Näheres über diese Versuche:

a) R. St. B. H. Mass. 1887. S. 39 u. f.

b) Dunbar, „Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage“. 1907. S. 172.

c) Die Originalangaben enthält der erste Band des Berichts der englischen River Pollution Commission von 1870.



sowie Frankland und Warington in England wurde bewiesen, dass die Mitwirkung von Organismen hinzukommen muss, um eine nitrifizierende Wirkung hervorzubringen . . . . .“

„Zur Zeit kann niemand die Beschaffenheit des Abflusses von mit Abwässern beschickten Filterflächen bezüglich der Mengen der zulässigen Beschickungen, des Einflusses des Winters oder langer Stürme auf ihre Wirksamkeit, sowie der zweckmässigen Zeitintervalle zwischen den einzelnen Beschickungen zutreffend angeben. Diese Kenntnis kann nur durch Versuche und sorgfältige Beobachtungen erlangt werden.“

Auf diesen Grundsätzen baute man in Amerika die wissenschaftliche und praktische Durchbildung der Abwässerreinigung mittelst Behandlung auf gewachsenem Boden unter planmässigem Ausschluss landwirtschaftlicher Benutzung desselben auf.

Dem Gesundheitsrate des Staates Massachusetts gebührt der Dank, dieses Verfahren in die Wirklichkeit in grossem Umfange umgesetzt zu haben. Heute hat man auch in Deutschland begonnen, auf Grund der günstigen amerikanischen Erfahrungen diesem Verfahren lebhaftes Interesse zuzuwenden. Vielleicht wird es nun mit den eigentlichen künstlichen biologischen Filtern, bei denen die Verwendung des gewachsenen natürlichen Bodens von vornherein planmässig ausgeschaltet wird, unter geeigneten Verhältnissen in wirksamen Wettbewerb treten.

Mehr noch ist es wohl berufen, an vielen Stellen das Riesel-  
feld zu ersetzen und so weite, einst billige, jetzt dagegen infolge der Ausdehnung der Städte wertvolle Landflächen der Allgemeinheit wieder zwecks Schaffung von Stadterweiterungen, Villenkolonien und Parkanlagen zugänglich zu machen.

#### **Die Systeme der Sielnetze in den Gemeinden von Massachusetts.**

Beim Vergleich der in Reinigungsanlagen erzielten Kläreffekte ist darauf hinzuweisen, dass gewöhnliche häusliche amerikanische Abwässer im grossen Durchschnitt erheblich dünner als deutsche sind: Der Wasserverbrauch auf den Kopf der Bevölkerung beträgt durchschnittlich ein mehrfaches desjenigen in deutschen Städten. Bezüglich näherer Angabe wird auf S. 8 und die dort beigefügte Tabelle verwiesen.

In mehreren Gemeinden von Massachusetts, z. B. Clinton, Broekton, Worcester, treten die rein häuslichen Abwässer stark gegen die industriellen zurück, wie weiterhin bei Erörterung der einzelnen Angaben näher hervorgehoben werden wird.



Die meisten kleineren Gemeinden in Massachusetts sind nach dem Trennsystem, z. B. Brockton, Framingham, Natick, die Grossstädte ausschliesslich nach dem Sammelsystem (Mischsystem) entwässert. Die Entwicklung in dieser Hinsicht ist in Amerika eine andere wie in Deutschland. Man hat sich dort in den kleineren Gemeinden von vornherein darauf beschränkt, nur diejenigen Wässer, die wirklich gesundheitsschädlich sind, also die eigentlichen Abwässer unterirdisch abzuleiten; das Niederschlagswasser läuft im allgemeinen oberirdisch ab. Nur in den Grossstädten, in denen das Regenwasser schon durch seine Massen nachteilig wirkt, hat man das Sammelsystem eingeführt.

In den letzten Jahren hat jedoch die Sorge um die Reinhaltung der Vorflut dazu geführt, der Frage der Durchführung eines vollständigen Trennsystems mit getrennter unterirdischer Ableitung der Ab- und der Niederschlagswässer in den Grossstädten näher zu treten. Die von der Küste und hiermit von dem Vorfluter weit entfernten neu aufzuschliessenden Stadtteile in Boston sollen nach dem getrennten System entwässert werden. Ja, für die am Charles-River gelegenen vollständig bebauten und nach dem Sammelsystem entwässerten Stadtteile beabsichtigt man, unter Beibehaltung der bestehenden Strassenkanäle für die Ableitung des Niederschlagswassers, noch besondere für diejenige der Abwässer nachträglich einzubauen. Eine vollständige Aenderung der Grundstücksentwässerungen würde die Folge sein.

Leider sind die durch die Einführung des getrennten Systems zu erzielenden Ersparnisse bei der Reinigung der Abwässer infolge der unsorgfältigen Art der Verlegung der Röhren vielfach wieder aufgehoben. Der Grundwasser- und auch der Regenwasserzufluss zu den Leitungen durch undichte Muffenverbindungen, Anschlüsse von Kellerentwässerungen, von Sinkkasten und Regenröhren ist in den meisten Anlagen ganz enorm. Jeder stärkere Niederschlag macht sich im Abflusse alsbald bemerkbar<sup>1)</sup>.

1) Wegen der erheblichen Grundwasserzuflüsse, die in sämtlichen amerikanischen nach dem Trennsystem ausgeführten Kanalisationsanlagen festgestellt worden sind, hat man neuerdings schon bei Aufstellung der generellen Entwürfe entsprechende Mengen an Grundwasser als zulässig aufzunehmen angenommen. So sieht Mr. Rudolph Hering in seinem im Herbst 1907 herausgegebenen generellen Entwurf für die nach dem Trennsystem gedachte Entwässerung der südlichen neu aufgeschlossenen Stadtteile von Chicago, deren Untergrund grösstenteils aus Clayboden besteht, einen Grundwasserfluss von 0,94 cbm für das Hektar entwässerte Fläche und Tag vor. s. Report on the Disposal of Sewage from the Calumet subdivision of the Sanitary District of Chicago, by Rudolph Hering, Chicago, Oktober 1907.



Bemerkt sei hier, dass die Dichtung der Muffen der Steinzeugröhren mit Asphaltkitt und Teerstrick in Amerika — abgesehen von bald wieder aufgegebenen Versuchen in Quincy, einem Vororte von Boston — noch nicht eingeführt ist<sup>1)</sup>. In der Regel werden die Röhren mit Ton und Teerstrick, bisweilen mit Portlandzement verdichtet.

Die Güte der Arbeit leidet häufig sehr unter den politischen Umtrieben, denen die städtischen Verwaltungen stark ausgesetzt sind.

## II. Teil.

### Die Versuchsanstalt in Lawrence und ihre wichtigsten Versuche mit intermittierenden Sandfiltern.

Die Bemühungen des Gesundheitsrats bei Auswahl eines für die Anlage der Versuchsanstalt geeigneten Platzes gingen zunächst dahin, diese an einer Stelle zu errichten, wo zu Versuchszwecken die üblichen städtischen Abwässer, unbeeinflusst durch Regen- und Grundwasser zur Verfügung stehen. Eine in jeder Hinsicht geeignete Stadt fand sich leider im ganzen Staate Massachusetts nicht. Man entschied sich dahin, die Versuchsanstalt nach Lawrence zu legen. Hier standen für ihre Zwecke die Abwässer aus den Geschäften und Wohnungen einer Bevölkerung von etwa 10000 Seelen — im Jahre 1887 — zur Verfügung, deren Beschaffenheit durch industrielle Abwässer nicht beeinflusst wird. Da das Sietnetz nach dem Sammelsystem gebaut ist, so werden die Abwässer bei Regenwetter stark mit Regenwasser verdünnt. Aus dem Strassensiel wird das für die Versuche bestimmte Abwasser durch ein  $2\frac{1}{2}$ zölliges eisernes Rohr 1320 m weit zu der Versuchsanstalt gepumpt, und zwar ausschliesslich in den Stunden von 7 Uhr morgens bis 5 Uhr nachmittags, also zu einer Zeit, in der die Abwässer stärker als in den verbleibenden Tagesstunden sind. Die durchschnittliche Zusammensetzung der den einzelnen Versuchfiltern zugeführten Abwässer an organischen Stoffen als Mittel von an allen Dienstagen im Jahre genommenen Proben ist in der beigefügten Tabelle No. 9 für die einzelnen Monate der Jahre 1892, 1898 und 1904 angegeben<sup>2)</sup>.

1) Ueber „Steinzeugröhren zu Kanalisationszwecken, ihre Beschaffenheit, Verlegung und Dichtung“ vgl. „Gesundheit“, Jahrgang 1908, No. 1, einen Aufsatz des Verfassers.

2) Die amerikanischen und die deutschen Untersuchungsmethoden zwecks Feststellung der Beschaffenheit des Abwassers stimmen allerdings nicht genau miteinander überein. Infolgedessen sind auch die Ergebnisse nur annähernd einander vergleichbar. Ein näheres Eingehen auf diese Unterschiede liegt jedoch ausschliess-



Tabelle No. 9.  
 Durchschnittliche Zusammensetzung des Abwassers der Versuchsanstalt in Lawrence.  
 Teile in 100000.

Monat	Temperatur in C.		Freies Ammoniak		Albuminoid-Ammoniak		Stickstoff nach Kjeldahl		Chlor		Sauerstoffverbrauch		Bakterien im cem								
	1898	1904	1892	1904	insgesamt	in Lösung	insgesamt	in Lösung	1892	1904	1892	1904	1892	1904							
	a)		1892	1904	1892	1904	1892	1904	1892	1904	1892	1904	1892	1904							
Januar	7,3	14,0	1,93	2,50	4,90	0,69	0,57	—	0,31	0,34	1,59	0,80	5,15	5,59	10,20	3,90	3,14	4,95	661000	2350000	2733000
Februar	8,3	11,1	2,41	2,58	5,27	0,73	0,56	—	0,38	0,31	1,86	0,70	7,02	6,01	9,02	4,30	2,91	6,03	1143000	2173000	2260000
März	7,9	11,1	2,50	2,71	4,38	0,68	0,56	—	0,37	0,34	1,62	0,89	5,83	6,16	11,40	4,06	2,87	5,64	989000	1569000	2270000
April	7,3	11,7	2,70	2,73	5,77	0,71	0,69	—	0,37	0,37	1,71	1,34	6,06	6,26	11,31	3,40	3,65	5,33	802000	1953000	2167000
Mai	13,0	15,6	2,70	3,07	5,06	0,69	0,61	—	0,35	0,29	1,53	0,68	7,75	6,81	14,20	3,60	3,20	4,19	714000	1915000	2016000
Juni	19,0	19,0	2,33	3,23	4,98	0,54	0,56	—	0,24	0,24	1,39	0,50	9,29	8,07	13,14	3,50	3,06	4,19	626000	1641000	1750000
Juli	23,0	22,8	2,70	3,09	4,78	0,62	0,46	0,80	0,32	0,22	1,61	0,62	9,42	8,40	14,34	3,12	2,42	4,52	504000	1076000	1563000
August	23,4	21,7	2,58	2,19	4,08	0,69	0,40	0,66	0,29	0,18	1,37	0,51	9,93	8,59	14,31	4,08	2,75	4,55	829000	885000	1238000
September	20,0	19,4	3,10	2,91	3,97	0,72	0,55	0,79	0,31	0,22	1,32	0,50	8,99	7,72	11,89	4,27	3,26	4,32	800000	1756000	1323000
Oktober	14,4	16,6	3,51	4,08	6,60	0,82	0,65	1,28	0,38	0,31	2,40	1,07	9,87	7,77	12,52	4,27	3,56	5,44	927000	2308000	3585000
November	9,4	11,6	2,71	3,93	6,76	0,77	0,77	1,28	0,36	0,33	2,90	1,14	8,13	7,32	13,66	4,50	4,41	5,92	854000	2404000	2900000
Dezember	8,0	7,3	2,97	2,90	4,90	0,92	0,59	0,87	0,42	0,31	2,94	1,71	12,03	6,14	8,58	5,10	3,46	6,26	863000	2309000	2475000
im Mittel	13,4	15,0	2,68	2,99	5,12	0,72	0,58	0,95	0,34	0,29	1,85	0,87	8,29	7,07	12,05	4,01	3,22	5,11	809000	1862000	2197000

Bemerkungen: a) für 1892 nicht angegeben. b) für 1892 und 1898 nicht angegeben.



Die Tabelle zeigt, dass der Gehalt des Abwassers an organischen Stoffen im Laufe der Jahre ein stärkerer geworden ist. Der Bericht des Gesundheitsrates von 1904 bezeichnet das Abwasser als „ein starkes häusliches Abwasser“. In 1000 cbm rohem Abwasser sind nach dem Durchschnitt der letzten 18 Jahre 247 kg Schwebstoffe — gemessen als trockener Schlamm — vorhanden<sup>1)</sup>. Von diesen sind 75 v. H. organisch, die zu nur 2—5 v. H. aus organischem Stickstoff, zu 40 v. H. aus Kohlenstoff und 20—25 v. H. aus Fetten sich zusammensetzen.

Die Abwässer werden einer grossen Reihe verschiedenartigster Filter in verschiedenartigster Weise zugeführt. Von diesen Filtern, deren Gesamtzahl vom Beginn der Untersuchungen im Jahre 1887 bis zum Jahre 1906 auf annähernd 300 gestiegen ist, sind die ältesten, grössten und den wirklichen Verhältnissen der Praxis am meisten sich anpassenden die acht in ihrer Mehrzahl bereits in den Jahren 1887 und 1888 in Betrieb genommenen und bis heute fortlaufend durch intermittierende Beschickungen systematisch betriebenen grossen Filter No. 1, 2, 4, 5A bzw. 5B, 6, 9A und 10. Die an diesen Filtern in den ersten Jahren gesammelten Erfahrungen waren massgebend für die Konstruktion der ersten zur praktischen Durchführung gelangten Abwässerreinigungsanlagen mittels intermittierender Bodenfiltration<sup>2)</sup>. In den späteren Jahren haben die an diesen Filtern gesammelten wissenschaftlichen Ergebnisse und die an den ausgeführten städtischen Filtern gemachten praktischen Erfahrungen sich teilweise ergänzt.

lich auf dem Gebiete des speziell vorgebildeten Chemikers. Verfasser begnügt sich daher auf einige Quellen hinzuweisen:

1. Earle B. Phelps:

- a) Analytical Methods and Interpretation of Results,
- b) The Interpretation of Sewage Analysis (hier auch bezügliche weitere Literaturangaben),

beide Aufsätze in den Veröffentlichungen des „Massachusetts Institut of Technology Boston“ für 1906.

2. R. St. B. H. Mass. 1904. p. 230.

R. St. B. H. Mass. 1905. p. 361.

3. A. Bredtschneider und Dr. K. Thumm:

„Englische und deutsche Untersuchungsmethoden“, s. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung in Berlin, Heft 3, S. 28 u. f.

1) R. St. B. H. Mass. 1906. p. 217.

2) Im Folgenden werden diese letzteren in den Stadt- oder Landgemeinden ausgeführten Filter als „städtische Filter“ bezeichnet werden; diesen stehen die „VersuchsfILTER“ in Lawrence gegenüber.



Die im Nachfolgenden gegebene Beschreibung der sieben wichtigsten dieser Filter muss sich auf eine Wiedergabe der hauptsächlichsten Ergebnisse und der Bedingungen, unter denen diese erzielt wurden, beschränken:

Sämtliche Filter liegen ausserhalb der Gebäude vollständig im Freien und zwar in der Erde. Sie sind kreisrund und haben einen Durchmesser von je 200 engl. Zoll = 5,0 m. Ihre Oberfläche beträgt einheitlich  $\frac{1}{200}$  engl. acre = 10,63 qm. Die äussere Begrenzung besteht aus dicht miteinander verbundenen Brettern aus Zypressenholz. Das Einbringen des Filtermaterials erfolgte in allen Filtern mittelst Einwerfen in Wasser, mit dem die Behälter gefüllt waren. Hierdurch wurde eine erhebliche einschlämme Wirkung und so eine Anpassung an die natürliche Lagerung des Materials im gewachsenen Boden erzielt. Sämtliche Filter sind durch Drains, die in einer Kiesschicht von annähernd 9 cm Stärke verlegt sind, sehr gut entwässert. Diese Kiesschicht besteht aus nach oben zu kleiner werdenden Kieseln. Das Abwasser wird den Filtern von hochstehenden Messbehältern, in die es gepumpt wird und deren je einer für fünf Filter dient, in bestimmten genau zu regulierenden Mengen mittels eines leicht beweglichen Schlauches zugeführt. Die beigefügten Abbildungen No. 2—4 sind photographische Aufnahmen dieser grossen VersuchsfILTER, und zwar sind No. 2 und 3 im Jahre 1905, No. 4 dagegen bereits im Jahre 1896 aufgenommen.

Filter No. 1. Filter No. 1 besteht in einer Tiefe von 1,50 m aus grobem Sand „in einer wirksamen Grösse“<sup>1)</sup> von 0,48 mm und einem „Gleichmässigkeitskoeffizienten“<sup>2)</sup> von 2,4. Dieses Material ist unmittelbar aus dem gewachsenen Boden entnommen. Ziffer 1 der Abbildung No. 5 zeigt die Korngrösse des Sandes. Die Oberfläche dieses Filters wurde von seiner Inbetriebnahme bis Frühjahr 1904 vollständig eben und gleichförmig gehalten. Seitdem ist sie mit Furchen und Dämmen von 25 cm Höhe in dem Bestreben versehen,

1) Die Grösse der das Filtermaterial bildenden Sand- bzw. Kieskörner wird gemessen als Durchmesser einer Kugel von gleich grossem Volumen. „Wirksame Grösse“, „effective size“ heisst, dass 10 v. H. des gesamten Gewichts des Filtermaterials kleinere Korngrösse als die angegebene haben. Im vorliegenden Falle haben z. B. mithin 10 v. H. des gesamten Filtermaterials — dem Gewicht nach — kleinere Korngrösse als Kugeln von 0,48 mm Durchmesser.

2) Unter „Gleichmässigkeitskoeffizient“ versteht man den Quotienten  $\frac{A}{B}$ ; hierin sind die Werte von A und B so bestimmt, dass 60 v. H. des gesamten Filtermaterials kleiner als A und 10 v. H. kleiner als B sind.



Abbildung No. 2.



Abbildung No. 3.

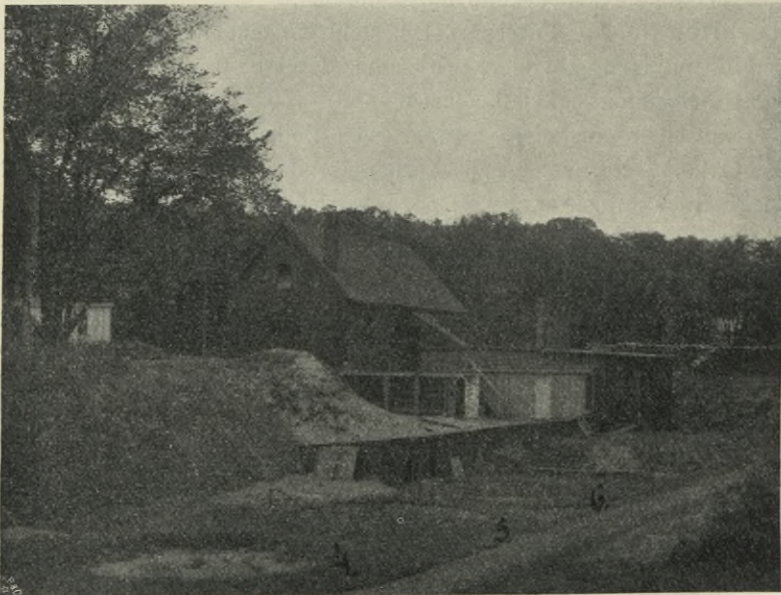




Abbildung No. 4.

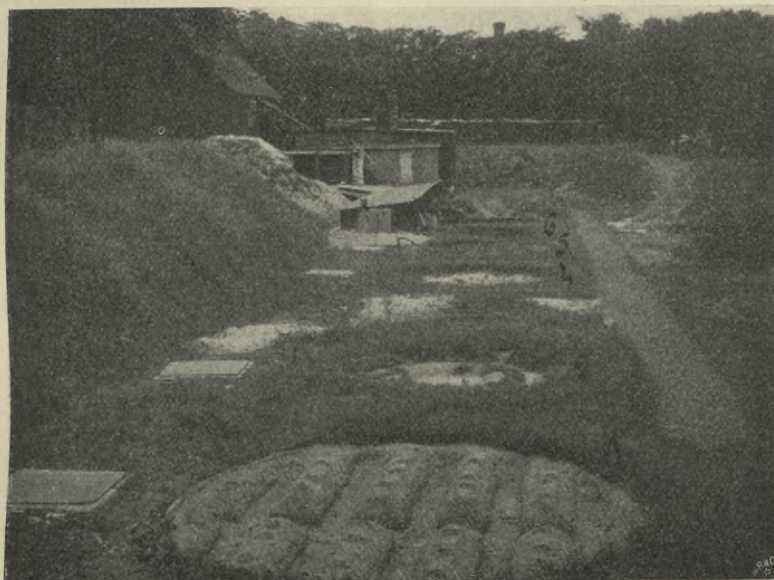


Abbildung No. 2—4: Die grossen VersuchsfILTER in Lawrence.

den allmählich geringer gewordenen Reinigungseffekt neu zu beleben. Näheres hierüber vergl. Seite 31. Das Filter ist seit dem 10. Januar 1888 fortlaufend im Betriebe.

Filter No. 2. Filter No. 2 besteht in einer Tiefe von 1,50 m aus sehr feinem, nahezu weissen Sande, in einer „wirksamen Grösse“ von 0,08 mm und einem „Gleichmässigkeitskoeffizienten“ von 2,0. Dieses Material ist gleichfalls unmittelbar aus dem gewachsenen Boden entnommen. Ziffer 2 der Abbildung No. 5 zeigt die Korngrösse des Sandes. Auf der Oberfläche sind zwei ringförmige Gräben von je einem Fuss Breite und zwei Fuss Tiefe aus mittelfeinem Sand in einer „wirksamen Grösse“ von 0,19 mm angelegt. Auf die Oberfläche dieser Gräben, die etwas tiefer als die eigentliche Oberfläche der Filter liegt, wird das Abwasser ausschliesslich geleitet. Das Filter ist seit dem 19. Dezember 1887 fortlaufend im Betriebe.

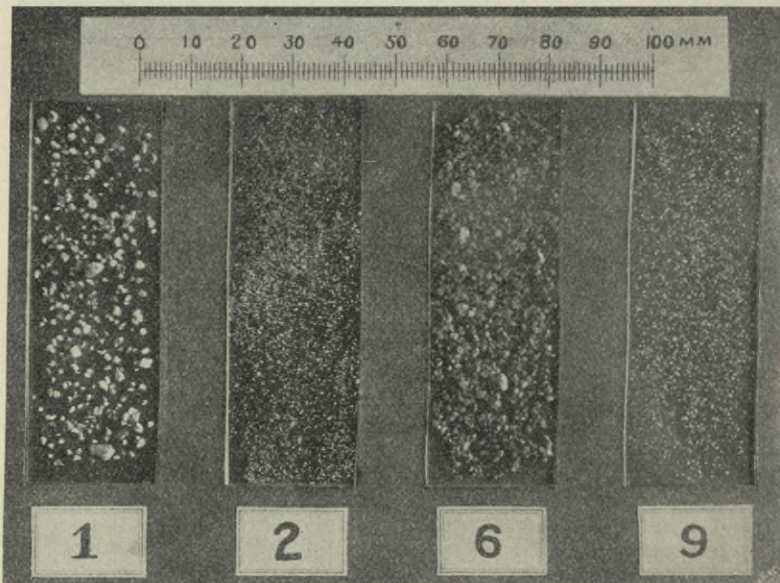
Filter No. 4. Filter No. 4 besteht in einer Tiefe von 1,50 m aus feinem Flussschlamm in einer wirksamen Grösse von 0,04 mm und einem Gleichmässigkeitskoeffizienten von 2,7. Dieses Material ist unmittelbar aus dem gewachsenen Boden entnommen. Auf der Oberfläche sind zwei ringförmige Gräben von je 35 cm Breite und



30 cm Tiefe aus grobem Sand in einer „wirksamen Grösse“ von 0,48 mm angelegt. Auf die Oberfläche dieser Gräben, die etwas tiefer als die eigentliche Oberfläche der Filter liegt, wird das Abwasser ausschliesslich geleitet. Das Filter ist seit dem 19. Dezember 1887 fortlaufend im Betriebe.

Filter No. 5A. Filter No. 5A besteht in einer Tiefe von 1,50 m aus feinem gesiebt Kies in einer „wirksamen Grösse“ von 1,40 mm und einem „Gleichmässigkeitskoeffizienten“ von 2,4. Das Filter wurde

Abbildung No. 5.



Korngrösse im Versuchsfilter in Lawrence.

am 14. September 1891 in Betrieb genommen. R. St. B. H. Mass. 1892 sagt auf Seite 411:

„Das Material war zu rauh, um die beste Reinigung des Abwassers zu bewirken; doch ist die chemische Reinigung eine recht befriedigende. Eine der grössten Schwierigkeiten beim Betrieb eines Filters aus einem so groben Material besteht darin, eine gleichmässige Verteilung des Abwassers zu erzielen. Die Tendenz des Abwassers geht dahin, auf einer engbegrenzten Fläche nahe der Zuleitungsstelle hinabzuffliessen, während die übrige Fläche des Filters ungebraucht bleibt.“



Die infolgedessen in dem gleichen Jahre gemachten Versuche, durch Bedecken der Filteroberfläche mit einer Lage mittelfeinen Sandes eine gleichmässigeren Verteilung des Abwassers zu erzielen, führten zu einem Misserfolge. Die Deckschicht hält infolge ihrer grösseren Kohäsionskräfte eine beträchtliche Menge Wasser fest und bildet so einen Wasserverschluss für das darunter liegende Filter; die Belüftung des Filters von oben wird daher durch diesen Wasserverschluss im wesentlichen verhindert und bleibt überhaupt in nur sehr geringem Masse noch durch die zur Entwässerung dienenden Drains erhalten. Die reinigende Wirkung des Filters geht daher mehr und mehr in eine ausschliessliche „Durchsiebung“ über; die Nitrifizierung hört allmählich ganz auf. Man hat daher nach Verlauf weniger Monate die Deckschicht wieder beseitigt und das Filter wieder in den früheren Zustand gebracht.

Im Jahre 1898 entschied man sich, das Filter ausser Betrieb zu nehmen. Von der Inbetriebnahme bis zum 3. März 1898, dem Tage der Einstellung der Versuche, war das Filter mit insgesamt 3092,2 cbm, entsprechend 1,5461 Millionen cbm für das ha Oberfläche beschickt worden. R. St. B. H. Mass. 1898 sagt auf Seite 480: „Das Filter war während dieser Jahre mit einer durchschnittlichen Menge von täglich „60000 gall. per acre“<sup>1)</sup> gleich 5,7 cm Wassersäule für das qm Oberfläche beschickt worden. Wenn auch entsprechend dem groben Korn des Filtermaterials sein Abfluss niemals den Reinheitsgrad anderer Filter erreichte, so war doch die prozentuale Reinigung hoch; das Filter nahm das zugeführte Abwasser ohne Schwierigkeiten. Bei Beendigung der Versuche befand sich das Filtermaterial in guter Beschaffenheit und war anscheinend fähig, Abwasser für eine unbegrenzte Zeitperiode noch zu empfangen.“

Filter No. 5B. Filter No. 5B besteht in einer Tiefe von

1) Die im Nachfolgenden oft vorkommende Beziehung „gallonen per acre“ ergibt auf „cbm f. d. Hektar“ umgerechnet:

$$\frac{\text{gall.}}{\text{acre}} = \frac{3,785}{1000 \cdot 0,4} \frac{\text{cbm}}{\text{ha}} = 0,0094625 \frac{\text{cbm}}{\text{ha}} \sim \frac{1}{100} \frac{\text{cbm}}{\text{ha}}$$

Für die Tabellen ist zur Vereinfachung der Umrechnung der angenäherte Wert  $\frac{1}{100} \frac{\text{cbm}}{\text{ha}}$  eingesetzt worden, falls nicht ausdrücklich ein anderes bemerkt worden ist. Eine genaue Nachprüfung der Tabellen wird ohne weiteres diese kleine Ungenauigkeit ergeben. Für Vergleichszwecke ist sie belanglos, wenn man sich nur erinnert, dass die in der Technik anerkannten Formeln für die Geschwindigkeiten und mithin Abflussmengen unter sich erheblich grössere Abweichungen ergeben.



1,50 m aus einer Mischung von Schlacken und Asche, die aus der Verbrennung von Weichkohle sich ergeben hat. Die Oberfläche dieses Filters ist vollständig eben und gleichförmig. Es ist am 5. März 1898 in Betrieb genommen und am 11. Juli 1905 ausser Betrieb gesetzt worden. An seiner Stelle wurde ein Filter — No. 5C — aus grobem Sand aufgebaut.

Filter No. 6. Filter No. 6 besteht in einer Tiefe von 1,10 m aus einer Mischung von grobem und feinem Sand in einer wirksamen Grösse von 0,35 mm und einem Gleichmässigkeitskoeffizienten von 7,0. Dieses Material ist unmittelbar aus dem gewachsenen Boden entnommen. Ziffer 6 der Abb. No. 5 zeigt die Korngrösse dieses Kiesandes. Das Filter ist seit dem 12. Januar 1888 fortlaufend im Betriebe.

Filter No. 9A. Filter No. 9A besteht in einer Tiefe von 1,25 m aus etwas lehmhaltigem Sand in einer wirksamen Grösse von 0,17 mm und einem Gleichmässigkeitskoeffizienten von 2,0. Dieses Material ist unmittelbar aus dem gewachsenen Boden entnommen. Ziffer 9 der Abb. No. 5 zeigt die Korngrösse des Sandes. Die Oberfläche dieses Filters wurde von seiner Inbetriebnahme bis Frühjahr 1904 vollständig eben und gleichförmig gehalten. Seitdem ist es mit Furchen und Dämmen von 25 cm Höhe in dem Bestreben versehen, den allmählich geringer gewordenen Reinigungseffekt neu zu beleben; näheres hierüber vergl. Seite 31. Das Filter ist seit dem 18. November 1890 fortlaufend im Betriebe.

Die vorgenannten acht Filter sind in den ersten Jahren nach ihrer Inbetriebnahme wesentlich anders als in dem darauffolgenden bis heute reichenden Zeitraum betrieben worden. Die erste Periode reicht bis zu den Jahren 1892/1893, die zweite, wie bemerkt, bis heute. In der ersten Periode wurde das rohe — also nicht vorgereinigte — Abwasser in einzelnen Beschickungen von bestimmter Menge, deren Grösse und Häufigkeit für die einzelnen Filter verschieden war, den einzelnen Filtern zugeführt. So wurden beispielsweise Filter No. 1 zwölfmal, Filter No. 2 sechsmal, Filter No. 4, 6 und 9A meist je dreimal die Woche beschickt. An Sonntagen erfolgen vom Beginn der Versuche an keine Beschickungen, worauf besonders hingewiesen sei; die Sonntage sind mithin während der ganzen Dauer des nunmehr zwanzigjährigen Betriebes Ruhetage. Während des Frostes wurden die Filter mit Leinwanddecken bzw. mit Brettern abgedeckt, um den Einfluss des Frostes fernzuhalten. Irgend eine andere Behandlung der Oberflächen der Filter fand in den ersten Jahren nicht statt.



In den Jahren 1892 bzw. 1893 machte sich eine sehr erhebliche Verschlammung sämtlicher Filter bemerkbar. Während diese bei den meisten Filtern nur die Schichten an der Oberfläche betraf, war Filter No. 9A in seiner ganzen Tiefe verschlammt. Als Ursachen der Verschlammung dieses Filters in ganzer Tiefe wurden Schlammablagerungen in zahlreichen mehr oder weniger ausgedehnten Lagern ermittelt. Diese Ablagerungen fanden sich am Uebergang aus gröberem Material in feineres lehmhaltiges. Die Schwebestoffe setzen sich in erheblichen Mengen auf der Oberfläche des feineren Materials ab, verschlammten dieses und machen so das Filter für die zur Oxydation nötige Luft undurchdringlich. Begünstigt wird die Bildung solcher Lagen gröberer und feineren Materials infolge des beim Einwerfen des Filtermaterials während des Baues eingetretenen ungleichmässigen Niederschlagens und Absetzens.

Man sah sich daher im Jahre 1893 genötigt, die oberen 22,5 bzw. 10,0 cm von den Filtern No. 1 bzw. 6 zu beseitigen und durch neues Material zu ersetzen. Ebenso wurden 11 bzw. 9 cm der ringförmig vertieften Zuleitungsgräben der Filter No. 2 bzw. 4 beseitigt und durch neues Material ersetzt. Von Filter No. 9A wurden zunächst die obersten 27,5 cm beseitigt und sodann das ganze Filter bis zur Sohle umgegraben. Nach erfolgtem Umgraben wurde das alte Material wiederum eingefüllt; während es jedoch bei der erstmaligen Einfüllung in Wasser geworfen wurde, wurde es nunmehr trocken eingebracht.

Seit dem Jahre 1893 bis heute ist kein Sand mehr aus den Filtern entfernt worden. Die dauernde Inbetriebhaltung der Filter wurde dadurch erreicht, dass sie jährlich wenigstens zweimal 15—20 cm tief umgegraben und die Oberflächen wöchentlich einmal geharkt wurden, eine Massnahme, die im grossen Massstabe dem Umpflügen und Eggen der städtischen Filter entspricht. In den Filtern No. 2 und 4 wurde während der Jahre 1893 bis 1896 der grobe Sand in den Gräben, auf die das Abwasser ausschliesslich geleitet wird, nach Bedarf vorübergehend herausgenommen und nach Umgraben der Sohle dieser Gräben und Abharken ihrer Seitenflächen wieder eingefüllt. In den nachfolgenden Jahren wurde jedoch diese Behandlung ausgesetzt, bis sie im Herbst 1903 in dem Bestreben wieder aufgenommen wurde, die auf der Oberfläche und in der Sohle dieser Gräben — also in der Berührungsfläche zwischen dem groben Sande der Gräben und



dem feinen des Filters selbst — allmählich angesammelte organische Substanz besser zu beseitigen.

Auch während der zweiten Periode wurden im Winter die Oberflächen der Filter durch Leinwanddecken bzw. Bretter gegen den Einfluss des Frostes geschützt, so oft und so lange es nötig erschien. Sowohl in der ersten wie in der zweiten Periode wurden Schnee und Eis, die sich auf der Oberfläche gebildet hatten, regelmässig beseitigt, um die Filter im Betriebe zu erhalten. Die Nitrifizierung war während der Winterkälte regelmässig bedeutend geringer als im Sommer.

Es muss hier eingeschaltet werden, worauf später noch genauer eingegangen wird, dass die meisten der städtischen Filter in jedem Jahre vor Beginn der Frostperiode in ihrer ganzen Oberfläche mit entsprechend tiefen Furchen versehen werden — vgl. Abb. No. 11. — Der niederfallende Schnee bildet unter der Einwirkung des Frostes eine einheitliche, auf den kleinen Dämmen, die die einzelnen Furchen von einander trennen, ruhende Decke. Unter dieser Decke fliesst in den Furchen das warme Abwasser, das in möglichst grossen, auf möglichst kurze Zeit sich erstreckenden Beschickungen zugeführt wird, den Filtern zu. Dieses warme Abwasser verhindert einerseits ein Eindringen des Frostes in die tieferen Lagen des Filters, andererseits wird es selbst durch die über ihm befindliche Schneedecke vor starker Abkühlung geschützt. Diese äusserst einfache und zweckmässige Massnahme<sup>1)</sup> zur Beschickung der grossen städtischen Filter während der Wintermonate versuchte man vergeblich bei den kleineren Versuchsfiltern in Lawrence durchzuführen. Die geringen absoluten Mengen des zugeführten Abwassers und die gute Drainierung dieser Filter verhinderten die wirksame Durchführung dieser Massnahme.

Der in den Filtern während des nunmehr fast zwanzigjährigen Betriebes erzielte Reinigungseffekt ist jahraus jahrein bis heute noch ein hochbefriedigender. Das Filtrat ist fast stets klar, farblos und frei von Gerüchen; es enthält einen erheblichen Prozentsatz des im Abwasser zugeführten Stickstoffs als Nitrate; die Zahl der in ihm noch enthaltenen Bakterien ist sehr gering; ein Nachfaulen tritt nicht ein<sup>2)</sup>.

1) Auf deutschen Rieselfeldern sind ähnliche Massnahmen, wenn auch nicht so systematisch geübt, üblich. Auch die Anwendung der „Einstaubecken“ im Winterbetriebe der Rieselfelder beruht auf demselben Grundgedanken.

2) Genaue Analysen des Filtrats sämtlicher Filter für jedes Jahr von 1888 bis 1907 sind in Tabellen in den jährlich erscheinenden R. St. B. H. Mass. aufgeführt.



Die genaueren Angaben sind aus den in der Anlage I u. II<sup>1)</sup> und im Text gefügten Tabellen No. 10—16 über die Analysen des Filtrates aus den einzelnen Filtern ersichtlich.

I. Tabelle No. 10 zeigt die Ergebnisse der Abflüsse des Filters No. 1 in den Jahren 1892, 1898, 1904 und 1906. Beachtenswert ist der geringe Gehalt an Nitraten während der Monate April und Mai 1892 vor dem erfolgten Umgraben der Oberfläche.

II. Tabelle No. 11 zeigt die Ergebnisse der Abflüsse des Filters No. 2 in den Jahren 1892, 1898, 1904 und 1906.

III. Tabelle No. 12 zeigt die Ergebnisse der Abflüsse des Filters No. 4 in den Jahren 1892, 1898, 1904 und 1906.

IVa. Tabelle No. 13 zeigt die Ergebnisse der Abflüsse des Filters No. 5A in den Jahren 1892 und 1898.

IVb. Tabelle No. 14 zeigt die Ergebnisse der Abflüsse des Filters No. 5B in den Jahren 1898 und 1904.

V. Tabelle No. 15 zeigt die Ergebnisse der Abflüsse des Filters No. 6 in den Jahren 1892, 1898, 1904 und 1906.

VI. Tabelle No. 16 zeigt die Ergebnisse der Abflüsse des Filters No. 9A in den Jahren 1892, 1898, 1904 und 1906.

Trotz dieser aus den beigefügten Tabellen ersichtlichen guten Abflüsse sind in den letzten Jahren und zwar seit 1903 Wahrnehmungen gemacht worden, die für die Erhaltung des dauernden Betriebes der Filter von grösster Bedeutung sind. Die leitenden Chemiker der Versuchsanstalt in Lawrence haben sich der Feststellung der Ursachen dieser Wahrnehmungen und ihrer Abänderung mit grösstem Fleiss angenommen. Im Nachfolgenden sei auf diese Untersuchungen auszugsweise eingegangen:

In der oberen 15 bis 20 cm starken Schicht der Filter No. 1, 6 und 9A und in den „Beschickungsgräben“ der Filter No. 2 und 4 hat sich ein recht erheblicher Betrag organischer Substanz im Laufe der Jahre angesammelt, der mehr und mehr die Oberfläche verstopfte und so die Nitrifizierung nachteilig beeinflusste. Diese Ansammlung an organischer Substanz führte man zunächst im wesentlichen auf die geringere Nitrifizierung während der kalten Wintermonate zurück. Man hoffte, durch eine stärkere Belebung der nitrifizierenden Wirkungen in den Filtern diese Ansammlung an organischer Substanz zu beseitigen. Die Filter No. 1, 6 und 9A wurden mit 25 cm tiefen Furchen versehen, die allein mit Abwasser beschickt wurden. So wurde grösseren Teilen der Filteroberfläche eine Ruhepause gewährt,

1) Die weniger wichtigen und die umfangreicheren Tabellen sind in zwei am Schlusse beigefügten besonderen Anlagen wiedergegeben.



Tabelle  
Analysen des durchschnittlichen Abflusses  
Teile in

Monat	Tägl. durchschnitl. Beschickungsmenge für 6 Tage in der Woche in cbm für den ha		Temperatur in C.				Zeitdauer des Verbleibens des Abwassers an der Oberfläche in Minuten		Aussehen			
			im Abwasser		im Abfluss				Trübung		Farbe	
	1892	1898	1892	1898	1892	1898	1892	1898	1892	1898	1892	1898
Januar	850	831	6,7	7,7	3,9	3,3	334	38	schwach	stark	0,25	0,42
Februar	974	833	7,3	8,3	2,3	3,9	—	19	do.	deutlich	0,33	0,32
März	947	—	6,7	—	2,7	—	—	—	do.	—	0,27	—
April	946	—	8,3	—	9,5	—	85	—	sehr schwach	—	0,24	—
Mai	469	—	11,7	—	13,3	—	1440	—	do.	—	0,60	—
Juni	862	—	20,0	—	20,0	—	—	—	do.	—	0,44	—
Juli	801	—	21,7	—	21,7	—	136	—	schwach	—	0,57	—
August	859	—	22,3	—	23,3	—	270	—	do.	—	1,42	—
September	857	—	17,7	—	19,5	—	165	—	do.	—	1,95	—
Oktober	389	—	13,3	—	14,5	—	1440	—	deutlich	—	2,95	—
November	800	—	6,7	—	9,5	—	30	—	sehr schwach	—	0,60	—
Dezember	955	—	6,7	—	5,0	—	—	—	deutlich	—	0,91	—
Im Mittel	809	—	12,4	—	11,7	—	—	—	—	—	0,98	—

Tabelle  
Analysen des durchschnittlichen Abflusses  
Teile in

Monat	Tägl. durchschnitl. Beschickungsmenge für 6 Tage in der Woche in cbm für den ha		Temperatur in C.				Zeitdauer des Verbleibens des Abwassers an der Oberfläche in Minuten		Aussehen			
			im Abwasser		im Abfluss				Trübung		Farbe	
	1898	1904	1898	1904	1898	1904	1898	1904	1898	1904	1898	1904
Januar	—	800	—	10,0	—	2,3	—	589	—	schwach	—	0,69
Februar	—	672	—	12,3	—	2,7	—	470	—	do.	—	0,62
März	1000	800	8,9	10,5	6,2	3,3	4	111	sehr schwach	do.	0,16	1,05
April	1000	769	7,3	10,0	6,7	7,3	10	32	deutlich	do.	0,26	0,56
Mai	785	708	12,3	15,0	10,5	14,5	2	3	keine	sehr schwach	0,10	0,21
Juni	600	708	18,3	18,3	17,3	16,7	3	2	do.	do.	0,03	0,20
Juli	600	769	21,7	22,3	21,7	22,3	4	5	do.	do.	0,08	0,21
August	600	800	22,3	21,7	22,7	22,3	7	4	do.	do.	0,06	0,18
September	600	615	20,0	18,9	23,3	20,5	4	5	schwach	do.	0,1	0,20
Oktober	438	615	12,7	15,0	18,3	15,0	16	7	deutlich	do.	0,25	0,29
November	577	800	8,3	17,3	11,7	11,1	18	6	sehr schwach	do.	0,18	0,49
Dezember	867	652	6,7	14,5	5,5	7,3	54	47	schwach	do.	0,28	0,91
Im Mittel	728	726	12,7	15,5	12,7	12,3	—	—	—	0,8	0,20	0,46

No. 13.  
des Versuchsfilters No. 5A in Lawrence.  
100 000.

Ammoniak				Chlor		Stickstoff als				Sauerstoff-Verbrauch		Bakterien im cem	
Freies		Albuminoid				Nitrate		Nitrite					
1892	1898	1892	1898	1892	1898	1892	1898	1892	1898	1892	1898	1892	1898
0,96	1,57	0,11	0,17	6,28	7,38	0,65	0,55	0,00	0,12	0,66	1,00	116 733	21 000
1,52	1,21	0,12	0,13	8,18	5,64	0,66	1,38	0,01	0,28	0,68	0,76	40 696	24 900
0,95	—	0,09	—	7,27	—	1,24	—	0,02	—	0,56	—	33 087	—
0,41	—	0,10	—	7,91	—	2,78	—	0,09	—	0,61	—	170 444	—
0,47	—	0,07	—	7,93	—	0,27	—	0,01	—	0,75	—	46 478	—
0,11	—	0,07	—	8,43	—	3,63	—	0,08	—	0,55	—	172 250	—
0,13	—	0,07	—	10,39	—	1,13	—	0,00	—	0,54	—	12 741	—
0,62	—	0,08	—	13,01	—	0,13	—	0,00	—	0,80	—	109 400	—
1,16	—	0,07	—	9,65	—	0,19	—	0,04	—	0,67	—	52 180	—
1,72	—	0,06	—	9,11	—	0,00	—	0,00	—	0,72	—	7 712	—
0,74	—	0,10	—	8,44	—	1,99	—	0,03	—	0,71	—	63 350	—
0,79	—	0,18	—	7,20	—	0,98	—	0,04	—	1,15	—	364 000	—
0,80	—	0,09	—	8,65	—	1,14	—	0,03	—	0,69	—	99 256	—

No. 14.  
des Versuchsfilters No. 5B in Lawrence.  
100 000.

Ammoniak				Chlor		Stickstoff als				Sauerstoff-Verbrauch		Bakterien im cem	
Freies		Albuminoid				Nitrate		Nitrite					
1898	1904	1898	1904	1898	1904	1898	1904	1898	1904	1898	1904	1898	1904
—	3,51	—	0,14	—	9,01	—	1,62	—	0,01	—	1,06	—	104 600
—	2,79	—	0,12	—	9,90	—	1,96	—	0,01	—	1,07	—	105 400
1,41	3,43	0,04	0,18	5,95	9,55	0,24	1,88	0,04	0,00	0,27	1,29	57 000	113 000
0,97	2,15	0,06	0,11	4,18	8,69	1,17	4,36	0,01	0,01	0,37	0,83	35 000	27 500
0,11	0,29	0,02	0,05	5,94	10,93	2,31	5,29	0,01	0,00	0,15	0,42	6 000	4 900
0,00	0,28	0,01	0,05	8,96	15,64	2,53	5,54	0,00	0,00	0,09	0,39	386	950
0,01	0,10	0,02	0,09	7,95	15,34	2,11	5,69	0,00	0,00	0,15	0,41	760	1 600
0,05	0,12	0,01	0,04	9,04	15,84	1,89	5,11	0,00	0,00	0,19	0,38	870	7 400
0,36	0,12	0,03	0,04	7,69	15,83	1,58	4,62	0,00	0,00	0,23	0,32	20 070	1 500
0,30	1,20	0,08	0,11	7,62	8,10	2,69	2,35	0,00	0,00	0,43	0,75	63 800	55 050
0,62	2,28	0,05	0,10	7,75	13,90	2,44	2,74	0,00	0,00	0,29	0,91	20 250	18 000
1,52	2,62	0,10	0,13	7,18	8,85	1,57	1,35	0,01	0,00	0,62	1,34	50 700	53 050
0,68	1,57	0,06	0,10	7,11	11,80	1,71	3,54	0,04	0,00	0,37	0,76	25 109	41 100



in der die in diesen Teilen angesammelte organische Substanz besser oxydiert und nitrifiziert werden konnte; auch wurde das Abwasser durch Verteilung auf eine kleinere Fläche wärmer im Winter erhalten und so das Aufsaugen desselben durch das Filtermaterial begünstigt. Während in den Wintermonaten früher die Oberflächen nur durch Leinwanddecken oder Bretter vorübergehend geschützt wurden und Schnee und Eis stets beseitigt wurden, hat man nunmehr die Oberflächen sorgfältigst dauernd mit einer dichten Bretterlage bedeckt und den auf diese gefallenen Schnee nicht beseitigt; so wurde ein erhöhter Wärmeschutz erreicht. Auch entschied man sich, das gesamte dem Filter zuzuführende Abwasser vorher durch einen Belüfter zu leiten. Man wurde hierzu in der Annahme geleitet, dass die in den Strassenkanälen und in der 1320 m langen Rohrleitung von diesen bis zur Anstalt entstehenden Fäulnisgase, die die Wirkung der nitrifizierenden Bakterien in den Filtern beeinträchtigen, hierdurch beseitigt würden. Schliesslich auch hat man auf den Filtern No. 1, 6 und 9A im Jahre 1905 versucht, durch Bepflanzen der erwähnten niedrigen Dämme die angesammelte organische Substanz zu vermindern. Auf Filter No. 1 wurde mit Erfolg Mais gepflanzt. Die auf Filter No. 6 und 9A gemachten Versuche mit Runkel- bzw. Futterrüben misslangen.

Die sorgfältigen Untersuchungen bewiesen, dass durch die angeführten und ähnliche Kunstgriffe zwar erhebliche Mengen organischer stickstoffhaltiger Substanz beseitigt werden können, dass aber ein anderer sehr beträchtlicher Teil durch diese Behandlung unbeeinflusst bleibt und beständig ist. Am Schlusse des Jahres 1905 enthielt der Sand in den kleinen Dämmen des Filters No. 1 den gleichen Betrag an stickstoffhaltiger Substanz annähernd wie um die gleiche Zeit 1904. R. St. B. H. Mass. 1904, p. 206 nennt diesen Teil beständig wie den Stickstoff im Humusboden, der auch Jahr ein Jahr aus sich annähernd gleich bleibt, wenn er nicht durch zu starke landwirtschaftliche Benutzung erschöpft wird. Ein praktisch durchführbares Verfahren zur Beseitigung der gesamten angesammelten organischen Substanz — ohne den verschmutzten Sand an der Oberfläche der Filter zu beseitigen und nötigenfalls durch neuen reinen zu ergänzen — ist bis heute nicht gefunden worden.

R. St. B. Mass. 1906, S. 221 kommt zu dem wichtigen Ergebnis: „Wir glauben nicht länger, dass Bakterientätigkeit in zweckentsprechend gebauten Filterbetten allein alle organische Substanz beseitigen kann. Ein grosser Teil derselben ist zu beständig für eine solche Behandlung und wird sich da-



her ansammeln. In Sandfiltern ist diese Ansammlung wegen der im Vergleiche zu den künstlichen biologischen Filtern beschränkten Beschickungsmengen natürlich langsam<sup>1)</sup>.

1) Bekanntlich sind in den letzten 10 Jahren seitens des staatlichen Gesundheitsrats von Massachusetts nicht allein die bereits früher aufgenommenen umfangreichen Versuche mit Reinigung des Abwassers mittelst intermittierender Bodenfiltration fortgeführt worden, sondern es sind auch zahlreiche Versuche mit jeglicher Art künstlicher biologischer Filter aufgenommen und fortgeführt worden. R. St. B. H. Mass. 1906 giebt S. 221 eine sehr beachtenswerte Zusammenfassung der auf Grund dieser zahlreichen im Laufe von langen Jahren ausgeführten Untersuchungen gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse. Die wörtliche Wiedergabe dieser Zusammenfassung dürfte von allgemeinem Interesse sein; wenn sie auch zu dem Thema streng nicht gehört:

„Alle diese Untersuchungsergebnisse zeigen klar die wahre Wirkungsweise der drei Klassen von Filtern — nämlich: Intermittierende Bodenfilter, Füllkörper und Tropfkörper — in der Verarbeitung erheblicher Mengen ziemlich beständiger organischer und mineralischer Stoffe, die ihnen zugeführt werden. Die Oxydierung der bei der Beschickung fäulnisfähigen Stoffe wird im allgemeinen ohne Schwierigkeiten durch jegliche Art zweckentsprechend gebauter und betriebener Filter bewirkt.

Unter dieser Voraussetzung bringt ein gutes Bodenfilter entsprechend der in ihm auftretenden Oxydierung und der Absiebung einen klaren geruchlosen und in hohem Grade nitrifizierten Abfluss hervor. Die Mengen, mit denen es betrieben werden kann, sind beschränkte. Sie können selten 1000 cbm für das Hektar und den Tag bei Beschickung mit einem Abwasser von normaler Stärke überschreiten. Vorbehandlung des Abwassers gestattet natürlich diese Menge erheblich zu vergrößern. Füllkörpern dürfen 6- bis 8mal so grosse Mengen wie Sandfiltern zugeführt werden; doch nur die besten geben nicht mehr nachfaulende Abflüsse. Tropfkörper können mit Mengen normal zusammengesetzten Abwassers betrieben werden, die wenigsten 3- bis 4fach so gross wie diejenigen von Füllkörpern und 20fach so gross wie diejenigen von Sandfiltern sind; ihr Abfluss ist in diesem Falle in hohem Grade nitrifiziert, für praktische Bedürfnisse geruchlos und nicht nachfaulend, wenn auch im allgemeinen bis zu einem gewissen Grade getrübt.

Bodenfilter können entsprechend den vergleichsweise geringen Beschickungsmengen lange Jahre hindurch beständig organische Stoffe ansammeln, bis deren Beseitigung notwendig wird oder Schwierigkeiten im Betriebe entstehen; auf alle Fälle wird aber ein gewisser Prozentsatz sich ansammeln. Die besten Füllkörper und gute Tropfkörper stehen ihnen in der Fähigkeit, die fäulnisfähigen Stoffe, die in den ihnen zugeführten Abwässern vorhanden sind, zu oxydieren, nach; andererseits lassen sie entsprechend der Natur des Materials, aus dem sie aufgebaut sind, einen sehr grossen Prozentsatz der nicht fäulnisfähigen beständigen organischen und mineralischen Stoffe des zugeführten Abwassers durchlaufen.

Der in den Tropfkörpern in Lawrence angesammelte Prozentsatz dieser Stoffe ist unerheblich und überschreitet anscheinend in den besten Filtern eine gewisse Höhe nicht, wie durch unsere Analysen und Untersuchungen gezeigt ist: Das Abreissen dieser Stoffe von der Oberfläche des Filtermaterials zu Zeiten wirksamer Bakterientätigkeit und ihr Uebergang in grossen Mengen in den Abfluss ist oftmals



In den letzten 3 Jahren sind die Bemühungen der Versuchsanstalt in Lawrence dahin gerichtet, die Zusammensetzung und die gesamten Mengen der den Filtern im Laufe der Jahre zugeführten organischen Stoffe, sowie ihre Verteilung und ihren Verbleib festzustellen. Auch auf diese wertvollen Untersuchungen mit einigen Worten einzugehen, dürfte von Interesse sein.

Ausgehend von dem allgemein anerkannten Grundsatz, dass eine weitgeführte Nitrifizierung ein Masstab für die Grösse des Reinigungseffektes ist, ermittelte man zunächst die Mengen an Gesamtstickstoff, der den Filtern im Laufe der Jahre zugeführt worden ist, und seine Veränderungen in diesen. Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

- A. In neu in Betrieb genommenen Bodenfiltern erscheint ein geringerer Prozentteil des zugeführten Stickstoffs in dem Abfluss als in längere Zeit hindurch eingearbeiteten.
- B. In Filtern, die — wie No. 2 und 4 — fortdauernd eine lange Reihe von Jahren einen besonders befriedigenden Reinigungseffekt zeigen, ist der durchschnittliche Betrag des Stickstoffs, der in dem Abflusse als Nitrate erscheint, nur wenig mehr als 50 v. H. des Stickstoffs in dem Zuflusse.

Die Zunahme an unoxydiertem Stickstoff in dem Abflusse führte man auf die vermehrte Zuführung an Stickstoff zurück, die infolge der im Laufe der Jahre konzentrierter gewordenen Abwässer erfolgt. Die beigelegten Tabellen No. 17 und 18 geben im einzelnen die diesbezüglichen Angaben für die Filter 1 und 2 für die Zeit von ihrer Inbetriebnahme bis zum Jahre 1904 einschliesslich. Man erkennt die geringe Oxydierung in dem ersten Betriebsjahre, die besonders starke nach dem in den Jahren 1892—1893 erfolgten Umarbeiten der Filter und den allmählichen Rückgang in der letzten Zeit. Die beigelegte

---

beobachtet worden. Wir glauben nicht länger, dass Bakterientätigkeit in zweckentsprechend gebauten Filterbetten allein alle organische Substanz beseitigen kann. Ein grosser Teil derselben ist zu beständig für eine solche Behandlung und wird sich daher ansammeln. In Sandfiltern ist diese Ansammlung wegen der im Vergleiche zu den künstlichen biologischen Filtern beschränkten Beschickungsmengen natürlich langsam. Man spricht heute viel davon, diese Filter mit höheren Beschickungsmengen zu betreiben; aber derartig hohe Beschickungsmengen sind mit geringeren Reinigungseffekten und häufiger Beseitigung des Sandes notwendig verbunden.

Tropfkörper und die besten Füllkörper geben einen sehr viel geringeren Reinigungseffekt bei Vergleichung der Mengen der beseitigten Stoffe, aber sie oxydieren trotz Anwendung grösserer Beschickungsmengen die fäulnisfähigen Stoffe und lassen einen erheblichen Prozentsatz der beständigen Stoffe durchlaufen.“



Tabelle No. 17.

Der Gesamtstickstoff und seine Verteilung im VersuchsfILTER No. 1 in Lawrence.  
In Betrieb genommen am 10. Januar 1888.

Jahr	Tägliche Beschickungsmenge für 6 Tage in der Woche in cbm f. d. ha	Zugeführt. Stickstoff, Teile in 100 000	Prozente des zugeführten Stickstoffs		
			im Abfluss nicht erscheinend	im Abfluss	
				oxydiert	nicht oxydiert
1888	534	2,70	63,0	29,6	7,4
1889	636	2,71	40,9	55,4	3,7
1890	842	2,92	47,0	46,5	6,5
1891	1158	3,32	51,1	39,6	9,3
1892	1241	3,78	48,2	40,7	11,1
1893	1059	3,66	23,3	58,7	18,0
1894	705	4,47	17,0	71,1	11,9
1895	674	4,06	9,4	68,5	22,1
1896	568	4,81	28,6	63,1	8,3
1897	621	4,95	33,1	55,0	11,9
1898	605	4,29	27,8	62,0	10,2
1899	548	4,32	27,1	59,5	13,4
1900	519	4,95	31,7	55,3	13,0
1901	572	5,40	24,8	34,8	40,4
1902	566	4,95	18,6	45,0	36,4
1903	720	4,84	8,7	58,1	33,2
1904	549	6,11	21,2	54,6	24,2
Mittel	713	4,25	28,5	53,4	18,1

Tabelle No. 18.

Der Gesamtstickstoff und seine Verteilung im VersuchsfILTER No. 2 in Lawrence.  
In Betrieb genommen am 19. Dezember 1887.

1888	282	2,70	68,5	25,2	6,3
1889	320	2,71	58,3	40,6	1,1
1890	596	2,92	43,2	55,8	1,0
1891	508	3,32	59,0	31,8	0,2
1892	245	3,78	47,9	38,4	13,7
1893	403	3,66	24,9	67,5	7,6
1894	439	4,47	33,0	63,9	3,1
1895	337	4,06	21,0	66,0	13,0
1896	370	4,81	25,0	68,1	6,9
1897	370	4,95	46,5	49,3	4,2
1898	383	4,29	41,8	53,8	4,4
1899	344	4,32	40,0	51,2	8,8
1900	338	4,95	25,7	67,0	7,3
1901	363	5,40	33,4	44,8	21,8
1902	312	4,95	18,7	53,7	27,6
1903	347	4,84	9,3	66,5	24,2
1904	326	6,11	35,6	38,1	26,3
Mittel	370	4,25	35,2	52,6	12,2



Tabelle No. 19.

## Der durchschnittliche Gesamtstickstoff und seine Verteilung in allen Versuchsfiltern in Lawrence.

Bezeichnung des Filters und Tag der Inbetriebnahme	Tägliche Beschickungsmenge für 6 Tage in der Woche in cbm f. d. ha	Zugeführt. Stickstoff, Teile in 100000	Prozente des zugeführten Stickstoffs		
			im Abfluss nicht erscheinend	im Abfluss	
				oxydiert	nicht oxydiert
No. 1 } 10. 1. 1888	713	4,25	28,5	53,4	18,1
No. 2 } 19. 12. 1887					
No. 4 } 19. 12. 1887	236	4,31	46,4	47,8	5,8
No. 5A } 14. 9. 1891					
No. 5B } 5. 3. 1898	964	4,94	22,7	54,0	23,7
No. 6 } 12. 1. 1888					
No. 9A } 15. 11. 1890	703	4,49	29,3	51,3	19,4
No. 10 } 18. 7. 1894					
	565	4,99	32,3	55,7	12,0

Tabelle No. 20.

## Der durchschnittliche Gesamtstickstoff und seine Verteilung auf den städtischen Filtern.

Gemeinde	Zeitraum der Untersuchungen	Teile in 100000		Prozente des zugeführten Stickstoffs			
		Durchschnittlich zugeführter Stickstoff	Stickstoff im Abflusse		im Abfluss unoxydiert	im Abfluss oxydiert	im Abfluss nicht nachweisbar
			unoxydiert	oxydiert			
Andover . . . . .	1900—1903	7,02	0,96	1,07	13,7	15,2	71,1
Brockton . . . . .	1897—1903	4,73	0,14	2,18	3,0	41,0	56,0
Clinton:							
Oestlicher Hauptdrain	1900—1903	5,66	1,01	0,70	17,8	12,4	69,8
Westlicher Hauptdrain	1900—1903	5,66	0,68	0,92	12,0	16,2	71,8
Concord . . . . .	1901—1903	1,20	0,02	0,74	1,7	61,7	36,6
Framingham:							
Oestlicher Hauptdrain	1893—1903	5,10	0,27	1,16	5,3	22,7	72,0
Westlicher Hauptdrain	1893—1903	5,10	0,18	1,01	3,5	19,8	76,7
Gordner . . . . .	1892—1903	3,21	0,80	0,54	25,7	17,4	56,9
Hopedale . . . . .	1901—1903	2,75	0,85	1,14	30,9	41,5	27,6
Leicester . . . . .	1897—1903	3,78	0,93	0,93	24,6	24,6	50,8
Marlborough . . . . .	1892—1903	4,28	0,67	0,85	15,6	19,9	64,5
Natick . . . . .	1897—1903	1,71	0,27	0,50	15,8	29,2	55,0
Pittsfield . . . . .	1903	3,23	0,28	0,69	8,7	21,4	69,9
Southbridge . . . . .	1900—1903	2,14	0,22	0,16	10,3	7,5	82,2
Spencer . . . . .	1898—1903	2,32	0,22	0,71	9,5	30,6	59,9
Stockbridge . . . . .	1900—1903	1,48	0,19	0,23	12,8	15,5	71,7
Westborough . . . . .	1900—1903	2,67	0,60	0,75	22,4	28,1	49,5



Tabelle No. 19 gibt die durchschnittlichen mittleren Angaben für sämtliche Filter während ihrer Betriebsdauer bis 1904. Besonders interessant wird sie durch einen Vergleich mit der Tabelle No. 20, die die entsprechenden Werte für die „städtischen Filter“ gibt. In dieser erscheinen durchschnittlich nur etwa 25 v. H. des zugeführten

Tabelle No. 21.

**Absolute Mengen von Gesamtstickstoff in kg f. d. ha für die grossen Versuchsfilter in Lawrence.**

Filter-No.	Zahl der Betriebstage (bis 1904 einschl.)	Analyse des Sandes am	Kilogramm Stickstoff für das Hektar					
			zugeführt	angesammelt im Filter- sand	im Abfluss	nicht nach- weisbar <sup>1)</sup>	im Abfluss	
							oxydiert	nicht oxydiert
1	5264	10. 10. 04	149100	5650	119000	24450	79600	39400
5 A	3187	1. 3. 98	106230	3430	64800	38000	47300	17500
6	5262	10. 10. 04	124000	7300	82500	34200	63800	18700
9 A	4369	10. 10. 04	128680	6080	91400	31200	66500	24900

1) Bemerkung: Unberücksichtigt sind geblieben der Stickstoff in dem zum Aufbau der Filter benutzten Sande und in dem durch Abkratzen beseitigten Sande:  
Zur Ergänzung: Es wurden abgekratzt — alles vor Ende 1893 —

vom Filter No. 1 . . . . . 3930 kg f. d. ha

„ „ No. 6 . . . . . 1350 „ „ „ „

„ „ No. 9 A . . . . . 660 „ „ „ „

2. Die Fläche der Versuchsfilter beträgt 20 qm. Um die absoluten Werte in kg zu erhalten, sind mithin vorstehende Zahlen mit  $\frac{1}{500}$  zu multiplizieren.

Tabelle No. 22.

**Absolute Mengen an Albuminoid-Stickstoff für die grossen Versuchsfilter in Lawrence.**

Filter-No.	Zahl der Betriebstage bis 1906 einschl.	Albuminoid-Stickstoff in kg f. d. ha				Prozente an zugeführtem Albuminoid-Stickstoff		
		zugeführt	angesammelt im Filtersande	im Abfluss	nicht nach- weisbar	angesammelt im Filtersand	im Abfluss	nicht nach- weisbar
1	5789	22160	3234	2226	16700	14,5	10,0	75,5
2	5885	11820	1970	500	9350	16,7	4,3	79,0
4	5885	7670	2393	217	5060	31,2	2,8	66,0
5	3187	14320	1720	2080	10520	12,1	14,5	73,4
6	5797	18000	5660	1230	11110	31,4	6,9	61,7
9 A	4904	18460	3280	1560	13620	17,7	8,5	73,8



Stickstoffs als Nitrate im Abflusse gegen mehr als 50 v. H. bei den „Versuchsfiltern“. Die grossen Mengen des in dem Filtrate nicht nachweisbaren Stickstoffs — durchschnittlich 61 v. H. — lassen erkennen und beweisen, dass mittelst des bereits mehrfach angegebenen mechanischen Abkratzens der Oberfläche der „städtischen Filter“ von Schlamm und in den Vorreinigungen grosse Mengen stickstoffhaltiger Stoffe beseitigt werden.

Für Vergleichszwecke dürften noch die in den beigefügten Tabellen No. 21 und 22 gegebenen absoluten Mengen an Gesamtstickstoff und an sog. organischem Stickstoff — gemessen als Albuminoidstickstoff<sup>1)</sup> — von Wert sein, die den einzelnen grossen Versuchsfiltern für die Dauer ihres Betriebes bis 1904 bzw. 1906 zugeführt worden sind. Die Tabellen lassen erkennen, wie auch anscheinend kleine im Filter zurückgehaltene Beträge an Stickstoff in langjährig betriebenen Filtern erhebliche Grösse erreichen.

Die Gesamtmenge und die Verteilung an angesammelter organischer Substanz auf die ganze Tiefe der Filter wurde annähernd durch Ermittlung des Glühverlustes festgestellt: Es ergab sich der angesammelte Gesamtstickstoff zu durchschnittlich nur 2,5 v. H. der gesamten organischen Substanz, wie die nachfolgende Tabelle No. 23 ausweist:

Tabelle No. 23.

Filter No.	Gesamtstickstoff in kg	Gesamte organische Substanz in kg
1	11,2	581
2	14,4	460
9 A	11,9	791

Tabelle No. 24.

**Angesammelte organische Substanz in den Versuchsfiltern No. 1, 6 und 9A,  
bestimmt durch den Glühverlust — nach Gewichtsprozenten.**

Tiefen-Zoll unter der Oberfläche	0—6	6—9	9—12	12—15	15—18	18—24	24—36	36—48	48—60
Filter No. 1	2,53	2,51	2,20	1,05	0,91	0,90	0,86	0,82	0,71
Filter No. 6	4,01	2,82	2,07	1,97	1,43	1,33	1,08	0,85	—
Filter No. 9 A	2,62	2,53	2,08	1,39	0,94	0,64	0,62	0,59	0,58

Die vorstehend weiter beigefügte Tabelle No. 24 zeigt deutlich, dass die organische Substanz zu 50 bis 75 v. H. nahe unter der Ober-

1) Es gilt die angenäherte Beziehung: 1 Alb. N.  $\times$  1,85 = Organ N. vgl. R. St. B. H. Mass. 1904, p. 230 und 1905, p. 361.



fläche in einer kaum einen Fuss hohen Schicht sich niederschlagen hat.

Hiermit dürfte das Wichtigste über die grossen, ausschliesslich mit rohem, unbehandeltem Abwasser intermittierend beschickten Sandfilter der Versuchsanstalt in Lawrence gesagt sein. Erwähnt muss noch werden, dass einige andere der 1887 bzw. 1888 angelegten Filter aus stark lehmhaltigem Sand aufgebaut und dass einige weitere mit einer Humusschicht bedeckt waren. Diese Filter verschlammten jedoch schon nach ein bis zwei Jahren und wurden infolgedessen ausser Betrieb gesetzt.

Auch sei, um Irrtümern vorzubeugen, darauf hingewiesen, dass der in den Abbildungen No. 2—4 sichtbare Pflanzenwuchs auf einzelnen Filtern nicht etwa künstlich geschaffen ist; er wird gelegentlich beseitigt. Die Ausnahmebehandlung einzelner Filter durch systematisches Bepflanzen mit Mais und Rüben ist bereits erwähnt.

Die vorstehenden Erörterungen zeigen die Möglichkeit, Sandfilter von zweckentsprechender Konstruktion mit intermittierenden Beschickungen von rohem — also nicht vorge reinigtem Abwasser — jahrzehntelang und voraussichtlich auch unbegrenzte Zeit hindurch rationell und befriedigend zu betreiben; sie beweisen jedoch weiter auch, dass die Beseitigung der die Verschlammung der Oberflächen der Sandfilter bewirkenden festen Stoffe ohne Anwendung mechanischer Hilfsmittel — Abkratzen und Abgraben der Oberfläche — oder ohne Anwendung einer Vorreinigung auf die Dauer der Jahre unmöglich ist.

Zwecks Beseitigung der festen Stoffe wird die Oberfläche der städtischen Filter regelmässig mehrfach im Jahre — wenigstens je einmal im Frühjahr und Herbst — in einer Schicht von einigen Millimetern bis zu einigen Zentimetern abgekratzt. In einer Reihe von Betrieben ist ausserdem vom Beginn oder allmählich auf Grund der gesammelten Erfahrungen es als zweckmässig angesehen worden, zur Verminderung der den Filtern zugeführten Schlammengen und zur Erzielung einer gewissen Vorbehandlung der Abwässer, diese zunächst einer Vorreinigung in Absitzbecken mit dichten Umfassungen oder in Schlammbecken mit durchlässiger Sohle und Untergrund oder in Faulbecken zu unterziehen.

Auch hat man in Worcester (Massachusetts) in mehrjährigem



Versuchsbetriebe die Ausscheidung der Hauptmasse der Schwebestoffe vor Aufleitung der Abwässer auf die Filter mittelst chemischer Fällmittel durchgeführt.

Ausserdem sind die Reinigungsanlagen fast ausnahmslos mit Gittern oder Rechen und kleineren Sandfängen zur vorherigen Beseitigung der grobsinnlichen Verunreinigungen und des Sandes versehen.

Die über Absitz- und Schlammbecken erforderlichen Angaben werden bei Besprechung der konstruktiven Durchbildung einiger ausgeführter Anlagen gegeben werden.

Dagegen erscheint es zweckmässig, schon hier die in Amerika mit dem Faulverfahren gemachten Versuche sowie die herrschenden Ansichten über seine Wirkungsweise und seinen Wert in einigen Sätzen wiederzugeben, soweit dieses Verfahren zur Vorbehandlung der Abwässer bei ihrer Reinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration dient:

#### **Versuche mit dem Faulverfahren in Nordamerika.**

Wissenschaftlich geleitete Versuche an Faulbecken als Vorreinigung für intermittierende Bodenfiltration sind in Amerika seitens der Versuchsanstalt in Lawrence seit 1897 und seitens des technologischen Instituts von Massachusetts in Boston, wohl der bedeutendsten technischen Hochschule in den Vereinigten Staaten, seit 1903 angestellt worden. Die zuletzt genannten Versuche wurden durch die Opferwilligkeit eines unbekanntenen Gönners, der jährlich den Betrag von 5000 Dollar seit dem Jahre 1903 gestiftet hat, ermöglicht; sie werden unter der Oberleitung des Professors William T. Sedgwick durch den Professor A. Winslow und seinen Assistenten Earle B. Phelps ausgeführt.

##### a) Versuche seitens der Versuchsstation in Lawrence.

Das wichtigste Versuchsbecken in Lawrence ist der bereits Ende 1897 in Betrieb genommene und bis heute fortlaufend betriebene hölzerne, aus ursprünglich zwei, später drei durch Trennwände hergestellten Abteilungen bestehende Tank „A“ mit einem Fassungsraum von 850 l. Das Abwasser wird der ersten Abteilung von oben her zugeleitet, fliesst über die Trennwände und dann in halber Höhe zwischen Wasserspiegel und Sohle wieder ab. Die Durchflusszeit in den einzelnen Jahren wird zwischen 36 und 14, im allgemeinen zu 21 Stunden angegeben. Ob jedoch mit Rücksicht auf die infolge der



konstruktiven Anordnung des Tanks auftretenden Strömungen und die völlige Ruhe in einzelnen Teilen des Tanks diese Zeiten mit den tatsächlichen Durchflusszeiten übereinstimmen, erscheint Verfasser sehr zweifelhaft; hierzu kommen die Verkürzungen der Durchflusszeiten infolge der Anhäufungen des Bodenschlammes und der Schwimmschicht; die tatsächliche Durchflusszeit dürfte mithin eine sehr viel kürzere als angegeben sein. Im April 1904 machte die Anhäufung des Schlammes die Entleerung des Tanks erforderlich. Die chemischen Analysen der Zu- und Abflüsse des Tanks in den Jahren 1898 bis 1906 sind aus den Tabellen No. 25 und 26 ersichtlich.

Tabelle No. 25.

## Zufluss zu Tank „A“ — Faulraum — Teile in 100000.

Wöchentlich eine Probe entnommen.

Jahr	Temperatur in C.	Freies Ammoniak	Albuminoid-Ammoniak			Chlor	Sauerstoff-Verbrauch	Bakterien im cem
			insgesamt	in Lösung	suspendiert			
1898	—	4,44	0,79	0,47	—	9,21	4,00	—
1899	14,6	3,49	0,89	0,26	0,63	7,10	5,75	1922000
1900	12,7	4,99	0,98	0,37	0,61	10,55	5,72	2993400
1901	11,7	5,54	0,88	0,44	0,44	10,62	5,08	3954000
1902	—	—	—	—	—	—	—	—
1903	15,6	3,76	0,53	0,25	—	10,13	4,05	2066900
1904	15,0	4,43	—	—	—	11,71	5,20	2228000
1905	14,6	3,26	—	—	—	8,58	3,90	1163000
1906	17,7	4,30	0,77	0,33	—	13,96	4,67	860800

Tabelle No. 26.

## Abfluss aus Tank „A“ — Faulraum — Teile in 100000.

Wöchentlich eine Probe entnommen.

Jahr	Temperatur in C.	Freies Ammoniak	Albuminoid-Ammoniak			Chlor	Sauerstoff-Verbrauch	Bakterien im cem
			insgesamt	in Lösung	suspendiert			
1898	13,8	4,86	0,41	0,32	0,09	10,11	2,29	324500
1899	13,8	4,03	0,34	0,25	0,09	7,00	2,52	577100
1900	13,6	4,61	0,39	0,25	0,14	9,93	2,85	1209500
1901	13,6	4,90	0,43	0,29	0,14	10,40	3,12	671000
1902	—	—	—	—	—	—	—	—
1903	15,6	3,80	0,35	0,22	—	9,91	2,93	1183900
1904	15,1	4,63	—	—	—	12,77	3,88	1256000
1905	16,1	4,05	—	—	—	9,80	2,98	923000
1906	18,3	4,33	—	—	—	13,45	2,83	445200



Die intermittierenden Sandfilter, denen die Abflüsse des Tanks zugeführt wurden, sind leider nur sehr kleine Versuchsfilter von  $\frac{1}{20000}$  acre — 0,2 qm Oberfläche, doch von der üblichen Tiefe von 1,50 m. Am wichtigsten sind die 1898 bis 1901 durchgeführten korrespondierenden Versuche mit zwei völlig gleichen derartigen Filtern, No. 100 und 118, bestehend aus einem Sande in der wirksamen Grösse von 0,26 mm, deren einem das vorgefaulte Abwasser unmittelbar, deren anderem es nach Durchgang durch einen Belüfter zugeführt wurde. Nitrifizierung kann in einem Filter nur eintreten, falls reichliche Mengen Luft mit dem in das Filter geleiteten Abwasser in Berührung kommen. Wird nun das vorgefaulte Abwasser belüftet, so werden die der Nitrifizierung ungünstigen Fäulnisgase beseitigt und Sauerstoff ihnen zugeführt. Die Tabelle No. 27 zeigt die tatsächlich erzielten Abflüsse in den Jahren 1899 und 1900 für Filter No. 118 und 1899—1906 für Filter No. 100. Das mit vorgefaultem und vor Aufleitung noch belüftetem Abwasser beschickte Filter No. 118 hat erheblich bessere Abflüsse als das mit nur vorgefaultem Abwasser behandelte Filter No. 100. Man erkennt weiter, dass die Filter durch-

Tabelle No. 27.

Filter No. 118 und 100 — beschickt mit vorgefaultem Abwasser aus Tank „A“. Teile in 100000.

Bezeichnung	Jahr	Tägliche Beschickungsmenge für 6 Tage in der Woche in cbm f. d. ha	Temperatur in C.		Zeitdauer des Verbleibens des Abwassers auf der Oberfläche — in Minuten	Aussehen		Ammoniak		Chlor	Stickstoff als		Sauerstoff-Verbrauch	Bakterien im cem
			im Abwasser	im Abfluss		Trübung	Farbe	Freies	Albuminoid-		Nitrate	Nitrite		
Filter No. 118.	1899	2495	13,8	12,7	24	—	0,29	0,59	0,05	7,38	2,35	0,12	0,62	14650
	1900	2601	13,7	12,7	33	—	0,23	0,36	0,04	8,92	3,01	0,00	0,46	10072
Filter No. 100.	1899	2654	13,8	12,7	4	—	0,29	0,63	0,08	6,99	2,75	0,00	0,67	41700
	1900	2643	13,7	12,7	44	—	0,34	0,52	0,07	8,73	3,16	0,00	0,67	73900
	1901	2549	13,7	13,7	112	—	0,55	1,37	0,11	10,68	2,68	0,01	0,96	41500
	1902	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1903	2703	16,2	16,8	—	—	0,45	0,40	0,07	9,49	3,71	0,01	0,72	69900
	1904	2225	16,1	15,6	—	1,4	0,73	1,08	0,12	11,09	2,03	0,02	1,15	49400
	1905	1554	16,1	16,1	—	0,7	0,45	0,64	0,07	9,40	2,84	0,01	0,62	18200
	1906	1947	18,6	18,6	—	1,3	0,37	0,77	0,09	12,74	3,22	0,00	0,96	21000



schnittlich mit rund 2000 cbm f. d. ha, also mit sehr bedeutenden Mengen betrieben wurden. Ist dagegen die Abwassermenge, die einem Sandfilter zugeführt wird, vergleichsweise klein, so bedarf es vorheriger Belüftung nicht; in diesem Falle wird auch bei längerer Dauer des Faulprozesses wegen des vorhandenen Ueberflusses an Luft im Filter, die mit dem Abwasser in Berührung kommt, genügende Nitrifizierung eintreten. Die Versuche mit Filter No. 118 wurden im Frühjahr 1901 abgebrochen. Von Filter No. 100 mussten im April 1904 die oberen 15 cm des Filtermaterials wegen eingetretener vollständiger Verschlämmung beseitigt werden. Diese im kleinsten Massstabe gewonnenen Ergebnisse dürfen nicht ohne Weiteres auf die Praxis übertragen werden. Aus der grossen Aehnlichkeit in der Zusammensetzung der Zu- und Abflüsse von Tank A dürfte, wie bereits erwähnt, mit hoher Wahrscheinlichkeit zu folgern sein, dass das Abwasser infolge der im Tank eintretenden Strömung nur kurze Zeit in ihm sich aufhält und mithin wesentlichen Aenderungen nicht unterzogen wird.

Die weiteren in Lawrence gemachten Versuche an Faulbecken mit nachfolgender Bodenfiltration sind durchgängig nur in kleinem Massstabe durchgeführt und bieten kein besonderes Interesse.

Beachtenswert sind dagegen die seitens der Versuchsstation in den Jahren 1899—1901 gemachten diesbezüglichen Versuche auf den städtischen Filtern in Andover. Bei Durchführung der nach dem Trennsystem unter ziemlich sorgfältiger Ausschliessung von Grundwasserzuflüssen ausgeführten Kanalisation dieser Stadt im Jahre 1899 wurden zur Reinigung intermittierende Sandfilter, denen das Abwasser mit natürlicher Vorflut zuströmt, gebaut. Zu Versuchszwecken wurde u. a. ein Faulbecken von rund 34,0 cbm Rauminhalt und ein intermittierendes Sandfilter von 20,0 qm Oberfläche und einer Tiefe von 1,5 m aus ziemlich grobem Sand in einer „wirksamen Grösse“ von 0,23 mm gebaut. Der gesamte Abfluss des Sietnetzes betrug in den ersten Jahren nur rd. 270 cbm und hat oberhalb der Reinigungsanlage einen Düker aus 30 cm weiten gusseisernen Röhren, 1491 m Länge und ein Absitzbecken von rd. 51 cbm Inhalt zu durchlaufen. Wegen des geringen anfänglichen Abflusses, der weiten Entfernung zwischen Entstehungsort und Reinigungsanlage, sowie der Zwischenschaltung des Dükers und des Absitzbeckens gelangte anfänglich das Abwasser erst nach 24 Stunden zur Reinigungsanlage. Da es nun noch in dem hinter das Absitzbecken geschalteten Faulbecken 24 Stun-



den zurückgehalten wurde, so kam es stark vorgefault auf die Versuchsfilter. Während in den eigentlichen städtischen intermittierend betriebenen Bodenfiltern mit allerdings kleinen Beschickungen die Nitrifizierung entsprechend hohe Werte erreichte, blieben diese im Versuchsfilter stets niedrig. Erst im Jahre 1901 nach Verringerung der Durchflusszeiten vom Entstehungsorte bis zur Reinigungsanlage infolge Vermehrung der Zahl der Anschlüsse und Verkürzung des Aufenthalts im Faulbecken auf 17 Stunden durchschnittlich wurde der Reinigungseffekt etwas besser. Die genaueren Ergebnisse für die Jahre 1899 bis 1901 zeigen die Tabellen No. 28 und 29. Man begründet die

Tabelle No. 28.

Vorgefaultes Abwasser für Versuchsfilter in Andover.  
Teile in 100000.

Jahr	Temperatur in °C.	Freies Ammoniak	Albuminoid-Ammoniak			Chlor	Sauerstoff- verbrauch	Bakterien im cem
			Insgesamt	In Lö- sung	Suspen- diert			
1899. 6 Monate. Juli bis Dezember }	12,7	9,30	0,80	0,68	0,12	16,97	5,81	2791000
1900. 12 Monate. Januar bis Dezember }	11,1	6,72	0,66	0,44	0,22	9,66	4,36	1929000
1901. 12 Monate. Januar bis Dezember }	11,7	6,06	0,61	0,42	0,19	8,45	4,10	844000

Tabelle No. 29.

Abfluss aus Versuchsfilter in Andover.  
Teile in 100000.

Jahr	Tägliche Beschickungsmengen für 6 Tage in der Woche in cbm f. d. ha.	Temperatur in C.	Aussehen		Ammoniak		Chlor	Stickstoff als		Sauerstoffverbrauch	Bakterien im cem
			Trübung	Farbe	Freies	Albuminoid		Nitrate	Nitrite		
1899. 6 Monate. Juli bis Dezember }	1121	13,7	—	0,39	3,29	0,09	17,33	2,27	0,02	0,82	113900
1900. 12 Monate. Januar bis Dezember }	1670	11,7	—	1,65	4,79	0,21	10,16	0,55	0,01	1,58	122200
1901. 12 Monate. Januar bis Dezember }	560—1160	12,3	—	0,08	2,58	0,14	8,14	3,07	0,01	0,89	20234



Erscheinung damit, dass die anaerobe Behandlung in den Sielanlagen selbst und dem Faulbecken zu weit getrieben worden sind: „Es sind Ursachen — „various bodies“ — entstanden, die die Entwicklung der nitrifizierenden Bakterien im Filter behindern.“ Das Abwasser hatte mehr den Geruch einer Abortgrube als den eines gewöhnlichen frischen, eines alten oder vorgefaulten Abwassers — „fresh, stale or septic sewage“.

b) Versuche in dem Technologischen Institut in Boston.

Im Staate Massachusetts hat man für die Abwasserreinigungsanlagen mittelst intermittierender Bodenfiltration im allgemeinen bisher nur geringen Wert auf die Vorreinigung wegen des an allen Plätzen in reichlicher Ausdehnung vorhandenen geeigneten Kiessandbodens gelegt. Im mittleren Westen, insbesondere im Staate Ohio, dagegen hat man wegen des für Behandlung des Abwassers auf gewachsenem Boden weniger geeigneten Untergrundes teils das Faulverfahren zur Vorreinigung vielfach vorgeschaltet, teils auch — fälschlich — als einzige Reinigung verwendet. Da jedoch die mitgeteilten Angaben über die in diesen Anlagen unter Verwendung des Faulverfahrens erzielten Reinigungseffekte eine zuverlässige Begründung für dieselben nicht gaben, so stellte sich das Technologische Institut des Staates Massachusetts in Boston u. a. die Aufgabe, das Wesen des Faulverfahrens und die Wirkung desselben als Vorreinigung bei der intermittierenden Bodenfiltration wissenschaftlich festzustellen. Man ging von der Annahme aus, dass im Falle einer notwendig werdenden Vorbehandlung der Abwässer der Stadt Boston bei einer demnächst einmal erforderlich werdenden Reinigung derselben irgendwelcher Art diese voraussichtlich nur das Faulverfahren sein werde.

Die in dem Institut verwendeten sechs Versuchsbecken, Tank 5 bis 10, bestehen aus Umrahmungen von Zypressenholz und haben Seitenlängen von  $1,8 \times 1,2 \times 0,9$  m; Tanks 7 und 9 sind offen, Tanks 5, 6, 8 und 10 dicht mit Brettern abgeschlossen. Die gemachten Feststellungen stimmen im wesentlichen mit den an ähnlichen kleineren Anlagen anderweitig gemachten überein. Bemerkt sei, dass nach den zuletzt genannten Versuchen angeblich die Abflüsse aus Behältern mit 12- und 48stündiger Durchflusszeit keine wesentlichen Unterschiede aufweisen. Wie weit jedoch unkontrollierbare Strömungen und völlige Ruhe an einzelnen Teilen der Behälter diese Ergebnisse beeinflussen, erscheint Verfasser nicht aufgeklärt.

Die sich anschliessende zwei Jahre hindurch fortgesetzte Behand-



lung der Abwässer zwecks endgültiger Reinigung erfolgte auf intermittierenden Bodenfiltern, die in Umrahmungen von Zypressenholz mit den Abmessungen  $1,8 \times 1,2 \times 0,9$  m aufgebaut waren. Die Filter bestanden in 0,6 m Tiefe aus feinem Sande in einer „wirksamen Grösse“ von 0,14 mm und einem „Gleichmässigkeitskoeffizienten“ von 3,5; die Sohle bildet eine 15 cm starke, zur Entwässerung dienende Schicht aus Steinen, bis zu 7,5 cm grösster Seitenabmessung. Das Ergebnis der Versuche des Instituts war, dass mit rohem Abwasser bessere Abflüsse als mit vorgefaultem erzielt werden; vgl. nachfolgende Tabelle No. 30.

Tabelle No. 30.  
Teile in einer Million.

Behälter	empfängt	Freies Ammoniak.	Albuminoid-Ammoniak	Stickstoff als		Sauerstoff-Verbrauch bei 2 Minuten Kochprobe	Sauerstoff gelöst
				Nitrate	Nitrite		
1	Rohes Abwasser	4,2	0,6	0,4	22,3	5,6	6,1
24	12 Stunden vorgefaultes Abwasser	5,0	0,8	0,3	19,9	6,5	7,5
25	24 Stunden vorgefaultes Abwasser	5,6	0,9	0,2	16,0	6,5	7,2

Die Abflüsse aller drei Behälter waren stets klar, frei von Trübung und Geruch sowie beständig. Die Oberflächen der Filter mussten zwei- bis dreimal während der ganzen Dauer der Versuche abgekratzt werden; hierbei wurde eine Schicht von etwa 12 mm insgesamt beseitigt. Das vorgefaulte Abwasser wurde vor der Aufleitung auf die Filter nicht belüftet, wie hier hervorgehoben sei. Die täglich in vier gleichen Dosen nach je 6 Stunden zugeführte Beschickungsmenge betrug für Tank No. 24 und 25 täglich je 4000 cbm f. d. ha; auch für Tank No. 1 wurde die im ersten halben Jahre gewählte Beschickungsmenge von täglich 1000 cbm f. d. ha zunächst verdoppelt und im zweiten Betriebsjahre vervierfacht.

Die Versuchsleiter halten 0,6 m vielfach als ausreichende Stärke der Filter zur Erzielung dauernd guter Abflüsse. Auch glauben sie, dass die Beschickungen mit rohem Abwasser unbedenklich über die bis dahin allgemein als Höchstgrenze geltende Menge von täglich 100000 gall. per acre gleich rd. 1000 cbm f. d. ha erhöht werden können. Sie führen die mit höheren Beschickungen erzielten befrie-



digenden Abflüsse wesentlich auch darauf zurück, dass die Filter nicht — wie sonst meistens üblich — nur einmal in 24 Stunden, sondern mehrfach — und zwar viermal — beschickt wurden. Allerdings werde eine gute Verteilung des Abwassers und häufigeres Abharken der Filteroberflächen nötig werden; ersteres sei konstruktiv zu lösen, das Abharken sei ohnehin erforderlich. Ungelöst sei nur die Frage des Verhaltens der Filteroberflächen gegen Verschlämmung im Winter bei Aufleitung so hoher Wassermengen. Zur weiteren Aufklärung müssen die Versuche fortgesetzt werden.

Der Umstand, dass bei gleich hohen Beschickungen mit rohem Abwasser dieselben oder gar bessere Abflüsse als mit vorgefaultem erzielt wurden, hat die Versuchsleiter den auch in Amerika vielfach angenommenen Vorzügen des Faulverfahrens gegenüber zweifelhaft gemacht. Sie glauben, dass die an einzelnen städtischen Filtern bei Behandlung mit vorgefaultem Abwasser und hohen Beschickungen erzielten guten Abflüsse nicht sowohl durch die Einschaltung des Faulverfahrens als durch die Verteilung der grossen Beschickungsmengen auf mehrere statt eine Dose am Tage — mittelst automatischer Anordnungen — erzielt worden sind. Dagegen erkennen sie an, dass wegen der im Faulbecken eintretenden erheblichen Verminderung des Schlammes — bzw. Gewinnung eines Schlammes von geringerem Wassergehalt — die Oberflächen der Filter weniger leicht zur Verschlämmung neigen. Verfasser kann sich diesen Folgerungen aus Versuchen an einigen kleinen, nur eine vergleichsweise kurze Zeit betriebenen Versuchsfiltern, die vor den Einflüssen des Frostes im wesentlichen geschützt aufgestellt waren, wie er bei seinem Besuch sah, nicht ohne weiteres anschliessen.

Weitere grössere Versuche mit dem Faulverfahren als Vorreinigung zur intermittierenden Sandfiltration sind Verfasser nicht bekannt geworden. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass in Columbus (Ohio) gelegentlich der Voruntersuchungen für Errichtung einer künstlichen biologischen Abwasserreinigungsanlage auch einige diesbezügliche Versuche angestellt worden sind.

Teils die genannten Versuche, mehr jedoch die durch Reisen und Literatur bekannt gewordenen englischen Erfahrungen mit dem Faulverfahren haben in Amerika seine praktische Anwendung für städtische Filter in den letzten Jahren begünstigt. Die über das Faulverfahren



zur Zeit herrschende allgemeine Ansicht, der allerdings die genannten Forscher des Technologischen Instituts nicht in allen Punkten — wie angedeutet — beitreten, sei mit einigen Worten hier wiedergegeben.

#### **Die in Nordamerika herrschende Ansicht über das Faulverfahren.**

Das Faulverfahren ist nicht ein vollständiges Reinigungssystem an sich, sondern nur ein Mittel für die Vorreinigung der Abwässer. Von den Schwebestoffen in einem gewöhnlichen städtischen, durch industrielle nicht oder nur wenig beeinflussten Abwasser werden etwa ein Drittel verflüssigt und vergast; etwa ein Drittel verbleiben im Faulbecken und bedürfen von Zeit zu Zeit der Beseitigung aus diesem; das letzte Drittel geht durch das Faulbecken hindurch und erscheint in den Abflüssen. Je nach den örtlichen Verhältnissen tritt eine bis etwa wiederum ein Drittel betragende Verschiebung in der vorstehend angegebenen Verteilung ein. Der Abfluss aus einem richtig betriebenen Faulbecken enthält niemals freien Sauerstoff. Besonders geeignet erscheint das Faulverfahren für ein ausschliesslich häusliches Abwasser, in dem suspendierte mineralische Substanz nur in sehr kleinem Betrage vorhanden ist; ist solche in erheblichem Masse im Abwasser vorhanden, so empfiehlt es sich, zu ihrer Abfangung ein Absitzbecken vor dem Faulbecken vorzuschalten. Die Abwässer werden im Faulbecken im höheren Masse als bei dem schnellen Durchlaufen im Absitzbecken durcheinandergemischt. Die organische Substanz wird durch die anaërobe Fäulnis in einfachere Formen bzw. lösliche Verbindungen umgewandelt, die der Behandlung im Filter leichter zugänglich sind. Im allgemeinen sollen die Becken Rauminhalt für den durchschnittlichen Abfluss von 12 bis 24 Stunden haben. Eine zu lange Ausdehnung des Faulprozesses bringt einen bei der sich anschliessenden Behandlung im Filter schwierig zu nitrifizierenden Abfluss hervor. Ja, es ist wahrscheinlich, dass sogar die anaërobe Wirkung im Faulbecken durch eine zu langdauernde Behandlung ungünstig beeinflusst wird. Um diese ungünstigen Wirkungen der Faulbecken wieder aufzuheben, hat man in mehreren Anlagen zwischen diesen und dem Filter Belüfter eingeschaltet, die das Abwasser zu durchlaufen hat. Andererseits kann die Belüftung des Abflusses zu störenden Geruchsbelästigungen unter gewissen Bedingungen führen: Im allgemeinen ergeben sich schlechte Gerüche von solchen Abwässern, die vergleichsweise hohe Beträge von Schwefelverbindungen enthalten; ebenso, wenn auch in geringerem Masse, von Abwässern aus Gemeinden mit hartem



Wasser wegen des vorhandenen schwefelsauren Kalks und Magnesia. Eine Ueberdeckung der Faulbecken wird vielfach nicht für erforderlich gehalten; nur an Orten, wo sie der unmittelbaren Einwirkung heftiger Winde ausgesetzt sind, hält man eine Ueberdeckung wegen der beim Zerreißen der Schwimmschicht auftretenden schlechten Gerüche in manchen Fällen für zweckmässig. Diese Auffassung besteht nach Erachten des Verfassers für Gegenden mit sehr gelinden Wintertemperaturen zu Recht. Die einfachen Beobachtungen des täglichen Lebens beweisen, dass die Fäulnisvorgänge mit sinkender Temperatur entsprechend nachlassen und bei Frost aufhören. Je wärmer das Abwasser daher erhalten wird, um so günstiger wird die Wirkung in den Faulbecken sein. Mittelbar erhöht die Erhaltung der Wärme des Abwassers in den Faulbecken auch den Reinigungseffekt in den sich anschliessenden Filtern, wie schon mehrfach ausgeführt ist. Es sei hier auf die diesbezüglichen Beobachtungen an den überwölbten Faulbecken in Saratoga-Springs hingewiesen. Vgl. weiter unten.

### III. Teil.

#### Grundsätze für Anlage und Betrieb von Filterbetten unter nord-amerikanischen Verhältnissen.

Bevor auf die Beschreibung einzelner ausgeführter Anlagen eingegangen wird, seien zunächst die durch die wissenschaftlichen Versuche und die Praxis der Ausführungen in Nordamerika gewonnenen, für die Anlage und den Betrieb der Filterbetten von Abwasserreinigungsanlagen mittelst intermittierender Bodenfiltration unter den dortigen Verhältnissen massgebend gewordenen Grundsätze in Anlehnung an die besten dortigen Quellen zusammengestellt. Die Vorwegnahme in einer Zusammenstellung vermeidet Wiederholungen und gestattet die Hervorhebung charakteristischer Merkmale bei der folgenden Beschreibung einzelner Anlagen.

Das Verfahren besteht darin, im Vergleich zu den künstlichen biologischen Filtern vergleichsweise kleine Mengen von Abwasser in bestimmten Zwischenräumen von einigen Stunden oder Tagen auf Flächen von porösem Sand und Kies zu leiten. Der Prozess ist in erster Linie — aber nicht ausschliesslich — ein biologischer und bedingt zu seiner Durchführung eine genügende Menge Luft und die nötigen Bakterien, die sich auf den Sandkörnern bilden.



Der Effekt des Verfahrens besteht darin, dass ein grosser Teil der fäulnisfähigen organischen Substanz in beständige mineralische umgewandelt wird. Eine fortgesetzte, also nicht unterbrochene Filtration des Abwassers, ähnlich wie die Filtrierung von Trinkwasser, würde unrichtig sein, da die zur Oxydation erforderliche Menge an Luft in die Filter nicht würde eintreten können: Fäulnis innerhalb des Beckens würde die Folge sein; die Nitrifizierung würde sehr bald verschwinden und der Prozess würde einfach in der Beseitigung der Schwebestoffe durch Durchsieben bestehen.

Die Schwebestoffe werden zum grössten Teil auf oder nahe der Oberfläche des Sandes zurückgehalten. Werden sie nicht zeitweise beseitigt, so bilden sie eine für die Luft allmählich undurchdringliche Lage und beeinflussen so stark den Reinigungsprozess. Häufiges Abharken und Abkratzen, sowie gelegentliches Umgraben bzw. Pflügen der Oberflächen sind daher erforderlich, um die Ansammlung des Schlammes zu verhindern. Da ein wesentlicher Teil dieser Schwebestoffe mineralischer Natur ist, so kann er natürlich durch Nitrifizierung nicht beseitigt werden. Auch ein Teil der organischen Schwebestoffe widersteht einer Nitrifizierung und ist beständig. Diese allmählich anwachsende Anhäufung von organischen und mineralischen Schwebestoffen verschliesst teilweise die Poren und verändert das Filtermaterial auf der Oberfläche in ein solches von sehr viel feinerem Korn.

Ob eine und welche Art Vorreinigung zu wählen ist, wird je nach den örtlichen Verhältnissen zu beurteilen sein. Ist das Filtermaterial grobkörnig und porös und enthält das aufgeleitete Wasser vergleichsweise nur wenige Mengen fester Stoffe, so ist es zulässig, das rohe Abwasser unmittelbar auf die Filter zu leiten. Je feiner das Material des Filters und je stärker das Abwasser ist, um so mehr Sorgfalt muss auf die Vorreinigung gelegt werden. Vielfach genügt es noch, das Abwasser zunächst auf einige Schlammbecken mit durchlässigem Untergrunde zu leiten, in denen sich die grössten Mengen des mitgeführten Schlammes niederschlagen. Es ist erheblich billiger, den getrockneten Schlamm nur von der kleinen Fläche der Schlammbecken, als von den grossen Flächen aller Filter zu beseitigen. In anderen Fällen erscheint es zweckmässig, vorher noch das Abwasser durch Absitz- bzw. Faulbecken durchfliessen zu lassen.

Die Verteilung des Abwassers für die Filter muss eine möglichst gleichmässige sein, um eine gleichmässige Beanspruchung des ganzen



Filterkörpers zu erzielen. Aus diesem Grunde folgt zunächst, dass die Filteroberfläche stets in glattem gleichmässigen Zustande gehalten werden soll. Wagenspuren oder selbst Fusspuren in grösserer Zahl sollen möglichst schnell wieder beseitigt werden. Die Filteroberfläche muss wagerecht sein; noch günstiger ist eine geringe Neigung in etwa 1:200 bis 1:500 von den Zuleitungsstellen aus, um an allen Stellen der Oberfläche annähernd die gleiche Bodenreibung dem zufließenden Wasser entgegenzusetzen und so eine noch gleichmässige Belastung zu erzielen. Bei der Aufleitung des Wassers muss jede ausspülende Wirkung auf die Oberfläche vermieden werden, da eine einseitige Ueberlastung dieser stärker beanspruchten Flächen mit Abwasser die Folge sein würde. Die Druckhöhe, in der das Abwasser auf die Filteroberfläche tritt, soll möglichst an allen Stellen die gleiche sein. Die Grösse der einzelnen Filter wird im wesentlichen bedingt durch die Schwierigkeiten, das Abwasser gleichmässig auf die Flächen zu verteilen. Die praktische Erfahrung zeigt, dass annähernd quadratische Felder von 0,4 ha Flächeninhalt die zweckmässigste Anordnung darstellen.

Die besten Ergebnisse werden erzielt von Filtern, die aus mittelfeinem oder mittelgrobem Sandkies bestehen. In zu feinem Material füllen sich die Poren infolge der Kapillarität mit Wasser, sodass Luft in genügenden Mengen in die Poren nicht eintreten kann; hinzu kommt, dass die vergleichsweise geringen Hohlräume in erhöhtem Masse durch die organischen und mineralischen Schwebstoffe zugesetzt werden; infolgedessen werden nur mit sehr geringen Beschickungsmengen gute Ergebnisse erzielt. Grobes Material andererseits, wie grober Kies, Koks, Kleinschlag, gestattet allerdings grosse Mengen von Abwasser durch das Filter hindurchlaufen zu lassen, doch fliesst es bei den für die Zuleitungen üblichen Anordnungen so schnell hindurch, dass ein befriedigender Abfluss nicht zu erzielen ist. Will man daher grobkörnige Filter verwenden, so muss man entweder diese abwechselnd füllen und entleeren oder auf die Oberfläche das Abwasser in sehr häufigen Intervallen, aber in sehr kleinen Dosen gleichmässig verteilen. Man kommt also hiermit zu den sogenannten „Füllkörpern“, bzw. zu „Sprinklersystemen“, die der intermittierenden Bodenfiltration nahestehen, jedoch aus den weiteren Erörterungen hier ausscheiden.

Die hauptsächlichste Reinigung des Abwassers vollzieht sich in den oberen 60 bis 90 cm der Filter; doch erscheint es zweckmässig, die



wirkliche Stärke der Filter, also ausschliesslich der Drainage und sonstigen Anordnungen zur Entwässerung nicht unter 1,20 m zu nehmen, um insbesondere auch im Winter, wo die Nitrifizierung geringer ist, gute Abflüsse zu erzielen. Im allgemeinen wird man 1,50 m als mittlere Konstruktionshöhe zweckmässig wählen.

Die Zahl und Abmessungen der Drains sollen so bemessen sein, dass eine schnelle Ableitung des durch das Filter gelaufenen Abwassers gewährleistet ist und so das Filter mit Luft schnell wiederum gesättigt wird. Ist der Grundwasserstand ein hoher oder der Untergrund ziemlich undurchlässig, so müssen Zahl und Abmessungen der Drains gross sein. Bestehen dagegen die Filter aus starken natürlichen Lagen von porösem Material, so haben die Drains nur geringeren Wert und dürfen in grösseren Abständen gelegt werden. Liegen die Drains in zu grossen Abständen, so werden die Filter ungenügend entwässert und mangelhaft belüftet werden: Fäulnis und Verschlammung der unteren Teile des Filters werden die mittelbaren Folgen sein. Liegen die Drains zu nahe, so wird das Abwasser zu schnell angesaugt und durchfiltriert; mangelhafter Reinigungseffekt im allgemeinen und besonders starke Verminderung der Nitrifizierung im Winter infolge der mit der starken Belüftung verbundenen weitgehenden Abkühlung des Filters werden hier die mittelbaren Wirkungen sein.

Von grosser Wichtigkeit ist, dass das Material der Filter von der Oberfläche bis zur Sohle „einheitlich“ sei. Unter „einheitlich“ ist hier zu verstehen, dass das Filtermaterial im ganzen Bett in der Kubikeinheit annähernd die gleiche Anzahl Sandkörner der verschiedenen Grössen enthält. Dass das Filtermaterial im ganzen Bett aus Sandkörnern der gleichen Grösse besteht, ist mithin nicht notwendig, vielfach nicht einmal erwünscht. Wenn feiner Sand, Lehm oder Ton auf Lagen groben Sandes ruht, so hat der letztere nur beschränkten Wert für die Filtration, weil sich auf seiner Oberfläche, also auf der Sohle der feinen Schichten ein durch die Kapillarität hergestellter Wasserverschluss, der den Eintritt der Luft in den Sand verhindert, bildet. Liegt andererseits umgekehrt grober Sand auf feinem Material, so tritt früher oder später in der Berührungsfläche zwischen beiden Verschlammung ein und wird hierdurch in gleicher Weise die Luft abgeschlossen.

Die Temperaturen der Luft und des Abwassers haben einen massgebenden Einfluss auf die im Filter eintretende Nitrifizierung, insbesondere bei neu in Betrieb genommenen Filtern. Bei im Beginn



des Sommers in Betrieb genommenen Filtern ist der Eintritt der Nitrifizierung schon innerhalb einer Woche beobachtet worden, während hierzu bei im Winter in Betrieb genommenen Filtern 2—3 Monate erforderlich sind. Ein Unterschied von wenigen Graden in dem Abwasser macht erhebliche Unterschiede in der Nitrifizierung der intermittierenden Bodenfilter. Es ist mithin unzweckmässig, neu hergestellte Filter im Herbst in Betrieb zu nehmen, da wegen der Verzögerung des Beginns der eigentlichen Nitrifizierung eine starke Verschlämzung der Filter eintreten kann.

Auch während langer kalter Wintermonate lassen sich intermittierende Bodenfilter bei zweckmässiger Ausgestaltung des Betriebes mit nicht erheblicher Beeinträchtigung ihrer Wirkungskreise betreiben. Zu diesem Zwecke ist es erforderlich, das Abwasser in vergleichsweise grossen Beschickungsmengen auf die Filter zu führen, um so eine genügende Wärmemenge zum Durchdringen des Frostes zu haben. Diese Wirkung wird erheblich durch die auch bereits angegebene Ausbildung der ganzen Oberfläche mit Furchen und Dämmen unterstützt. Das sich auf der Oberfläche bildende, von Damm zu Damm reichende Eis formt eine natürliche Schutzdecke über diejenigen Teile des Filters, die das Abwasser erhalten. Die den Filtern bei dieser Behandlung im Winter in einer Beschickung zuzuführenden Mengen sollen das zwei- bis vierfache der Mengen im Sommer betragen. Hierdurch kann allerdings der Nachteil entstehen, das einzelne Filterflächen wegen Mangels an Abwässern nur selten oder garnicht beschickt werden und so die Nitrifizierung in diesen auf längere Zeit — meist bis zum Eintritt wärmerer Witterung — herabgemindert wird.

Absolute Angaben über die Mengen an Abwässern, die pro Tag und Hektar den Filtern zugeführt werden dürfen, können nicht gemacht werden. Je nach der Stärke und dem Charakter des Abwassers einerseits, sowie je nach der Bodenbeschaffenheit, den baulichen Anordnungen des Filters, dem Grundwasser und der Vorflut andererseits werden sie verschieden sein. Für Vergleichszwecke lassen sich die nachfolgenden überschläglichen Angaben machen.

Ein Hektar Filterbett reinigt bei Dauerbetrieb zufriedenstellend täglich 500—1000 cbm eines Abwassers von der für nordamerikanische Städte durchschnittlichen Beschaffenheit; für ein durchschnittliches Abwasser deutscher Städte ist entsprechend 250—500 cbm zu setzen. (Näheres vgl. weiter unten.)



### Beschreibung einzelner ausgeführter Anlagen.

Die Zahl der Abwasserreinigungsanlagen mittelst intermittierender Bodenfiltration in Nordamerika ist sehr erheblich. Bei weitem die Mehrzahl befindet sich im Staate Massachusetts, der Heimat des Verfahrens. Hier ist der Boden für die Anwendung des Verfahrens der geeignetste. Die Dichtigkeit der Bevölkerung ist eine sehr grosse und durchaus zu vergleichen mit den starkbevölkerten industriereichen westlichen Provinzen Preussens. Die Bedürfnisse der Bevölkerung an reinem Wasser für häusliche und industrielle Zwecke sind sehr erhebliche und schliesslich die staatliche Fürsorge in gesundheitlicher Beziehung durchaus die weitgehendste unter den Staaten der Union. Bereits im Jahre 1903 übte infolgedessen der staatliche Gesundheitsrat die Aufsicht über 23 Anlagen in Stadt- bzw. Landgemeinden; hierzu kommen eine sehr erhebliche Anzahl von Einzelanlagen — Schulen, Sanatorien, Fabriken. Die Gesamtzahl hat sich inzwischen noch vermehrt.

Von Massachusetts ist das Verfahren durch den Gesundheitsrat des Staates Ohio in Columbus unter Mitwirkung mehrerer Zivilingenieure auch nach diesem Staate vor etwa zwölf Jahren übertragen und in mehreren kleineren Gemeinden mit wechselndem Erfolge zur Ausführung gelangt. Die Erfolge konnten hier wegen des schweren lehm- und tonhaltigen Untergrundes und auch wegen der weniger weitreichenden staatlichen Aufsicht nicht die gleichen wie in Massachusetts werden. Einige weitere Ausführungen des Verfahrens finden sich noch in den unmittelbar an Massachusetts angrenzenden Staaten New York und Rhode Island. Die bedeutendsten unter letzteren sind diejenigen in Pawtucket im letztgenannten Staate und in Saratoga Springs, dem amerikanischen Baden-Baden, im Staate New York.

Ich hatte Gelegenheit, die wichtigsten Anlagen durch örtliche Besichtigung kennen zu lernen: Andover, Brockton, Clinton, Framingham, Gardner, Hudson, Marlborough, Natick, Spencer, Westborough, Worcester, Saratoga Springs und andere.

Eine eingehende Beschreibung aller der genannten Anlagen würde den Rahmen dieser Schrift erheblich überschreiten, die notwendigen Wiederholungen würden ermüden, und die charakteristischen Unterschiede zwischen den einzelnen Anlagen würden nicht genügend in Erscheinung treten. Hierzu kommt, dass einzelne Anlagen, z. B. Brockton, Clinton, Framingham bereits eingehender in der Fachlite-



ratur in teilweise auch auf persönlichen Eindrücken beruhenden Schilderungen beschrieben sind. Ich glaube daher, auf die wichtigsten und typischen Anordnungen mich beschränken zu dürfen. Im Verlaufe der einzelnen Darstellungen werde ich mich bemühen, sowohl die allgemeinen Merkmale, die auch für andere Anlagen gelten, wie die Besonderheiten, die die beschriebene oder andere Anlagen im einzelnen charakterisieren, hervorzuheben.

#### Spencer.

Die mit der Strassenbahn in einstündiger Fahrt von Worcester zu erreichende Stadtgemeinde Spencer liegt im Tale des Sieben-Meilen-Flusses — Seven Mile River — eines unbedeutenden Nebenflusses des den Hauptarm des Chicopee bildenden Quaboag Flusses. Auf dem rechten Ufer des Flusses in einer Höhe bis zu etwa 30 m über ihm läuft die die Stadt durchziehende Provinzialstrasse, an deren beiden Seiten die Häuser liegen. Die Bevölkerung betrug im Jahre 1898 6934, nach dem Census im Jahre 1900 7627 Personen.

Die Gemeinde ist seit dem Jahre 1883 mit einer öffentlichen Wasserversorgung versehen und zum grössten Teil kanalisiert. Zur Zeit sind die Abwässer von etwa 3000 Personen an das Sielnetz angeschlossen. Dieses ist zwar nur zur Aufnahme von Verbrauchswässern vorgesehen, doch sind trotzdem eine grosse Anzahl Dachflächen, Kellerentwässerungen und auch einzelne Sinkkasten angeschlossen; im allgemeinen jedoch fliesst das Regenwasser offen dem Flusse zu. Die im wesentlichen aus Schuhfabriken stammenden industriellen Abwässer werden teils gleichfalls dem Flusse unmittelbar, teils nach dem Sielnetz abgeleitet.

Das Abwasser fliesst mit natürlicher Vorflut und grossem Gefälle der etwa 3,5 km unterhalb des bebauten Weichbildes gelegenen Reinigungsanlage zu. Unmittelbar oberhalb kreuzt der Hauptsammler ein breites Tal mittelst eines Dükers von 938,1 m Länge und 30,0 cm Durchmesser, dessen Höhenunterschied zwischen Ein- und Auslauf 5,04 m beträgt. Zur Fernhaltung von Holz, Lappen und anderen festen Teilen ist am Anfang des Dükers eine Gitteranlage aus feststehenden senkrechten Flacheisenstäben mit 20 mm Zwischenraum vorgesehen, die in der Regel zwei- oder dreimal täglich gereinigt wird. In dem Düker selbst sind in den ganzen Jahren trotz seiner erheblichen Länge Ablagerungen, die zu einer Ausserbetriebnahme nötigten, noch nicht entstanden.



Das Abwasser ist im wesentlichen ein häusliches und wird während der nassen Jahreszeit — Winter und Frühjahr — durch Grundwasserzuflüsse erheblich verdünnt; diese Verdünnung wird bei Niederschlägen aus den angegebenen Gründen durch Regenwasser noch stark erhöht. Das Abwasser kommt in der Reinigungsanlage wegen der guten Gefälle der Siele in sehr frischem Zustande an; die grobsinnlich wahrnehmbaren Bestandteile sind aus demselben Grunde zum grössten Teil bereits zerkleinert und zerrieben.

Das Abwasser gelangt — abgesehen von der erwähnten Gitteranlage — ohne jede Vorreinigung auf die Filterflächen.

Der durchschnittliche Charakter des Abwassers auf Grund der vom staatlichen Gesundheitsrate monatlich einmal entnommenen Proben ergibt sich aus der Tabelle No. 31.

Tabelle No. 31.

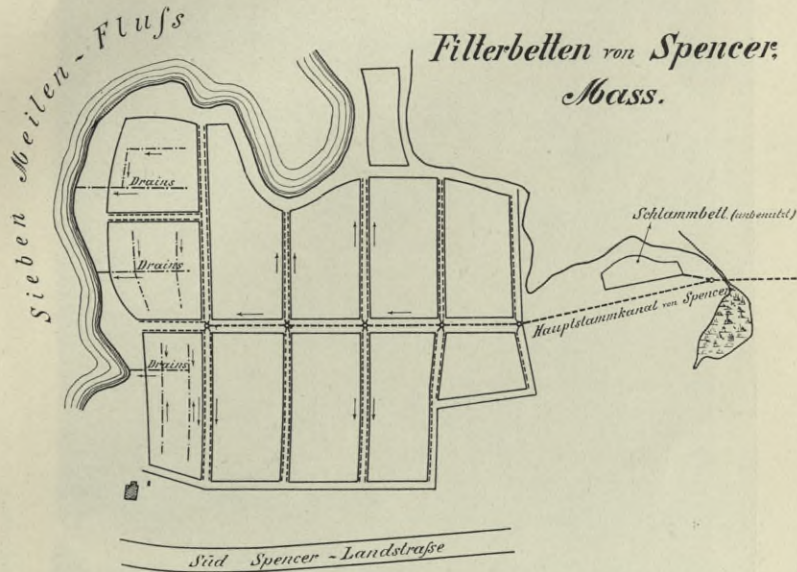
Durchschnittliche Beschaffenheit des Abwassers von Spencer.  
Teile in 100 000.

Jahr	Verdampfungsrückstand						Ammoniak			Chlor	Sauerstoffverbrauch		
	Gesamter Rückstand			Glühverlust			Freies	Albuminoid-			Unfiltriert	Filtriert	
	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert		Insgesamt	Gelöst				Suspensdiert
1898	28,47	18,97	9,50	14,44	6,24	8,20	1,45	0,49	0,23	0,26	4,05	2,84	1,51
1899	29,32	16,81	12,51	16,43	6,11	10,32	1,62	0,47	0,19	0,28	3,08	3,29	1,71
1900	32,69	18,76	13,93	18,54	7,21	11,33	1,70	0,57	0,23	0,34	3,38	4,86	3,09
1901	30,42	17,30	13,12	16,42	6,90	9,52	1,24	0,45	0,20	0,25	3,08	3,31	1,77
1902	43,64	23,05	20,59	24,18	9,78	14,40	1,78	0,68	0,24	0,44	3,93	4,85	2,74
1903	35,78	24,34	11,44	20,22	10,06	10,16	1,81	0,55	0,31	0,24	3,99	4,65	2,74

Die Reinigungsanlage umfasst 12 Filterbetten mit einer Gesamtfläche von 3,72 Hektar, deren grösstes ungefähr 0,4 Hektar, deren kleinstes 0,12 Hektar Flächeninhalt hat (vergl. Lageplan Abbildung No. 6). Das Filtermaterial ist in ganzer Tiefe äusserst grobkörnig — das grösste, das ich gesehen habe — und wohl überhaupt das grobkörnigste. Abbildung No. 7 und 8 zeigen deutlich die Körnung des das Filtermaterial bildenden Kiessandes. Es ist sehr ähnlich dem unsortierten Material, dass beim Baggern aus dem Rhein im Stromstrich zwischen Köln und Düsseldorf gewonnen wird. Einen weiteren Anhalt für die Beschaffenheit des Filtermaterials gibt die nachstehende Tabelle No. 32, die die Ergebnisse von in der Mitte jedes Bettes entnommenen Bodenproben zeigt.



Abbildung No. 6.



Lageplan der Filterbetten von Spencer.

Tabelle No. 32.

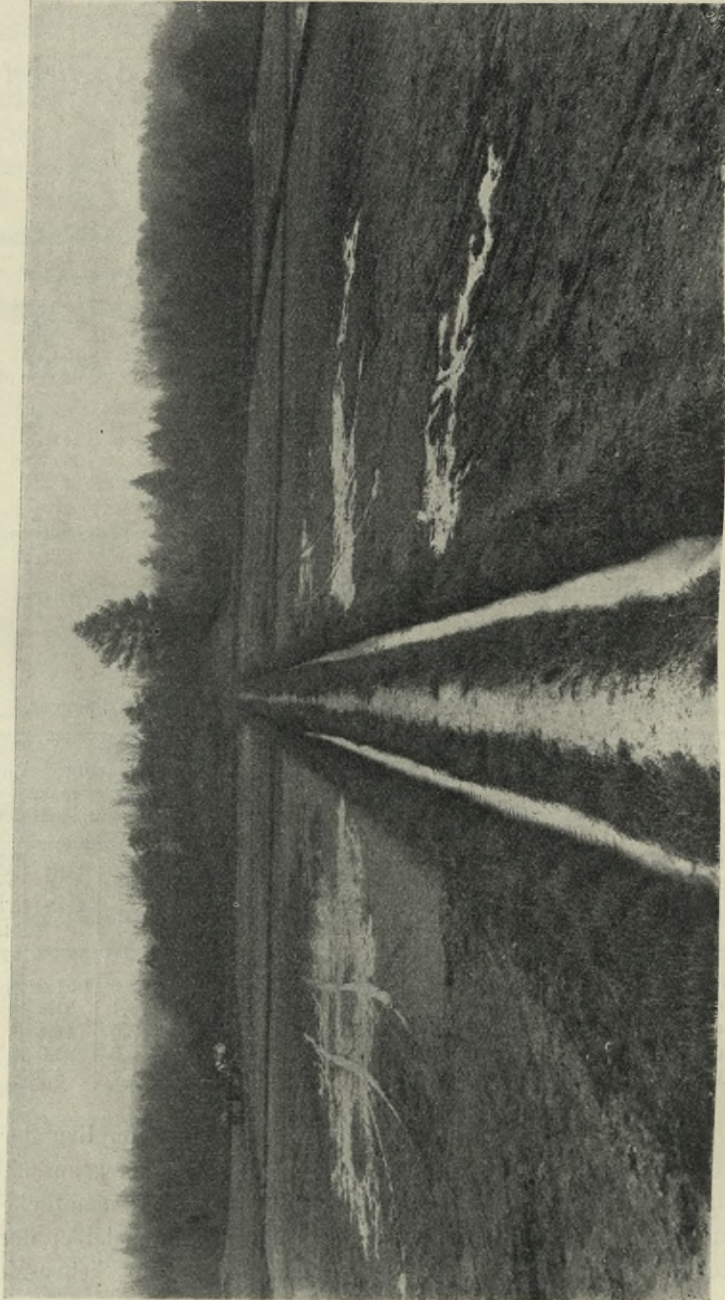
## Zusammensetzung des Filtermaterials der Filterbetten in Spencer.

Probe, entnommen unter der Oberfläche in m	Wirksame Grösse in mm			Gleichmässigkeitskoeffizient			Albuminoid-Ammoniak Teile in 100000		
	Durchschnittl.	Grösster Wert	Kleinster Wert	Durchschnittl.	Grösster Wert	Kleinster Wert	Durchschnittl.	Grösster Wert	Kleinster Wert
Oberfläche	0,34	0,65	0,13	10,6	19,5	4,9	28,9	91,2	2,1
0,076	0,29	0,48	0,12	10,0	20,0	4,9	18,1	51,3	4,2
0,15	0,31	0,47	0,10	8,8	15,5	4,1	13,5	46,8	3,0
0,31	0,24	0,41	0,08	9,7	26,3	2,5	8,3	24,0	2,2
0,76	0,18	0,25	0,06	4,2	7,1	2,0	3,1	5,9	1,0

Nur 3 Filter, in denen der Grundwasserstand beim Bau der Anlage hoch stand, sind durch Röhrendrains in 18,0 m gegenseitigem Abstand und 1,80 m Tiefe unter Oberkante drainiert; sämtliche anderen Filter sind undrainiert. Die Vorflut der Drains bildet der unmittelbar neben der Reinigungsanlage vorbeifliessende Sieben-Meilen-Fluss, vgl. Abbildung No. 8 links.



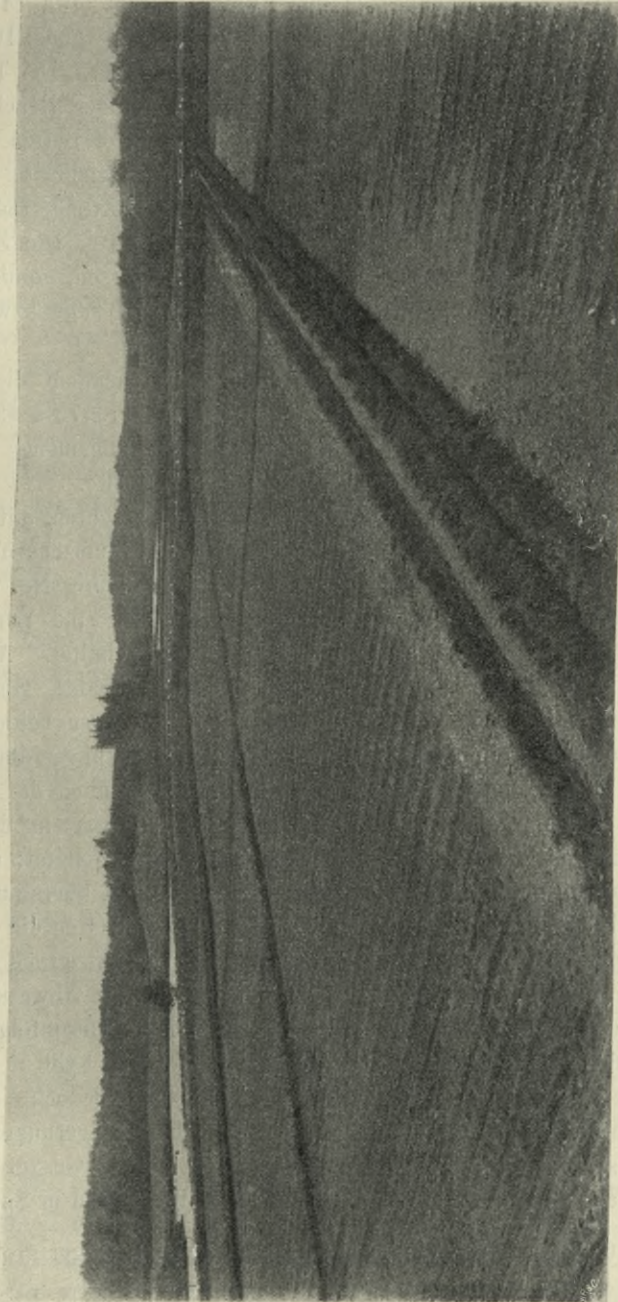
Abbildung No. 7.



Filterbetten von Spencer.



Abbildung No. 8.



Filterbetten von Spencer.



Der Trockenwetterabfluss zu der Anlage beträgt etwa 1420 cbm täglich; er steigt während der nassen Jahreszeit auf rund 2100 cbm; bei Regenwetter ist der Abfluss ein sehr viel grösserer. Der Trockenwetterzufluss wird während der Tagesstunden in der Regel gleichzeitig auf zwei, während der Nachtstunden auf drei Betten verteilt; bei grossen Zuflüssen werden bisweilen vier Betten gleichzeitig benutzt. Es werden mithin die Hälfte der Betten durchschnittlich täglich benutzt, sodass jedes Bett einen Tag Ruhepause hat. Die Zuleitung des Abwassers erfolgt nicht in einzelnen kleineren Dosen, sondern fortlaufend während der ganzen Beschickungsdauer am Tage bzw. in der Nacht.

Bei Trockenwetterzufluss beträgt nach Vorstehendem die durchschnittliche tägliche Beschickungsmenge rund  $1420 : 3,72 = 380$  cbm f. d. ha; bei nasser Witterung steigt diese Beschickungsmenge auf das  $1\frac{1}{2}$ fache, bei Regenwetter auf mehr als das Doppelte.

Die Filter liegen rechts und links von einem erhöhten, mit weissen Prellsteinen belegten Mittelwege, in dem der aus Steinzeugröhren bestehende Hauptzuleitungskanal liegt. (Vgl. Abbildung No. 7.) Auf den Grenzen zwischen den einzelnen Filterbetten sind Verteilungsschächte in die vorbezeichnete Rohrleitung eingeschaltet. An diesen Punkten setzen die niedrigen, die einzelnen Felder voneinander trennenden, mit Rasen belegten Dämme an, auf deren beiden Seiten die von dem Verteilungsschachte ausgehenden Zuleitungsgräben liegen. Soll ein Bett beschickt werden, so wird durch Oeffnen der Schieber in den Verteilungsschächten im Mittelwege das Abwasser in die rechts bzw. links das Bett begrenzenden Zuleitungsgräben geleitet; es fliesst über die niedrigen Ränder der Zuleitungsgräben und überstaut so das Bett. Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei Trockenwetter die geringen Mengen der gesamten Abwässer, sowie die äusserst grobe Körnung des Filtermaterials eine gleichmässige Verteilung des Abwassers über die ganze Filterfläche nicht gewährleisten. Man hat infolge dessen die in den Abbildungen sichtbaren weiteren, jedes Feld in Gevierte teilenden niedrigen Erddämme gezogen, ohne damit jedoch einen vollständigen Erfolg zu erzielen. Um irrtümlichen Folgerungen vorzubeugen, sei unter Bezugnahme auf das S. 58 bereits Gesagte hier bemerkt, dass die durchschnittliche Grösse der Filterbetten in Spencer von  $\frac{3,72}{12} = 0,31$  ha für Reinigungsanlagen mit einem weniger grobkörnigen Material durchaus angemessen, wenn nicht schon etwas klein ist.



Vor Beginn des Winters werden die Filterflächen von den geringen Mengen des an der Oberfläche angesammelten Schlammes gereinigt und durch eine Egge mit schwachen Furchen (vgl. Abbildung No. 8) versehen. Diese einfache Behandlung ist ausreichend, um auch bei mehrtägigen Frostperioden mit Temperaturen bis  $-20^{\circ}$  C. eine genügende Reinigung des bei dieser Lufttemperatur mit etwa  $+7^{\circ}$  C. auf die Filterbetten gelangenden Abwassers zu erzielen. Bei hoher Kälte und geringem Zufluss wird bisweilen nur je ein Filterbett für den Tag bzw. für die Nacht verwendet, um so eine grosse Wärmemenge dem durchgefrorenen Boden auf einmal zuzuführen.

Die Ansammlung von festen Rückständen oder Schwebestoffen auf der Oberfläche der Filter ist äusserst gering. Die erwähnte, nur einmalige Reinigung im Herbst genügt in der Regel.

Die Betriebskosten für die Jahre 1898 bis 1903 werden zu drei- bis viertausend Mark angegeben.

Der erzielte Reinigungseffekt ist ein nahezu vollkommener. Der Abfluss der Drains ist klar, farblos und geruchlos. Spuren von Eisenablagerungen oder Algenbildungen sind am Auslaufe der Drains nicht beobachtet. Die vom staatlichen Gesundheitsrat vorgenommenen chemischen Analysen des Drainwassers hatten die in der Tabelle No. 33 zusammengestellten durchschnittlichen Ergebnisse für die Jahre 1898 bis 1903.

Tabelle No. 33.

## Durchschnittliche Beschaffenheit des Abflusses der Filterbetten in Spencer.

Teile 1: 100000.

Jahr	Verdampfungsrückstand	Ammoniak		Chlor	Stickstoff als		Sauerstoffverbrauch	Härte	Eisen
		Freies	Albuminoid		Nitrate	Nitrite			
1898	18,77	0,27	0,04	3,19	0,96	0,05	0,45	5,4	0,01
1899	15,86	0,10	0,02	2,48	0,70	0,00	0,12	4,0	0,00
1900	15,22	0,23	0,01	2,79	0,69	0,00	0,18	3,8	0,01
1901	16,32	0,29	0,02	3,03	0,52	0,01	0,21	4,3	0,03
1902	17,12	0,20	0,01	2,78	0,88	0,01	0,21	4,2	0,06
1903	17,95	0,15	0,02	3,16	0,37	0,02	0,33	6,1	0,35

Die Reinigungsanlage wird nahezu selbständig von einem einzelnen ständig beschäftigten Arbeiter, dem im Bedarfsfalle einige weitere als Aushilfe beigegeben werden, betrieben. Wegen der vergleichsweise grossen Entfernung von Boston kann die Aufsicht seitens



des staatlichen Gesundheitsrates nur eine beschränkte sein. Die Anlage wird daher in denkbar einfachster und wenig vollkommener Form unterhalten. Schon die auf den beigefügten Abbildungen sichtbaren Wagenspuren und Unebenheiten der Filterbetten sprechen dafür.

Der angegebene, als vollkommen zu bezeichnende Reinigungseffekt, der trotz des wenig durchgebildeten Betriebes der Anlage und trotz ungleichmässiger Beanspruchung der einzelnen Teile der Filterbetten erreicht wird, dürfte nach Ansicht des Verfassers durch nachstehende Ursachen begründet sein.

Das Abwasser ist im wesentlichen ein rein häusliches. Schon der Trockenwetterabfluss ist stark verdünnt — 475 l pro Tag und Kopf der angeschlossenen Bevölkerung. Bei nasser Witterung, mehr noch bei Regenwetter, steigt die Verdünnung bis auf ein Mehrfaches. Das Abwasser kommt nahezu in frischem Zustande auf die Filter, sodass eine die nitrifizierende Wirkung beeinträchtigende Fäulnis desselben nicht vorhergegangen ist. Die in geringem Masse vorhandenen organischen festen Stoffe werden schon in den Sielen infolge der starken Gefälle in ihnen vielfach fein zerteilt, sodass sie auf den Filterflächen leichter oxydiert werden.

Die Filterflächen selbst sind bei ihrer Materialbeschaffenheit und der Art des aufzuleitenden Abwassers in ihrer Grösse durchaus genügend, wenn nicht reichlich. Die grobe Körnung des Filtermaterials gewährleistet eine gute Belüftung und gute Drainage. Die mitgeführten Schwebestoffe können sich nicht, wie bei einem aus feinem Sand aufgebauten Filter nur auf der Oberfläche als eine einheitliche Schlammdecke niederschlagen, sondern verteilen sich auch in eine grössere Tiefe und sind so mehr der Oxydierung unterworfen. Das Filtermaterial ist grob genug, um die bei Regenwetter aufgeleiteten grösseren Wassermassen mit einem jedoch entsprechend geringeren Gehalt an Schwebestoffen genügend schnell wegen der im Vergleich zu feinem Sande kleineren Kohäsionskraft durchzufiltern; es ist jedoch nicht so rau, dass — wie bei Filtern aus Schlacken oder anderem rauhen Material — eine den Reinigungseffekt ungünstig beeinflussende Beschleunigung der Durchfiltrierung eintritt.

Die vorliegende Beschreibung gibt ein Beispiel für eine mit geringen Betriebskosten trotz primitiver Einrichtung des Betriebes Jahrzehnte hindurch wegen Vorhandenseins eines geeigneten Abwassers und günstiger Bodenverhältnisse mit vollem Erfolge betriebene Reinigungsanlage.



### Brockton.

Die Reinigungsanlage der Stadt Brockton ist, wie bereits erwähnt, in der deutschen Fachpresse vor kurzem eingehender beschrieben worden<sup>1)</sup>. In einer vollständigen Darstellung der Abwasserreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration in Nordamerika darf eine Beschreibung dieser Anlage jedoch nicht fehlen; sie sei daher im Nachstehenden gegeben.

Die in einer halben Stunde mit der Eisenbahn von Boston aus zu erreichende Fabrikstadt Brockton liegt in dem an dieser Stelle breiten und nur sehr geringe Höhenunterschiede aufweisenden Tale des Salisbury-Plain-Flusses, eines Nebenflusses des Taunton. Die Bevölkerung betrug nach dem Census vom Jahre 1900 insgesamt 40063 Seelen und war im Jahre 1905 bereits auf 47794 gestiegen. In der Stadt liegen die grössten Schuhfabriken im Staate Massachusetts; weitere nennenswerte Industrie ist nicht vorhanden. Die Stadt ist seit dem Jahre 1880 mit einer öffentlichen Wasserversorgung versehen, aus der der Verbrauch für den Tag und Kopf der gesamten Bevölkerung sich

im Jahre 1903 auf 125 l

„ „ 1905 „ 144 l

belieft. Seit dem Jahre 1893 ist der grösste Teil der Stadt kanalisiert; Ende des Jahres 1903 waren die Abwässer von 1714 Gebäuden mit etwa 25000 Seelen an das Sietnetz angeschlossen.

Der in Mauerwerk ausgeführte Hauptsammelkanal von 1,20 m l. Höhe und 0,80 m l. Weite im unteren Laufe läuft längs des Salisbury-Plain-Flusses und führt die Abwässer zunächst zu einer an diesem Flusse gelegenen Pumpstation, mit der ein Aufhaltebecken von rund 2270 cbm Fassungsraum verbunden ist. Dieses Becken dient dem Zwecke, das gesamte während der Nacht zur Pumpstation abfliessende Abwasser aufzunehmen und aufzuspeichern; die Pumpstation ist daher nur während der eigentlichen Tagesstunden im Betriebe. Im Auslauf des Aufhaltebeckens vor den Pumpen ist eine feststehende Gitteranlage aus Flacheisenstäben mit Zwischenräumen von 20 mm zum Auffangen von Holz, Papier, Lappen und anderen Rückständen angeordnet. Um ein Beseitigen von Hand des in dem Aufhaltebecken auf der Sohle sich niederschlagenden Schlammes zu

1) „Gesundheits-Ingenieur.“ Jahrgang 1905. „Reinigung von Abwässern mittelst intermittierender Bodenfiltration“. Von Prof. Dr. Dunbar.



vermeiden, dienen in einfachster Weise durchlochte, mit dem von der Pumpstation abgehenden Druckrohr verbundene, auf dem Boden verlegte Röhren. In diese wird das Abwasser, sobald der Inhalt des Beckens bis auf einen Fuss über der Sohle abgepumpt ist, eingeleitet. Infolge des beim Austritt aus den Löchern der Rohrleitung auftretenden Ueberdrucks wird der Schlamm aufgerührt und nunmehr zusammen mit dem Abwasser zu der Reinigungsanlage gepumpt. Diese einfache und billige Reinigung hat sich seit Inbetriebnahme der Anlage als durchaus genügend erwiesen. Das Druckrohr hat 60 cm Durchmesser und eine Länge von rund 5250 m. Der Rauminhalt des gesamten Druckrohrs beträgt rund 1500 cbm.

Aus Vorstehendem ergibt sich, dass morgens beim Beginn des Betriebes zunächst der mit dem aufgewirbelten Schlamm in dem Aufhaltebecken durchgesetzte, eine Nacht alte Inhalt des Druckrohres, sowie der während der Nacht angesammelte Zufluss zu dem Aufhaltebecken auf die Filter geleitet wird. Es gelangt daher in den ersten Morgenstunden nicht ein frisches, sondern mindestens ein einen halben Tag altes Abwasser auf die Reinigungsanlage. Ferner ist dieses Abwasser seiner Zusammensetzung nach konzentrierter als der Durchschnitt, da es nach Vorstehendem den wieder aufgewirbelten Schlamm aus dem Aufhaltebecken enthält.

Auch in Brockton ist das nach der Reinigungsanlage führende Sielnetz nur für die Ableitung der Verbrauchswässer bestimmt. Eine unmittelbare Einleitung von Oberflächenwasser in dieses Sielnetz erfolgt nicht. Dagegen ist auch hier der Zufluss an Grundwasser infolge undichter Stellen trotz der mehrfach betonten Sorgfalt in der Ausführung nicht unerheblich. Diese Undichtigkeiten sind teils beim Bau des Sielnetzes, in höherem Masse später bei Herstellung der teilweise im Grundwasser liegenden Anschlüsse eingetreten.

Für die Jahre 1896 (also etwa ein Jahr nach Fertigstellung des Sielnetzes) und 1904 (kurz vor Fertigstellung von neuen zur Erweiterung dienenden Filterbetten) gibt die nachfolgende Tabelle No. 34 die täglich abgepumpte Menge an Abwasser und den monatlichen Niederschlag an Regen.

Es ist ersichtlich, dass in den Monaten mit stärkeren Niederschlägen die Mengen des gepumpten Wassers erheblich grösser als in den trockenen Monaten sind; hierbei ist darauf hinzuweisen, dass vor der Pumpstation sich ein Notauslass nach dem Flusse befindet, um allzu grosse Abwassermengen, deren Bewältigung in der Reinigungs-



Tabelle No. 34.

Jahr		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1896	Gepumptes Abwasser in cbm rd.	1800	2150	2450	1800	1220	1450	1230	1380	2000	2280	2330	2120
	Monatlicher Niederschlag in mm	42	92	142	30	45	88	39	53	156	70	102	52
1904	Gepumptes Abwasser in cbm rd.	3130	3100	3780	4430	4000	3800	3200	3000	3100	3240	3260	3230
	Monatlicher Niederschlag in mm	113	89	57	200	71	61	70	67	134 <sup>1)</sup>	44	39	75

1) Anm. Hiervon am 14. September allein 90 mm Niederschlag.

anlage zu Schwierigkeiten führt, von dieser fernzuhalten; die angegebenen abgepumpten Mengen stellen daher während der nassen Monate nur einen Teil des gesamten Abflusses dar.

Die im Jahre 1896 in Betrieb genommene Reinigungsanlage bestand bis zum Jahre 1903 einschliesslich aus 23 Filterbetten auf einer Gesamtfläche von 8,59 ha. Seit dem Jahre 1904 ist wegen der eingetretenen Ueberbelastung der Filter infolge Vermehrung der Abwässermengen eine Vergrösserung der Anlage vorgenommen worden. In unmittelbarer Nähe sind sieben neue Filterbetten mit einer Gesamtoberfläche von 2,9 ha hergestellt worden. Der beigefügte Lageplan (Abbildung No. 9) zeigt die Anordnung der Filterbetten im einzelnen.

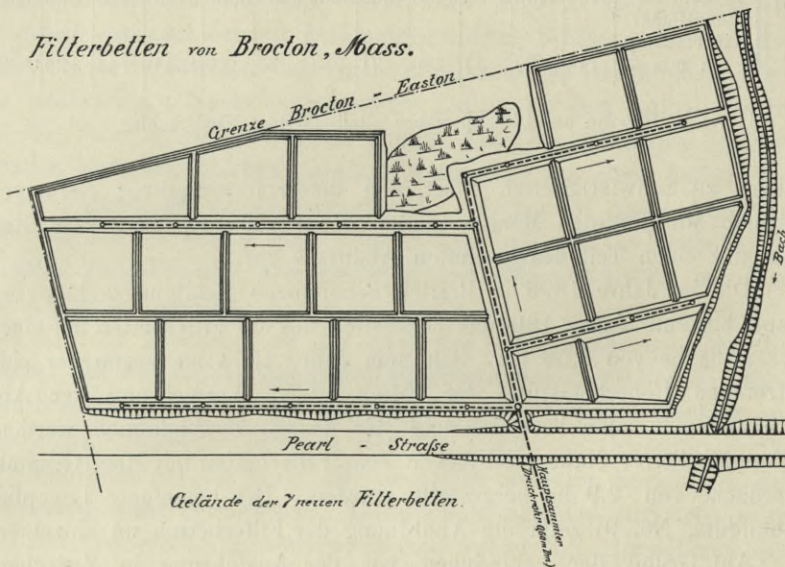
Auf Grund der zahlreichen vor der Ausführung in Zwischenräumen von 70 m hergestellten Probelöchern wurde das Material des Untergrundes als äusserst geeignet für die Anlage festgestellt. Der über dem Kies und Sand liegende Humusboden wurde von sämtlichen Betten entfernt. Die wirksame Grösse des Filtermaterials wechselt zwischen 0,04 und 0,75 mm. Das Material bildet einzelne Lagen, die jedoch nicht streng von einander getrennt sind, sondern allmählich in einander übergehen; es ist im allgemeinen ziemlich grobkörnig, doch bei weitem nicht so stark wie das in Spencer. In 10 Betten ist eine dünne Tonlage in dem Sand in einer Tiefe von 2,1 bis 2,4 m unter der Oberfläche eingesprengt. Die aus genügend rauhem und porösem Material bestehenden Betten wurden



nicht drainiert, diejenigen, die Lagen feinen Sandes oder Ton enthalten, mit Drains aus ungebrannten Röhren in je 10 m Abstand versehen.

Der ganze Betrieb der Reinigungsanlage untersteht vom Beginn an einem studierten Chemiker, zur Zeit Dr. George E. Bolling, der sein Laboratorium und sonstige Diensträume in unmittelbarer Nähe der Anlage hat. Die Betten werden daher jahraus jahrein mit grosser Sorgfalt behandelt; hierdurch und durch die geeignete Beschaffenheit des Bodens wird dauernd ein äusserst befriedigender Reinigungseffekt

Abbildung No. 9.



Lageplan der Filterbetten von Brockton.

erzielt. Die Anlage gilt als eine der Musteranlagen im ganzen Staate. Der Betrieb selbst vollzieht sich in nachstehender Weise:

Der Inhalt des Druckrohrs und des Aufhaltebeckens in der Pumpstation, der zuerst in den Morgenstunden auf die Filter gepumpt wird, wird in der Regel auf eines von vier ausschliesslich zu ihrer Aufnahme bestimmten Betten gepumpt, die als „Schlammbetten“ hiernach bezeichnet werden, in ihrer Anordnung jedoch den andern Betten völlig gleichen. Die grossen Massen von festen bzw. Schwebestoffen in diesem konzentrierteren Abwasser verursachen eine starke Verschlammung der Oberfläche



dieser 4 Betten, die zu häufiger Reinigung durch Abharken — z. B. im Jahre 1903 jedes Bett durchschnittlich 23mal — nötigt.

Die nachfolgende Tabelle No. 35 gibt die in den letzten Jahren diesen 4 Schlammbecken zusammen täglich durchschnittlich zugeführten Abwässermengen und die durch Abharken gewonnenen Schlammmassen in jedem Jahre.

Tabelle No. 35.

Jahr	Abwässer täglich in cbm	Schlamm jährlich in 1000 kg
1901	323	1265
1902	335	1667
1903	333	2289
1904	377	2753
1905	436	4013

Der Schlamm wird an in der Nähe wohnende Bauern zu Düngzwecken verkauft und seit Jahren ein Erlös von 630 Mark für die gesamten neben den Betten aufgehäuften Massen erzielt. Nach Analysen einiger Proben sind in dem Schlamm etwa 20 v. H. Wasser, 10—20 v. H. organische Substanz und 65 v. H. unlösliche mineralische Substanz enthalten.

Die verbleibenden 19 Filterbetten werden ausschliesslich mit dem eigentlichen Tagesabfluss, also einem erheblich dünneren Abwasser beschickt. Eine nennenswerte Reinigung dieser Betten ist während des ganzen Jahres, abgesehen von dem gelegentlichen Beseitigen von Unkraut, nicht erforderlich.

Die Aufleitung des Abwassers auf die rechteckigen Betten erfolgt von der Mitte einer Seite aus durch äusserst zweckmässig und einfach hergestellte Rinnen (vergl. Abbildung No. 10). Die Rinnen haben rechteckigen, sich nach ihrem unteren Auslauf hin verjüngenden Querschnitt. Die 15 cm starke Sohle besteht aus Stampfbeton mit Eisen- einlage in der Mischung 1 Zement, 3 Sand, 5 Kies, die zwecks Vermeidung von Temperaturrissen in je 2,40 m Entfernung durch eingelegte Streifen Dachpappe unterbrochen ist; die Seitenwände bilden Holzbretter von 2 Zoll Stärke. In gleichen, nach der Feldweite sich richtenden Abständen — durchschnittlich etwa 12 m — sind in diese mit dem Boden festverbundenen Seitenwände von 30 cm Höhe kurze, um senkrecht stehende Scharniere drehbare bewegliche Stücke eingeschaltet; sie greifen über die oberen feststehenden Enden der Seitenwände des unterhalb verjüngten Querschnittes der Rinne über und



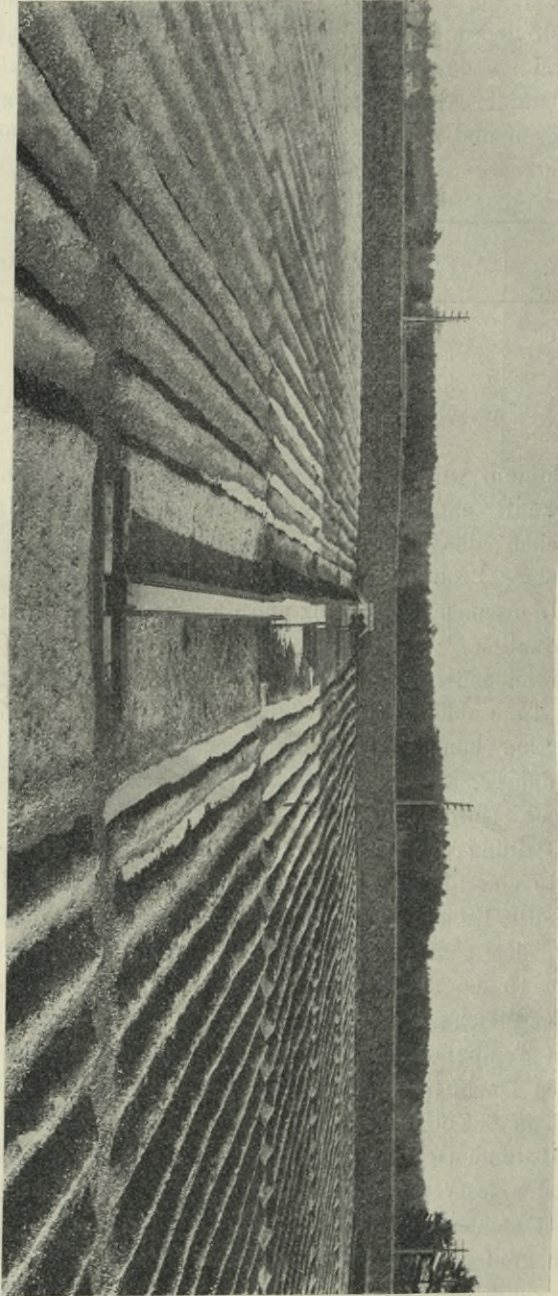


Abbildung No. 10.

Hölzerne Zuleitungsrinne für die Filterbetten in Brockton.



bilden so durch entsprechende Drehungen um das Scharnier zu vergrößernde und zu verkleinernde Ausflussöffnungen. Das Abwasser tritt an diesen Stellen aus, fällt zunächst, um die Auskolkung der Oberfläche des Bettes zu vermeiden, auf eine kurze breite Querrinne, deren Sohle mit der Filteroberfläche bündig liegt, und tritt sodann auf die eigentliche Filterfläche über. Durch diese einfache Anordnung kann das Abwasser nahezu beliebig auf die Filteroberfläche verteilt werden; andererseits fließt das Abwasser in Betten von gleichmässigem Korn und gleichgerichteter Oberfläche bei richtiger Einstellung der beweglichen Seitenwände unter stets gleicher Druckhöhe und in stets gleichen Mengen auf alle Teile des Filters. Diese

Abbildung No. 11.



Filterbett in Brockton während des Winterbetriebes.

hölzernen Rinnen sowie die Röhren der Zuleitungen sind in zweckentsprechender Weise reichlich bemessen, sodass die durchschnittlichen Beschickungsmengen eines Bettes in nur etwa 30 Minuten aufgeleitet werden.

Die Oberflächen der Filter sind nicht genau wagerecht, sondern mit einer schwachen Neigung von 1:500 bis 1:200 versehen, um die einer gleichmässigen Verteilung des Abwassers hinderliche Bodenreibung auf der Oberfläche auszugleichen. Die nötige Neigung richtet sich nach der Körnung des Sandes, nach dem Betrage an festen und Schwebestoffen, sowie nach der Grösse und der Dauer der jedesmaligen



Beschickung. Beispielsweise wurde eine Neigung von 1:500 als zweckmässig für einen Sand von 0,5 mm wirksamer Grösse und Beschickungsmengen von rd. 280 cbm in 20 Minuten ermittelt.

Im Herbst, vor Eintritt des Frostes wird die ebene Oberfläche der Filter mit niedrigen Furchen und Dämmen versehen, um, wie bereits mehrfach angegeben, auch im Winter eine genügende Aufnahmefähigkeit zu erreichen. Abbildung No. 10 zeigt ein Filterbett, das für den Winterbetrieb vorbereitet ist, Abbildung No. 11 ein bereits längere Zeit während des Winters betriebenes Bett. Deutlich sind die Körnung des Materials, sowie die Art der Zuleitung des Abwassers in die einzelnen parallel zur Zuleitungsrinne liegenden Furchen auf der einen, ferner die erheblichen Ansammlungen von Schlamm in

Tabelle  
Abwassermengen für die Filterbetten in

Nummer des Bettes	Fläche des Bettes in ha	Zahl der Beschickungen an gewöhnlichem Abwasser im Jahre		Durchschnittliche Grösse einer Beschickung an gewöhnlichem Abwasser in cbm		Grösste in einer Beschickung zugeführte Menge gewöhnlichen Abwassers in cbm		Durchschnittlich aufgeleitete Menge an gewöhnlichem Abwasser für den Tag in cbm	
		1902	1903	1902	1903	1902	1903	1902	1903
1	0,40	4	35	549	101	970	338	6,1	9,8
2	0,42	20	45	616	113	1180	338	33,7	14
3	0,38	18	33	488	141	732	373	24,2	12,9
4	0,40	79	40	335	197	610	539	72,7	21,6
5	0,40	110	89	390	410	552	810	119	100
6	0,40	138	125	388	416	1130	1230	147	144
7	0,40	126	102	374	372	578	655	129	108
8	0,37	168	148	357	409	540	980	164	167
9	0,39	101	224	312	312	443	487	86,5	190
10	0,40	152	220	288	318	818	487	120	190
11	0,40	118	214	296	328	400	473	95,1	191
12	0,40	98	216	285	320	409	473	76,9	189
13	0,35	163	206	280	308	968	538	125	174
14	0,40	105	110	477	473	1030	855	124	143
15	0,40	108	152	442	446	900	225	130	187
16	0,36	136	128	468	416	700	885	176	147
17	0,39	123	149	454	476	724	738	154	175
18	0,40	133	162	519	476	820	800	189	190
19	0,36	121	150	495	446	760	109	164	184
20	0,39	137	127	468	443	870	718	173	154
21	0,28	97	146	351	395	595	790	93,5	158
22	0,16	3	25	582	476	692	980	4,9	32,9
23	0,40	24	72	642	640	2120	1730	47,4	127

1) Als dickes Abwasser ist das in den ersten Morgenstunden gepumpte bezeichnet.

den unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel bei der Beschickung liegenden Teilen der Furchen auf der anderen Abbildung zu erkennen. Diese Schlammablagerungen können erst im Frühjahr, nach Eintritt wärmerer Witterung, beim Wiedereinebnen der Oberfläche beseitigt werden. Bei lang andauernden Frostperioden wird daher eine der Stärke des Abwassers entsprechende allmähliche Verschlammung der Oberfläche und hiermit eine Verringerung der Aufnahmefähigkeit des Filters eintreten, die erst im Frühjahr wieder behoben wird.

Die Tabelle No. 36 gibt im Einzelnen eine Uebersicht über die Grössen der einzelnen Betten sowie die Art und Mengen ihrer Beschickungen in den Jahren 1902 und 1903. Hieraus ergeben sich folgende wichtige durchschnittliche Angaben: Jedes Filterbett wird

No. 36.

Brockton für die Jahre 1902 und 1903.

Zahl der Beschickungen mit dickem <sup>1)</sup> Abwasser		Durchschnittliche Grösse einer Beschickung mit dickem Abwasser in cbm		Durchschnittlich aufgeleitete Menge an dickem Abwasser für den Tag in cbm		Gesamte durchschnittlich aufgeleitete Menge an Abwasser für den Tag in cbm		Gesamte durchschnittlich aufgeleitete Menge an Abwasser für den Tag in cbm f. d. ha	
1902	1903	1902	1903	1902	1903	1902	1903	1902	1903
85	98	342	339	79,5	91,0	86,0	101	225	264
87	96	334	334	79,5	87,8	113	101	286	256
90	97	332	327	81,5	87,2	106	100	295	278
43	60	347	343	40,9	56,5	113	78	300	206
—	1	—	247	—	0,7	119	101	316	270
—	—	—	—	—	—	147	144	392	384
—	—	—	—	—	—	129	108	343	278
—	1	—	335	—	0,7	164	167	466	475
—	—	—	—	—	1,9	86,5	190	235	520
—	—	—	—	—	1,1	120	190	323	518
—	2	—	356	—	1,5	95,1	195	255	320
—	1	—	350	—	—	76,9	191	207	515
—	2	—	302	—	—	125	175	379	532
12	—	347	—	11,4	—	135	143	361	383
30	—	297	—	24,2	—	156	187	416	500
—	—	—	—	—	—	176	147	522	435
—	—	—	—	—	—	154	175	419	477
—	—	—	—	—	—	189	190	512	513
—	—	—	—	—	—	164	184	488	547
—	—	—	—	—	—	173	154	480	420
—	—	—	—	—	—	93,5	158	353	597
—	—	—	—	—	—	4,9	32,9	32	212
—	—	—	—	—	—	47,4	127	113	337



Tabelle No. 37.  
Analysen des Abwassers von Brockton im Jahresmittel.  
Telle in 100000.

Jahr	Verdampfungsrückstand				Ammoniak			Chlor	Sauerstoffverbrauch				
	Gesamtrückstand	Gelöst	Suspensdiert	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert	Unfiltriert		Filtriert				
1897	39,15	29,32	9,83	18,40	10,41	7,99	2,36	0,57	0,33	0,24	6,29	3,67	1,99
1898	45,63	31,47	14,16	23,15	11,70	11,45	3,12	1,05	0,34	0,71	6,59	4,90	2,90
1899	46,27	38,17	10,10	22,17	13,89	8,28	3,51	0,65	0,41	0,24	8,30	8,07	5,04
1900	56,95	43,93	13,02	27,37	16,43	10,94	3,88	0,71	0,43	0,28	9,04	11,07	7,37
1901	63,35	51,13	12,22	32,73	22,25	10,48	4,98	0,90	0,48	0,42	10,22	11,50	8,77
1902	72,02	53,33	18,69	34,92	22,15	12,77	4,74	0,91	0,50	0,41	10,90	13,02	8,84
1903	81,88	62,42	19,46	42,52	25,18	17,34	5,21	0,96	0,50	0,46	13,18	16,27	9,20

Tabelle No. 38.  
Analyse des Schlammes von der Sohle der Absitzbecken an der Pumpstation in Brockton im Jahresmittel.  
Telle in 100000.

1897	234,00	36,49	197,51	167,11	15,47	151,64	4,41	3,76	0,82	2,94	6,82	24,69	3,53
1898	253,00	34,75	218,25	188,96	15,09	173,87	4,35	4,25	0,57	3,68	5,88	33,19	3,51
1899	263,20	46,08	217,12	182,65	19,28	163,37	4,72	3,97	0,52	3,45	8,62	36,63	5,72
1900	270,17	48,60	221,57	189,48	19,77	169,71	4,79	4,38	0,52	3,86	8,81	35,98	6,97
1901	509,75	62,97	446,78	401,65	30,22	371,43	6,11	5,21	1,06	4,15	10,40	34,87	11,17
1902	577,43	65,07	312,36	297,73	29,00	283,73	6,56	5,61	0,65	4,96	12,68	48,01	11,87
1903	472,92	69,02	403,90	374,42	27,32	347,10	6,19	7,05	0,60	6,45	13,90	71,38	10,30



Tabelle No. 39.

## Analysen des Abwassers aus dem Haupt-Vorflutdrain der Filterbetten in Brockton im Jahresmittel.

Teile in 100000.

Jahr	Verdunstungs-rückstand	Ammoniak		Chlor	Stickstoff als		Sauerstoff-verbrauch	Härte	Eisen
		Freies	Albu-minoid		Nitrate	Nitrite			
1897	27,75	0,09	0,01	4,80	1,22	0,00	0,11	7,4	0,00
1898	28,68	0,18	0,01	4,88	1,73	0,00	0,13	6,7	0,00
1899	33,71	0,13	0,01	7,08	1,64	0,00	0,16	6,9	0,00
1900	34,72	0,16	0,01	7,83	2,12	0,01	0,19	6,3	0,01
1901	40,36	0,08	0,01	9,23	2,20	0,01	0,13	3,2	0,01
1902	48,30	0,16	0,02	10,42	3,17	0,01	0,17	5,9	0,01
1903	53,17	0,23	0,02	11,13	3,08	0,01	0,33	3,6	0,06

alle 3 Tage einmal beschickt; diese einmalige Beschickungsmenge beträgt etwa 1000 cbm f. d. ha. Hieraus folgt eine tägliche Ueberstauung von 300—350 cbm pro ha, oder von 3,0—3,5 cm Wassersäule. Auf das Jahr berechnet ergeben sich mithin für Dauerbetrieb zulässige Abwassermengen von 110000 bis 130000 cbm für das Hektar Bodenfilter, ausschliesslich der Wege, Dämme, Zuleitungsgräben usw.

Beistehend sind noch einige weitere Tabellen gegeben. Die Tabellen 37—39 geben im Jahresdurchschnitt die Analysen des gewöhnlichen in den späteren Tagesstunden, ferner des besonders starken in den ersten Morgenstunden zugeführten Abwassers und die Abflüsse aus dem Hauptdrain von 37,5 cm Lichtweite für die Jahre 1897 bis 1903; sie beweisen, dass die Stärke des Abwassers im Laufe der Jahre sehr erheblich zugenommen hat. Der Grund dürfte im wesentlichen liegen in der Zunahme der Anschlüsse bei gleichbleibendem Abfluss von fremdem Wasser (Grund- und Regenwasser). In Tabelle No. 40<sup>1)</sup> ist schliesslich die im Jahresdurchschnitt erzielte prozentuale Reinigung für die Jahre 1897—1905, ermittelt nach den durchschnittlichen monatlichen Analysen des Hauptdrains von 37,5 cm Lichtweite und des Abwassers, zusammengestellt. Abgesehen von dem immerhin nur bedingten Werte dieser Analysen liegt eine gewisse Ungenauigkeit noch darin, dass die Drains bei höheren Grundwasser-

1) Diese Tabelle ist den Jahresberichten 1897—1905 des Stadtbauamts in Brockton entnommen.



ständen ausser den Filterabflüssen noch reichliche Mengen Grundwasser ableiten. Andererseits ist der erzielte Reinigungsgrad zweifellos ein sehr grosser und entspricht allen Anforderungen der Praxis. Auch das äussere Aussehen des Abflusses ist einwandfrei; er ist klar, farblos und geruchlos, womit sich die Beobachtungen des Verfassers decken.

Tabelle No. 40.

## Prozentuale Reinigung des Abwassers in Brockton.

	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905
Freies Ammoniak . . .	97,6	97,7	95,9	95,7	97,7	96,0	95,6	81,5	63,2
Albuminoid-Ammoniak .	98,7	98,4	98,3	98,5	98,8	98,8	99,0	97,1	96,2
Sauerstoffverbrauch . .	97,7	97,7	98,5	98,7	99,0	99,0	98,8	96,9	96,2

Die auch aus den Analysen hervorgehende, während der letzten Jahre allmählich eingetretene Zunahme an freiem Ammoniak in den Abflüssen infolge Vermehrung des Abwassers nach Menge und Stärke hat, wie bereits erwähnt, im Jahre 1904 dazu geführt, sieben neue Filterbetten mit einer Gesamtoberfläche von 2,9 ha zu errichten. Auch sah man sich gezwungen, eine Schicht von etwa 25 cm an der Oberfläche von 19 Filtern wegen eingetretener stärkerer Verschlämmung mit einem Kostenaufwande von rd. 18000 Mark zu beseitigen.

Eine kurze, von Mr. F. A. Barbour in seiner Beschreibung der intermittierenden Bodenfilter von Saratoga Springs gegebene Bemerkung sei hier noch wiederholt: „Hiernach sind in den nur durch die schmalen Fugen der Mannlochdeckkasten der Schächte, nicht aber durch besondere Ventilationsröhren — wie in Saratoga Springs — entlüfteten Drains von Brockton die Ansammlungen von Kohlensäure in den über diesen eingebauten Schächten so stark, dass eine hinabgelassene Lampe schon 2 Fuss unter der Oberfläche erlischt.“

Die nach den fortlaufenden Jahresberichten des städtischen Bauamts von Brockton anscheinend fast unvermittelt eingetretene Notwendigkeit, die Filteroberflächen in erheblicher Schicht abzugraben, sowie die vorstehende Aeusserung über den Gehalt an Kohlensäure in den Drains, die bekanntlich in erster Linie das Endprodukt der unter Ausschluss der Luft stattfindenden Fäulnis bildet, lässt den Schluss zu, dass der leitende Chemiker sich zu stark an die wissenschaftlichen Untersuchungen



der Versuchsanstalt in Lawrence geklammert hat. Vielleicht hätte ein rechtzeitig begonnenes und regelmässig einige Male im Jahre wiederholtes Abharken und Abkratzen der Filteroberfläche die Notwendigkeit dieser angegebenen erheblichen Beseitigung von Filtermaterial vermieden.

Noch sei auf die im Jahre 1898 gemachten Versuche, die Mengen an Schlamm, die zur Reinigungsanlage gelangen, durch Verwendung des Absitzbeckens an der Pumpstation als Faulraum zu verringern, mit einigen Worten eingegangen: In den ersten Jahren des Betriebes konnten die Landwirte sich nicht entschliessen, den auf den Schlammbetten abgelagerten trockenen Schlamm abzunehmen. Die Massen an Schlamm vermehrten sich infolge dessen stärker, und man zog die Errichtung einer Verbrennungsanstalt in Betracht. In dem Bestreben jedoch, die Errichtung dieser Anlage möglichst lange hinauszuschieben, versuchte man durch Anwendung des Faulverfahrens die Mengen an Schlamm zu vermindern. Man liess zu diesem Zwecke den in den Absitzbecken abgelagerten Schlamm bis zu 8 Wochen unberührt liegen, bevor man ihn mittelst der erwähnten unter Wasserdruck zu setzenden durchlochenden Röhren aufwirbelte und zur Reinigungsanlage pumpte. Hierdurch wurde die Menge des auf den Schlammbetten sich ablagernden Schlammes um volle 25 v. H. verringert. Dagegen war es unvermeidlich, erhebliche Mengen von Schwebestoffen, die sich beim Abpumpen des täglichen Zuflusses mechanisch von dem aufgespeicherten Schlamm in dem jetzt als Faulraum dienenden Absitzbecken loslösten, den Filtern zuzuführen. Infolge dessen trat eine starke Schlamm- bildung auf ihrer Oberfläche ein. Der Bericht kommt daher zu dem wohl nicht einwandfreien Schluss, dass im Mittel die Mengen an Schlamm, die beim Betrieb des Beckens als einfaches Absitzbecken oder als Faulbecken übergepumpt und auf die Schlamm- sowie Filter- betten gelangen, annähernd die gleichen sind.

Nicht unerwähnt darf schliesslich bleiben, dass in Brockton vom Jahre 1896 bis 1902 einschliesslich die landwirtschaftliche Nutzung einer grösseren Anzahl Filterbetten — also der „Rieselfeldbetrieb“ — nicht nur als Versuchs-, sondern als grösserer wirtschaftlicher Betrieb gepflegt worden ist. Man ist von dem Grundsatz ausgegangen, dass der landwirtschaftliche Nebenbetrieb wünschenswert ist, so lange die Reinigung der Abwässer hierdurch nicht beeinträchtigt wird<sup>1)</sup>.

1) S. Report of the City engineer for the year 1897. Brockton. p. 55. „For this reason the desirability of planting the beds, provided such a course does not interfere with the purification of the sewage, seems to be indicated.“



Von vornherein erkannte man auch den gewissen Gegensatz, der darin beruht, dass einerseits der landwirtschaftliche Betrieb die Ansammlung organischer Substanz bedingt und andererseits das Filterbett einen reinen Sand erfordert, der möglichst wenig organische Substanz enthält.

Man pflanzte mit Erfolg und unter Erzielung eines gewissen Ueberschusses gegen die Betriebsausgaben „yellow corn“ und „sweet corn“. Sobald jedoch die Vermehrung der Abwässer es unmöglich machte, die Filterbetten den Zwecken der landwirtschaftlichen Nutzung und der völligen Reinigung der Abwässer gleichzeitig in genügendem Masse dienstbar zu machen, stellte man den landwirtschaftlichen Betrieb ohne Zögern endgültig ein.

#### Clinton.

Auch die Reinigungsanlage der Stadt Clinton ist bereits in der deutschen Fachpresse geschildert worden, auf die hiermit verwiesen sei<sup>1)</sup>.

Den Bau und den Betrieb der Anlage haben die Metropolitan Water Works auf Grund einer ihnen auferlegten gesetzlichen Verpflichtung übernommen. Die Stadt Clinton liegt im Niederschlagsgebiet des südlichen Armes des Nashua-Flusses kurz unterhalb der Wachusett-Talsperre. Infolge des Baues dieser Talsperre zwecks Ergänzung der Wasserversorgung von Boston und Umgebung ist der Abfluss des durch die Stadt fließenden Flusses sehr vermindert worden. Die bestehenden und bis zu diesem Zeitpunkte weniger bedenklichen unmittelbaren Einleitungen der Abwässer in den Fluss mussten nunmehr durch einen Abfangkanal beseitigt, und die Abwässer vor ihrer Wiedereinleitung einer gründlichen Reinigung unterzogen werden. Diese Verpflichtung wurde seitens des Staates den Metropolitan-Wasserwerken im Jahre 1898 auferlegt.

Nach dem Census von 1900 ist die Bevölkerung zu 13667 Seelen angegeben worden. Die Stadt besitzt seit dem Jahre 1882 eine öffentliche Wasserversorgung, die im Jahre 1903 einen Betrag von 149 l pro Tag und Kopf lieferte.

Das ursprünglich nach dem Sammelsystem gebaute Sielnetz ist im Laufe der Jahre nach dem Trennsystem umgebaut worden. Da

1) „Gesundheits-Ingenieur.“ Jahrg. 1905. — „Reinigung von Abwässern mittelst intermittierender Bodenfiltration“, von Prof. Dr. Dunbar.



die Leitungen jedoch vielfach, insbesondere auch der vorerwähnte, aus Steinzeugröhren von 50 bzw. 60 cm Lichtweite bestehende Abfangkanal unter dem Grundwasserspiegel liegen, und die Dichtungen wenig sorgfältig ausgeführt sind, so ist der Zufluss an Grundwasser, vor allem bei nasser Witterung, ein ganz ungemein hoher.

Der Abfangkanal führt die Abwässer zu einem Absitzbecken mit einem nutzbaren Rauminhalte von 2530 cbm. Am Einlauf in dieses Becken ist eine feststehende Gitteranlage aus senkrecht stehenden Flacheisenstäben mit einem Spielraum von 12 mm zwischen den einzelnen Stäben zur Abfangung fester Rückstände — Lumpen, Papier Holz usw. — eingeschaltet. Aus diesem Absitzbecken wird das Wasser durch eine Pumpenanlage in einem Druckrohre von 45 cm Lichtweite und einer Gesamtlänge von rd. 690 m zu einer unmittelbar vor der Reinigungsanlage gelegenen Anhöhe gedrückt. Der Rauminhalt des Druckrohres beträgt rd. 110 cbm. Von der Anhöhe aus fließt das Abwasser mit natürlicher Vorflut in eine Steinzeugrohrleitung von 60 cm Durchmesser auf die Reinigungsanlage. Die Anordnungen zur Vereinigung und Zuleitung des Abwassers sind nach Vorstehendem ähnlich wie die in Brockton. Der Betrieb erfolgt genau in der gleichen Weise. Auch hier wird nur in den Tagesstunden das Abwasser gepumpt. Das in der Nacht zufließende Wasser sammelt sich in dem Aufhaltebecken. In den ersten Tagesstunden wird ein erheblich konzentrierteres Abwasser als in den nachfolgenden zu der Reinigungsanlage geführt.

Das Abwasser von Clinton ist trotz der insbesondere bei nassem Wetter erheblichen Verdünnung durch Grundwasser doch eines der am meisten Schmutzstoffe führenden in Massachusetts. Die Ursachen sind die groben Verunreinigungen aus den Wollwäschereien der grossen Bigelow-Teppichfabriken. Etwa 12000 kg Wolle werden täglich in diesen gewaschen und verlieren durch diesen Prozess etwa 50 v. H. an Gewicht. Um die grossen Massen an festen Rückständen aus diesem Abwasser vom Sielnetz und so von der Reinigungsanlage im wesentlichen fernzuhalten, sind in der Fabrik selbst zwei Absitzbecken von je 10,50 m Länge, 2,40 m Breite und 1,10 m Tiefe mit einem Inhalte von rd. 29,2 cbm angelegt worden. Diese Becken, die von dem Abwasser in etwa einer Stunde durchschnittlich durchflossen werden, werden wöchentlich einmal gereinigt und hierbei eine Schicht von 40—60 cm fester Rückstände von dem Boden beseitigt.

Die Tabelle No. 41 gibt die chemische Zusammensetzung des Ab-



wassers in seiner Gesamtheit nach Durchschnittsproben für die Jahre 1900 bis 1903.

Tabelle No. 41.

**Analysen des Abwassers von Clinton nach Durchschnittsproben für die Jahre 1900—1903.**

Teile in 100000.

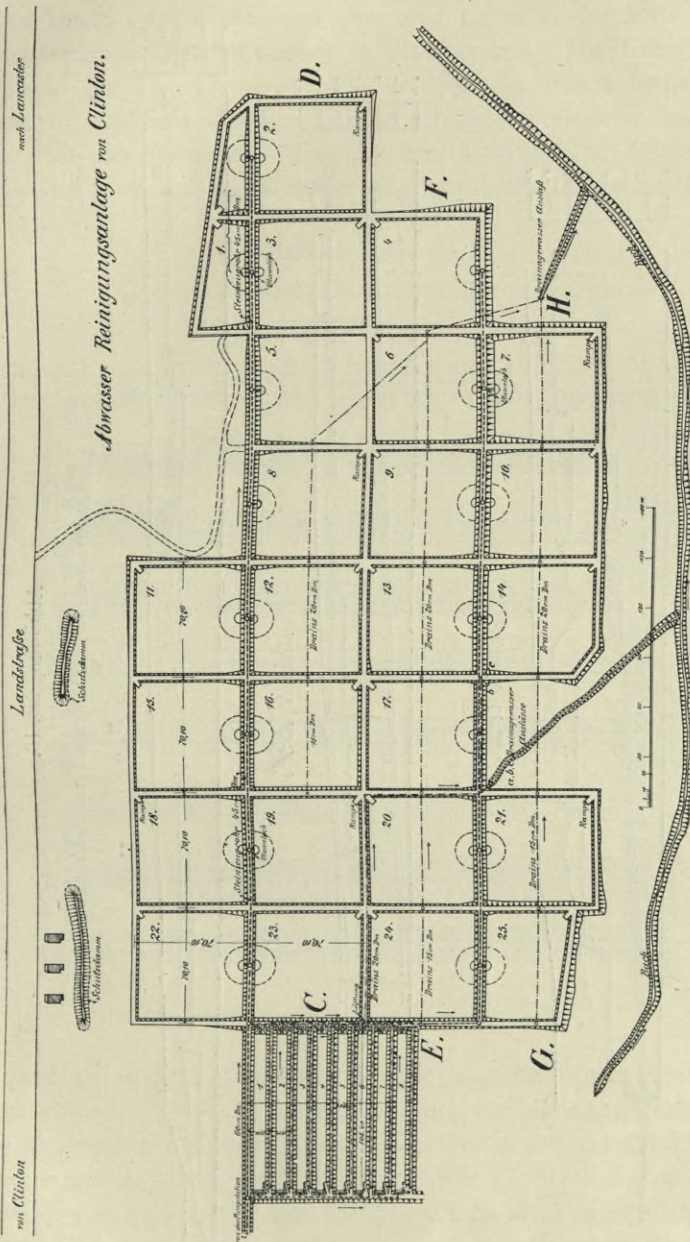
Jahr	Verdampfungsrückstand						Ammoniak				Chlor	Sauerstoffverbrauch	
	Gesamtrückstand			Glühverlust			Freies	Albuminoid-				Unfiltriert	Filtriert
	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert		Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert			
1900	116,32	80,46	35,86	55,05	32,48	22,57	3,86	1,35	0,79	0,56	7,06	14,45	10,98
1901	87,48	70,15	17,33	42,78	31,93	10,85	3,45	1,00	0,56	0,44	5,41	10,72	8,56
1902	101,58	74,90	26,68	51,78	34,00	17,78	4,12	1,05	0,65	0,40	6,17	11,75	8,30
1903	94,94	72,75	22,19	47,84	32,34	15,50	4,04	0,96	0,68	0,28	5,95	11,37	8,76

Die Reinigungsanlage, die auf den beigefügten Abbildungen No. 12 bis 15 dargestellt ist, liegt nicht mehr im Weichbilde der Stadt Clinton, sondern in dem der sich unterhalb anschliessenden Gemeinde Lancaster. Sie umfasst ein Gebiet von 52 ha, von dem jedoch nur ein kleinerer Teil für die Anlage von Filterbetten geeignet ist. Bisher sind 25 Filterbetten mit einer Gesamtfläche von 9,4 ha angelegt. Die Oberfläche eines jeden Bettes beträgt im Mittel 0,4 ha. Durch die bei Anlage der Betten zwecks Bodenuntersuchungen gegrabenen 287 Probelöcher von 2,4 bis 3,6 m Tiefe und die zwecks Feststellung des Tiefenuntergrundes hergestellten 24 Bohrlöcher von entsprechend grösserer Tiefe wurde festgestellt, dass der Untergrund bis zu grosser Tiefe aus einem sehr rauhen und porösen Sandkies besteht. In der Mehrzahl der Betten wurden der Humusboden und eine Lehmschicht, die über dem Sand- und Kiesboden lagern, beseitigt. Beim Bau der Anlage wurde der Stand des Grundwassers in einzelnen Betten in 1,50 m unter Oberkante, in anderen jedoch erheblich tiefer ermittelt. Die erstgenannten Felder wurden sofort beim Bau, die letztgenannten wegen des allmählichen Steigens des Grundwasserstandes nach Inbetriebnahme der Anlage nachträglich mit Drains versehen. Der Abstand der Drains von einander beträgt 67,5 m. Es liegt mithin unter jedem Bette im allgemeinen nur ein Drain.

Die Zuleitung des Abwassers erfolgt wiederum durch Steinzeugrohrleitungen, die in den Dämmen zwischen den einzelnen Betten



Abbildung No. 12.





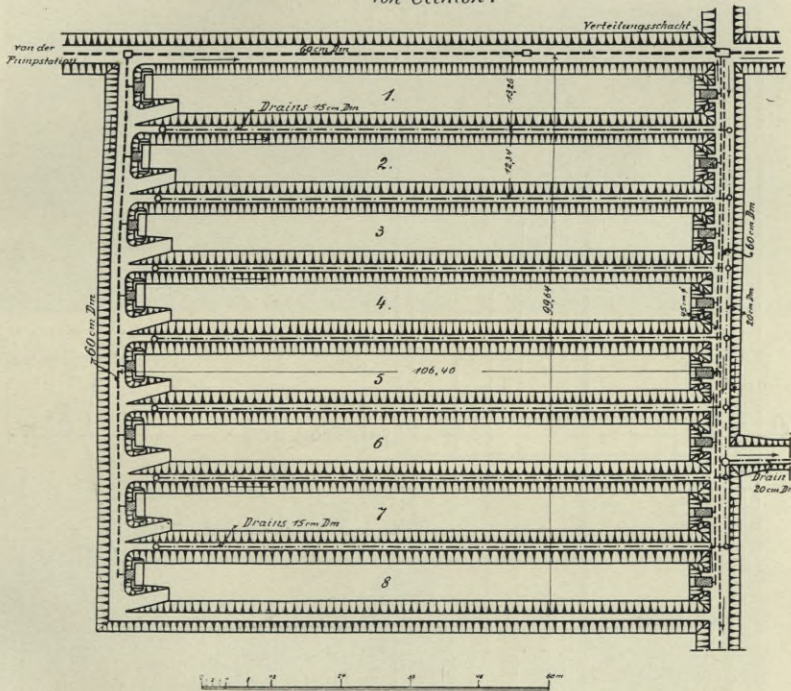




liegen. Die Beschickung jedes Bettes mit Abwasser erfolgt bis heute noch von einem Punkte aus und zwar von einem in der Mitte einer Seite angeordneten Spezialbauwerk in Stampfbeton. Die beigefügten Abbildungen No. 15—17 zeigen die Anordnungen dieses Bauwerkes im einzelnen und die durch dasselbe erreichte Verteilung des Abwassers über das Filterbett. Der vor dem Ausfluss des Zuleitungsrohres angeordnete halbkreisförmige Ring aus Stampfbeton mit längs

Abbildung No. 14.

Lageplan der Absitzbecken zur Vorreinigung der Abwasser  
von Clinton.



seines ganzen Umfanges eingelegten Beschickungsöffnungen genügt bis zu einem gewissen Grade seiner Bestimmung, die lebendige Kraft des Wassers zu brechen und eine gleichmässige Verteilung auf die Filterfläche zu erzielen. Doch zeigt Abbildung No. 17 deutlich, dass für den Umfang der Betten, der wie erwähnt 0,4 ha durchschnittlich ist, und wegen der vorhandenen groben Körnung des Materials eine Zuleitung an nur einem Punkte unzureichend ist. Das Wasser wird in



unmittelbarer Nähe der Zuleitung in sehr viel grösserer Masse als an entfernteren Stellen aufgesaugt und so eine ungleichmässige Beanspruchung des Filters und eine ungenügende Reinigung des Abwassers bewirkt.

Abbildung No. 15.

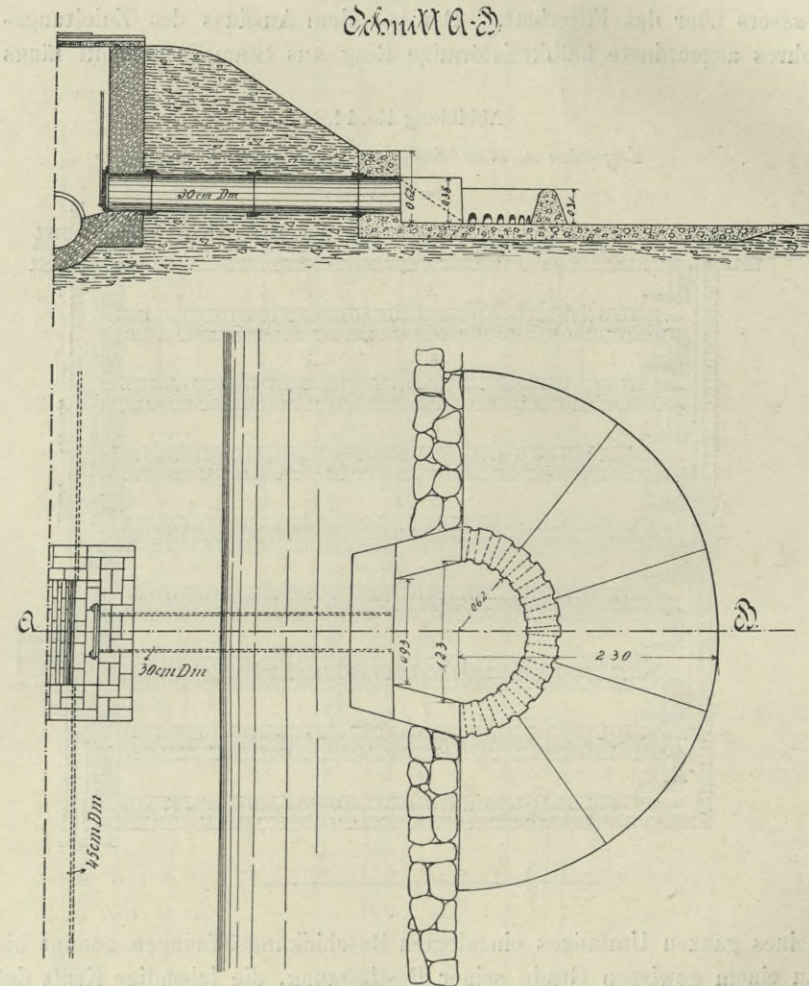
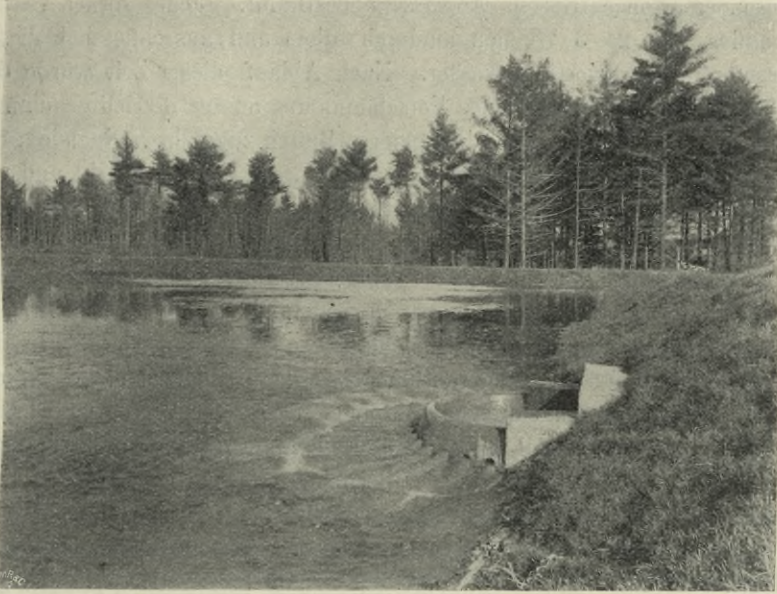


Abbildung No. 12—15: Lageplan, Längsschnitte und Einzelheiten der Filterbetten von Clinton.

Der Betrieb der Becken erfolgte seit ihrer Inbetriebnahme am 15. September 1899 bis zum Jahre 1903 einschliesslich durch unmittelbare Aufleitung des Abwassers auf die Betten. Drei Betten



Abbildung No. 16.



Spezialbauwerk für Zuleitung des Abwassers auf einem Filterbett von Clinton.

Abbildung No. 17.



Filterbett in Clinton mit Abwasser beschickt.



waren ausschliesslich zur Aufnahme des in den ersten Morgenstunden gepumpten, während der Nacht in dem Druckrohr zurückgehaltenen besonders konzentrierten Abwassers bestimmt. Jedes dieser Betten empfing etwa 2—3 Wochen hindurch allein und ausschliesslich dieses gesamte konzentrierte Abwasser. Nach Ablauf dieser Zeit wurde das Bett wegen der eingetretenen Verschlämmung ausser Betrieb genommen und das Abwasser einem der anderen Betten zugeführt. Nachdem der Schlamm genügend getrocknet war, wurde er zusammengeharkt und von der Oberfläche des Bettes beseitigt. Nunmehr war das Bett wiederum betriebsfähig.

Die Beschickungen für die einzelnen Betten mit dem regelmässigen nach Ablauf der ersten Morgenstunden gepumpten Abwasser wurden bis zum Jahre 1903 gleichfalls sehr hoch gewählt. In der Regel führte man den ganzen Zufluss zu der Reinigungsanlage auf die Dauer von 2—3 Stunden einem einzelnen Bette zu. Hierdurch wurden die einzelnen Betten mit 2500 bis 3800 cbm pro Hektar und Tag beschickt. Die mit dieser Art der Beschickung erreichte Reinigung war zumal auch wegen der Konzentration des Abwassers durchaus ungenügend. Seit dem Jahre 1903 wurden daher die Beschickungsmengen auf durchschnittlich 650 cbm pro Hektar und Tag verringert und die Dauer der Beschickung auf etwa 30 Minuten beschränkt. Jedes Bett wurde bei dieser Art des Betriebes etwa einmal alle zwei Tage benutzt. Die Oberfläche der Betten wurde häufig aufgeharkt. Wenn auch die Wirkung dieser Aenderung im Betriebe den prozentualen Betrag der beseitigten organischen Stoffe erheblich vermehrte, so entsprach der Abfluss doch nicht den notwendigen Anforderungen.

Man entschloss sich im Jahre 1905 daher das Abwasser vor Aufleitung auf die Filterbetten zunächst durch Absitzbecken zu führen und so einer Vorreinigung zu unterziehen. Es wurden zu diesem Zwecke 8 rechtwinklige, mit Erddämmen 1 : 1 $\frac{1}{2}$  eingefasste Absitzbecken von je rd. 900 cbm nutzbarem Rauminhalte, deren Seitenlängen rd. 9,6 bzw. 9,9 m, im Wasserspiegel gemessen betragen, hergestellt. Der Wasserstand in den Becken beträgt 1,20 m. Unter der Sohle sind Drains von 15 cm Lichtweite in 0,60 m Tiefe verlegt, die nach einem kleinen gemeinsamen Filter No. 14 von 0,32 ha Fläche Vorflut haben.

Ferner wurde von 19 Filterbetten der an der Oberfläche verschmutzte Sand in einer Stärke von 5—7,5 cm beseitigt und abge-



fahren; die gesamte so beseitigte Menge an Boden betrug rund 4150 cbm.

Nach Fertigstellung dieser Veränderungen wurde der Betrieb der Reinigungsanlage in nachstehender Weise eingerichtet: Das Abwasser wird drei Tage hindurch — insgesamt also fast 24 Stunden, da die Pumpenanlage täglich nur 8 Stunden in Betrieb ist — ausschliesslich einem Absitzbecken zugeführt. Nach Verlauf von drei Tagen wird dieses Becken ausgeschaltet und das Abwasser dem nächsten Becken zugeführt. Am Schluss des vierten Tages wird das in dem ersten Becken stehende Abwasser abgelassen und hiernach das Becken vollständig ausser Betrieb genommen. Der in ihm angesammelte Schlamm trocknet aus, wird nach Verlauf von etwa einer Woche in Haufen zusammengeharkt und von den Landwirten ohne gegenseitige Entschädigung abgefahren. Es werden durchschnittlich 5,0 cbm Schlamm pro Tag und Becken gewonnen. Das durch die Drainagen der Schlammbecken abfliessende Wasser wird einem gemeinsamen Filterbette zugeführt und auf diesem gereinigt.

Auch nach Einrichtung dieser Vorreinigung wird das in der ersten halben Morgenstunde abgepumpte Abwasser wegen seiner hohen Konzentration abwechselnd einem von zwei Filterbetten zugeführt, die nacheinander — jedes etwa drei Wochen — ausschliesslich in Betrieb bleiben, während das andere getrocknet und gereinigt wird.

Die verbleibenden 23 Betten werden während der wärmeren Zeit im Jahre — April bis November — periodisch nacheinander beschiekt. Das gesamte der Reinigungsanlage zugeführte Abwasser — durchschnittlich täglich 2800 cbm in 1905 und 2500 cbm in 1906 — fliesst  $1\frac{1}{2}$  Stunden ausschliesslich auf ein Filterbett. Die während dieser Zeit zugeführte Gesamtmenge beläuft sich auf durchschnittlich 1800 cbm f. d. ha in 1904 und 1450 cbm f. d. ha in 1905. Das aufgeleitete Abwasser verschwindet durchschnittlich innerhalb 12 Stunden unter der Oberfläche. Jedes Filterbett kommt bei dieser Art des Betriebes alle 5—6 Tage einmal an die Reihe. Um die Filter von Unkraut frei zu halten, werden sie alle 8—14 Tage geeegt.

Die Einschaltung der Vorreinigung hat nicht sehr wesentlich den Charakter der Abflüsse aus den Filterbetten verbessert. Die Menge an beseitigten organischen Stoffen ist in dem letzten Jahre allerdings etwas grösser als in den anderen Jahren nach 1901. Aber die Nitrifizierung ist kaum so gut, und die Mengen an Nitraten in den Abflüssen sind geringer als in irgend einem der vorangegangenen Jahre.



Auch tritt unmittelbar am Auslauf der Drains in dem die Vorflut bildenden Bach ein stärkerer auf unvollkommene Reinigung hinweisender Niederschlag an Eisen auf. Trotzdem erscheint der Abfluss unmittelbar aus den Drains, wie Verfasser bei wiederholten Besuchen feststellte, durchaus klar, farblos und fast vollkommen geruchlos. Der in den Jahren 1900 bis 1905 einschliesslich erzielte durchschnittliche Reinigungseffekt ist aus der Tabelle No. 42, die von den Metropolitan-Wasserwerken aufgestellt ist, ersichtlich. Die hierin für die Analysen des Abwassers für 1900 bis 1903 angegebenen Werte weichen um ein Geringes von den Angaben der vom staatlichen Gesundheitsrate gegebenen Tabelle No. 41 ab.

Tabelle No. 42.

Durchschnittlicher Reinigungseffekt in den Filterbetten von Clinton.  
Teile in 100000.

	1900	1901	1902	1903	1904	1905
Albuminoid - Ammoniak i. Abwass.	1,380	1,0025	1,0517	0,9233	0,7967	1,1250
Albuminoid - Ammoniak im Filtrat	0,089	0,0741	0,0891	0,0782	0,0686	0,0787
Prozent beseitigt	94	91	89	92	91	93
Sauerstoffverbrauchi. Abwasser	14,84	10,73	8,85	8,65	8,57	13,11
Sauerstoffverbrauch im Filtrat	1,09	0,82	1,15	1,12	0,99	1,126
Prozent beseitigt	93	91	84	87	88	91
Freies Ammoniak im Abwasser	3,9500	3,4533	4,3284	3,8292	3,97	4,7533
Freies Ammoniak im Filtrat	1,0631	0,5792	0,6862	1,0185	0,99	0,9588
Prozent beseitigt	73	83	84	73	75	80
Stickstoff als Nitrate im Filtrat	0,7300	0,9298	0,9815	0,4168	0,4046	0,2665

Offenbar sind zu grosse Beschickungsmengen und zu lange Pausen zwischen zwei aufeinander folgenden Beschickungen wesentliche Ursachen des Misserfolges.

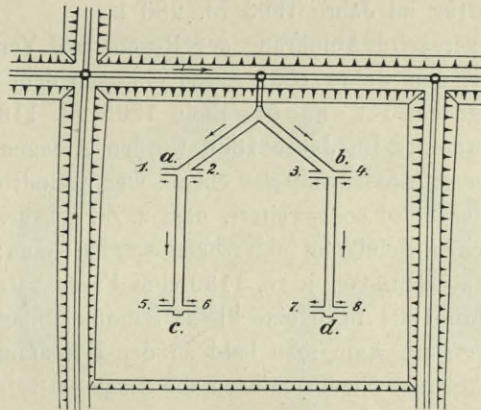
Um eine weitergehende Reinigung zu erreichen, hat man im Jahre



1906 mit Erfolg den Abfluss aus den Drains noch über eine Belüftungsanlage geführt. Der aus dieser stammende Abfluss war vollständig klar, farblos und geruchlos. Irgend welche Eisen- oder Algenbildungen im Vorfluter waren nicht wahrzunehmen, wie Verfasser durch Begehung einer längeren Strecke des Vorfluters bestätigt fand.

Auch wurden grössere Versuche zu dem Zwecke unternommen, mittelst einer gleichmässigeren Verteilung des Abwassers auf die ganze Filterfläche und mittelst Ersetzung der sehr grossen, nach mehreren Tagen sich erst folgendes durch kleinere entsprechend öfter wiederholte Beschickungen einen besseren Reinigungseffekt zu erreichen. Bei den Besuchen, die Verfasser im September 1906 der Anlage

Abbildung No. 18.



Versuchsanordnung für die Zuleitung von Abwasser zu einem Filterbett von Clinton.

machte, wurde das aus der Zuleitung in der Mitte einer Seite eines rd. 0,4 ha grossen Feldes austretende Abwasser von zwei an diesem Punkte unter etwa  $45^\circ$  gegen die Achse des Dammes abgehenden Holzrinnen aufgenommen und in jeder bis zu den Punkten a und b (s. Abbildung No. 18) abgeleitet. Hier wird ein Teil des Abwassers in den Richtungen 1, 2, 3 und 4 auf die Betten entladen, der Rest dagegen bis zu den Punkten c und d weitergeführt, wo es in den Richtungen 5, 6, 7 und 8 abgeleitet wird. Das so zum Betriebe vorbereitete Bett wurde täglich mit durchschnittlich 600 cbm f. d. ha beschickt.



### Worcester.

Worcester, die 1674 gegründete zweite Stadt Massachusetts', mit 118421 Einwohnern nach dem Census von 1900 und 128135 im Jahre 1905 ist am Fusse einer Hügelkette im Tale des Blackstone-Flusses freundlich gelegen. Am unteren Ende der Stadt umfasst das Niederschlagsgebiet des Flusses etwa 181,29 qkm. Die Stadt betreibt umfangreiche Industrien, namentlich die Fabrikation von Eisen- und Kupferdraht — z. B. American Steel and Wire Co. —, Maschinen, Briefumschlägen, Schuhwaren, Webstühlen, Teppichen und anderen Erzeugnissen der Textilindustrie, Orgeln und Pianos.

Bereits seit dem Jahre 1845 ist die Stadt mit einer öffentlichen Wasserversorgung versehen. Der Wasserverbrauch auf den Kopf der Bevölkerung betrug im Jahre 1903 rd. 280 l.

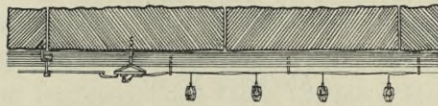
Auch die geregelte Abführung der Regen- und Verbrauchswässer wird bereits seit dem Jahre 1867 durch ein nach dem Sammelsystem gebautes Sielnetz bewirkt, an das Ende 1905 rd. 118000 Personen angeschlossen waren. Im Jahre 1890 wurden Anlagen zur Reinigung eines Teiles der Abwässer mittelst chemischer Fällmittel errichtet und drei Jahre später diese so erweitert, dass z. Zt. der gesamte Trockenwetterabfluss einer Reinigung unterzogen werden kann; seitdem sind 16 offene Absatzbecken von je rd. 1130 cbm Fassungsraum vorhanden, vor die im Jahre 1904 noch eine kleine Sandfanganlage vorgeschaltet wurde. Andererseits kam man bald zu der Erkenntnis der Unmöglichkeit, bei grösseren Niederschlägen die gesamten vereinigten Regen- und Schmutzwässer genügend zu reinigen, um eine weitgehende Verunreinigung des in seinem unteren Laufe durch stark bevölkerte Gegenden fliessenden Blackstone-Flusses infolge der in diesen aus den Regenüberläufen übergetretenen oder durch die Reinigungsanlage ungeklärt durchgeflossenen Abwässer zu verhindern. Man entschloss sich daher, das Sammelsystem, soweit als es finanziell und technisch durchführbar ist, durch das Trennsystem zu ersetzen. Seit dem Jahre 1898 werden sämtliche neu zu errichtende Kanalisationsanlagen nach dem Trennsystem gebaut. Ferner hat man einen grossen Teil des Sammelgebietes nachträglich nach dem Trennsystem unter Aufwendung sehr erheblicher Mittel umgebaut; insbesondere ist der Millbrook „Mühlengraben“, der nach seiner Ueberwölbung als Hauptsammler für das ganze System dient, durch den Einbau einer Scheidewand — nachdem ein der Querschnittsverringerung entsprechender Teil seines Nieder-



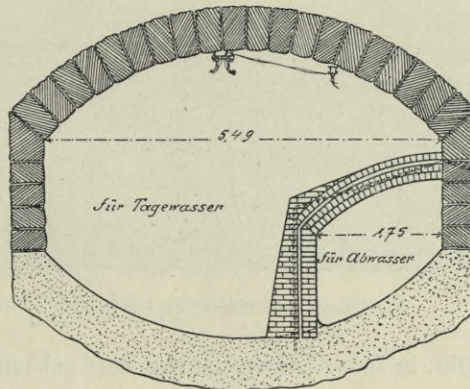
schlagsgebietes anderweitig entwässert worden war — in eine zur getrennten Abteilung der Regen- und Verbrauchswasser dienende Kanalanlage umgebaut worden (s. Abbildung No. 19). Ende des Jahres 1905 waren auf Grund dieser Massnahme rd. 117 000 laufende Meter Schmutzwassersiele und 67 000 laufende Meter Regenwassersiele nach dem Trennsystem, sowie rd. 40 000 laufende Meter Siele des Sammelsystems vorhanden.

Mehr und mehr auch machten sich die bekannten Nachteile der ausschliesslichen Reinigung von Abwasser mittelst Zusatzes von Kalk-

Abbildung No. 19. /



Konstruktion des Mühlengrabens in  
Worcester, Mass.



Anordnung für den Umbau des überwölbten Mühlengrabens in Worcester für Trennsystem.

milch als chemisches Fällmittel geltend. Die Reinigung blieb ungenügend, die Schlammmassen wurden trotz Verringerung ihres Volumens durch Bearbeitung in Filterpressen mehr und mehr; ihre Unterbringung wurde von Jahr zu Jahr schwieriger, und schliesslich standen die Kosten des Betriebes in keinem Verhältnis zu dem Nutzen, wie man beim Vergleich mit anderen Reinigungsanlagen erkennen musste.

Man entschloss sich daher die intermittierende Bodenfiltration schrittweise — um nicht eine zu starke Belastung des städtischen



Säckels hervorzurufen — für die künftige Reinigung der ganzen Abwässer endgültig zu wählen. Im Jahre 1899 wurden die ersten 14 Filterbetten gebaut. Ende 1905 waren insgesamt 36 von je 0,4 ha Grösse mit einem Gesamtflächeninhalt von 14,4 ha vorhanden. Die Mehrzahl der Betten ist künstlich aus einem nahe dem Flusse gelegenen Sandlager aufgebaut (vergl. Abbildung No. 20). Die Tiefe der älteren beträgt 1,80 m, die der neueren 1,35 m; sie sind durch in rd. 60 m Abstand verlegte Drains entwässert. Die wirksame Grösse des Sandes beim Bau betrug durchschnittlich 0,23 mm. Die Beschickung der Betten erfolgt teils aus vier in den Ecken angebrachten Spezialbauwerken in Stampfbeton, die in ihrer Konstruktion den in Clinton angewendeten ähnlich sind, teils durch hölzerne Rinnen wie

Abbildung No. 20.



Filterbett von Worcester im Bau.

in Brockton. Die in den letzten Jahren erst gebauten Filterbetten werden von nur einem in der Mitte einer Seite angeordneten Spezialbauwerke in Stampfbeton beschickt.

Das Abwasser in seiner Gesamtheit ist trotz der erheblichen Anzahl Anschlüsse ein vorherrschend industrielles. Die Abflüsse aus den Wollwäschereien, Färbereien und anderen textilindustriellen Anlagen, aus den Gerbereien, den Beizereien, den Eisen- und anderen metallverarbeitenden Werken drücken ihrer Masse sowohl wie ihrer stetig wechselnden Beschaffenheit nach ihre Charakteristik dem Abwasser auf.

Die Reinigung eines derartigen Abwassers, die über das Herausfangen eines gewissen Prozentteils der Schwebstoffe hinausgeht, bietet Schwierigkeiten technischer und finanzieller Art im Grossbetriebe,



deren Technik und Wissenschaft bis heute nicht hinreichend Herr geworden sind. Auch in Worcester ist der Erfolg bisher ein nur teilweiser und bedingter. Doch verdienen die unter Verwendung der intermittierenden Bodenfiltration eingeschlagenen Wege und die erzielten Ergebnisse nach Erachten des Verfassers eine kurze Wiedergabe, zumal auch bei uns die Frage der Klärung eines städtischen Abwassers, das durch mannichfache industrielle, ohne besondere Vorreinigung zugeführte Abflüsse stark beeinflusst wird, mehr und mehr in den Vordergrund tritt.

Der tägliche durchschnittliche Abfluss zur Reinigungsanlage betrug nach Fertigstellung des in den Jahren 1893/94 erfolgten Baues 47 000 cbm, stieg bis zum Jahre 1898 bis auf etwa 67 000 cbm und fiel dann entsprechend der allmählichen Beschränkung des Sammel-systems auf etwa 45 000 cbm im Jahre 1905. Von dieser Gesamtmenge wurden im letztgenannten Jahre rd. 80 v. H. mit chemischen Fällmitteln behandelt; von diesen 80 v. H. wurden wiederum rd. 12 v. H. mittelst intermittierender Bodenfiltration nachbehandelt, während die grössere Menge unmittelbar dem Vorfluter zugeführt wurde. Etwa 20 v. H. der Gesamtmenge wurden ohne Verwendung chemischer Fällmittel durch intermittierende Bodenfiltration gereinigt. Für die Zwecke der vorliegenden Arbeit scheidet die Reinigung mittelst chemischer Fällmittel ohne Nachbehandlung hier aus.

Das Abwasser wird nach einer Vorbehandlung durch chemische Fällmittel oder in Absitzbecken oder in Faulbecken und teils auch — seit Anfang 1905 — garnicht vorbehandelt den Filterbetten zugeführt. Mehrfach haben dieselben Betten im Laufe der Jahre verschiedenartig vorbehandeltes Abwasser erhalten.

a) Bodenfiltration des mittelst chemischer Fällmittel vorbehandelten Abwassers.

Von den im Jahre 1899 erbauten ersten 14 Filterbetten sind mehrere seit ihrer Inbetriebnahme bis jetzt ausschliesslich mit chemisch vorbehandeltem Abwasser betrieben worden. Die täglichen Beschickungsmengen in den letzten Jahren — für 7 Tage in der Woche <sup>1)</sup> — haben durchschnittlich 1200 bis 1300 cbm für das Hektar

---

1) Für die Versuchsfilter in Lawrence ist der Berechnung der durchschnittlichen täglichen Beschickungsmenge stets eine wöchentliche Periode von nur 6 Tagen zu Grunde gelegt. Bei gleichen täglichen Beschickungsmengen erhalten mithin die Filterbetten von Worcester in einer Periode von einer Woche — 7 Tage — ein Sechstel mehr Abwasser als die Versuchsfilter.



betragen. Die in dem Zuflusse vorhandenen fein verteilten Schwebestoffe schlagen sich teils auf der Oberfläche der Filterbetten nieder, teils dringen sie etwa 5 cm tief in dieselben ein. In den ersten Jahren wurden sie nicht auf mechanische Weise beseitigt, sondern mittelst Harken und Eggen wurde versucht, eine für den Durchfluss genügende Lockerung der Oberfläche zu erzielen. Dieses Verfahren genügte nicht. Es wurde im Jahre 1903 nötig, die oberen 10 cm des Filtermaterials abzunehmen und zu beseitigen. Seitdem ist man dazu übergegangen, den sich bildenden Niederschlag, so oft es nötig erscheint, und zwar wenigstens zweimal im Jahre, zusammenzukratzen und fortzuschaffen. Durchschnittlich sollen seit Inbetriebnahme der Betten nicht weniger als 1 cbm trockener Niederschlag — gemessen im Filterbett — auf rund 1500 cbm Zufluss abgekratzt und beseitigt worden sein. Die nachfolgende Tabelle No. 43 gibt eine Analyse des Niederschlags (Mittelwerte):

Tabelle No. 43.

Wassergehalt (Probe bei 110° C. getrocknet) . .	13,92 v. H.
Eisenoxyd . . . . .	3,48 „
Calciumoxyd . . . . .	1,00 „
Organischer Stickstoff . . . . .	0,26 „
Sand . . . . .	85,0 „
Organische Stoffe — nach Glühverlust . . . . .	5,58 „

Beachtenswert hierin ist die grosse Menge an Sand, die infolge der innigen Durchdringung mit Schwebestoffen auch beseitigt werden muss.

Von Interesse ist die nachfolgende Tabelle No. 44, die den Einfluss der in den industriellen Abwässern aus den Drahtziehereien enthaltenen Eisensulfate und des in der Reinigungsanlage zugesetzten Kalkes auf die Zusammensetzung des Filtermaterials wiedergibt. Die eine Probe ist unmittelbar über einem Drain, die andere in dem Raum zwischen den Drains entnommen.

Eine Folge des Niederschlags an Eisen war eine völlige Verstopfung der Fugen der Drains in 10 Filtern, die im Jahre 1904 zu einem Aufgraben nötigte. In dem Material an einzelnen Fugen wurde hier ein Gehalt bis zu 75 v. H. Eisenoxyd nachgewiesen.

Das Ergebnis der Filtration der durch chemische Fälmittel vorbehandelten Abwässer ist im Vergleich mit den in anderen Städten bei anderer Vorbehandlung erreichten kein günstiges. Die Grösse der



Tabelle No. 44.  
Sand aus verschiedenen Tiefen eines Filters genommen.  
Prozente.

Tiefe der Entnahme der Probe	Probe entnommen über Drain			Probe entnommen zwischen den Drains		
	Eisenoxyd	Organischer Stickstoff	Calciumoxyd	Eisenoxyd	Organischer Stickstoff	Calciumoxyd
Oberfläche 2"	2,50	0,146	0,545	1,80	0,089	0,106
2"—6"	2,00	0,060	0,161	1,64	0,052	0,087
6"—12"	1,68	0,022	0,093	1,47	0,031	0,066
1'—2'	1,50	0,013	—	1,33	0,018	—
2'—3'	1,31	0,013	—	1,21	0,020	—
3'—4'	1,40	0,016	—	1,16	0,014	—
4'—5'	1,36	0,015	—	1,22	0,007	—
5'—6'	1,41	0,013	—	1,41	0,008	—

Beschickungen, die Stärke und Eigenart des Abwassers und die fehlende Belüftung des Filters infolge der eintretenden Verschlämzung seiner Oberfläche verhindern eine günstige Wirkung. Die Nitrifizierung ist gering, die Niederschläge an Eisenhydrat im Vorfluter erheblich. Nach den Jahresberichten des städtischen Bauamts tritt jedoch ein Nachfaulen des Filtrates nur in seltenen Fällen ein. Etwa 75 bis 80 v. H. des Albuminoid-Ammoniaks werden beseitigt. Das Bauamt erkennt durchaus die Unvollkommenheit an, geht jedoch von dem vielfach und wohl auch im vorliegenden Falle aus Gründen der Wirtschaftlichkeit berechtigten Satze aus, „möglichst grosse Mengen an Abwasser in den Filtern zu verarbeiten und sich mit gerade noch befriedigenden Ergebnissen zu begnügen.“ Nicht nachgeprüft kann hier werden, in welchem Umfange der Betriebskoeffizient durch das nach einer Reihe von Jahren bei der geschilderten Art des Betriebes unvermeidliche Umgraben des Filtermaterials bzw. seine teilweise oder gänzliche Erneuerung ungünstig beeinflusst wird. Die umstehende Tabelle No. 45 gibt die durchschnittlichen Analysen des vorbehandelten Zuflusses und des Filtrates für die einzelnen Monate des Jahres 1905.

b) Bodenfiltration des in Absitzbecken vorbehandelten Abwassers.

Einige der ursprünglich für die Reinigung mittelst chemischer Fällmittel gebauten grossen Becken sind in den letzten Jahren als reine Absitzbecken — also ohne Zufügung von Chemikalien — be-



Tabelle  
Durchschnittliche monatliche Analysen des chemisch vorbehandelten  
Teile

Zeit	Ammoniak			Stickstoff als		Sauerstoff-Verbrauch		Chlor	
	Freies	Albumionid-		Nitrate	Nitrite	Unfiltriert	Filtriert		
		Insgesamt	Gelöst						Suspensdiert
Zufluss Dezember 1904	2,825	0,547	0,494	0,053	0,016	0,0258	7,60	6,36	11,57
Filtrat " 1904	1,750	0,104	0,104	0,000	0,088	0,0089	1,58	1,58	11,63
Prozente beseitigt	47,9	81,0	79,0	100,0	—	—	79,2	75,2	—
Zufluss Januar 1905	1,740	0,444	0,400	0,043	0,054	0,0154	7,00	6,52	10,34
Filtrat " 1905	1,555	0,109	0,109	0,000	0,057	0,0064	1,80	1,80	10,34
Prozente beseitigt	10,64	75,4	72,7	100,0	—	—	74,3	72,4	—
Zufluss Februar	1,917	0,487	0,416	0,071	0,025	0,0122	7,26	6,81	11,03
Filtrat " " "	2,083	0,131	0,131	0,000	0,094	0,0171	2,08	2,08	10,73
Prozente beseitigt	8,66	73,1	68,5	100,0	—	—	71,4	69,5	—
Zufluss März	1,200	0,404	0,316	0,088	0,152	0,0129	4,30	3,81	7,42
Filtrat " " "	1,542	0,147	0,147	0,000	0,197	0,0067	1,36	1,36	8,33
Prozente beseitigt	28,49	63,6	53,5	100,0	—	—	68,4	64,3	—
Zufluss April	0,850	0,356	0,269	0,087	0,274	0,0131	5,32	4,23	8,30
Filtrat " " "	1,038	0,082	0,082	0,000	0,445	0,0013	0,86	0,86	7,65
Prozente beseitigt	22,12	77,0	69,5	100,0	—	—	83,8	79,7	—
Zufluss Mai	2,250	0,501	0,389	0,112	0,054	0,0112	6,60	5,63	12,15
Filtrat " " "	1,125	0,169	0,169	0,000	0,473	0,0101	1,53	1,53	11,70
Prozente beseitigt	50,0	66,3	56,6	100,0	—	—	76,8	72,8	—
Zufluss Juni	1,970	0,512	0,429	0,083	0,044	0,0003	7,55	5,78	12,60
Filtrat " " "	1,033	0,110	0,110	0,000	0,404	0,0207	1,30	1,30	12,07
Prozente beseitigt	47,6	78,5	74,4	100,0	—	—	82,8	77,5	—
Zufluss Juli	2,787	0,437	0,275	0,162	0,016	0,0000	6,49	4,77	14,75
Filtrat " " "	0,906	0,101	0,101	0,000	0,603	0,0090	0,97	0,97	15,15
Prozente beseitigt	67,5	76,9	63,3	100,0	—	—	85,1	79,7	—
Zufluss August	2,870	0,520	0,435	0,085	0,030	0,0002	7,75	5,59	15,42
Filtrat " " "	0,750	0,080	0,080	0,000	0,727	0,0136	0,75	0,75	15,20
Prozente beseitigt	73,9	84,6	81,6	100,0	—	—	90,3	86,6	—
Zufluss September	2,183	0,441	0,333	0,108	0,033	0,0067	7,68	5,77	11,93
Filtrat " " "	0,367	0,042	0,042	0,000	0,915	0,0076	0,70	0,70	11,87
Prozente beseitigt	83,2	90,5	87,4	100,0	—	—	90,9	87,9	—
Zufluss Oktober	3,167	0,533	0,433	0,100	0,048	0,0015	7,96	5,74	13,93
Filtrat " " "	0,283	0,043	0,043	0,000	1,124	0,0094	0,75	0,75	13,97
Prozente beseitigt	91,0	91,9	90,1	100,0	—	—	90,6	86,9	—
Zufluss November	2,633	0,558	0,379	0,179	0,075	0,0060	7,68	5,72	12,70
Filtrat " " "	0,450	0,055	0,055	0,000	1,153	0,0140	0,75	0,75	12,73
Prozente beseitigt	82,9	90,7	85,5	100,0	—	—	90,2	86,9	—
Durchschnittl. Zufluss 1905	2,252	0,484	0,387	0,097	0,058	0,0087	6,93	5,58	12,03
" Filtrat 1905	1,101	0,108	0,108	0,000	0,486	0,0107	1,68	1,68	11,97
Prozente beseitigt	51,1	77,6	72,1	100,0	—	—	75,8	69,9	—

No. 45.  
Abwassers und dessen Filtrats aus den Bodenfiltern von Worcester.  
in 100000.

	Verdampfungsrückstand									Eisen in Verbindungen			Sulphate	Kalk in Verbindungen	Mittlerer tägl. Abfluss f. 7 Tage in der Woche in cbm f. d. ha
	Insgesamt			Flüchtig			Beständig			Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert			
	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert						
83,6	76,4	7,2	46,1	43,5	2,6	37,5	32,9	4,6	4,41	0,77	3,64	—	12,35	1350	
58,6	—	—	28,4	—	—	30,2	—	—	1,68	—	—	—	11,00	—	
29,9	—	—	37,5	—	—	10,5	—	—	61,9	—	—	—	10,8	—	
69,4	—	—	44,0	—	—	25,4	—	—	2,10	0,42	1,68	3,41	9,94	1050	
54,0	—	—	25,8	—	—	28,2	—	—	0,84	—	—	3,86	8,26	—	
22,2	—	—	41,4	—	—	11,0	—	—	60,0	—	—	13,2	16,9	—	
73,6	68,6	5,0	38,8	36,6	2,2	34,8	32,0	2,8	1,68	0,84	0,84	4,61	10,55	580	
60,2	—	—	28,4	—	—	31,8	—	—	2,94	—	—	4,20	9,03	—	
18,2	—	—	26,8	—	—	8,62	—	—	7,50	—	—	16,3	14,4	—	
56,0	50,4	5,6	27,0	24,2	2,8	29,0	26,2	2,8	0,98	0,84	0,14	4,10	9,58	1070	
47,0	—	—	20,0	—	—	27,2	—	—	1,61	—	—	3,19	7,35	—	
15,7	—	—	25,9	—	—	6,21	—	—	64,3	—	—	22,2	23,3	—	
58,8	54,8	4,0	32,4	30,0	2,4	26,4	24,8	1,6	1,96	0,98	0,98	3,52	8,96	750	
49,2	—	—	23,8	—	—	25,4	—	—	1,61	—	—	3,32	8,07	—	
16,3	—	—	26,5	—	—	3,79	—	—	17,8	—	—	5,68	9,93	—	
79,2	74,0	5,2	43,2	39,6	3,6	36,0	34,4	1,6	2,45	2,10	0,35	4,86	12,77	3090	
69,6	—	—	37,0	—	—	32,6	—	—	3,50	—	—	5,01	12,47	—	
12,1	—	—	14,3	—	—	9,44	—	—	42,8	—	—	3,09	2,35	—	
86,2	80,4	5,8	48,6	46,4	2,2	37,6	34,0	3,6	2,30	2,30	0,00	4,08	12,95	2160	
74,4	—	—	40,0	—	—	34,4	—	—	2,45	—	—	4,19	12,95	—	
13,7	—	—	17,7	—	—	8,51	—	—	6,52	—	—	2,70	0,00	—	
84,4	81,2	3,2	50,0	49,6	0,4	34,4	31,6	2,8	2,66	1,83	0,83	4,79	11,88	1810	
73,6	—	—	35,0	—	—	38,6	—	—	2,49	—	—	4,89	12,95	—	
12,8	—	—	30,0	—	—	12,2	—	—	6,39	—	—	2,09	9,80	—	
97,4	91,6	5,8	51,6	51,6	0,0	45,8	40,0	5,8	2,99	2,99	0,00	5,29	13,20	1430	
81,6	—	—	40,0	—	—	41,6	—	—	4,32	—	—	5,53	13,10	—	
16,2	—	—	22,5	—	—	9,17	—	—	44,5	—	—	5,54	0,76	—	
76,4	69,6	6,8	40,6	36,6	4,0	35,8	33,0	2,8	3,44	2,42	1,02	5,96	10,7	1270	
67,2	—	—	32,4	—	—	34,8	—	—	2,02	—	—	4,96	12,0	—	
12,0	—	—	20,2	—	—	2,79	—	—	41,3	—	—	16,8	12,41	—	
77,2	73,0	4,2	41,2	38,6	2,6	36,0	34,4	1,6	2,84	2,23	0,61	5,33	13,65	1070	
65,8	—	—	33,0	—	—	32,8	—	—	2,03	—	—	5,44	13,04	—	
14,8	—	—	19,9	—	—	8,89	—	—	28,5	—	—	2,06	4,47	—	
86,4	74,4	12,0	47,2	40,4	6,8	39,2	34,0	5,2	2,80	1,61	1,19	5,34	13,30	920	
67,4	—	—	34,8	—	—	32,6	—	—	1,40	—	—	5,27	12,00	—	
22,0	—	—	26,3	—	—	16,8	—	—	50,0	—	—	1,31	9,77	—	
78,7	73,7	5,0	43,6	40,8	2,8	35,1	32,9	2,2	2,61	1,69	0,92	4,66	11,90	1350	
65,5	—	—	32,6	—	—	32,9	—	—	2,38	—	—	4,59	11,36	—	
16,8	—	—	25,2	—	—	6,27	—	—	8,81	—	—	1,50	4,54	—	



nutzt worden. Jedes dieser Becken ist 50,0 m lang, 12,0 m breit und 2,1 m tief.

Die angewendeten Beschickungen sind annähernd dieselben wie bei dem vorgenannten Verfahren, nämlich täglich 1200—1300 cbm für den Hektar. Auch hier bildet sich auf der Oberfläche der Filter nach kürzerer oder längerer Frist je nach dem Grade der vorausgegangenen Sedimentation ein Niederschlag, der von Zeit zu Zeit zusammengekratzt und beseitigt wird. Die Analyse einer Probe desselben hatte nachfolgendes Ergebnis:

Tabelle No. 46.

Wassergehalt . . . . .	22,87 v. H.
Organischer Stickstoff . . . . .	0,539 „
Eisenoxyd . . . . .	2,58 „

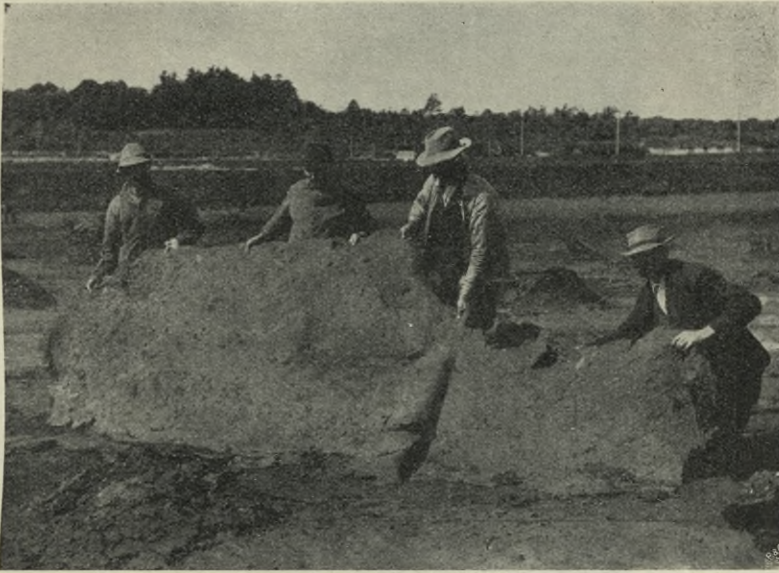
Je weniger sorgfältig die vorhergegangene Sedimentation war, um so einheitlicher ist der eine lederartige Decke bildende Niederschlag; um so weniger tief dringt er in das Innere des Filters ein und lässt sich in diesem Falle ohne Schwierigkeiten von der Oberfläche abschälen. Ist dagegen die vorhergehende Sedimentation eine sehr weitgehende, so dringt der feine Niederschlag tiefer in die Filteroberfläche ein und nötigt, diese bis zu grösserer Tiefe abzukratzen. Durchschnittlich wurde angeblich 1 cbm Niederschlag auf 750 cbm zugeleitetes Abwasser gewonnen; es gelangt mithin annähernd die doppelte Menge an Schwebestoffen auf die Filter als in dem mit chemischen Fällmitteln vorbehandelten Abwasser. Im übrigen ähneln die Ergebnisse denjenigen, die bei Beschickungen mit rohem, also nicht irgendwie vorgereinigtem Abwasser erzielt werden; auf diese wird im Folgenden näher eingegangen werden.

#### e) Bodenfiltration des rohen, unbehandelten Abwassers.

In den Jahren 1904 und 1905 hat man eine grössere Anzahl Betten mit rohem Abwasser beschickt. Die tägliche durchschnittliche Beschickungsmenge belief sich auf 910 cbm f. d. ha. Es bildete sich auf der Oberfläche ein dicker lederartiger Ueberzug, der nach Aufhören der Beschickungen schnell trocknete und ohne Mühe dann abgelöst werden konnte. Die Abbildungen No. 21—23 zeigen deutlich die Stärke und leichte Ablösbarkeit dieses Ueberzuges sowie die geringe Einwirkung der Schwebestoffe auf das Filtermaterial selbst. Die Menge dieses Niederschlags beträgt durchschnittlich 1 cbm auf



Abbildungen No. 21 u. 22.



Filterbett von Worcester mit rohem Abwasser beschickt.



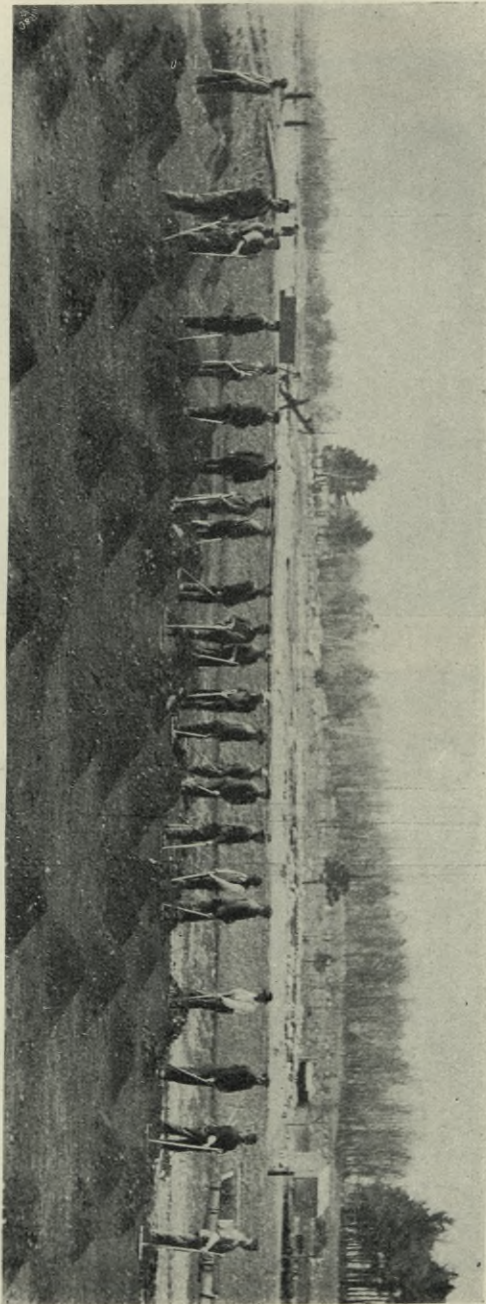


Abbildung No. 23.

Reinigung eines mit rohem Abwasser beschickten Filterbettes in Worcester.



350 cbm aufgeleitetes Abwasser. Die chemische Analyse einer Probe hatte nachstehendes Ergebnis:

Tabelle No. 47.

Wasser . . . . .	6,13 v. H.
Glühverlust . . . . .	51,45 „
Organischer Stickstoff . . . . .	2,31 „

Durchschnittlich zweimal wöchentlich wurde es erforderlich, den Niederschlag auf der Oberfläche der Betten abzuharken und fortzuschaffen. Die umstehende Tabelle No. 49 gibt die Analysen des rohen unbehandelten Abwassers und des mit ihm erzielten Abflusses der Betten. Nach den Angaben des Stadtbauamtes war der erzielte Abfluss bisweilen beständig, bisweilen aber auch unbeständig und faulte nach. Proben, die aus einem 1 Jahr in der angegebenen Weise betriebenen Filter, dessen ganzes Alter nur 2 Jahre betrug, entnommen worden sind, zeigten, dass das Material des Filters in ganzer Tiefe stark verunreinigt war; vgl. die nachfolgende Tabelle No. 48:

Tabelle No. 48.

Material eines ein Jahr mit rohem Abwasser beschickten Filters von Worcester.  
Prozente.

Tiefe der Probe unter der Oberfläche in Zoll	Wassergehalt	Glühverlust	Organischer Stickstoff	Eisen als Eisenoxyd	Schwefel insgesamt	Sulfate
Oberfläche—6	5,56	0,89	0,040	1,42	0,0145	0,0097
6—12	6,77	1,01	0,0246	1,65	0,0077	0,0077
12—24	5,88	0,71	0,0163	1,53	0,0075	0,0063
24—36	11,93	0,67	0,0145	1,33	0,0042	0,0042
36—48	7,49	0,59	0,0082	1,36	0,0047	0,0047
48—60	10,42	0,55	0,010	1,38	0,0047	0,0047

Von Interesse ist noch die Tabelle No. 50 auf S. 104, die die gewonnenen Mengen trockenen Schlammes und die finanziellen Ergebnisse der verschiedenen Verfahren wiedergibt.

Die vorstehenden Erörterungen zeigen, welche Schwierigkeiten der endgültigen Reinigung eines durch grosse Mengen industrieller Zuflüsse verschiedener Art beeinflussten städtischen Abwassers sich entgegenstellen. Von biologischer Reinigung in den Bodenfiltern kann unter den angegebenen Umständen kaum die Rede sein. Es handelt sich wohl im wesentlichen um eine rein mechanische Absiebung der Schwebestoffe, zu der noch gewisse chemische Vorgänge im Filter treten.



Tabelle  
Durchschnittliche monatliche Analysen des rohen, unbehandelten  
Teile

Zeit	Ammoniak			Stickstoff als		Sauerstoff-Verbrauch		Chlor	
	Freies	Albuminoid		Nitrate	Nitrite	Unfiltriert	Filtriert		
		Insgesamt	Gelöst						Suspensiert
Zufluss Dezember 1904	3,450	1,244	0,584	0,660	0,027	0,0054	17,52	10,79	15,82
Filtrat " 1904	2,647	0,159	0,159	0,000	0,040	0,0109	3,13	3,13	15,09
Prozente beseitigt	23,3	87,2	72,8	100,0	—	—	82,1	71,0	—
Zufluss Januar 1905	2,740	1,105	0,417	0,688	0,080	0,0287	19,25	11,46	14,52
Filtrat " 1905	2,382	0,165	0,165	0,000	0,073	0,0227	3,04	3,04	13,30
Prozente beseitigt	13,1	76,0	60,5	100,0	—	—	84,2	73,6	—
Zufluss Februar	3,013	1,213	0,578	0,635	0,131	0,0033	21,99	15,38	15,75
Filtrat " "	3,675	0,176	0,176	0,000	0,054	0,0020	2,77	2,77	13,80
Prozente beseitigt	21,9	85,5	69,6	100,0	—	—	87,4	82,0	—
Zufluss März	2,100	0,813	0,422	0,391	0,132	0,0269	10,57	6,31	9,03
Filtrat " "	2,634	0,189	0,189	0,000	0,093	0,0036	2,30	2,30	9,83
Prozente beseitigt	25,4	76,8	55,2	100,0	—	—	78,2	63,5	—
Zufluss April	1,838	0,856	0,390	0,466	0,016	0,0036	12,07	7,54	12,83
Filtrat " "	1,412	0,111	0,111	0,000	0,280	0,0033	1,10	1,10	10,90
Prozente beseitigt	23,2	87,1	71,5	100,0	—	—	90,9	85,4	—
Zufluss Mai	2,240	1,188	0,384	0,804	0,052	0,0000	14,15	8,84	14,73
Filtrat " "	1,551	0,113	0,113	0,000	0,286	0,0027	1,38	1,38	13,48
Prozente beseitigt	30,8	90,5	70,6	100,0	—	—	90,3	84,4	—
Zufluss Juni	2,350	1,092	0,479	0,613	0,055	0,0001	15,93	9,33	15,59
Filtrat " "	1,675	0,121	0,121	0,000	0,128	0,0086	1,98	1,98	15,10
Prozente beseitigt	28,5	88,9	74,7	100,0	—	—	87,6	78,8	—
Zufluss Juli	2,550	1,058	0,399	0,659	0,038	0,0000	15,03	9,58	14,70
Filtrat " "	1,840	0,121	0,121	0,000	0,177	0,0098	1,70	1,70	18,87
Prozente beseitigt	27,8	88,5	69,7	100,0	—	—	88,7	82,2	—
Zufluss August	2,260	1,325	0,470	0,855	0,030	0,0000	19,03	10,10	19,56
Filtrat " "	1,665	0,144	0,144	0,000	0,338	0,0174	1,69	1,69	17,86
Prozente beseitigt	26,3	89,1	69,4	100,0	—	—	91,1	83,3	—
Zufluss September	2,175	1,156	0,494	0,662	0,045	0,0000	16,86	10,49	18,27
Filtrat " "	1,126	0,084	0,084	0,000	0,239	0,0103	1,57	1,57	15,70
Prozente beseitigt	48,2	92,7	83,0	100,0	—	—	90,6	85,1	—
Zufluss Oktober	2,790	1,335	0,562	0,773	0,049	0,0000	18,98	11,71	16,78
Filtrat " "	0,895	0,074	0,074	0,000	0,304	0,0149	1,50	1,50	17,50
Prozente beseitigt	67,9	94,4	86,8	100,0	—	—	92,0	87,2	—
Zufluss November	4,175	1,638	0,604	1,034	0,093	0,0000	22,65	14,95	16,75
Filtrat " "	1,906	0,112	0,112	0,000	0,231	0,0179	2,76	2,76	15,67
Prozente beseitigt	54,4	93,1	81,5	100,000	—	—	87,8	81,5	—
Durchschnittl. Zufluss 1905	2,662	1,187	0,485	0,702	0,068	0,0049	17,09	10,54	15,85
" Filtrat 1905	1,885	0,128	0,128	0,000	0,196	0,0106	2,06	2,06	14,81
Prozente beseitigt	29,2	89,2	73,5	100,0	—	—	87,9	80,4	—

No. 49.  
Abwassers und dessen Filtrats aus den Bodenfiltern von Worcester.  
in 100000.

Verdampfungsrückstand									Eisen in Verbindungen			Sulphate	Mittlerer täglicher Zufluss für 7 Tage in der Woche in cbm f. d. ha
Insgesamt			Flüchtig			Beständig			Insgesamt	Gelöst	Suspensiert		
Insgesamt	Gelöst	Suspensiert	Insgesamt	Gelöst	Suspensiert	Insgesamt	Gelöst	Suspensiert					
125,5	80,1	45,4	82,8	51,0	31,8	42,7	29,1	13,6	13,72	—	—	—	1210
63,2	—	—	34,8	—	—	28,4	—	—	5,32	—	—	—	—
49,7	—	—	59,3	—	—	33,5	—	—	61,2	—	—	—	—
139,4	67,2	72,2	88,0	43,8	44,2	51,4	23,4	28,0	4,76	1,12	3,64	3,78	920
57,0	—	—	31,8	—	—	25,2	—	—	4,20	—	—	3,14	—
59,1	—	—	63,9	—	—	51,0	—	—	11,8	—	—	16,9	—
109,0	79,0	30,0	74,6	48,4	26,2	34,4	30,6	3,8	4,48	2,31	2,17	5,04	800
58,4	—	—	33,6	—	—	24,8	—	—	5,95	—	—	2,33	—
46,4	—	—	55,0	—	—	27,9	—	—	32,8	—	—	53,8	—
83,8	50,8	33,0	53,4	23,6	29,8	30,4	27,2	3,2	6,09	5,19	0,90	5,14	910
48,0	—	—	26,6	—	—	22,0	—	—	4,13	—	—	3,34	—
42,0	—	—	50,2	—	—	27,6	—	—	32,2	—	—	35,0	—
90,6	67,4	23,2	62,8	41,2	21,6	27,8	26,2	1,6	4,34	2,31	2,03	4,05	920
51,2	—	—	25,8	—	—	25,4	—	—	2,31	—	—	3,59	—
43,5	—	—	58,9	—	—	8,63	—	—	46,8	—	—	11,36	—
112,6	74,8	37,8	78,0	46,4	31,6	34,6	6,2	—	4,55	3,15	1,40	3,57	960
66,2	—	—	37,8	—	—	28,6	—	—	4,76	—	—	4,42	—
41,2	—	—	51,5	—	—	17,9	—	—	4,61	—	—	23,8	—
113,6	78,4	35,2	79,0	51,8	27,2	34,6	26,6	8,0	5,41	5,25	0,16	4,29	930
72,2	—	—	43,8	—	—	28,4	—	—	5,25	—	—	3,12	—
36,4	—	—	44,5	—	—	17,9	—	—	2,96	—	—	27,3	—
123,8	80,0	43,8	82,4	56,6	25,8	41,4	23,4	18,0	5,49	4,98	0,51	3,27	570
76,4	—	—	38,0	—	—	38,4	—	—	4,49	—	—	3,17	—
38,3	—	—	53,9	—	—	7,25	—	—	18,2	—	—	3,06	—
134,0	89,6	44,4	78,0	35,6	42,4	56,0	54,0	2,0	8,46	4,32	4,14	4,56	990
85,0	—	—	42,0	—	—	43,0	—	—	4,95	—	—	6,15	—
36,6	—	—	46,1	—	—	23,2	—	—	41,5	—	—	34,9	—
108,0	78,8	29,2	79,0	49,8	50,2	29,0	29,0	0,0	6,06	4,85	1,21	4,54	970
64,4	—	—	34,0	—	—	30,4	—	—	5,25	—	—	4,08	—
40,4	—	—	57,0	—	—	4,83	—	—	13,37	—	—	10,14	—
112,6	77,8	34,8	85,8	55,0	30,8	26,8	22,8	4,0	6,29	3,50	2,79	5,26	900
64,8	—	—	39,2	—	—	25,6	—	—	4,20	—	—	4,14	—
42,4	—	—	54,3	—	—	4,48	—	—	33,2	—	—	21,7	—
133,2	88,8	44,4	90,2	55,8	34,4	43,0	33,0	10,0	6,65	3,67	2,98	6,21	910
64,8	—	—	36,0	—	—	28,8	—	—	3,85	—	—	4,68	—
51,4	—	—	60,1	—	—	33,0	—	—	46,2	—	—	24,63	—
116,1	73,4	42,7	75,2	46,8	28,4	40,9	26,6	14,3	6,52	3,73	2,79	4,57	910
65,0	—	—	35,6	—	—	29,4	—	—	4,73	—	—	4,23	—
44,0	—	—	52,7	—	—	28,1	—	—	27,5	—	—	7,44	—



Tabelle No. 50<sup>1)</sup>.

	Mit chemischen Fällmitteln vorbehandeltes Abwasser	Im Absitzbecken vorbehandeltes Abwasser	Rohes Abwasser	Bemerkungen
Durchschnittliche tägl. Beschickungsmenge in cbm f. d. ha . . . .	1250	1250	910	—
Feste Stoffe, beseitigt durch Vorbehandlung in cbm f. 1000 cbm Abwasser . . . . .	1,2*	0,8*	—	* Rückstände aus den Filterpressen mit 68 v. H. Wasser.
Feste Stoffe beseitigt aus der Filteroberfläche in cbm f. 1000 cbm Abwasser . . . . .	0,66	1,32	2,83	—
Kosten der Vorbehandlung in M. . . . .	50,4	16,8	—	} für 1000 cbm
Kosten der Filternachbehandlung in M. . . .	25,2	37,8	54,6	
Gesamtkosten in M. . .	75,6	54,6	54,6	

Hingewiesen sei noch auf die Eigentümlichkeit, dass sowohl das rohe wie das mit chemischen Fällmitteln vorbehandelte Abwasser Nitrate in nicht unerheblichen Mengen enthalten.

#### Framingham.

Die Abwasserreinigungsanlagen von Framingham sind auch bereits von fachmännischer Seite beschrieben worden; hierauf sei zunächst verwiesen<sup>2)</sup>.

Die mit der Strassenbahn in etwa einstündiger Fahrt von Boston aus zu erreichende Stadt Framingham besteht aus drei voneinander örtlich getrennten Teilen, Süd-Framingham, Framingham-Centre und Saxon-Ville. Alle drei Teile liegen innerhalb des Niederschlagsgebietes des Sudbury-Flusses, der für die Wasserversorgung von Boston und Umgebung benutzt wird; doch nur Süd-Framingham liegt oberhalb des Punktes, von wo aus die Wasserentnahme erfolgt.

Die Bevölkerung betrug nach dem Census von 1900 in ganz Framingham 11302 Personen. Bereits seit dem Jahre 1885 ist Süd-Framingham mit einer zentralen Wasserversorgung versehen. Im

1) s. Jahresbericht d. Kanalisationswerke d. Stadt Worcester für 1905. S. 33.

2) „Gesundheits-Ingenieur“ Jahrgang 1905. „Reinigung von Abwässern mittelst intermittierender Bodenfiltration“ von Prof. Dr. Dunbar.



Jahre 1889 wurde für diesen Teil der Stadt und eine grössere staatliche Besserungsanstalt für Frauen, die gleichfalls innerhalb des für Wasserversorgungszwecke benutzten Teiles des Niederschlagsgebietes des Sudbury liegt, ein nach dem Trennsystem entworfenes Sielnetz ausgeführt. Zwecks Fernhaltung des Grundwassers von dem Sielnetz wurde beim Bau des Hauptsammlers längs desselben eine Drainageleitung mit grosser Sorgfalt verlegt, deren Abfluss nach vorheriger künstlicher Hebung auf einem Filterbette einer Reinigung unterzogen wird. Da die späteren Erweiterungen des Sielnetzes weniger sorgfältig ausgeführt worden sind, so ist trotzdem ein recht erheblicher Abfluss an Grundwasser vorhanden 1903 war eine Bevölkerung von insgesamt rd. 7500 Personen an das Sielnetz angeschlossen. Auch sind mehrere industrielle Werke, insbesondere der Textilindustrie, angeschlossen, deren Abfluss auf zusammen 250 cbm pro Tag geschätzt wird und durch den die Abwässer bisweilen stark gefärbt werden.

Tabelle No. 51.

## Mengen an Abwässern zu den Filterbetten von Framingham.

	1901			1902			1903		
	Mittel	Grösstwert	Kleinstwert	Mittel	Grösstwert	Kleinstwert	Mittel	Grösstwert	Kleinstwert
Januar . . . . .	2350	2960	1750	2780	3670	2080	2880	3740	1630
Februar . . . . .	1860	2200	1530	2230	2780	1680	2420	3130	1920
März . . . . .	2500	3700	1570	3620	6570	2180	3370	6970	2310
April . . . . .	3970	4930	2640	3030	3550	2400	3650	4520	3040
Mai . . . . .	3430	4220	2860	2270	2780	1950	2880	3700	2310
Juni . . . . .	3000	3400	2540	1890	2240	1460	2500	3730	1600
Juli . . . . .	2050	2810	1470	1690	2140	1150	1900	2760	1560
August . . . . .	2780	2910	1500	1690	1960	1250	1900	2930	1520
September . . . . .	1950	3120	1500	1640	1880	1440	1800	2580	1560
Oktober . . . . .	1880	2390	1500	1690	2030	1440	2020	2630	1620
November . . . . .	1740	2030	1410	1690	1880	1550	2200	2550	1900
Dezember . . . . .	2630	3770	1580	2050	3500	1580	2060	2260	1890
Im Jahre . . . . .	2430	4930	1410	2190	6570	1150	2470	6970	1520

Die Tabelle No. 51 gibt die Mengen Abwasser, die während der Jahre 1901 bis 1903 täglich durchschnittlich in jedem Monat zum Abfluss gelangt sind, an; ebenso auch sind die grössten und kleinsten Mengen beigefügt. Aus ihr ist ersichtlich, dass während der nassen Monate März, April und Mai der Abfluss wegen der höheren Grundwasserstände und der unzulässigen Anschlüsse von Niederschlags-



wasser bedeutend grösser als in den trockenen anderen Monaten des Jahres ist. Für das Jahr 1903 insbesondere ergibt sich ein mittlerer Abfluss von 330 Litern, ein grösster von 930 und ein kleinster von 205 Litern pro Tag und Kopf der angeschlossenen Bevölkerung. Das Abwasser in seiner Gesamtheit ist ein ziemlich konzentriertes, besonders im Sommer, wenn es nur wenig durch Undichtigkeiten oder Niederschlagswasser beeinflusst wird. Nach den chemischen Analysen von monatlich genommenen Proben ergibt sich für die Jahre 1893—1903 die Tabelle No. 52.

Tabelle No. 52.

Jährliche Mittel der chemischen Analysen des Abwassers von Framingham.  
Teile 1 : 100000.

Jahr	Verdunstungsrückstand						Ammoniak			Chlor	Sauerstoff-Verbrauch		
	Gesamtrückstand			Glühverlust			Freies	Albuminoid-			Unfiltriert	Filtriert	
	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert	Insgesamt	Gelöst	Suspensdiert		Insgesamt	Gelöst				Suspensdiert
1893	57,90	33,80	24,10	30,37	10,95	19,42	2,03	0,40	0,21	0,19	5,22	—	—
1894	57,70	33,78	23,92	31,17	10,83	20,34	2,44	0,51	0,25	0,26	5,86	4,06	2,57
1895	75,95	29,54	46,41	48,92	9,44	39,48	2,72	0,70	0,22	0,48	5,48	5,91	2,24
1896	246,26	37,63	208,63	199,82	13,08	186,74	2,86	2,73	0,34	2,39	7,23	15,92	2,95
1897	399,57	56,88	342,69	341,08	22,70	318,38	3,14	2,88	0,42	2,46	11,56	23,23	3,51
1898	216,00	43,32	172,68	156,69	14,86	141,83	3,10	3,14	0,61	2,53	8,45	25,29	4,17
1899	103,10	36,46	66,44	67,63	11,73	55,90	2,64	1,02	0,38	0,64	6,42	9,79	3,13
1900	141,78	33,09	108,69	103,44	11,42	92,02	2,79	2,06	0,34	1,72	5,84	9,17	2,85
1901	69,83	30,15	39,68	42,88	11,10	31,78	2,84	1,20	0,33	0,87	5,19	6,58	2,47
1902	38,48	29,67	8,81	16,55	10,90	5,65	2,77	0,47	0,29	0,18	5,44	3,63	2,43
1903	58,77	37,53	21,24	29,88	13,66	16,22	3,17	0,79	0,41	0,38	6,99	4,73	2,73

Wegen der Höhenlage der intermittierenden Bodenfilter ist eine künstliche Hebung des gesamten Abwassers erforderlich. Vor dem Einlauf in die Pumpenanlage — vgl. Lageplan Abbildung No. 24 — befinden sich zwei grössere überwölbte Becken, deren Fassungsraum rd. 1640 cbm beträgt und hinreicht, um den ganzen Abfluss während der Nachtzeit aufzunehmen; die Pumpen sind daher nur während der eigentlichen Tagesstunden im Gange. Oberhalb dieser Becken ist noch eine einfache Gitteranlage aus feststehenden Stäben eingebaut. Das von der Pumpstation ausgehende Druckrohr von 30 cm Lichtweite ist rd. 300 m lang; die Hubhöhe beträgt rd. 13,40 m. Auch hier bleibt wegen der für das Druckrohr gewählten Gradienten dieses beim Stillstand der Pumpen mit Abwasser fast auf ganze Länge ge-

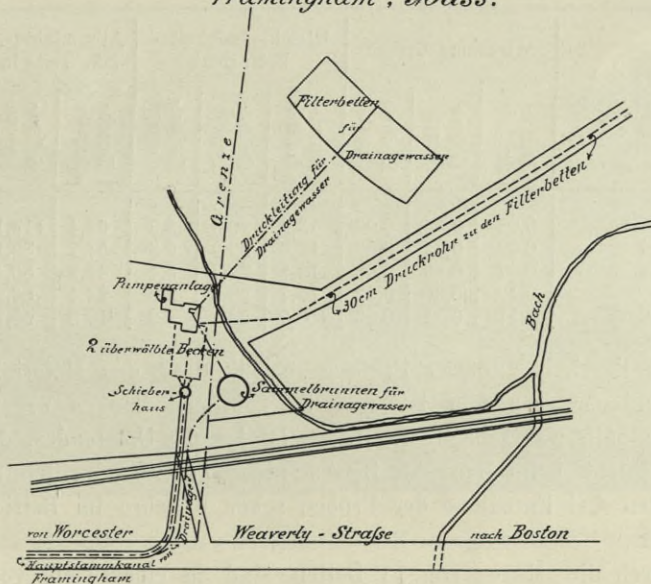


füllt; auch hier gelangt daher aus diesem Grunde in den ersten Morgenstunden ein bereits mindestens eine Nacht altes und in der Regel konzentrierteres Abwasser auf die Filterbetten.

Eine Beschreibung der Filterbetten ist deshalb von besonderem Interesse, weil sie die älteste derartige Anlage in Massachusetts sind. Dagegen weicht die Anlage durch die von Beginn an in grossem Massstabe und mit Sorgfalt geübte landwirtschaftliche Nutzung und die hiermit gebotene Rücksichtnahme auf den Pflanzenwuchs bei Bestimmung der Häufigkeit und Grösse der Beschickungen sehr wesent-

Abbildung No. 24.

Lageplan der Pumpstation von  
Framingham, Mass.



lich von den Grundsätzen der intermittierenden Bodenfiltration ab; der Betrieb nähert sich mehr dem eigentlichen Rieselfeldbetriebe. Aus diesem Grunde wird die Anlage weder von dem leitenden Ingenieur, noch von dem leitenden Chemiker des staatlichen Gesundheitsrates von Massachusetts in Boston als ein Schulbeispiel angesehen. Immerhin darf die Beschreibung der Anlage nicht übergangen werden.

Das für die Reinigungsanlage von der Stadtgemeinde erworbene Gelände umfasst rd. 40 ha, die ursprünglich mit Wald bedeckt waren.



Es liegt unmittelbar an der verkehrsreichen und mit einer Strassenbahn belegten Chaussee Boston-Worcester. Auf diesem Gelände sind 18 Filterbetten mit einer Gesamtfläche von 7,96 ha durch Fortnahme der Bäume und starken Wurzeln hergerichtet worden. Die über dem Sand und Kies gelagerte Humusschicht ist nur soweit entfernt worden, wie es zur Beseitigung von Unebenheiten und zur Herstellung der Dämme zwischen den einzelnen Betten notwendig wurde. Die durchschnittliche Beschaffenheit des Bodens, aus dem die Filterbetten aufgebaut sind, ergibt sich aus der nachstehenden Tabelle No. 53 nach Bohrproben, die nach 9jährigem Betriebe der Betten im Jahre 1898 genommen worden sind.

Tabelle No. 53.

Entnahme der Probe unter Oberfläche in cm	Wirksame Grösse			Gleichmässigkeitkoeffizient			Albuminoid-Ammoniak. Teile in 100000		
	Durchschnittlich	Grösstwert	Kleinstwert	Durchschnittlich	Grösstwert	Kleinstwert	Durchschnittlich	Grösstwert	Kleinstwert
Oberfläche	0,06	0,32	0,03	13,9	26,3	5,9	64,4	119,1	33,4
7,5	0,06	0,37	0,03	12,8	26,9	6,3	54,2	89,1	24,8
15,2	0,07	0,39	0,03	13,1	25,7	5,4	45,2	80,4	21,1
30,5	0,12	0,36	0,03	10,7	23,4	2,9	24,4	86,2	7,0
76,2	0,11	0,21	0,03	8,0	22,4	2,0	10,0	20,7	2,2

Die Ergebnisse dieser Prüfung zeigen, dass das Material nahe der Oberfläche sehr fein ist und beträchtliche Mengen organischer Stoffe enthält, wahrscheinlich teilweise infolge des Umstandes, dass die Humusschicht beim Bau der Betten nicht beseitigt worden ist und die Betten bei Entnahme der Proben schon 9 Jahre im Betrieb sich befanden.

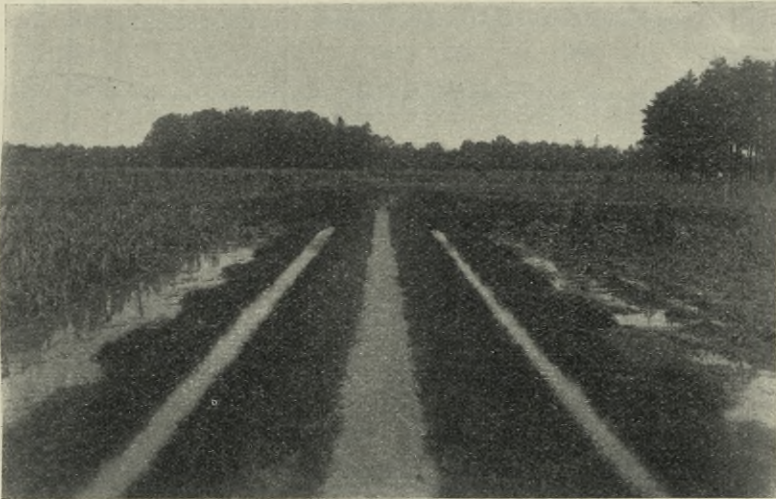
Durch die Mitten von 11 Betten sind in einer Tiefe von rund 1,80 m Drainagen gelegt, die in einen bei der Anlage vorbeifliessenden Bach münden.

Die Zuleitung des Abwassers auf die Betten erfolgt teils aus in zwei Ecken zwischen den Betten angeordneten Verteilungsschächten unmittelbar, teils — wie in Spencer — aus niedrigen am Fuss der Dämme sich entlang ziehenden Zuleitungsgräben, in die das Abwasser aus den Verteilungsschächten an den Endpunkten eingeleitet wird (vgl. Abbildung No. 25). Die Verteilung der Abwassermengen auf der Oberfläche der Betten ist wegen der vorhandenen Unebenheiten



keine sehr gleichmässige, insbesondere nicht auf den mit nur zwei Zuleitungen in den Ecken versehenen Betten. Während des Sommers wird in der Regel der ganze Zufluss aus dem Druckrohr für die Dauer eines Tages auf ein Bett geführt, im Winter und Frühjahr wird derselbe wegen der grösseren Mengen auf 2 oder 3 Betten verteilt. Infolgedessen sind die Beschickungsmengen für die Betten zwar sehr grosse, jedoch auch die Ruhepausen zwischen den jedesmaligen Beschickungen langfristige. Die beigelegte Tabelle No. 54 gibt die näheren Angaben über die Grösse der einzelnen Betten, die durchschnittliche Menge und die Zahl der Beschickungen, sowie die Grösse der Beschickungen pro

Abbildung No. 25.



Mit Mais und Kohl bestelltes Bodenfilter von Framingham, nebst Zuleitungen.

Tag und Hektar. Nur geringe Mengen fester Niederschläge brauchen von der Oberfläche der Betten entfernt zu werden, abgesehen von den in einzelnen Vertiefungen infolge Zuführung ungewöhnlich grosser Abwassermengen gebildeten Schlammablagerungen.

R. St. B. H. Mass. 1903 S. 353 sagt: „Während des Frühjahrs werden die Betten gepflügt und dann mit Mais bepflanzt; nachher richtet sich die Aufmerksamkeit ausschliesslich auf die Erhaltung des Pflanzenwuchses und der Dämme zwischen den Betten“. Im Herbst nach erfolgter Ernte begnügt man sich, die Halme ungefähr 15 cm



Tabelle No. 54.  
Mengen an Abwasser zu den einzelnen Filterbetten von Framingham und seine Verteilung auf diese.

Nummer des Bettes	1899			1901			1903						
	Grösse des Bettes in ha	Durchschnittliche Menge d. zugeführten Abwassers		Zahl der Beschickungen	Durchschnittliche Grösse der Beschickungen	Durchschnittliche Menge d. zugeführten Abwassers		Zahl der Beschickungen	Durchschnittliche Grösse der Beschickungen				
		cbm f. d. Tag	cbm f. d. Tag u. d. ha			cbm f. d. Tag	cbm f. d. Tag u. d. ha			cbm f. d. Tag	cbm f. d. Tag u. d. ha		
1.	0,45	64,3	920	40	1010	110,0	250	28	1430	223,0	510	62	1310
2.	0,52	60,6	240	43	930	102,0	210	28	1320	235,0	480	69	1240
3.	0,52	110,0	170	29	1380	72,0	150	21	1320	117,0	240	37	1170
4.	0,52	147,0	280	36	1380	159,0	320	40	1450	193,0	390	43	1620
5.	0,52	98,4	330	46	1270	163,0	330	39	1540	129,0	260	36	1320
6.	0,47	163,0	340	43	1240	155,0	360	35	1620	163,0	380	43	1370
7.	0,65	144,0	450	65	1510	204,0	330	50	1500	208,0	350	43	1810
8.	0,46	219,0	320	47	1360	276,0	630	69	1470	167,0	390	47	1310
9.	0,46	202,0	250	35	1400	155,0	360	45	1260	200,0	460	53	1390
10.	0,46	113,0	430	47	1640	129,0	300	32	1480	126,0	320	36	1400
11.	0,4	94,5	250	38	850	140,0	360	37	1340	94,5	220	26	1210
12.	0,4	106,0	230	35	850	147,0	390	40	1280	128,0	240	28	1210
13.	0,18	37,8	250	20	860	49,3	300	14	1340	49,3	300	15	1210
14.	0,28	45,5	360	27	840	49,3	190	14	1280	60,6	230	18	1210
15.	0,22	49,3	180	14	860	56,8	270	18	1130	53,0	250	17	1130
16.	0,27	41,6	80	9	860	60,6	250	18	1250	56,8	230	17	1190
17.	0,57	106,0	100	15	860	189,0	350	57	1870	129,0	240	33	1440
18.	0,61	91,0	130	20	1900	187,0	320	30	2260	159,0	280	30	1950
Durchschnittlich	106,0	250	34	1400	133,0	320	33	1450	136,0	320	36	1360	



über der Erdoberfläche abzuschneiden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass eine weitere Vorbereitung der Betten für den Winter nicht erforderlich ist. Das auf der Oberfläche sich bildende Eis ruht auf den Spitzen der abgeschnittenen Halme; das Abwasser fließt unter der Eisddecke in den Vertiefungen zwischen den Hügeln und versickert im Untergrunde. Irgendwelche Schwierigkeiten in dem Betriebe der Filter sind trotz dieser einfachen Behandlung und trotz einer durchschnittlichen geringsten Tagestemperatur von  $-13^{\circ}$  C. während der zwei kältesten Wintermonate nicht entstanden. Die tiefsten Minimumtemperaturen während dieser Zeit fallen bis auf  $-24^{\circ}$  C.

Der Abfluss aus den Drains der Filterbetten ist recht gut gereinigt. Das von mehreren in der Nähe der Filterbetten entspringenden und offenbar von diesen ausschliesslich gespeisten Quellen stammende Wasser wird sogar von den auf den Reinigungsanlagen beschäftigten Arbeitern als Trinkwasser genossen, wie dies auch bei dem Besuche, den Verfasser der Anlage abstattete, erfolgte. Die beigefügten Tabellen No. 55 u. 56 geben die jährlichen durchschnittlichen Ergebnisse der Analysen von monatlichen Proben des einen Hauptdrain für die Jahre 1893—1903 und den in der Anlage erzielten Reinigungseffekt, verglichen durch die Analysen des Abwassers und des Abflusses des vorgenannten Hauptdrain.

Tabelle No. 55.

Jährliche durchschnittliche Ergebnisse der Analysen des Abflusses aus dem östlichen Hauptdrain der Filterbetten in Framingham.

Teile 1 : 100 000.

Jahr	Farbe	Verdunstungs- rückstand	Ammoniak		Chlor	Stickstoff als		Sauerstoff- verbrauch	Härte	Eisen
			Freies	Albu- minoid		Nitrate	Nitrite			
1893	0,03	24,70	0,18	0,01	3,85	1,22	0,01	—	5,6	0,01
1894	0,03	25,84	0,05	0,01	4,37	1,08	0,00	0,12	5,5	0,01
1895	0,04	29,15	0,26	0,01	4,78	1,22	0,01	0,16	6,7	0,01
1896	0,02	26,47	0,21	0,01	5,24	0,77	0,00	0,15	6,5	0,00
1897	0,03	35,01	0,14	0,01	8,34	0,99	0,00	0,15	7,6	0,00
1898	0,13	32,87	0,64	0,02	6,74	1,05	0,00	0,18	7,4	0,03
1899	0,08	32,26	0,31	0,02	6,25	1,40	0,01	0,23	6,7	0,02
1900	0,10	34,43	0,34	0,03	6,29	1,35	0,01	0,30	6,8	0,03
1901	0,21	28,58	0,29	0,02	5,81	0,78	0,01	0,29	5,5	0,05
1902	0,13	28,14	0,30	0,02	5,49	1,77	0,01	0,24	6,7	0,03
1903	0,17	29,15	0,24	0,02	5,32	1,00	0,02	0,32	6,2	0,04



Tabelle No. 56.

## Durchschnittlicher Reinigungseffekt der Filterbetten in Framingham im Jahresmittel.

Teile in 100000.

Jahr	Freies Ammoniak			Albuminoid-Ammoniak insgesamt			Sauerstoff-Verbrauch		
	im Abwasser	im Abfluss	Prozent beseitigt	im Abwasser	im Abfluss	Prozent beseitigt	im Abwasser	im Abfluss	Prozent beseitigt
1893	2,03	0,18	91,1	0,40	0,01	97,6	—	—	—
1894	2,44	0,05	98,1	0,51	0,01	98,3	4,06	0,12	97,0
1895	2,72	0,26	90,6	0,70	0,01	98,8	5,91	0,16	97,3
1896	2,86	0,21	92,8	2,73	0,01	99,6	15,92	0,15	99,1
1897	3,14	0,14	95,5	2,88	0,01	99,6	23,23	0,15	99,4
1898	3,10	0,64	79,4	3,14	0,02	99,4	25,29	0,18	99,3
1899	2,64	0,31	88,2	1,02	0,02	98,3	9,79	0,23	97,6
1900	2,79	0,34	87,8	2,06	0,03	98,7	9,17	0,30	96,7
1901	2,84	0,29	89,6	1,20	0,02	98,1	6,58	0,29	95,6
1902	2,77	0,30	89,2	0,47	0,02	95,5	3,63	0,24	93,4
1903	3,17	0,24	92,6	0,79	0,02	97,1	4,73	0,32	93,2

Die erforderlichen Angaben über Bau- und Betriebskosten werden weiter hinten gegeben.

**Natick.**

Unmittelbar gegenüber den Filterbetten von Framingham liegen auf der anderen Seite der Chaussee Boston—Worcester diejenigen von Natick. Auch sie werden landwirtschaftlich und zwar genau so wie die vorgenannten genutzt. Auch die Anlagen für das Sielnetz und die Pumpenanlage sind fast genau die gleichen. Eine Beschreibung im einzelnen erübrigt sich daher. Erwähnt sei nur, dass der Grundwasserzufluss während der nassen Jahreszeit ein ganz enormer ist. Der für Trockenwetter zu 550 cbm ermittelte durchschnittliche tägliche Abfluss des nach dem Trennsystem gebauten Sielnetzes steigt dann bis auf 6800 cbm, also das Zwölfwache.

**Marlborough.**

Die Stadtgemeinde Marlborough, deren Bevölkerung nach dem Census von 1900 13609 Seelen betrug, liegt auf der Wasserscheide zwischen den Niederschlagsgebieten des Sudbury- und des Assabet-Flusses. Die dichter bebauten Teile des Weichbildes entwässern nach dem erstgenannten Niederschlagsgebiet und mithin in das zu den



Metropolitan-Wasserwerken gehörige Sudbury-Staubecken. Bereits im Jahre 1883 wurde eine öffentliche Wasserversorgung eingeführt, durch die täglich durchschnittlich rund 2200 cbm Wasser nach der Stadt geführt werden.

In den Jahren 1890/91 wurde ein nach dem Trennsystem entworfenes Sietnetz gebaut, an das bis zum Jahre 1903 einschliesslich rd. 10 000 Personen angeschlossen waren. Da ausser einigen Schuhfabriken, die nur sehr wenig Abwasser erzeugen, grössere industrielle Anlagen in der Stadt nicht vorhanden sind, so ist das Abwasser im wesentlichen ein häusliches. Die Konzentration des Abwassers wechselt jedoch sehr mit der Jahreszeit. Im Winter und Frühjahr ist es infolge der zahlreichen, teilweise sehr starken Undichtigkeiten des Systems durch das massenhaft eindringende Grundwasser und auch Regenwasser stark verdünnt. Im Hochsommer während der trockenen Witterung ist es dagegen ziemlich konzentriert und dickflüssig. Die nachstehend beigefügte Tabelle No. 57 gibt den mittleren täglichen Abfluss in sämtlichen Monaten des Jahres 1903; die weiter beigefügten grössten und kleinsten Abflüsse zeigen deutlich die Abhängigkeit der Grösse des Abflusses von den Witterungseinflüssen.

Tabelle No. 57.  
Täglicher Abfluss des Sietnetzes in Kubikmetern im Jahre 1903.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	pro Kopf
Mittlerer Abfluss . .	5430	5410	7700	6900	2980	5960	3540	2220	2220	2730	2320	2680	416
Grösstwert	9700	10340	12500	10240	4590	13400	7130	3140	3130	4590	3250	4360	1340
Kleinstwert . . .	3720	3860	5500	4020	1850	1330	2430	1860	1330	1930	1860	1930	133

Hiernach betrug für das Jahr 1903 der mittlere tägliche Abfluss pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung 416 l, der grösste 1340 l und der kleinste 133 l; mithin Schwankungen bis zu 1 : 10 zwischen dem grössten und dem kleinsten täglichen Abflusse in einem nach dem Trennsystem gebauten Sietnetze (!)

Da die Abmessungen des Hauptsammlers nur 50 : 45 cm im Lichten sind, so tritt mehrfach im Jahre bei grössten Abflüssen eine Ueberlastung desselben in dem Masse ein, dass das Wasser aus den Mannlöchern an einzelnen Stellen auf die Strasse austritt. Die durch-



schnittliche Zusammensetzung des Abwassers ist aus der beigefügten Tabelle No. 58 ersichtlich. Diese gibt die jährlichen Mittel aus monatlichen Analysen für die Jahre 1892 bis 1903 einschliesslich. Wegen der stark schwankenden Grundwasserzuflüsse ist die Zusammensetzung des Abwassers auch eine sehr wechselnde. Bei geringem Abflusse ist das Abwasser sehr konzentriert, bei grösseren Grundwasserzuflüssen dagegen ziemlich dünn.

Tabelle No. 58.

Jährliche Mittel der monatlichen Analysen des Abwassers von Marlborough.  
Teile in 100000.

Jahr	Verdampfungsrückstand						Ammoniak			Chlor	Sauerstoff-Verbrauch		
	Gesamtrückstand			Glühverlust			Freies	Albuminoid-			Unfiltriert	Filtriert	
	Insgesamt	Gelöst	Suspens- diert	Insgesamt	Gelöst	Suspens- diert		Insgesamt	Gelöst				Suspens- diert
1892	56,02	35,74	20,28	24,10	11,11	12,99	2,19	0,58	0,26	0,32	6,87	—	—
1893	72,36	34,93	37,43	37,27	10,84	26,43	2,01	0,61	0,22	0,39	7,36	—	—
1894	61,11	35,34	25,77	29,56	9,43	20,13	3,25	0,76	0,27	0,49	6,68	5,01	2,40
1895	42,54	28,19	14,35	17,73	7,80	9,93	1,94	0,40	0,15	0,25	5,25	4,75	1,70
1896	43,41	28,48	14,93	21,19	9,61	11,58	2,11	0,43	0,20	0,23	5,05	4,03	2,23
1897	51,90	32,69	19,21	25,88	10,25	15,63	2,39	0,67	0,32	0,35	6,34	4,68	2,29
1898	33,23	24,46	8,77	13,32	6,49	6,83	1,99	0,46	0,22	0,24	4,91	2,59	1,36
1899	51,99	34,13	17,86	27,62	12,37	15,25	4,01	0,81	0,39	0,42	6,07	5,88	3,07
1900	71,30	38,38	32,92	39,45	14,53	24,92	4,42	1,17	0,43	0,74	7,05	8,33	3,81
1901	47,53	33,72	13,81	23,97	12,93	11,04	3,73	0,75	0,34	0,41	6,53	4,62	2,78
1902	50,68	35,93	14,75	23,57	12,25	11,32	3,90	0,72	0,34	0,38	8,26	5,63	3,69
1903	44,82	31,07	13,75	21,89	10,32	11,57	3,15	0,54	0,27	0,27	5,90	4,44	2,50

Wegen der Gefahr der Verunreinigung und Verseuchung der Wasserentnahmestellen der Metropolitan-Wasserwerke durch eine unmittelbare Einleitung der Abwässer von Marlborough in das Sudbury-Staubcken wurden auf Veranlassung des staatlichen Gesundheitsrats intermittierende Bodenfilter zu ihrer Reinigung im Jahre 1890 angelegt und 1892 in Betrieb genommen.

Das von der Stadt für die Reinigungsanlage erworbene Gelände umfasst 20,0 ha und liegt auf einem flach abfallenden Plateau, das nach einem kleinen in den Sudbury-Fluss mündenden Bach Vorflut hat (vgl. Lageplan Abbildung No. 26). Auf dem Gelände sind 26 Filterbetten bis jetzt hergestellt, von denen die Betten 1—6 mit einer Gesamtfläche von 0,29 ha als sogenannte Schlammbecken dienen. Die verbleibenden 20 Betten mit einer Gesamtfläche von 4,98 ha haben durchschnittlich 0,25 ha Fläche. Beim Bau wurde der



die Deckschicht bildende Humusboden von sämtlichen Betten ganz und der darunter liegende Lehm fast vollständig entfernt. Der das Filtermaterial bildende Sandboden ist wohl geeignet, wie aus der nachstehenden Tabelle No. 59 hervorgeht, die die Analysenergebnisse von der Mitte jedes Bettes im Jahre 1898 entnommenen Proben gibt.

Abbildung No. 26.

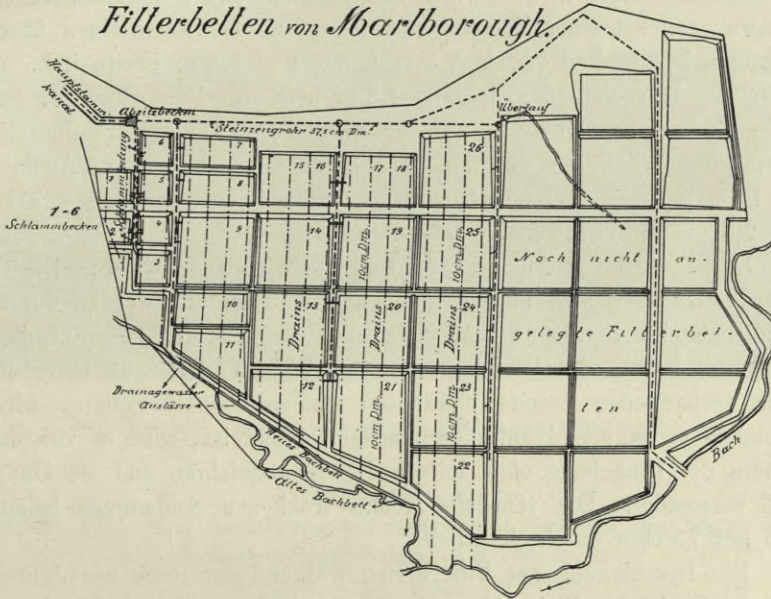


Tabelle No. 59.

Beschaffenheit des Filtermaterials.

Entnahme unter Oberfläche in Fuss	Wirksame Grösse			Gleichmässigkeitskoeffizient			Albuminoid-Ammoniak		
	durchschnittlich	Grösstwert	Kleinstwert	durchschnittlich	Grösstwert	Kleinstwert	durchschnittlich	Grösstwert	Kleinstwert
Oberfläche	0,14	0,16	0,12	2,9	5,8	2,3	55,5	105,7	20,2
0,25	0,15	0,19	0,12	2,9	6,8	2,2	39,0	83,5	14,6
0,50	0,15	0,19	0,12	3,1	10,2	2,3	21,0	51,1	6,9
1,0	0,14	0,18	0,09	2,6	3,0	2,0	10,8	29,2	5,2
2,50	0,14	0,17	0,11	2,6	3,0	1,9	8,9	27,8	3,8
4,0	0,14	0,16	0,13	2,5	2,5	2,3	7,2	12,5	2,1



Sämtliche Filterbetten sind durch in Abständen von rund 15 m in einer Tiefe von 1,5 bis 2,4 m unter der Oberfläche verlegte ungebrannte Tonröhren drainiert; diese entwässern unmittelbar in den bereits erwähnten kleinen Bach, nach dem das ganze Gelände hin abfällt. Die Beschickung jedes Bettes erfolgt von nur einem Punkte mittelst eines einfachen Rohrauslasses; dieser liegt entweder in der Mitte einer Seite oder in einer Ecke eines Filterbettes.

Das Abwasser wird den Filterbetten nicht unmittelbar zugeführt, sondern zunächst einer Vorreinigung, bestehend in zwei kleinen überdeckten Absitzbecken von je 7,5 m Länge und 1,8 m Breite i. L., in denen der Wasserstand gleichfalls 1,8 m beträgt. Das Abwasser hat beide Becken nacheinander zu durchfliessen, und die Durchflusszeit bei mittlerem Zuflusse wird auf 7 Minuten angegeben. Am Auslauf der Becken ist noch eine einfache Rechenanlage, bestehend aus Stäben von 2,5 cm Maschenweite, eingeschaltet.

Der Betrieb der Anlage erfolgt in nachstehender Weise: Die in den Absitzbecken sich niederschlagenden festen Stoffe werden durchschnittlich einmal alle zwei Wochen aus diesen dadurch beseitigt, dass der ganze Inhalt der Becken mit natürlicher Vorflut auf eines der sechs vorhandenen bereits erwähnten Schlammbecken geleitet wird. Nachdem er genügend auf diesen ausgetrocknet ist, wird er von den Bauern der Umgebung ohne Entschädigung abgefahren und als Düngstoff verwendet. Die jährliche Menge trockenen Schlammes beläuft sich auf 75 cbm durchschnittlich.

Die Beschickung der Filterbetten während der trockenen Jahreszeit erfolgt in der Weise, dass der ganze Abfluss während der eigentlichen Tagesstunden möglichst nur einem einzigen Filterbette zugeführt wird. Ist der Abfluss zu gross für nur ein Bett, so werden zwei bis drei gleichzeitig betrieben. Während der Nachtstunden werden entsprechend ein bis zwei andere Betten fortlaufend mit Abwasser beschickt. Durch diese Art des Betriebes ergeben sich Beschickungsmengen bis zu 5500 cbm für das Hektar und Tag. Der Wasserstand in den Betten beträgt einen Fuss und mehr. Das Ergebnis dieser Art des Betriebes ist einmal eine ungenügende Reinigung, und andererseits eine häufige und starke Verschlammung der Filteroberflächen. Nach etwa 5wöchigem fortgesetzten Betriebe ist die Schlammansammlung eine so starke, dass das Filter nicht mehr arbeitet (vgl. Abbildung No. 27). Es wird dann ausgeschaltet und ruht häufig einen bis zwei Monate hindurch. Die Mengen des auf der



Oberfläche während dieser Zeit abgekratzten trockenen Schlammes be-  
tragen häufig 9 bis 12 cbm pro Bett. Während der nassen Monate  
im Frühjahr und der hierdurch hervorgerufenen grossen Zuflüsse zur  
Reinigungsanlage scheidet man sich nicht, nötigenfalls längere Zeit hin-

Abbildung No. 27.



Filterbett von Marlborough mit Schlammansammlung.

Tabelle No. 60.

Jährliche Mittel der monatlichen Analysen der Abflüsse aus den Drains der  
Abwässerreinigungsanlage in Marlborough.

Teile in 100000.

Jahr	Ver- dampfungs- rückstand	Ammoniak		Chlor	Stickstoff als		Sauerstoff- verbrauch	Härte	Eisen
		Freies	Albu- minoid		Nitrate	Nitrite			
1892	26,36	0,20	0,01	4,95	0,80	0,03	—	6,7	—
1893	28,92	0,59	0,04	5,08	1,01	0,02	—	7,7	0,04
1894	32,18	0,50	0,04	5,69	1,13	0,02	0,36	8,2	0,04
1895	29,70	0,64	0,03	5,54	0,91	0,01	0,34	7,8	0,09
1896	27,96	0,62	0,04	5,54	0,69	0,01	0,40	7,4	0,18
1897	28,19	0,76	0,04	6,17	0,52	0,02	0,41	7,3	0,12
1898	24,80	0,62	0,03	5,00	0,54	0,02	0,34	6,8	0,12
1899	31,21	0,85	0,05	5,61	0,90	0,02	0,51	7,3	0,07
1900	32,92	0,80	0,05	5,90	1,19	0,03	0,58	6,6	0,10
1901	28,81	0,90	0,06	5,54	0,79	0,02	0,56	6,8	0,09
1902	28,83	1,00	0,05	5,55	1,12	0,02	0,51	7,0	0,07
1903	27,05	1,24	0,06	5,97	0,35	0,03	0,73	6,3	0,30



durch das gesamte Abwasser ohne jede Reinigung unmittelbar in den Bach und hiermit in den Sudburyfluss zu führen. Im Herbst vor Eintritt des Frostes werden die Filterbetten in der bereits mehrfach geschilderten Weise mit Furchen versehen.

Der Reinigungseffekt kann bei der geschilderten Art des Betriebes, die im wesentlichen auf eine mechanische Durchsiebung und Durchfiltrierung hinausläuft, natürlich nur ein wenig vollkommener sein. Die beigegefügte Tabelle No. 60 gibt die jährlichen Mittel der monatlichen Analysenergebnisse der Abflüsse aus den durch Grundwasserzuflüsse erheblich beeinflussten Drains für die Jahre 1892—1903. Am Tage der Besichtigung durch den Verfasser und zwar im September 1906 war der Abfluss gleichwohl ziemlich klar und farblos, der Geruch war schwach modrig; im Vorfluter waren Niederschläge von Eisen sichtbar.

#### Andover.

Das im Niederschlagsgebiet des Shawsheenflusses ungefähr  $6\frac{1}{2}$  km oberhalb seiner Vereinigung mit dem Merrimack gelegene Landstädtchen Andover, dessen Bevölkerung nach dem Census von 1900 6813 Seelen betrug, besteht aus drei von einander getrennt gelegenen Bezirken.

Die ganze Stadt ist bereits seit dem Jahre 1890 mit einer öffentlichen Wasserversorgung versehen, aus der der Verbrauch im Jahre 1903 rund 200 l pro Tag und Kopf der Bevölkerung betrug. Das im Jahre 1898 nach dem getrennten System gebaute Sielnetz erstreckt sich nur auf den einen der drei genannten Bezirke und diente im Jahre 1903 der Ableitung der Abwässer von etwa 3600 Personen. Das Abwasser ist ein fast ausschliesslich häusliches, da die einzige in der Stadt vorhandene Fabrik — eine Gummifabrik — nur wenig Abwasser erzeugt. Der Abfluss im Sielnetz ist entgegen demjenigen in den meisten anderen amerikanischen Gemeinden nur sehr wenig durch Grundwasser verdünnt. Fast sämtliche Siele sind beim Bau in sorgfältigster Weise mit Drainagen versehen worden, die an passenden Punkten mehrfach in offene, das Gelände durchziehende Bachläufe einmünden. Infolge dessen ist das Abwasser ein für amerikanische Verhältnisse ungewöhnlich konzentriertes. Von den dem staatlichen Gesundheitsrat unterstehenden Gemeinden haben nur einzelne mit grosser Industrie ein konzentrierteres Abwasser. Genaue Angaben über den tatsächlichen Abfluss des Sielnetzes sind leider nicht vorhanden. Nach einigen vom staatlichen Gesundheitsrat gemachten Messungen wird der



mittlere tägliche Abfluss des ganzen Sielnetzes zu 475 cbm und derjenige für den Kopf der angeschlossenen Bevölkerung zu 130 l angeben.

Das mit natürlicher Vorflut zur Reinigungsanlage abfließende Abwasser kreuzt auf dem Wege ein breites Tal mittelst eines rund 1500 m langen Dükers aus eisernen Röhren von 30 cm Lichtweite, an dessen oberem Ende eine Rechenanlage aus senkrechten feststehenden Eisenstäben mit rechtwinkeligem Querschnitt in 2,5 cm Abstand eingeschaltet ist. Auf der Reinigungsanlage gelangt das Abwasser zunächst in ein zur Vorreinigung eingeschaltetes überwölbtes Absitzbecken, dessen nutzbarer Rauminhalt rund 510 cbm beträgt, aus dem der Schlamm in der Regel einmal monatlich entnommen wird. Dieser wird auf zwei Schlammbetten von zusammen 900 qm Fläche gebracht, hier getrocknet und dann als Dünger abgegeben. Die Entfernung zwischen Reinigungsanlage und der Mitte des Stadtgebiets beläuft sich auf 3—4 km. Die Beschaffenheit des Abwassers ändert sich infolge des viele Stunden betragenden Aufenthalts in dem Sielnetz selbst, in dem langen Düker und in dem Absitzbecken vor seiner Aufleitung auf die Filterbetten recht wesentlich. Es hat einen scharfen, fauligen Geruch, die festen Stoffe sind teils äusserst fein verteilt, teils bereits in dem Absitzbecken abgefangen. Das auf die Filterbetten fließende Abwasser verschwindet daher sehr schnell im Sande, ohne irgendwie erhebliche Niederschläge auf der Oberfläche zu hinterlassen. Die beigefügte Tabelle No. 61 gibt die jährlichen Mittel der Ergebnisse der monatlichen Analysen des Abwassers für die Jahre 1900—1903.

Tabelle No. 61.

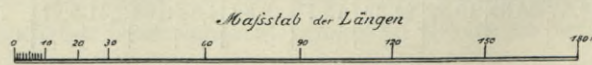
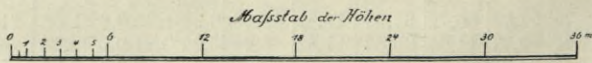
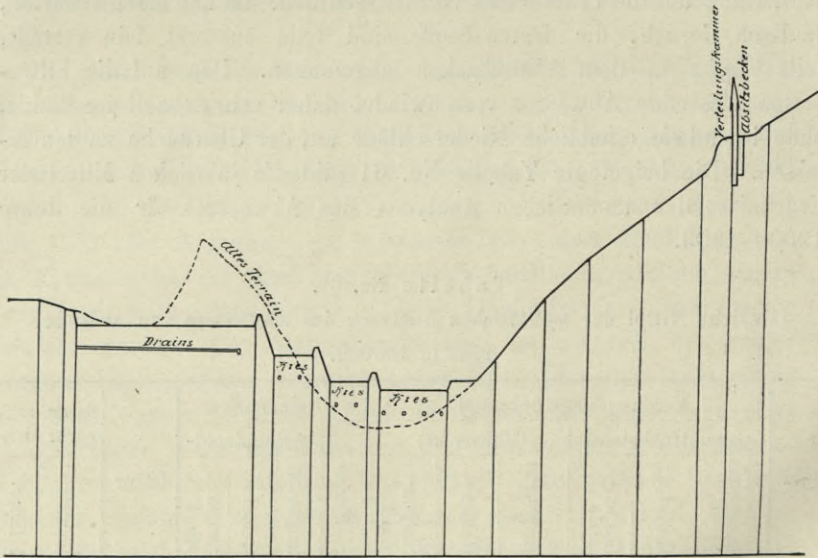
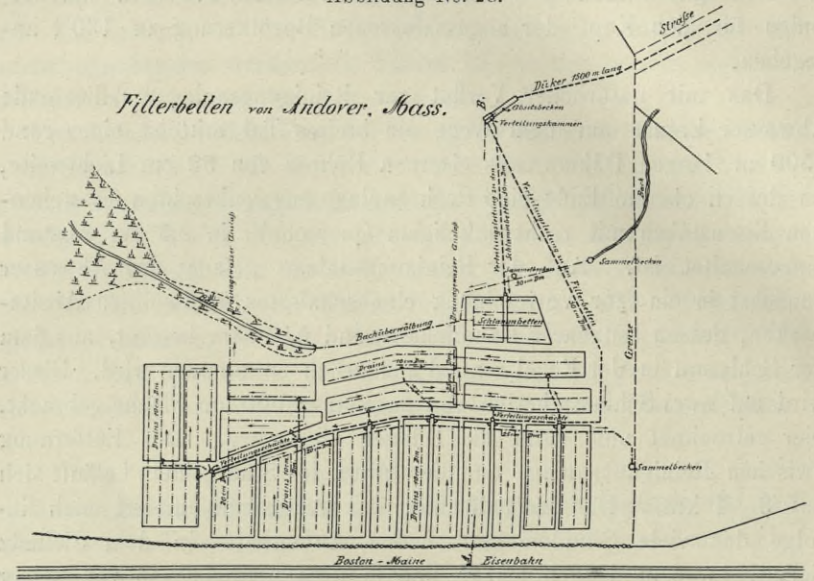
## Jährliche Mittel der monatlichen Analysen des Abwassers von Andover.

Teile in 100000.

Jahr	Verdampfungsrückstand						Ammoniak			Chlor	Sauerstoffverbrauch		
	Gesamtrückstand			Glühverlust			Freies	Albuminoid-			Unfiltriert	Filtriert	
	Insgesamt	Gelöst	Suspensiert	Insgesamt	Gelöst	Suspensiert		Insgesamt	Gelöst				Suspensiert
1900	112,75	52,03	60,72	67,29	18,81	48,48	6,32	1,70	0,62	1,08	11,47	14,15	5,63
1901	51,73	39,77	11,96	26,82	17,62	9,20	6,22	0,91	0,57	0,34	6,84	7,93	5,65
1902	81,42	31,42	50,00	47,32	15,02	32,30	5,16	1,07	0,41	0,66	5,91	7,83	3,66
1903	46,65	36,32	10,33	24,39	15,77	8,62	4,82	0,68	0,41	0,27	7,00	4,90	3,33



Abbildung No. 28.



Lageplan und Querschnitt der Filterbetten von Andover.



Das von der Stadt für die Reinigungsanlage erworbene Gelände umfasst insgesamt 12,8 ha. Das Gelände wird auf der einen Seite von den Gleisen der Boston-Maine-Eisenbahn, auf der anderen Seite von einem die Vorflut bildenden, in den Shawsheenfluss mündenden kleinen Bache (vgl. Lageplan Abbildung No. 28) begrenzt. Da die natürliche Oberflächengestaltung ziemlich unregelmässig war, so erforderte der Bau erhebliche Erdarbeiten, wie auch aus dem in Abbildung No. 28 beigefügten Querschnitte ersichtlich ist. Der hierbei gefundene Sandboden hat eine recht verschiedenartige Körnung. Nur das gröbere Material wurde zum Aufbauen der Filterbetten benutzt. Insgesamt sind 20 Filterbetten mit einer Gesamtfläche von 1,46 ha oder durchschnittlich je 700 qm gebaut worden. Die Bodenbeschaffenheit der Betten ergibt sich nach aus der Mitte eines jeden im Jahre 1903 entnommenen Proben aus der nachstehenden Tabelle No. 62.

Tabelle No. 62.  
Beschaffenheit des Filtermaterials.

Entnahme unter Oberfläche in Fuss	Wirksame Grösse in mm			Gleichmässigkeit- koeffizient			Albuminoid-Ammo- niak. Teile in 100000		
	Durch- schnittlich	Grösst- wert	Kleinst- wert	Durch- schnittlich	Grösst- wert	Kleinst- wert	Durch- schnittlich	Grösst- wert	Kleinst- wert
Oberfläche	0,15	0,41	0,08	7,9	16,7	2,6	21,08	43,35	5,46
0,25	0,16	0,38	0,09	7,9	17,1	2,2	18,85	40,77	2,51
0,50	0,15	0,46	0,07	8,0	18,7	2,0	10,97	29,70	1,50
1,0	0,16	0,26	0,08	7,7	20,8	2,3	5,60	13,15	1,49
2,00	0,20	0,40	0,10	8,3	15,5	3,0	6,50	10,35	4,74

Sämtliche Betten sind sorgfältig durch in Abständen von rund 6 m und in einer Tiefe von 1,2—1,5 m unter der Oberfläche verlegte Drains entwässert. Der das Gelände durchziehende oben erwähnte Bach ist auf diesem selbst durch Röhren gefasst und überschüttet worden; er bildet die Vorflut für sämtliche Drains.

Das aus dem zur Vorreinigung dienenden Absitzbecken zufließende Wasser gelangt zunächst zu einer Verteilungskammer, die mit einem selbsttätig wirkenden Syphon verbunden ist. Dieser Syphon soll den Inhalt der Verteilungskammer von rund 20 cbm selbsttätig und intermittierend auf die Betten entladen. Da der Syphon jedoch nicht einwandfrei arbeitet, so fließen die Abwässer bisweilen in zu geringen Mengen auf die Betten, bisweilen auch statt intermittierend in fortlaufendem Zustosse. Die Zuleitung des Abwassers erfolgt an nur



einem Punkte und zwar meistens in einer Ecke des Bettes. Wegen ihrer geringen Grösse genügt die angegebene Menge von rund 20 cbm, um eine gleichmässige Ueberstauung der Betten zu erreichen, soweit nicht einzelnen infolge der umfangreichen Erdarbeiten bei der Ausführung nachträglich versackten Stellen zu grosse Mengen Abwasser zugeführt werden. Gleichzeitig werden je nach dem Zuflusse 2 bis 3 Betten betrieben und diese im Laufe von 24 Stunden in der Regel dreimal gewechselt, sodass an einem Tage insgesamt 6—9 Betten benutzt werden; jedes Bett kommt so durchschnittlich alle 2—4 Tage in Betrieb. Hiernach ergeben sich durchschnittliche Beschickungsmengen von 750—1200 cbm für das Hektar und den Tag. Während des Sommers werden die Betten — wie auch in Framingham und Natik, aber weniger planmässig — mit Mais bestellt. Im Herbst vor Eintritt des Frostes werden die Betten mit den bereits mehrfach geschil- derten Furchen versehen. Die Art der Beschickung bleibt im Winter dieselbe wie im Sommer.

Der Abfluss aus den Filterbetten ist zwar ganz gut gereinigt, enthält jedoch erheblich grössere Mengen an freiem Ammoniak, als dies in ähnlichen Anlagen der Fall zu sein pflegt. Der Grund liegt wahrscheinlich in der ungünstigen Beeinflussung der Wirkung der aëroben Bakterien in den Filterbetten durch das zu lange ausgedehnte Verbleiben des Abwassers in dem Siphon, im Absitzbecken und den Sielen selbst. Die beigefügte Tabelle No. 63 gibt die jährlichen Mittel der monatlichen Analysen des Abflusses der Drains für die Jahre 1900—1903.

Tabelle No. 63.

**Durchschnittlicher Reinigungseffekt der Filterbetten von Andover im Jahresmittel.**

Teile in 100000.

Jahr	Freies Ammoniak			Albuminoid-Ammoniak insgesamt			Sauerstoffverbrauch		
	im Ab- wasser	im Abfluss	Prozent beseitigt	im Ab- wasser	im Abfluss	Prozent beseitigt	im Ab- wasser	im Abfluss	Prozent beseitigt
1900	6,32	0,75	88,2	1,70	0,04	97,5	14,15	0,71	95,0
1901	6,22	1,29	79,2	0,91	0,09	90,1	7,93	0,91	88,5
1902	5,16	0,96	81,5	1,07	0,06	94,7	7,83	0,61	92,2
1903	4,82	1,10	77,1	0,68	0,07	90,0	4,90	0,74	84,9



### Saratoga Springs.

Saratoga Springs, das amerikanische „Baden-Baden“, liegt auf einem flachen und einförmigen Plateau in der Ostecke des Staates New York, 300 km nördlich von der Stadt New York und 9 km westlich vom Hudson entfernt. Dieses Plateau bildet den äussersten östlichen Ausläufer der Adirondacks, der Hauptgebirgsgruppe des Staates New York, die ein Gebiet von 20—25000 Quadratkilometer bedecken und sich in einer Anzahl von Gipfeln bis rd. 1600 m erheben.

Schon den Indianern war der Ort wegen seiner heilkräftigen Quellen bekannt. Etwa 30 Mineralquellen entspringen in bzw. in unmittelbarer Nähe von Saratoga Springs; sie sind teils eisen-, teils jod- oder schwefelhaltig und sämtlich stark mit Kohlensäure gesättigt. Ihre Temperatur ist 8—10° C. Die ständige Einwohnerzahl beträgt nach dem Census von 1900 12409, steigt jedoch während der Sommersaison auf ständig rund 30000 und erreicht während der Hochsaison im August die Zahl von 50000. Während der grossen Pferderennen im August steigt die Bevölkerung auf ein bis zwei Tage bis auf 100000 Personen.

Die Oberfläche des Geländes entwässert nach einem kleinen Bache, der nach einem Laufe von etwa 5 km in einen zu einer grossen Seengruppe gehörigen See mündet; diese Seengruppe steht ihrerseits mit dem Hudson in Verbindung.

Das ursprünglich nach dem Sammelsystem gebaute Sielnetz mündete bis vor wenigen Jahren in den vorgenannten Bach. Beschwerden der Unterlieger, die zu erheblichen seitens der Gerichte anerkannten Entschädigungsansprüchen führten, veranlassten die Gemeinde, der Reinigung der Abwässer näher zu treten. Die zur Prüfung dieser Frage gewählte Kommission studierte die in Nordamerika vorhandenen Abwasserreinigungsanlagen und kam zu der Erkenntnis, dass diejenige mittels der intermittierenden Bodenfiltration die grösste Aussicht auf Erfolg böte. Die Verwaltung setzte sich daher im Jahre 1899 mit dem Civil-Ingenieur Mr. F. A. Barbour in Boston in Verbindung, auf dessen Rat die nachfolgend näher beschriebenen Anlagen geschaffen wurden.

Zunächst war es erforderlich, den wegen des Fehlens von Wassermessern und aus andern Gründen abnorm hohen Wasserverbrauch, der im Frühjahr, Sommer und Herbst sich auf etwa 850 l und im



Winter sogar auf 1500 l pro Tag und Kopf der angeschlossenen Bevölkerung belief, zu verringern. Durch die Einführung von Wassermessern und Festsetzung von Gebühren nach der Menge des Wasserverbrauchs wurde dieser auf die für amerikanische Verhältnisse angemessene Menge von 420 l für den Tag und Kopf der angeschlossenen Bevölkerung verringert. Ferner wurden ein neuer Hauptsammler und zahlreiche kleinere Nebensammler gebaut, die ausschliesslich zur Aufnahme von Verbrauchswasser bestimmt wurden. Die vorhandenen Kanäle dienen fortan nur noch der Ableitung des Niederschlags- und des von mehreren Mineralquellen abfliessenden Wassers. Wie ersichtlich ist, wurde infolge dieser fast vollständigen Aenderung des Systems es notwendig, auch zahlreiche früher nach dem Sammelsystem hergestellte Grundstücksentwässerungen entsprechend umzulegen.

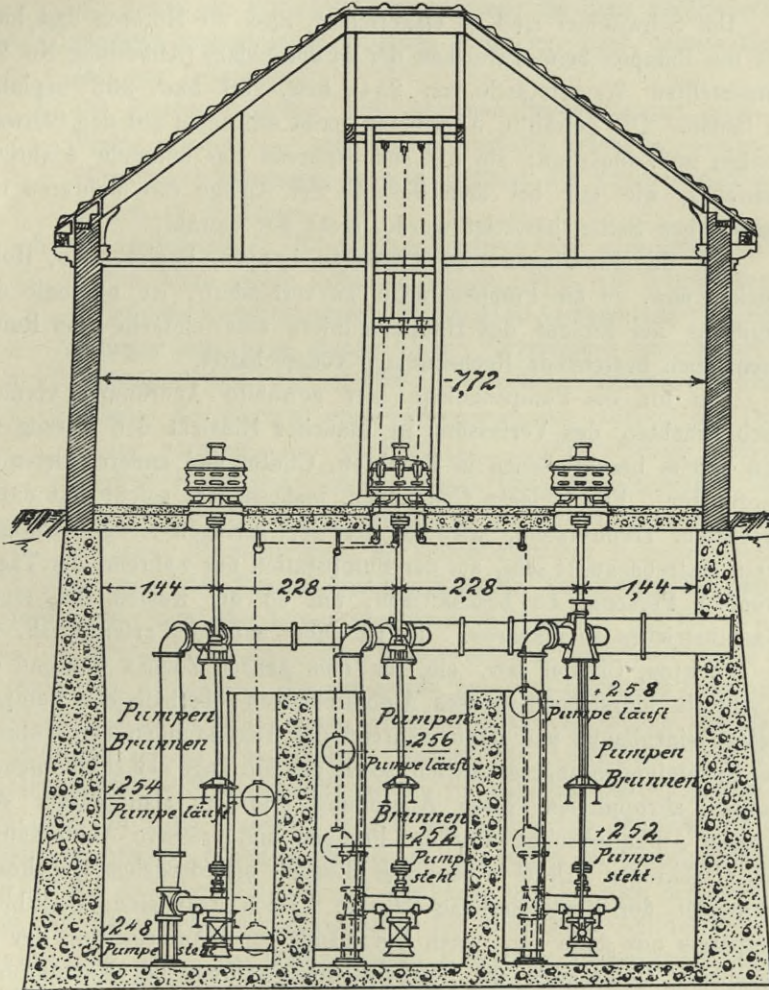
Für die Wahl der Reinigungsanlage kamen zwei Stellen in Betracht, von denen die erste mit natürlicher Vorflut, die andere nur mit künstlicher Hebung des Abwassers von rd. 4,5 m erreicht werden konnte. An der ersteren Stelle war ein für die Errichtung von intermittierenden Bodenfiltern geeigneter gewachsener Boden nicht vorhanden, wohl dagegen an der zweiten. Man entschied sich trotz der Kosten der künstlichen Hebung für die zweite Stelle. Durch zahlreiche, bis zu 5 m Tiefe ausgeführte Bohrungen wurde festgestellt, dass unter einer Deckschicht von 80 cm ein Sand in einer „wirksamen Grösse“ von etwa 0,20 mm und einem Gleichmässigkeitskoeffizienten von ungefähr 2 liegt, der in nahezu gleichmässiger Beschaffenheit bis zur Sohle der Bohrungen, also auf 5 m Tiefe hinabreicht. Der Grundwasserstand wurde bei den Bohrungen nicht erreicht.

Das aus der Stadt kommende Abwasser fliesst zunächst zu einer recht einfachen, aber zweckentsprechend eingerichteten Pumpstation, die in Abbildung No. 29 im Querschnitt dargestellt ist. Sie besteht aus einem durch Zwischenwände in drei Teile geteilten Pumpenbrunnen von rd. 60 cbm Inhalt, drei sechszölligen Zentrifugalpumpen von je rd. 4 cbm Leistung für die Minute, die in den Brunnen eingebaut sind, drei sechspoligen elektrischen Motoren von 20 Pferdestärken, die mit den Pumpen auf denselben vertikalen Achsen sitzen, sowie einer Antriebvorrichtung, deren Bewegungen mittelst auf dem Abwasser ruhender Schwimmer selbsttätig reguliert werden. Die Pumpen, Rohrleitungen und Schwimmer in dem unter Geländeoberkante liegenden Raum sind von dem oberen, in dem die Motoren und die Antriebvorrichtung stehen, vollständig durch eine in Stampfbeton hergestellte



dichte Decke abgeschlossen. Je nach dem Zufluss treten eine oder mehrere der Pumpen selbsttätig in Wirksamkeit. Die elektrische Kraft wird von der Hudson-Kraft-Kompagnie als dreiphasiger Wechsel-

Abbildung No. 29.



Querschnitt der Pumpstation von Saratoga Springs.

strom in einer Spannung von 2300 Volt geliefert, der durch ausserhalb der Pumpstation aufgestellte Transformatoren auf 220 Volt reduziert wird.



Die Bedienung der einzelnen Griffe des Schaltbretts erfolgt, wie erwähnt, durch auf dem Abwasser ruhende Schwimmer. Die Schwimmer sind durch Gegengewichte ausbalanciert. Steigen sie, so legen die entsprechend sinkenden Gegengewichte die Griffe des Schaltbrettes um und bringen so die Motoren in Gang.

Die Schwimmer sind so eingerichtet, dass die Motoren und hiermit die Pumpen beim Erreichen der in der Skizze (Abbildung No. 29) dargestellten Wasserstände von 254', bzw. 256' bzw. 258' beginnen zu laufen. Die gewählte Anordnung passt sich recht gut den Schwankungen im Zufluss an; sie hat sich während des nunmehr 4jährigen Betriebes, wie mir bei dem Besuche der Anlage von mehreren unparteiischen Seiten bestätigt wurde, recht gut bewährt.

Um das Eindringen von grösseren Lappen, Papierballen, Holzstücken usw. in die Pumpenanlage zu verhindern, ist oberhalb des Brunnens am Einlauf des Hauptsammlers eine einfache aus Rundenstäben bestehende Rechenanlage vorgeschaltet.

Die für die Pumpenanlage hier gewählte Anordnung verdient nach Erachten des Verfassers in mancher Hinsicht den Vorzug vor den bereits beschriebenen in Brockton, Clinton und anderen Orten angeordneten. Für kleinere Gemeinden, insbesondere solche mit durchgeführtem Trennsystem, wird es bei der geringen Menge Abwasser stets erstrebenswert sein, auf der Pumpstation nur während der Tagesstunden Personal zu beschäftigen, um so die Kosten des teuren Nachtbetriebes zu ersparen. Es ist daher entweder erforderlich, wie in Brockton, Clinton usw. ein für den ganzen Zufluss während der Nachtzeit hinreichend grosses Aufhaltebecken oberhalb der Pumpenanlage einzubauen und dann während der Tagesstunden den während der Nachtstunden angesammelten, sowie den am Tage neu zukommenden Zufluss abzupumpen; diese Anordnung erfordert also ausser dem grossen Aufhaltebecken stärkere Pumpen und grössere Abmessungen des Druckrohrs. Diese in baulicher Hinsicht erforderlichen Mehrkosten vermeidet der kontinuierliche Betrieb. Doch tritt eine tatsächliche Ersparnis nur dann ein, wenn Verzinsung und Amortisation der angegebenen Mehrkosten die Betriebskosten während der Nachtstunden übersteigen. Der kontinuierliche Betrieb wird daher unbedingt ein Erfolg in baulicher und finanzieller Hinsicht sein, wenn — wie in Saratoga Springs — es gelingt, ihn selbsttätig einzurichten. Diese Bedingung hat allerdings das Vorhandensein von elektrischer Kraft zur Voraussetzung.



Bezüglich des Einflusses auf den in der Reinigungsanlage zu erreichenden Kläreffekt verdient der kontinuierliche Betrieb der Pumpenanlage den Vorzug vor dem unterbrochenen.

1. Bei dem unterbrochenen Betrieb ist es unvermeidlich, Abwasser, dessen Zusammensetzung dem Alter nach recht verschiedenartig ist, denselben Filterbetten zuzuführen; bei dem kontinuierlichen dagegen kommt jeder Teil des Abwassers nach nahezu gleicher Zeit zur Beschickung.
2. Die Pausen zwischen den einzelnen Beschickungen nicht nach Tagen, sondern — wie es zweckmässig erscheint — nur nach Stunden zu bemessen, ist nur mittelst des kontinuierlichen Betriebes zu erreichen.
3. Die jedesmaligen Beschickungsmengen für gleichgrosse Filterbetten stets gleich gross zu wählen, wird mit Hülfe einer von Hand oder zweckmässiger selbsttätig zu bedienenden Verteilungskammer sich beim Mangel einer Vorreinigung sowohl bei dem kontinuierlichen, wie bei dem unterbrochenen Betrieb durchführen lassen. Ist dagegen eine Vorreinigung am Auslauf der Druckleitung vorhanden, so wird nur bei kontinuierlichen Betrieb es möglich sein, stets gleich grosse Beschickungsmengen zu erzielen, ohne gleichzeitig den Effekt der Vorreinigung infolge unzulässiger Beschleunigung der Durchflusszeiten zu beeinträchtigen.

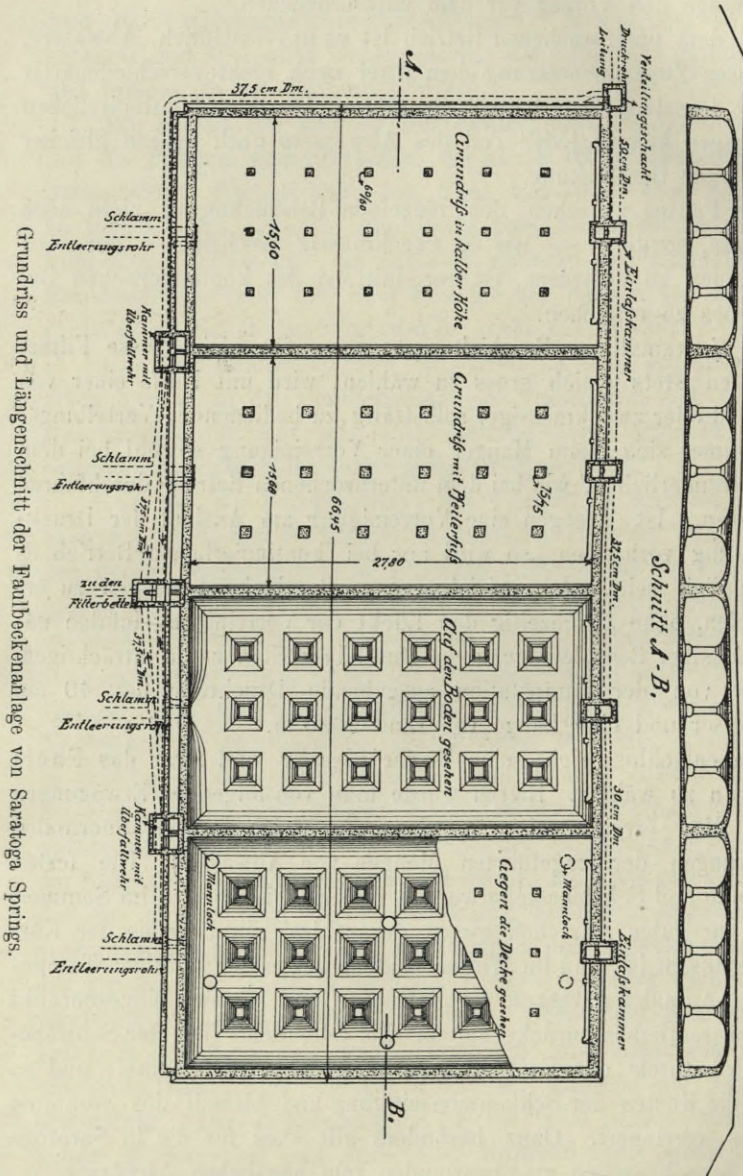
Das von der Pumpstation ausgehende Druckrohr hat 40 cm Durchmesser und eine Länge von rund 2680 m.

Man entschloss sich, eine Vorreinigung und zwar das Faulverfahren zu wählen. Hierzu wurde man von folgenden Erwägungen geleitet: Man erreicht einen gewissen Ausgleich in den abnormalen Schwankungen der zugeführten Mengen von Abwasser. Die festen Rückstände und Schwebestoffe werden von den Filterbetten im Sommer, in dem ihr gutes Aussehen wegen der zahlreichen Besuche der Kurgäste erwünscht ist, und im Winter, in dem wegen der niedrigen Temperatur die Aufnahmefähigkeit der Betten an und für sich eingeschränkt ist, im wesentlichen zurückgehalten. Ein erheblicher Teil der Schwebestoffe wird durch das Faulverfahren verflüssigt und vergast, und so werden die Kosten der Schlammbeseitigung und hiermit des gesamten Betriebes verringert. Ganz besonders gilt dies für die in Saratoga Springs ausschliesslich zu erwartenden rein häuslichen Abwässer.

Die teilweise ungünstigen Erfahrungen, die man in Massachusetts, z. B. an der Versuchsanlage in Andover, sowie in Brockton



infolge zu langfristiger Ausdehnung des Faulprozesses — und hiermit verstärkter Wirkung der anaëroben Bakterien — bei der nachfolgenden



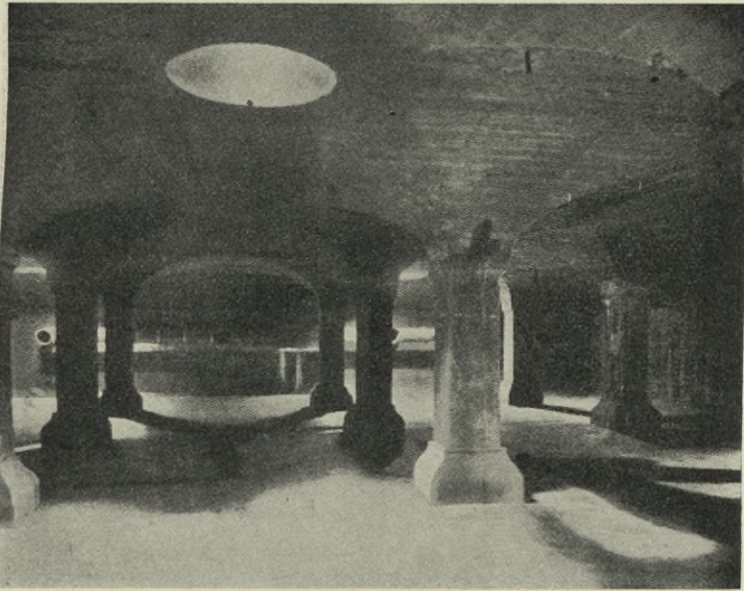
endgültigen Reinigung in den intermittierend betriebenen Bodenfiltern gemacht hatte, vermied man in recht geschickter Weise durch kon-



struktiv zweckmässige Ausgestaltung der Faulbecken und vor allem durch Einschaltung eines äusserst zweckentsprechenden Belüfters zwischen Faulbecken und Bodenfilter.

Die Faulbeckenanlage ist aus vier einzelnen, durch Zwischenwände voneinander völlig getrennten überwölbten Becken von je rund 950 cbm Rauminhalt in Stampfbeton ausgeführt (vgl. den Grundriss und Längenschnitt Abbildung No. 30, sowie die photographischen Aufnahmen Abbildung No. 31 u. 32). Die Länge jedes Beckens beträgt

Abbildung No. 31.



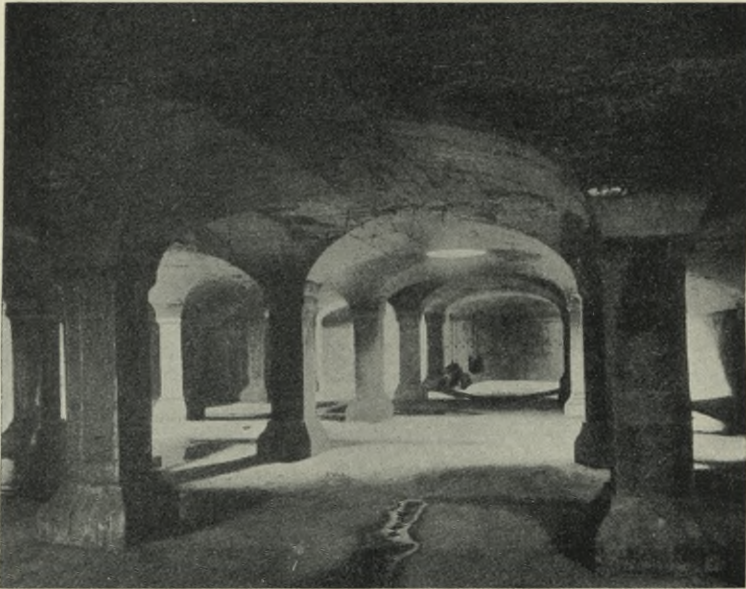
Innenansicht eines Faulbeckens von Saratoga Springs. Blick nach dem Einlauf.

27,80 m i. L., die Breite 15,6 m i. L. Der Wasserstand am Einlauf beträgt 2,35 m, am Auslauf 2,50 m. Das Druckrohr endigt in einem unmittelbar an der ersten Faulkammer angebauten Verteilungsschachte, von dem aus die zu den einzelnen Becken führende Zuleitung ausgeht, deren Durchmesser von 50 cm am ersten Becken bis auf 30 cm am letzten Becken sich verjüngt. Durch eine von dem Verteilungsbrunnen ausgehende Umleitung von 37,5 cm Lichtweite ist die Möglichkeit gegeben, das Abwasser ohne Vermittlung der Faulbecken unmittelbar



auf die Filterbetten zu führen. Die Einleitung des Zuflusses in die einzelnen Becken erfolgt von je einer besonderen Einlasskammer aus durch eine an der Innenwand des Beckens wagerecht verlegte Rohrleitung mit 4 Oeffnungen. Diese Rohrleitung mit ihren Oeffnungen liegt annähernd in halber Höhe des Beckens und zwar rund 1 m unter dem Wasserspiegel. Sie mündet so in dem freien Raum zwischen der oberen Schwimmschicht und der unteren auf der Sohle abgelagerten Bodenschicht und vermeidet hiermit in bestmöglicher Weise

Abbildung No. 32.



Innenansicht eines Faulbeckens von Saratoga Springs. Blick nach dem Auslauf.

das Mitreissen von Schlamm Massen aus der unteren oder der oberen Schicht infolge der beim Durchfluss vorhandenen Strömung. Auch der Ausfluss aus dem Becken ist ebenso zweckmässig auf dieselbe Höhe gelegt und besteht aus 24 in zwei Reihen übereinander angeordneten Einzelöffnungen von je 5 cm Durchmesser für jedes Becken, die in einem schmalen, längs der Aussenseite der Becken entlang geführten Kanal münden. Diese schmalen Kanäle endigen für je zwei Becken in einer mit einer kleinen Wehranordnung versehenen Kammer.



Von hier aus fliesst das Abwasser zu einer gemeinsamen Auslasskammer und von dieser zu dem weiterhin zu beschreibenden Belüfter bzw. der Verteilungskammer. Mittelst des am Auslauf angeordneten Ueberfallwehrs lässt sich die durch jedes Becken sekundlich fließende Wassermenge messen und durch Stellung des Schiebers in der Einlasskammer regulieren.

Der Belüfter dient dem Zweck, dem aus dem Faulbecken abfließenden an Sauerstoff sehr armen Abwasser diesen in reichlicher Menge zuzuführen, um die Wirkung der aëroben Bakterien in den Bodenfiltern günstig zu beeinflussen, und ferner dem Zwecke, die in den Faulbecken entstandenen Fäulnisgase schnell und bequem aus dem Abwasser zu entfernen. Die Einschaltung eines Belüfters in eine mit vorgefaultem Abwasser zu betreibende biologische Reinigungsanlage ist nach Erachten des Verfassers im allgemeinen empfehlenswert. Er vergrößert in hohem Masse die für jeden biologischen Körper erforderliche Belüftung. Er lässt sich auch im Winter bei starkem Frost — wie die Anlage in Saratoga Springs beweist — erfolgreich betreiben. Die entstehenden Betriebskosten sind gleich Null in dem Falle, dass das Wasser mit natürlicher Vorflut von der Vorreinigung zu den biologischen Körpern überfließt. Von Nachteil kann eine etwaige von ihm ausgehende Geruchsbelästigung sein. In Saratoga Springs hat sich diese jedoch nicht bemerkbar gemacht; auch Verfasser konnte eine solche, trotzdem der Besuch an einem schönen warmen Oktobertage stattfand, nicht wahrnehmen. Nach daselbst gemachten Proben ist die Wirkung der Belüftung auf den Gehalt an gelöstem Sauerstoff nachfolgende:

Tabelle No. 64.

	Prozente der Sättigung
Abwasser beim Eintritt in die Faulbecken . . .	4,3
Abwasser vor Aufleitung auf den Belüfter . . .	0,0
Abfluss unmittelbar nach Belüftung . . . . .	70,4
Abfluss bei Aufleitung auf die Bodenfilter . . .	40,4

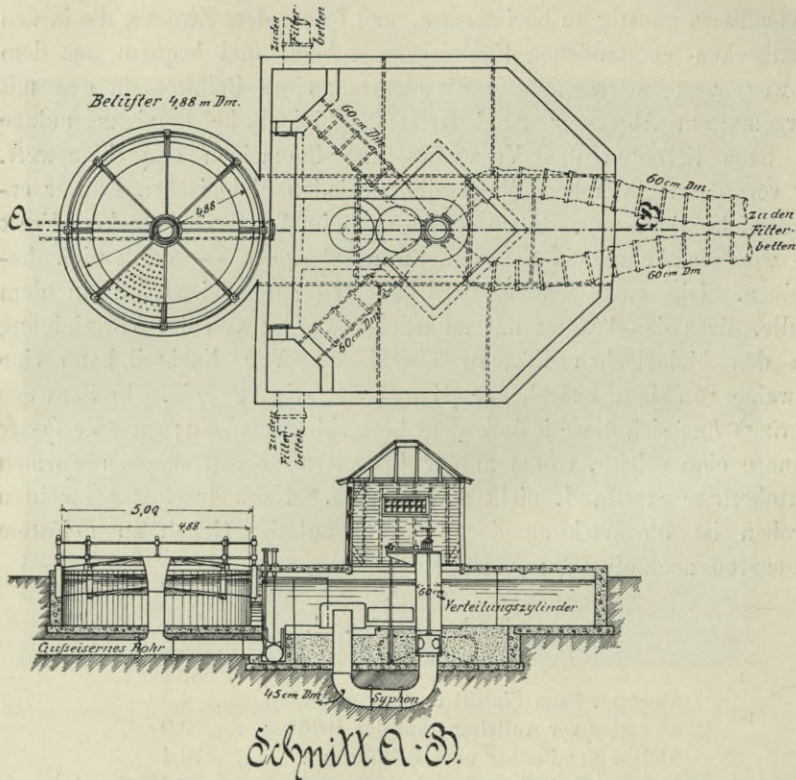
Der Belüfter — von dem Abbildung No. 33 die konstruktive Anordnung und Abbildung No. 34 eine photographische Aufnahme im Betriebe gibt — besteht aus übereinander liegenden kreisrunden, mit zahlreichen kleineren Löchern versehenen verzinkten Eisenblechen, die in ihrer Mitte auf dem senkrecht stehenden eisernen Zuleitungsrohr durch Winkeleisen angenietet sind. Die äussere kreisrunde Umfassung, in die der



Belüfter eingebaut ist, hat rund 5,0 m l. W. und ist in Stampfbeton ausgeführt. Das aus den Faulbecken kommende Abwasser fließt aus der trompetenartig erweiterten Oeffnung des senkrecht stehenden Zu-  
 leitungsrohres auf die obere Blechtafel und fällt von dieser in einzelnen Strahlen in den unterhalb befindlichen Raum. Dieser steht

Abbildung No. 33.

*Belüfter und Verteilungskammer der  
 Filterbetten von Saratoga-Springs.*



Konstruktion des Belüfters auf den Filterbetten von Saratoga Springs.

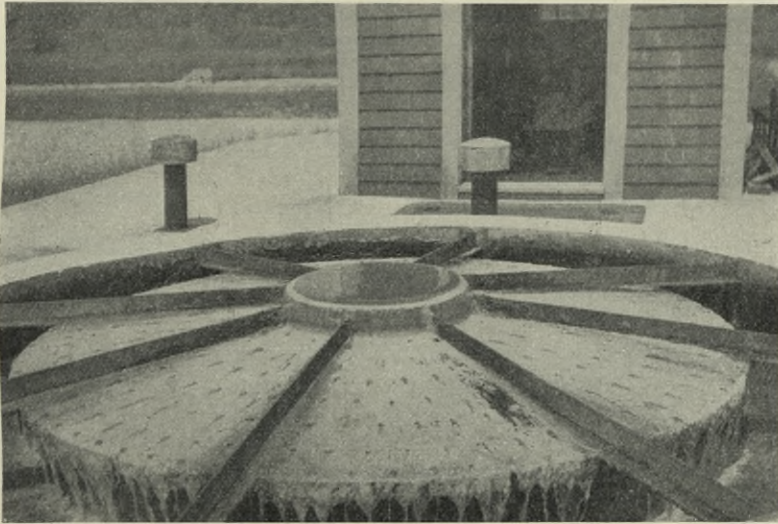
unmittelbar durch eine Oeffnung mit der bereits erwähnten Verteilungskammer in Verbindung.

Die in Abbildung No. 33 gleichzeitig dargestellte Verteilungskammer dient dem Zweck, das entsprechend vorgereinigte kontinuierlich abfließende Abwasser in Beschickungen von bestimmter



Grösse den einzelnen Filtern selbsttätig und intermittierend zuzuführen. Durch zwei in die Rohrleitungen eingeschaltete Schieber lässt sich das Abwasser auch unter Ausschaltung des Belüfters und der Verteilungskammer kontinuierlich auf die Filterbetten leiten; diese Anordnung wird jedoch in Saratoga Springs nicht verwendet. Die Umwandlung des kontinuierlichen Zuflusses in die Verteilungskammer in einen intermittierenden aus dieser erfolgt durch einen grossen Siphon von 45 cm Lichtweite. Der kürzere Schenkel dieses Siphons endigt in einen Zylinder mit einem Durchmesser von 60 cm im Lichten, der vier kreisrunde,

Abbildung No. 34.



Belüfter auf den Filterbetten von Saratoga Springs im Betriebe.

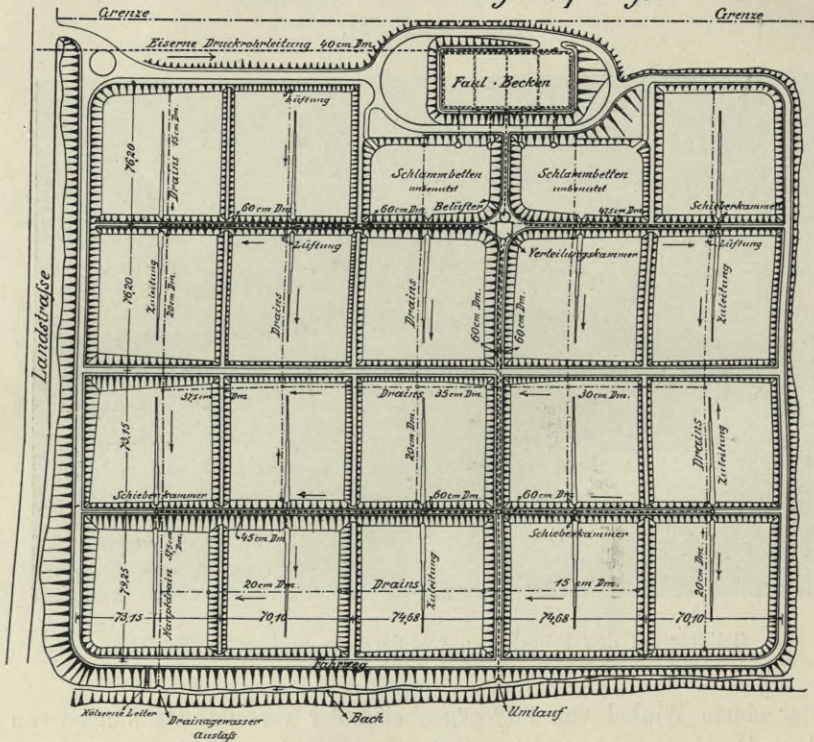
unter einem Winkel von  $90^{\circ}$  gegen einander versetzte Oeffnungen von 30 cm Durchmesser hat. Diese Oeffnungen erweitern sich allmählich auf 60 cm Lichtweite und stehen mit den zu den einzelnen Filterbetten führenden Verteilungsleitungen in Verbindung. Innerhalb des Zylinders befindet sich ein zweiter, jedoch mit bedeutend kleinerem Durchmesser, der auf seiner Aussenfläche mit einer einzigen, mit den vorbezeichneten korrespondierenden Oeffnung versehen ist; er ist fest mit einer senkrechten Achse verbunden und um diese mittelst eines Kegelradgetriebes, das durch einen mit dem Wasserstand wechselnden



Schwimmer angetrieben wird, drehbar. Bei jedem Ueberhebern des Siphons dreht sich der innere Zylinder um 90° und macht die nächste der vier Abflussöffnungen frei. Das gesamte angesammelte Abwasser fließt nun durch die eine Oeffnung auf nur ein Feld. Eine Arretiervorrichtung verhindert, dass beim Sinken des Schwimmers der innere Zylinders wieder im entgegengesetzten Sinne zurückgedreht wird. Der Fassungsraum in dem Belüfter und in der Verteilungskammer zu-

Abbildung No. 35.

*Filterbetten von Saratoga - Springs.*



Lageplan der Filterbetten von Saratoga Springs.

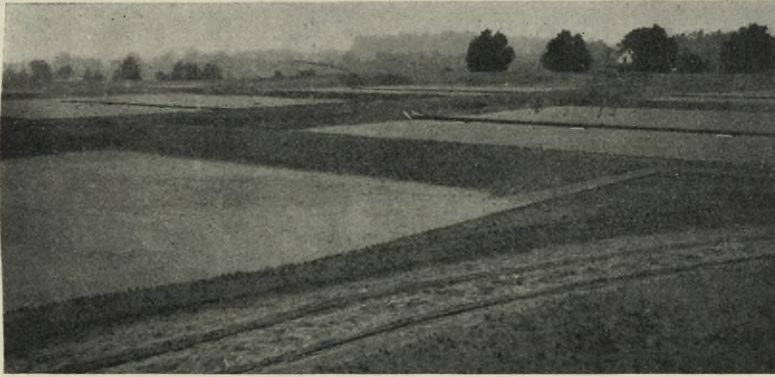
sammen ist so bemessen, dass im normalen Betriebe bei jeder Beschickung rund 150 cbm Abwasser auf eines der vier stets gleichzeitig im Betriebe befindlichen Filterbetten geführt werden; dieser Beschickungsmenge entspricht bei den vorhandenen Druckhöhen ein mittlerer Abfluss von 225 l für die Sekunde. Der Siphon wird mittelst eines kleinen Schwimmers betrieben; dieser öffnet einen



Schieber und lässt so die gepresste Luft entweichen. Durch Verschiebung dieses Schwimmers in senkrechter Richtung ist es möglich, auch kleinere oder grössere Beschickungsmengen abfliessen zu lassen.

Die eigentliche Reinigungsanlage besteht aus 18 Filterbetten von je 0,4 ha Grösse und zwei etwas kleineren, die als Schlammbecken bezeichnet werden (vgl. Lageplan Abbildung No. 35 und photographische Aufnahmen Abbildungen No. 36 u. 37). Von allen Betten ist die aus Humusboden und einer darunter liegenden Lehmschicht bestehende Decklage vollständig abgenommen und sind aus dieser die Dämme zwischen den einzelnen Betten hergestellt worden. Mit grosser Sorgfalt sind die Unregelmässigkeiten in der natürlichen Oberfläche des Sandes, die nach Fortnahme der Deckschicht zu Tage traten, mit

Abbildung No. 36.



Filterbett von Saratoga Springs.

einem Sande ausgefüllt worden, dessen Körnung mit dem in dem Bett vorhandenen gewachsenen Material übereinstimmt. Da nach den vor Beginn der Bauarbeiten gemachten Bohrungen der Grundwasserstand tiefer als 5,0 m unter Geländeoberkante liegt, so erschien es ausreichend, jedes Bett mit nur einem Drain zu versehen. Die Nebendrainen — Sauger — von 15—20 cm Lichtweite liegen rund 2 m tief und münden in einen Hauptdrain — Sammler — von rund 37,5 mm Lichtweite, der rund 3,30 m tief liegt. An den Schnittpunkten und den Einmündungen der einzelnen Drains sind besteigbare Schächte, und an ihren oberen Enden aus aufgesetzten Steinzeugröhren bestehende Be- und Entlüftungen vorhanden. Auch diese Anordnung



unterstützt wirksam die Belüftung der Filterbetten und vermeidet die Ansammlung von Gasen, insbesondere Kohlensäure.

Die in den Dämmen verlegten Zuleitungen haben entsprechend dem sekundlichen Abfluss von rund 225 l bei normaler Beschickung im allgemeinen 60 cm l. W. und die von ihnen zu den einzelnen Feldern führenden Auslassröhren 37,5 cm l. W. Die Verteilung des Abwassers auf die einzelnen Felder erfolgt durch die auch in Brockton angewendeten und dort näher beschriebenen hölzernen Zuleitungsrinnen, deren Leitungsfähigkeit auch dem sekundlichen Zufluss von rund 225 l entspricht. Die vorher angegebene jedesmalige Beschickung von rund 150 cbm für jedes Feld von 0,4 ha Grösse — entsprechend rund 375 cbm für das Hektar — bewirkt unter den angegebenen Verhältnissen eine schnelle und gleichmässige Verteilung des Abwassers auf alle Teile jedes Bettes.

Der gesamte normale Zufluss zur Reinigungsanlage beträgt bei Trockenwetter rund 4800 cbm pro Tag. Der grösste Zufluss während der Hochsaison im Sommer steigt bis auf 9600 cbm pro Tag. Während im Hochsommer täglich 12 Betten in je vier Beschickungen bei gleichzeitiger mehrmaliger Aenderung der Schieberstellungen verwendet werden, werden in der übrigen Zeit des Jahres in gleichfalls je vier Beschickungen nur täglich 8 Betten bei nur einmaliger Aenderung der Schieberstellung — also 4 Betten in den Tages- und 4 Betten in den Nachtstunden — benutzt. Die jedem im Betrieb befindlichen Filterbett durch vier Beschickungen von je 150 cbm an einem Tage zugeführte Abwassermenge beträgt 600 cbm. Da die ganze Anlage im Betrieb sich befindet und die Betten abwechselnd verwendet werden, so kommt bei normalem Zuflusse jedes Bett nach  $\frac{18}{8} = 2\frac{1}{4}$  Tagen wieder an die Reihe. Die durchschnittliche tägliche Beschickungsmenge beträgt mithin rd.  $\frac{600}{2,25} \cdot 0,4 = 660$  cbm für den Hektar.

Abgesehen von der Bedienung der den Zufluss zu den einzelnen Betten regelnden Schieber und der Unterhaltung der Dämme und Wege beschränkt sich der Betrieb der ganzen Anlage auf eine Lockerung der Oberflächen durch eine Egge, etwa alle 8—10 Tage im Sommer. Nach Vornahme dieser Auflockerung verschwinden die jedesmaligen Beschickungen in etwa 45 Minuten unter der Oberfläche. Durch 6—10 tägigen fortgesetzten Betrieb wird diese Zeit auf



60—80 Minuten verlängert. Vor Beginn des Frostes werden die Oberflächen mit den bereits mehrfach erwähnten Furchen von rund 1 Fuss Tiefe und  $2\frac{1}{2}$  Fuss Breite von Mitte zu Mitte versehen. Jedes Bett erhält etwa 54 dieser Furchen. Im Anfang des Frühlings und gegen Ende Herbst werden die Betten einmal gründlich durch Abkratzen gereinigt. Der angesammelte trockene Schlamm wird von den in der Nähe wohnenden Bauern kostenlos abgenommen.

Im September 1905 wurden annähernd 150 Karrenladungen trockenen Schlammes zu  $0,5 \text{ cbm} = 75 \text{ cbm}$ , im Frühjahr 1906 nur 50 cbm abgefahren.

Analysen des Abwassers und Filtrates sind leider nur in beschränktem Umfange und nur aus der ersten Zeit des Betriebes vorhanden. Das Abwasser ist, abgesehen von den Monaten Juli und August, ein vergleichsweise dünnes. In 100000 Teilen sind durchschnittlich 2 Teile freies Ammoniak und 0,4 Teile Albuminoid-Ammoniak vorhanden. Der Sauerstoffverbrauch beträgt 5 Teile, die Menge der suspendierten Stoffe 20 Teile. Der Reinigungseffekt schwankte zwischen 99,3 v. H. im Dezember 1903 und 79 v. H. im März 1904, gemessen nach dem Gehalt an freiem Ammoniak im rohen Abwasser und im Filtrate. Die Menge der Nitrate schwankte zwischen 0,5 und 2,5 Teilen auf 100000. Bei dem Besuche, den Verfasser der Anlage im Oktober 1906 abstattete, war ihr äusserer Eindruck ein ganz ausgezeichneter. Die Faulbecken waren, trotz ihres damals bereits fast 4jährigen Betriebes noch nicht einmal entleert worden. Infolgedessen sind auch die bereits erwähnten als Schlammbecken bezeichneten zwei Filterbetten, die projektgemäss zur Aufnahme des aus den Faulkammern zu beseitigenden Schlammes dienen sollen, bis heute überhaupt noch nicht benutzt worden. Die damalige Verteilung der Schwimmschichten und des Niederschlags ist aus der nachstehenden Tabelle No. 65 ersichtlich. Das erste Becken ist das den Verteilungsschächten nächstgelegene. Das aus den Faulbecken abfliessende Wasser war gelblich gefärbt und die Schwebestoffe in ihm äusserst fein verteilt. Ein irgendwie bemerkenswerter

Tabelle No. 65.

	Becken No.			
	I	II	III	IV
Schwimmschicht in cm . . . . .	1	15	10	15
Niederschlag auf der Sohle in cm .	30	30	15	25



Geruch war nicht wahrnehmbar. Die Filterbetten selbst waren sehr rein und Niederschläge kaum zu bemerken. Das Filtrat war klar, farblos und geruchlos; Algenbildungen und Eisenniederschläge im Vorfluter waren nicht zu bemerken.

Auch im Winter sind die Filterbetten trotz abnorm hoher Kälte erfolgreich betrieben worden. Die Abbildung No. 37 zeigt deutlich die Eis- und Schneedecke, die als Schutzdecke zunächst sich über dem ganzen Filter bildet und auf den niedrigen Dämmen ihr Auflager findet. Man erkennt weiter, wie das Abwasser unter ihrem Schutze den Furchen zufließt und vom Filtermaterial aufgesaugt wird. Im Winter 1903/04 betrug beispielsweise der Durchschnitt der geringsten Tagestemperaturen für die Monate Dezember, Januar und Februar  $-12,3^{\circ}\text{C}$ . An 28 Tagen während dieser Zeit fiel die Lufttemperatur auf  $-17,8^{\circ}\text{C}$ . ( $= 0^{\circ}\text{F}$ .) und darunter. Die Schwimmschicht in den Faulbecken war trotz der Ueberwölbung und trotz der weiteren schützenden Erdschüttung mehrere Zoll tief gefroren. Die Stärke der Schwimmschicht nahm beständig bis zum April zu; von dieser Zeit an verringerte sie sich wieder.

Mr. F. A. Barbour gibt für die Stärke von Schwimmschicht und Niederschlag zusammen, sowie für die Temperatur des Abwassers im Faulbecken die in nachfolgender Tabelle No. 66 zusammengestellten für das Jahr 1904 geltenden Werte an:

Tabelle No. 66.

Monat	Schwimmschicht und Niederschlag zusammen Prozente des Rauminhalts	Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ .
April 1904 . . . . .	44,0	+ 5,0
Mai . . . . .	35,7	+ 10,0
Juni . . . . .	24,5	+ 13,0
Juli . . . . .	23,4	+ 18,4
August . . . . .	21,4	+ 21,2
1. Januar 1905 . . . . .	25,0	?

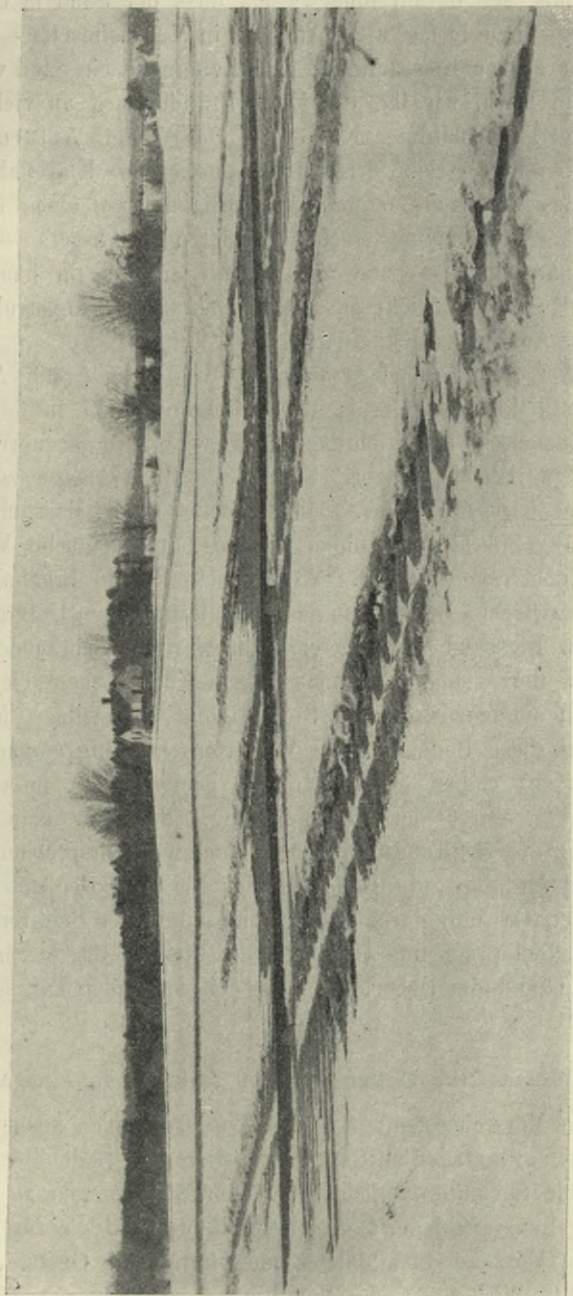
Die Analyse des Schlammes hatte nachstehende Ergebnisse:

Tabelle No. 67.

	Schwimmschicht	Niederschlag
Wassergehalt in Prozenten . . . . .	86,5	94,0
Organische Substanz in Prozenten . . . . .	10,0	4,5
Mineralische Substanz in Prozenten . . . . .	3,5	1,5



Abbildung No. 37.



Filterbett von Saratoga Springs im Winterbetrieb.



Nochmals sei darauf hingewiesen, dass der Sand in den Filterbetten nicht — wie in fast allen Anlagen in Massachusetts — ein mehr oder minder grober Kiessand ist; es ist vielmehr ein Sand von nahezu einheitlichem Korn, wie ihn die Mark Brandenburg an vielen Stellen aufweist (vergl. Abbildung No. 36). Der unter Aufwendung von Mindestkosten im Betriebe erreichte ausgezeichnete Kläreffekt ist nach Erachten des Verfassers einmal auf Vorhandensein eines für die gewählte Art der Reinigung recht geeigneten Abwassers — nämlich eines rein häuslichen — und andererseits auf die in baulicher und betriebstechnischer Hinsicht äusserst zweckmässige konstruktive Ausbildung der Anlage zurückzuführen.

Verfasser hat zunächst auf der Studienreise die Anlagen in Massachusetts kennen gelernt; der Reinigungseffekt in den dort gesehenen Anlagen ist bei richtigem Betriebe und unter normalen Verhältnissen ein recht günstiger. Doch zweifelte Verfasser zunächst, ob die in dem Kiessand- bzw. Sandkiesboden von Massachusetts gewonnenen Ergebnisse sich ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse allgemein übertragen lassen. Wohl durften gute Ergebnisse in der Rheinebene zwischen Bonn, Köln und Düsseldorf, deren Untergrund meist aus grobem Kiessand besteht, erwartet werden; wie jedoch die Ergebnisse in dem reinen Sandboden der norddeutschen Tiefebene sein würden, blieb ungewiss. Die Besichtigung der Anlage in Saratoga Springs hat diese Bedenken des Verfassers hinfällig gemacht:

Auch ein reiner Sandboden ist geeignet für intermittierende Bodenfiltration unter der Voraussetzung, dass für eine genügende Fernhaltung der Schwebstoffe durch eine zweckentsprechende Vorreinigung und für eine gute Belüftung der Betten Sorge getragen wird; ob diese letztere nun durch die Einschaltung eines Belüfters oder nur durch zweckentsprechende Drainagen im Filter selbst geschaffen wird, wird Gegenstand der Ueberlegung für den speziellen Fall sein müssen.

#### **Zusammenfassende Uebersicht der Anlagen in Massachusetts.**

Die in Vorstehendem gegebenen Beschreibungen ausgeführter Abwasserreinigungsanlagen mittelst intermittierender Bodenfiltration dürfen als Beispiele für unter verschiedenartigen Bedingungen zu betreibende Anlagen gelten. In jeder Einzelbeschreibung sind die für sie charakteristischen Vorzüge und Mängel und hiermit die Gründe, aus denen der erreichte Wirkungsgrad sich ergibt, dargestellt.



Tabelle No. 68.  
Die wichtigsten Angaben für sämtliche grösseren Anlagen in Massachusetts.

Gemeinde	Bevölkerung im Jahre 1903	An das Stelnetz angeschlossene	Zahl der Anschlüsse	Länge der Stole in km	Durchschnittl. tägliche Abwässerung im Jahresmittel		Durchschnittl. Menge an Abwasser im Monat d. stärksten Abflusses		Durchschnittl. Menge an Abwasser im Monat d. geringsten Abflusses		Trennsystem oder Sammel-system	Fläche der Filterbetten in ha	Tägl. Menge an Abwässern, behandelt im Jahre 1903 in cbm f. d. ha	
					insgesamt in cbm	pro ange-schlossene Person in Liter	insgesamt in cbm	pro ange-schlossene Person in Liter f. 24Std.	insgesamt in cbm	pro ange-schlossene Person in Liter f. 24Std.			im Jahresmittel	Am Tage d. stärksten Abflusses
Andover . . .	7214	3600	431	17,2	475	132	—	—	—	—	342	1,46	—	—
Brockton . . .	44202	25000	1714	52,5	3320	132	6300	254	2600	106	409	8,59	637	780
Clinton . . .	14969	10000	1488	31,0	2970	295	6160	616	2060	208	334	9,40	498	694
Concord . . .	5938	1200	238	12,1	1180	980	2820	2330	760	632	—	1,32	1379	2248
Frammingham . . .	12376	7500	1214	25,3	2470	327	6960	926	1800	238	—	7,96	486	925
Gardner (Gardner System)	11792	3500	277	12,9	1140	324	3150	900	742	212	—	1,0	1208	2252
Templeton (Templeton System)	4500	3500	350	11,9	945	210	—	—	—	—	—	0,90	1111	—
Hopedale . . .	2513	2000	200	6,4	568	283	1510	756	—	—	—	0,92	652	1739
Leicester . . .	3522	500	70	3,4	113	227	—	—	—	—	—	0,14	833	—
Marlborough . . .	12788	10000	1592	39,0	4160	415	12400	1340	2220	223	—	4,48	982	1811
Natick . . .	9892	4000	634	17,4	2140	530	6670	1695	1070	264	—	4,44	510	1008
Pittsfield . . .	22549	15000	1827	51,0	5500	365	10500	695	4800	322	—	8,67	672	720
Southbridge . . .	11090	2200	316	9,2	1330	600	—	—	—	—	—	2,90	483	—
Spencer . . .	7635	3000	600	16,1	1420	470	—	—	—	—	—	3,72	403	—
Stockbridge . . .	2088	800	107	5,6	284	355	—	—	—	—	—	1,44	208	—
Westborough . . .	5499	3000	280	11,6	1070	355	3030	1010	495	166	—	1,60	705	1427

\*) Bemerkung: Von der ganzen 1,44 ha grossen Fläche sind nur 0,4 ha aptierte Filterbetten, der grössere Rest eine wild berieselte Haugfläche: 208 cbm f. d. ha ist ein Mittelwert und stimmt mit dem in Tabelle No. 70 für die eigentlichen Filterbetten gegebenen nicht überein.



Es würde zu grossen Wiederholungen führen, wollte Verfasser alle vorhandenen oder auch nur besichtigten Anlagen in Massachusetts im Einzelnen beschreiben. Dagegen erscheint es nötig, noch einen kurzen Ueberblick über die Gesamtheit der Anlagen in diesem Staate zu geben.

Die vorstehende Tabelle No. 68 gibt für das Jahr 1903 die Einwohnerzahl, die Ausdehnung des Sielnetzes, den grössten und kleinsten Abfluss, den Abfluss pro Kopf usw., ferner die Grösse der Filterbetten und die Mengen der behandelten Abwasser in sämtlichen grösseren Anlagen von Massachusetts; ausgenommen ist nur Worcester wegen der abnormen Beschaffenheit seiner Abwässer.

Der auf den einzelnen Anlagen erreichte Reinigungsgrad ist an sich und in den einzelnen Jahreszeiten sehr verschiedenartig; er ist im Frühjahr im allgemeinen am geringsten, weil um diese Zeit die Filterbetten infolge der Art des Winterbetriebes verschlammte sind. Da jedoch um diese Zeit auch die Wasserführung der Gewässer am stärksten ist, so ist die weniger vollkommene Reinigung auch in den meisten Fällen weniger bedenklich.

Der Charakter des zugeführten Abwassers in den verschiedenen Reinigungsanlagen und des Filtrates aus diesen ist aus den durchschnittlichen Analysen der monatlichen Proben ersichtlich, die in den nachfolgenden Tabellen No. 69 und 70 nach den steigenden Mengen des Gehalts an Albuminoid-Ammoniak für das Jahr 1903 zusammengestellt sind.

Der in den einzelnen Anlagen erzielte Reinigungseffekt ist aus der weiter nachfolgenden Tabelle No. 71 ersichtlich, die nach der Menge der Prozente an Albuminoid-Ammoniak, die beseitigt sind, geordnet ist. Der Gehalt an Albuminoid-Ammoniak im Abflusse beläuft sich bei den ersten acht der in der Tabelle No. 70 genannten Reinigungsanlagen auf weniger als 0,04 eines Teiles von 100000; er steigt für die verbleibenden acht Anlagen von 0,06—0,09 eines Teiles von 100000 Teilen.

Am wenigsten befriedigend ist der Abfluss von Hopedale, einem kleinen Landstädtchen von 2000 Einwohnern, im Jahre 1903. Das Abwasser ist ein rein häusliches, das durch industrielle Zuflüsse nicht beeinflusst wird. Das Sielnetz ist nach dem Trennsystem gebaut, doch schwankt der tägliche Abfluss zwischen etwa 750 cbm bei Trockenwetter und 1500 cbm bei anhaltender nasser Witterung wegen der Zuflüsse an Grundwasser. Das Material der Filterbetten ist ein von dem durchschnittlichen nicht erheblich abweichendes, wenn es auch



Tabelle No. 69.  
Durchschnittliche Analysen des Abwassers.  
Teile in 100000.

Stadtgemeinde	Verdampfungsrückstand						Ammoniak			Chlor	Sauerstoff-Verbrauch		
	Gesamtrückstand			Glühverlust			Freies	Albuminoid-			Unfiltriert	Filtriert	
	Insgesamt	Gelöst	Suspens- diert	Insgesamt	Gelöst	Suspens- diert		Insgesamt	Ge löst				Suspens- diert
Concord . . . . .	20,29	17,27	3,02	8,44	5,71	2,73	0,69	0,17	0,10	0,07	2,66	1,36	0,82
Stockbridge . . . . .	23,56	19,51	4,05	8,80	5,71	3,09	1,19	0,20	0,11	0,09	1,28	1,52	0,96
Natick . . . . .	36,13	30,58	5,55	13,65	9,09	4,56	1,48	0,32	0,17	0,15	5,95	3,27	2,25
Hopedale . . . . .	19,67	14,57	5,10	10,43	6,09	4,34	2,22	0,34	0,22	0,12	2,23	2,98	2,07
Southbridge . . . . .	28,71	17,61	11,10	15,57	7,31	8,66	1,95	0,43	0,25	0,18	2,90	4,01	2,51
Leicester . . . . .	42,17	28,16	14,01	22,05	10,32	11,73	2,67	0,50	0,24	0,26	5,47	5,08	3,03
Marlborough . . . . .	44,82	31,07	13,75	21,89	10,32	11,57	3,15	0,54	0,27	0,27	5,90	4,44	2,50
Westborough . . . . .	37,01	18,68	18,33	21,30	7,61	13,69	1,68	0,54	0,21	0,33	2,37	3,55	1,50
Spencer . . . . .	35,78	24,34	11,44	20,22	10,06	10,16	1,81	0,55	0,31	0,24	3,99	4,65	2,74
Gardner(Gardnersystem)	38,37	22,97	15,40	22,93	9,89	13,04	2,45	0,60	0,35	0,25	3,38	4,92	2,82
Andover . . . . .	46,65	36,32	10,33	24,39	15,77	8,62	4,82	0,68	0,41	0,27	7,00	4,90	3,33
Framingham . . . . .	58,77	37,53	21,24	29,88	13,66	16,22	3,17	0,79	0,41	0,38	6,99	4,73	2,73
Gardner(Templetonsystr.)	43,06	22,88	20,18	26,97	9,21	17,76	3,31	0,80	0,38	0,42	4,38	6,03	2,61
Clinton . . . . .	94,94	72,75	22,19	47,84	32,24	15,50	4,04	0,96	0,68	0,28	5,95	11,37	8,76
Pittsfield . . . . .	90,98	42,31	48,67	55,75	18,89	36,86	1,46	0,99	0,23	0,76	2,57	7,92	1,97
Brockton . . . . .	121,00	63,10	57,90	75,80	25,40	50,40	5,32	1,57	0,51	1,06	13,27	21,85	9,30

Tabelle No. 70.  
Durchschnittliche Analyse des Filtrates.  
Teile in 100000.

Stadtgemeinde	Menge an Ab- wasser täglich behandelt in cbm f. d. ha	Ver- dampfungs- rückstand	Ammoniak		Chlor	Stickstoff als		Sauerstoff- verbrauch	Härte	Eisen
			Freies	Albu- minoid-		Nitrat	Nitrite			
Concord . . . . .	945	17,56	0,00	0,01	2,59	0,85	0,00	0,11	5,1	0,00
Brockton . . . . .	409	53,17	0,23	0,02	11,13	3,08	0,01	0,33	3,6	0,06
Spencer . . . . .	403	17,95	0,15	0,02	3,16	0,37	0,02	0,33	6,1	0,35
Framingham . . . . .	328	28,51	0,22	0,02	5,17	0,99	0,02	0,26	6,4	0,04
Stockbridge . . . . .	375	19,95	0,10	0,02	1,81	0,16	0,00	0,30	9,8	0,13
Natick . . . . .	510	20,62	0,62	0,03	4,04	0,22	0,02	0,44	5,8	0,23
Pittsfield . . . . .	672	33,38	0,26	0,04	2,29	0,66	0,02	0,38	13,1	0,03
Southbridge . . . . .	483	10,96	0,39	0,04	1,74	0,20	0,01	0,36	3,1	0,10
Marlborough . . . . .	998	27,05	1,24	0,06	5,97	0,35	0,03	0,73	6,3	0,30
Andover . . . . .	342	26,07	1,10	0,07	5,37	0,83	0,02	0,74	4,8	0,31
Gardner(Templetonsystr.)	1110	25,69	0,78	0,07	3,04	1,52	0,02	0,58	5,8	0,04
Clinton . . . . .	334	41,66	1,02	0,08	5,55	0,44	0,02	0,12	6,4	1,20
Leicester . . . . .	556	23,67	0,71	0,08	3,94	0,91	0,04	0,96	4,7	0,10
Gardner(Gardnersystem)	1208	23,48	1,80	0,08	3,02	0,04	0,00	1,07	6,1	1,36
Westborough . . . . .	705	15,54	0,64	0,08	2,22	0,36	0,05	0,73	3,8	0,05
Hopedale . . . . .	652	23,39	1,04	0,09	2,49	1,59	0,03	0,72	5,3	0,02



Tabelle No. 71.

## Durchschnittlicher Reinigungseffekt.

Stadtgemeinde	Freies Ammoniak Prozent beseitigt	Albuminoid- Ammoniak Prozent beseitigt	Sauerstoff- verbrauch Prozent beseitigt
Brockton . . . . .	95,8	98,9	98,5
Framingham . . . . .	93,2	97,6	94,4
Spencer . . . . .	91,8	96,6	92,9
Pittsfield . . . . .	82,0	96,3	95,2
Concord . . . . .	99,8	93,9	91,9
Clinton . . . . .	74,8	91,9	90,1
Southbridge . . . . .	80,2	91,4	91,0
Gardner (Templetonsystem)	76,2	91,3	90,4
Natick . . . . .	58,4	90,0	86,5
Andover . . . . .	77,1	90,0	84,9
Stockbridge . . . . .	91,6	89,6	79,9
Marlborough . . . . .	60,7	88,5	83,6
Gardner (Gardnersystem) .	26,6	86,0	78,3
Westborough . . . . .	61,8	84,3	79,4
Leicester . . . . .	73,5	83,8	81,1
Hopedale . . . . .	53,0	73,9	75,8

nicht sehr einheitlich, wie in den am besten wirkenden Anlagen, ist, sondern grobkörniger Kies und feiner Sand miteinander wechseln; ihre Konstruktion ist die übliche. Die tägliche durchschnittliche Belastung der Betten mit Abwasser ist bei Trockenwetter rd. 650 cbm f. d. ha, also keine besonders hohe, bei anhaltender nasser Witterung dagegen bis rd. 1750 cbm f. d. ha, also eine die Leistungsfähigkeit der Anlage weit übersteigende. Zur Vorreinigung dienen zwei Faulbecken von zusammen rd. 270 cbm Fassungsraum, die von dem Abwasser bei Trockenwetterabfluss in etwa 11—12 Stunden durchlaufen werden. R. St. B. H. 1903, S. 449 kommt zu dem Ergebnis, dass die Veränderungen, die das Abwasser in diesen Faulbecken erleidet, ungünstig die Wirkung der unmittelbar nachfolgenden Reinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration beeinflussen, und sieht in ihrer Anlage die einzige erhebliche Ursache des geringen Erfolges. Verfasser schliesst sich dieser Meinung an, jedoch nur mit dem Vorbehalt, dass die starke Ueberlastung der Betten während längerer Zeit im Jahre — gerade im Frühjahr, wo die von Belüftung und Wärme abhängige Nitrifizierung neu belebt werden soll — und die ungleichmässige Verteilung des Materials in den Betten zu dem Misserfolge wesentlich beitragen.

Die wenig günstigen Erfolge der Anlage in Westborough, auch einem Landstädtchen, von rd. 5400 Einwohnern, sind zweifellos auf



die Ungleichmässigkeit und die lange Dauer der Verteilung der Abwässer auf die einzelnen Teile der Filterbetten zurückzuführen. Infolgedessen werden die in unmittelbarer Nähe der Zuleitungen gelegenen Flächen sehr viel stärker als die anderen Teile der Betten beansprucht. Das Abwasser ist, wie noch erwähnt sei, ein rein häusliches und fliesst mit natürlicher Vorflut unmittelbar auf die Filterbetten; es ist durch Grundwasser erheblich verdünnt<sup>1)</sup>. Die tägliche durchschnittliche Belastung der Betten mit 705 cbm f. d. ha ist keine das übliche Mass überschreitende.

Auch in Gardner, das eine ältere bereits im Jahre 1891 gebaute Reinigungsanlage — the Gardner System —, und eine neuere im Jahre 1901 im Weichbilde der Nachbarstadt Templeton errichtete — the Templeton System — besitzt, sind die Gründe für den wenig vollkommenen Reinigungseffekt beider Anlagen ohne Mühe ersichtlich. Von den rd. 11000 Einwohnern der Stadt entwässern durch ein nach dem Trennsystem gebautes Sielnetz zurzeit rd. 3500 nach dem „Gardner-System“ und rd. 4500 nach dem „Templeton-System“, beide mit natürlicher Vorflut. Das Abwasser ist ziemlich konzentriert und im wesentlichen ein häusliches; von den in der Stadt vorhandenen industriellen Werken erzeugt nur eine grössere Molkerei und Kunstbutterfabrik erhebliche Mengen den Sielen zufließenden Abwassers; sie geben dem Kanalinhalt bisweilen ein milchiges Aussehen und verbreiten einen stärkeren Geruch. Grundwasserzuflüsse zum Sielnetz sind vorhanden, doch nicht in so hohem Masse, wie in anderen Städten: Das dem Gardner-System zufließende Abwasser beläuft sich auf täglich rd. 1200 ccm f. d. ha bei Trockenwetterabfluss und bis auf rd. 3300 ccm bei langdauernder nasser Witterung. Es durchfließt zunächst zwei kleine Absitzbecken und wird dann mittelst einer hölzernen etwa 1,20 m über der Oberfläche der insgesamt 1,0 ha grossen Betten befindlichen Rinne — vgl. Abbildung No. 38 — diesen zugeführt. Die auskolkende Wirkung

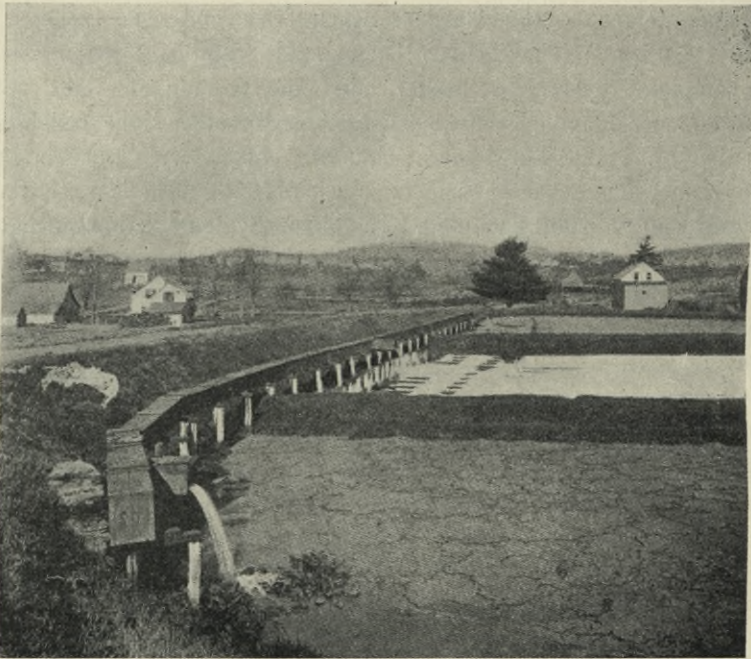
1) Nach im April 1898 gemachten Messungen betrug die Menge an Grundwasser, das in den Hauptsammler auf einer rd. 920 m langen Strecke zwischen Reinigungslage und letztem Anschluss eines Nebensammlers oberhalb in 24 Stunden eintrat, die ungeheure Menge von rd. 2350 cbm. In dieser Strecke hat sich der Organismus *Leptomitus* auf der Innenfläche der Röhren bisweilen so stark angesiedelt, dass der Abfluss völlig gehindert war und das Abwasser aus den Mannlöchern herausströmte. Im Jahre 1900 wurde dieser Missstand durch Umlegen des Siels im wesentlichen beseitigt; seitdem ist *Leptomitus* vollständig verschwunden. Die an anderen Stellen des Sielnetzes vorhandenen Undichtigkeiten wurden natürlich durch die vorgenannte Umänderung nicht beeinflusst.



des abstürzenden Wassers an der Zuleitungsstelle wird durch eine Pflasterung der Anfangfläche abgeschwächt. Die infolge dieser Art der Zuleitung eintretende ungleichmässige Beanspruchung der einzelnen Teile eines jeden Bettes und die Ueberlastung desselben mit Abwasser mussten zu den ungenügenden Reinigungseffekten führen.

In dem „Templeton-System“ wird das Abwasser zunächst in vier als „Füllkörper“ betriebenen „Cokestrainern“ vorbehandelt: Nach dem

Abbildung No. 38.



Filterbett der alten Anlage von Gardner.

Entwurf sollte mittelst einer selbsttätig wirkenden Verteilungskammer stets das Abwasser in bestimmter Menge jedem Füllkörper zufließen, in diesem eine bestimmte Zeit stehen und dann in wenigen Sekunden auf ein Bett geleitet werden. So sollten nacheinander durch selbsttätigen Antrieb die vier Cokestrainer und die einzelnen Filterbetten intermittierend betrieben werden. In Wirklichkeit ist jedoch wegen des fast ständigen Versagens der selbsttätigen Apparate der Zufluss



zu je einem Cokestrainer und je einem Filterbette so lange ein kontinuierlicher, bis von Hand eine andere Verteilung des Abwassers vorgenommen wird. Auch sind die Cokestrainer in jedem Jahre bisher längere Zeit ausser Betrieb gewesen, und es mussten daher die gesammten Schwebestoffe währenddem den Filterbetten unvermindert zugeführt werden. Dieser durchaus ungenügende Betrieb einmal und dann die starke Belastung der Betten, die sich bei Trockenwetterzufluss auf täglich rd. 1100 cbm f. d. ha beläuft, haben auch diese Neuanlage bisher als einen Misserfolg erscheinen lassen.

Die Anlage in Leicester, einem Städtchen von rd. 3500 Einwohnern, reinigt bisher erst die Abwässer von etwa 500 Personen. Das zur Vorreinigung dienende Absitzbecken wirkt wegen des geringen Zuflusses bisher als Faulbecken. Infolge dieses Umstandes und der Art der Beschickung, bestehend in Zuleitung sehr grosser Abwassermengen längere Zeit hindurch auf nur ein Bett, ergibt sich der weniger vollkommene Reinigungseffekt.

Die nunmehr 18jährigen Erfahrungen in Massachusetts zeigen, dass es unter den dortigen Verhältnissen das Zweckmässigste ist, Abwasser im wesentlichen häuslichen Charakters einer Vorbehandlung vor Aufleitung auf die Filterbetten nicht zu unterziehen. Die Abwässer können sparsamer und mit befriedigendem Erfolge bei unmittelbarer Aufleitung auf die Filterbetten behandelt werden. Der Reinigungseffekt wird um so günstiger sein, in je frischerem Zustande die Abwässer auf die Filterbetten geleitet werden. Die zurückbleibenden Reste der Schwebestoffe werden sich auf den Oberflächen der Betten niederschlagen und lassen sich in billigster und bequemster Weise nach genügendem Trocknen von diesen abkratzen; oftmals wird man sie dann noch mit Nutzen als Dünger unterbringen können. Bei dieser Art des Betriebes lassen sich auf eine unbeschränkte Zeit von Jahren dauernd gute Reinigungserfolge mit Beschickungen von 500 bis 1000 cbm f. d. ha des durchschnittlichen Abwassers nordamerikanischer Städte täglich erzielen. Die Grösse der Beschickungen zwischen diesen Grenzen richtet sich nach der Konzentration und Zusammensetzung des Abwassers einerseits und dem Charakter des Filtermaterials andererseits.



### **Bau- und Betriebskosten der Anlagen in Massachusetts.**

Die Bau- und Betriebskosten der Reinigungsanlagen im Staate Massachusetts sind in der nachfolgenden Tabelle No. 72 übersichtlich zusammengestellt. Die Betriebskosten gelten, soweit nichts anderes angegeben ist, für das Jahr 1903.

Die sehr erheblichen Schwankungen in den Herstellungskosten für das Hektar Filterfläche dürften teils auf den Umfang der erforderlich gewordenen Erdarbeiten und der Beschaffung von geeignetem Filtermaterial aus grösserer Entfernung, teils auf den mehr oder weniger günstigen Abschluss der Verträge zurückzuführen sein.

Allgemeingültige Regeln für die Betriebskosten aufzustellen, ist nicht möglich: Die Verschiedenartigkeit der Anlagen bezüglich der Beschaffenheit der Abwässer, der Vorreinigung, der Art der Zuleitung und der Einrichtung des Betriebes selbst bedingen für jeden Fall besondere Angaben. Man wird sich mit folgenden allgemeinen Schlüssen begnügen müssen: In Gemeinden mit einer Bevölkerung bis zu 10000 Personen reicht im allgemeinen ein einzelner zuverlässiger Arbeiter für die dauernde Aufrechterhaltung des Betriebes aus. Im Frühjahr und im Herbst wird dieser für das erforderliche Beseitigen bzw. Herstellen der Furchen und Dämme und für die gründliche Reinigung der Filterbetten für kurze Zeit noch Hilfe gebrauchen. In ganz kleinen Anlagen wird der betreffende Arbeiter nicht während der ganzen Tagesstunden voll beschäftigt werden können. In grossen Anlagen werden die Betriebskosten f. d. ha bzw. für je 1000 cbm behandeltes Abwasser sich entsprechend niedriger stellen.

Bei Durchsicht der nebenstehenden Tabelle No. 72 ist weiter zu beachten, dass der Kaufwert des Dollars, dessen Kurswert, von geringen Börsenschwankungen abgesehen, bekanntlich 4,20 M. beträgt, in Wirklichkeit erheblich niedriger als dieser Betrag ist. Er ist während der langen Jahre guter Konjunktur in den Vereinigten Staaten, die bis zu dem schroffen Absturz im Oktober 1907 geherrscht haben, mehr und mehr gefallen. Man kann den wirklichen Kaufwert für die einfachen Bedürfnisse des täglichen Lebens (Fleisch, Obst, einfache Wohnungen bisweilen usw.) zu etwa 3,25—3,50 M. ansetzen. Als Durchschnitt sind etwa 2,50 M. zu rechnen. Für den Luxus (gute Möbel, nach Mass gefertigte Kleidung, Wäsche und Stiefel, Handschuhe usw., gute Theater und Konzerte) fällt er bis auf 1,00 M. und darunter. Bei achtstündiger Arbeitszeit verdient der gelernte Maurer etwa 4,5 bis



Tabelle No. 72.

Stadt	Baukosten				Betriebskosten				
	Fläche der Filterbetten in ha.	gekaufte Fläche in ha.	Kosten der Filterbetten in M. f.)	Kosten der Filterbetten in M. f.)	Gesamtkosten der Reinigungsanlage in M. f.)	Grund-erwerb rd. in M. f.)	Täglich durchschnittlich behandelte Mengen von Wasser in cbm	Betriebskosten der Filterbetten in M. rd.	Kosten für 1000 cbm behandeltes Abwasser in M. f.)
Andover	1,4	12,8	75000	48000	85800	7200	475	2700 <sup>a)</sup>	1780
Brockton	8,6	14,5	213900	24600	845000 <sup>b)</sup>	39000	3320	14900 <sup>c)</sup>	12,30
Clinton	9,4	54,0	90000	9500	283000 <sup>b)</sup>	160000 <sup>e)</sup>	2970	9500 <sup>d)</sup>	1000
Concord	1,3	5,6	11000	8200	200000 <sup>b)</sup>	4200	1180	1360 <sup>a, f)</sup>	8,20
Framingham	8,9	40,0	42000	5300	300000 <sup>b)</sup>	24300	2470	?	?
Gardner (Gardnersystem)	1,1	8,0	80000	74300	92000	12800	1140	2700 <sup>a, g)</sup>	6,50
Gardner (Templetonsystem)	0,9	30,0	47500	52000	136000	18600	945	4200 <sup>h)</sup>	12,20
Leicester	0,14	?	10000	70000	?	?	113	500	12,80
Marlborough	4,8	20,0	133000 <sup>l)</sup>	27800	133000 <sup>l)</sup>	12800	4160	4400	920
Natick	4,44	39,0	100000	22200	356000 <sup>b)</sup>	9300	2140	500 <sup>i)</sup>	115
Pittsfield	10,0 <sup>k)</sup>	40,0	128000	12800	595000 <sup>b)</sup>	59000	5500	5200	550
Southbridge	2,9	20,0	32300	11000	32300	21000	1330	2100 <sup>a, f)</sup>	730
Spencer	3,7	8,9	350000	9400	42000	6800	1420	3300	900
Stockbridge	1,4	11,6	35000	24000	34300	6300	284	2500 <sup>a, f)</sup>	1750
Westborough	1,6	13,2	79000	49000	67000	11000	1070	2100	1300
Worcester	9,2	?	530000	57000	1660000	?	—	—	—

1) Kosten: Dollar per Acre = 4,20 M. f. 0,4 ha = 10,5 M. f. d. ha.

2) Dollar per Million gall. = 420 Pf. f. 3785 cbm = 0,112 Pf. f. d. cbm oder = 1,12 M. f. 1000 cbm.

Bemerkungen:

- a, a. Filterbetten werden durch einen Mann bedient, der nötigenfalls Hilfe erhält; jährliche Kosten annähernd gleich. In Concord, Southbridge, Stockbridge ist dieser Mann ausserdem anderweitig beschäftigt.
- b. einschli. Druckrohr, Aufhaltebecken, Pumpstation, Maschinen.
- c. 1896—1902 durchschnittlich nur 10000 M.; 1903 Arbeitslöhne erhöht, daher entsprechende Mehrkosten. In 1896—1900 durchschnittlich 1100 M. aus Verkauf der landwirtschaftlichen Erzeugnissen gelöst.
- d. 1900—1905 durchschnittlich gleich hoch.
- e. einschliesslich Gelände für Pumpstation.
- f. Angaben unbestimmbar, da dieselben Leute im Betrieb des Steinetzes und der Filterbetten tätig sind. Erlös aus Verkauf der landwirtschaftlichen Erzeugnisse für 1898—1906 durchschnittlich 1600 M. jährlich; bebaut Fläche durchschnittlich 7,2 ha. durchschnittlich für 1892—1902.
- g. " " 1903—1905.
- h. i. hierin nicht Einnahme für Verkauf landwirtschaftlicher Erzeugnisse (Mais) 400 M.
- k. einschliesslich Dämme, Wege usw.; ohne diese 8,67 ha. Vgl. Tabelle 68.
- l. einschliesslich Abzitzbecken und Ueberbau derselben.



5,5 Dollar, der Installateur 5,0—6,0 Dollar, bei zehnstündiger Arbeitszeit der ungelernete Arbeiter in New-York wegen grossen Angebots von Einwanderern etwa 1,3 Dollar, anderwärts 1,5 Dollar. Unter Zugrundelegung der letzteren Zahl erhält man mithin als Jahreseinkommen eines ungelernen Arbeiters bei 360 Arbeitstagen — wie sie für den Betrieb von Filterbetten einzusetzen sind —  $360 \times 1,5 \times 4,20 = 2268$  M., also einen erheblich höheren Satz, als den für deutsche Verhältnisse geltenden. Man vergleiche hiermit die Angaben in der vorstehenden Tabelle für Andover, Gardner, Southbridge, Stockbridge.

#### Zusammenfassende Uebersicht der Anlagen in anderen Staaten der Union ausser Massachusetts.

Die günstigen mit der Reinigung der Abwässer mittelst intermittierender Bodenfiltration gemachten Erfahrungen in Massachusetts lenkten auch in anderen Staaten Nordamerikas die Aufmerksamkeit auf dieses Verfahren: In den Nachbarstaaten New York, Rhode-Island und Connecticut herrschen ähnliche wirtschaftliche, klimatische und geologische Verhältnisse. Hier fand das Verfahren naturgemäss zuerst Eingang und wurde mit mehr oder minder grossem Erfolge durchgeführt. Dass die Erfolge durchschnittlich nicht so günstige wie in Massachusetts sind, findet seine Erklärung einmal in den etwas veränderten wirtschaftlichen und geologischen Verhältnissen und dann insbesondere in dem Fehlen einer festgefügtten, von politischen Schwankungen unabhängigen zentralen Aufsichtsbehörde: In Massachusetts ein aus ersten Fachleuten — Ingenieuren, Chemikern und Medizinern, von denen die beiden ersten ausschliesslich sich mit den Fragen der Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung beschäftigen — zusammengesetzter öffentlicher Gesundheitsrat, ferner eine mit reichen Mitteln unterstützte staatliche Versuchsanstalt; in allen anderen Staaten — ausgenommen Ohio — dagegen entweder überhaupt kein oder nur ein einzelner Fachmann — meistens Mediziner — auf dem Gebiete der öffentlichen Gesundheitspflege in leitender Stelle in der Staatsverwaltung. Im Gegensatz zu Massachusetts ist der Erfolg der Anlagen in anderen Staaten daher ausschliesslich durch das Können des Entwurfsbearbeiters und den Fleiss des Betriebsleiters bedingt. Beide wiederum sind von der Opferwilligkeit und dem guten Willen der betreffenden Stadtgemeinde abhängig.

Der Vollständigkeit halber sind in der nachstehenden Tabelle No. 73 die bekannteren Anlagen zusammengestellt. Von diesen sind



nur Saratoga Springs und Pawtucket als wirklich wertvoll für Studien von zwei ersten nicht interessierten Fachleuten dem Verfasser bezeichnet worden. Erstere Anlage ist auf S. 123 u. f. beschrieben; letztere hat Verfasser infolge einer Verkettung von Umständen leider nicht besichtigen können.

Tabelle No. 73.

Jahr der Errichtung der Anlage	Ort	Bevölkerung		Durchschnittlicher täglicher Abfluss in cbm	Vorreinigung	Grösse der Filterbecken in ha.
		nach dem Census von 1900	angeschlossen an d. Stielnetz 1904			
1888	East Orange, N. J.	21506	?	?	chemische Fällung	teils intermittierende Bodenfilter, teils Rieselfelder, zusammen: 5,9
1893	Meridan, Conn.	24296	20000	10000	keine	4,4
1893	Pawtucket, R. J.	39231	5100	500	Absitzbecken	1,4
1896	Central Falls, R. J.	18167	3931	150	Absitzbecken	0,4
1896	Plainfield, N. J.	15369	?	?	keine	6,4
1899	Woonsacket, R. J.	28204	11000	1700	Absitzbecken	0,8
1900	Manchester, Conn.	10601	6000	5700	keine	4,8
1900	Vineland, N. Y.	4370	3000	1150	keine	2,0
1903	Saratoga Springs N. Y.	12409	10000	6800	Faulbecken	8,4
			bis 40000 <sup>1)</sup>	?		
1904	New Britain, Conn.	28202	24000	11400	keine	12,4

1) je nach der Jahreszeit.

In der Reinigungsanlage von Pawtucket, deren Leitung dem in amerikanischen Fachkreisen sehr geschätzten Mr. Geo. A. Carpenter untersteht, werden die Abwässer einer Bevölkerung von rund 5100 Personen mit einem täglichen durchschnittlichen Abfluss von 500 cbm und einem höchsten von 650 cbm auf einer Gesamtfilterfläche von rund 1,4 ha behandelt. Das Abwasser ist im wesentlichen ein häusliches und ziemlich konzentriert, es enthält durchschnittlich 1,41 Teile Albuminoid-Ammoniak in 100 000 Teilen und kommt in sehr frischem Zustande auf der Anlage an. Auf dieser hat es zunächst Absitzbecken zu durchlaufen, aus denen der niedergeschlagene Schlamm auf besondere Schlammbetten entleert wird. Die Beschickungsmengen der einzelnen eigentlichen Filterbetten werden zu rund 1000 cbm für das Hektar jedesmalig gewählt und betragen bei Zugrundelegung von 365 Tagen im Jahre rund 640 cbm für das Hektar täglich. Das Filtrat zeigt



eine Verringerung der organischen Stoffe von durchschnittlich rund 92 v. H. nach dem Gehalte an Albuminoid-Ammoniak, und durchschnittlich 2,71 Teile Nitrate auf 100 000.

Auch nach Ohio, dem dichtbevölkertsten und industriereichsten Staate des „mittleren Westens“, hat man versucht, die Abwasserreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration zu übertragen. Der Mangel an grossen Flüssen, in die eine unmittelbare Einleitung der Abwasser infolge der eintretenden Verdünnung zulässig wäre, die Dichte der Bevölkerung, sowie die Menge und Beschaffenheit der industriellen Abwässer — insbesondere saure oder mit Metallsalzen versetzte von den zahlreichen Hütten und Eisenwerken — zwangen zur Errichtung von Reinigungsanlagen. Anfänglich — Canton, 1893 — suchte man sich durch Reinigung mittelst chemischer Fällmittel zu helfen. Dann ging man zu der intermittierenden Bodenfiltration über. Die Bodenberieselung mit landwirtschaftlicher Nutzung wurde wegen der hohen Bodenpreise und der grossen Bodenfeuchtigkeit infolge der steten Niederschläge während langer Monate nicht erprobt. Neuerdings zieht man allgemein eine Vorbehandlung durch Faulbecken und anschliessend eine endgültige Reinigung mittelst hochbelasteter künstlicher biologischer Körper vor. Die interessanteste diesbezügliche Anlage ist die im Laufe dieses Jahres in Betrieb kommende Anlage von Columbus, der nach dem Census von 1900 125 560 Einwohner umfassenden Hauptstadt des Staates.

Ohio besitzt seit einigen Jahren einen nach dem Muster von Massachusetts gebildeten staatlichen Gesundheitsrat mit dem Sitze in Columbus, dessen technische Leitung in den Händen des tüchtigen Mr. R. Winthrop Pratt, des früheren ersten Assistenten des Mr. X. H. Goodnough, Boston, ruht.

Der vielfach lehmige Untergrund in Ohio, der grosse Aehnlichkeit mit demjenigen im Bergischen Lande aufweist, ist für die intermittierende Bodenfiltration wenig geeignet. Lager natürlichen Sandes und Kieses finden sich nur vereinzelt. Man ist daher bei der Herstellung von Bodenfilterbetten in der Regel dazu übergegangen, den gewachsenen Boden zunächst bis zu der für die Filter gewünschten Tiefe von 3—5 Fuss auszuheben und zu beseitigen, dann Drains zur Entwässerung zu legen und schliesslich das aus geringerer oder grösserer Entfernung bezogene Sand- bzw. Kiesmaterial einzufüllen. Es handelt sich also in den vorliegenden Fällen um künstlich hergestellte, intermittierend zu betreibende Bodenfilter, um Einrichtungen,



die den vollständig künstlichen, als Tropf- oder Füllkörper betriebenen Filtern sehr nahe stehen; sie bedingen Bau- und Betriebskosten, die annähernd denen der letztgenannten gleichkommen, ohne sie — unter Voraussetzung eines gleichen Reinigungseffektes — in der Grösse der zulässigen Belastungen zu erreichen. Mit der in den letzten Jahren stattgehabten Entwicklung der Konstruktion und Wirkungsweise der künstlichen biologischen Filter hat man diesen Zwiespalt erkannt und den unter den obwaltenden Verhältnissen richtigen Schritt, nämlich Reinigung der Abwässer in rein künstlich aufgebauten biologischen Körpern nach vorheriger Vorbehandlung in Faulbecken bzw. Absitzbecken, getan.

Es dürfte genügen, mit wenigen Worten einige der im Staate Ohio gebauten Reinigungsanlagen, die mit intermittierender Bodenfiltration arbeiten, zu skizzieren. Sie werden zeigen, wie auch die Amerikaner, von der Abwasserreinigung im natürlichen gewachsenen Boden ausgehend, schrittweise den Bedürfnissen entsprechend zu derjenigen in vollständig künstlich aufgebauten Anlagen vorgeschritten sind.

#### Gallipolis.

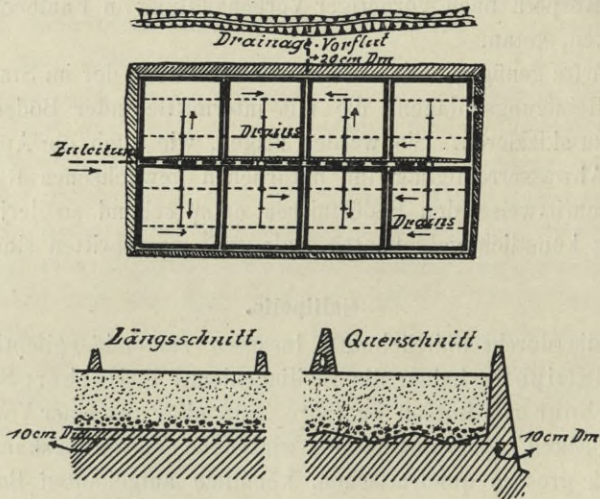
Für die durchschnittlich 800 Insassen zählende epileptische Anstalt in Gallipolis haben die Zivilingenieure F. Herbert Snow und F. A. Barbour aus Boston im Jahre 1898 eine aus einer Vorreinigung in Absitzbecken, einer selbsttätig wirkenden Verteilungskammer und acht gleich grossen quadratischen, künstlich aufgebauten Bodenfiltern von je 0,1 ha Fläche bestehende Abwasserreinigungsanlage errichtet. Für den Bau der Filterbetten wurde zunächst der gewachsene Boden genügend tief ausgegraben und die Sohle wellenförmig abgeglichen, um so das Abfliessen des durchgefilterten Abwassers nach den auf ihr verlegten Drains von 10 cm Lichtweite zu erleichtern. Die beiden Drains eines jeden Feldes haben Vorflut nach einem gemeinsamen Sammeldrain von 20 cm Lichtweite, der durch die Mitte der Anlage läuft, und dieser wiederum nach einem in der Nähe vorbeifliessenden Bache. Der ausgehobene Boden wurde teilweise zur Herstellung der Umfassungs- und Zwischendämme der acht Filterbetten verwendet. Ihre Sohle wurde zunächst mit einer Lage groben Kiesel von 7 bis 15 cm Stärke bedeckt und hierdurch gleichzeitig fast horizontal ausgeglichen. Hierauf wurde als eigentliches Filtermaterial eine 1,20 m hohe Lage von Sand aus einer nahegelegenen Sandgrube eingebracht, deren wirksame Grösse durchschnittlich 0,30 mm und deren Gleich-



mässigkeitskoeffizient durchschnittlich 4,0 sind. Die Zuleitung des Abwassers auf die Betten erfolgt durch die bekannten hölzernen Zuleitungsrinnen, wie sie auf S. 69 näher beschrieben sind. Grundriss und Schnitte der Anlage sind aus den beigefügten Skizzen — Abbildung No. 39 — ersichtlich.

Abbildung No. 39.

*Intermittierende Bodenfilter der epileptischen Anstalt in Gallipolis, Ohio.*



Grundriss und Schnitte der Filterbetten einer epileptischen Anstalt bei Gallipolis (Ohio).

**Lancaster.**

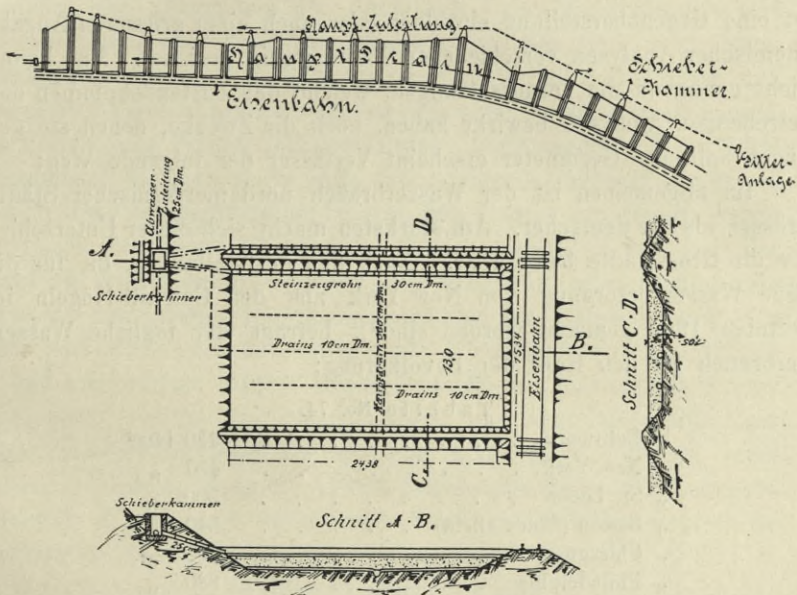
Die staatliche technische Knabenschule in Lancaster wird von durchschnittlich 1000 Personen — Lehrern und Schülern — bewohnt. Eine im Jahre 1897 ausgebrochene starke Typhusepidemie gab Veranlassung, Neuanlagen zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Jahre 1899 zu errichten. Letztere, denen das Abwasser mit natürlicher Vorflut zugeführt wird, bestehen aus einer einfachen feststehenden Rechenanlage und 25 in einem schmalen langgestreckten Tale gelegenen Filterbetten von durchschnittlich 13,0 m nutzbarer Breite, sowie nach der Weite des Tales wechselnden Längen von 18 bis 30 m. Die gesamte Fläche beträgt rd. 0,8 ha. Das Filtermaterial besteht in einer Lage von rd. 1,05 m Stärke aus fein zerschlagenem,



sehr gleichmässigen Sandsteingrus, der aus einem Bruch in der Nähe entnommen ist. Die wirksame Grösse des Materials ist durchschnittlich 0,21 mm und der Einheitskoeffizient 2,0. Der Hauptsammler ist unterhalb der Rechenanlage seitlich an sämtlichen Filterbetten entlang geführt. In diesen eingeschaltete Verteilungskammern verteilen das Abwasser auf die einzelnen Betten mittelst aus in der Längsrichtung durchschnittenen Röhren bestehender Zuleitungsrinnen. Die Ableitung des Filtrates erfolgt durch drei in jedem Bette verlegte

Abbildung No. 40.

*Intermittierende Bodenfilter in Lancaster, Ohio.*



Grundriss und Schnitte der Filterbetten der technischen Schule bei Lancaster (Ohio).

Drains, die nach einem durch die Mitte sämtlicher Betten parallel zum Hauptsammler geführten Hauptdrain von 60 cm Lichtweite entwässern. Grundriss der ganzen Anlage sowie derjenige eines Bettes und der Längenschnitt eines einzelnen Bettes sind aus den beigegeführten Skizzen — Abbildung No. 40 — ersichtlich.



#### IV. Teil.

##### Vergleich zwischen dem Abwasser nordamerikanischer und deutscher Städte.

Die zulässige tägliche Belastung an Abwasser für das ha Filterbett hängt u. a. wesentlich von der Beschaffenheit des Abwassers ab. Eine genaue für alle Verhältnisse passende Feststellung ist jedoch wegen der in jeder Stadt verschiedenen Beschaffenheit des Abwassers und seiner Veränderungen in den einzelnen Tagesstunden nicht möglich. Man muss und kann sich auch mit der Erlangung eines Ueberblicks über die durchschnittliche Beschaffenheit nordamerikanischer Abwässer im Vergleich zu deutschen begnügen. Als Grundlage für einen solchen ist eine Gegenüberstellung einzelner oder auch einer grösseren Anzahl chemischer Analysen verschiedener Städte wenig geeignet. Man kennt nicht genügend die Voraussetzungen, welche das Zustandekommen der betreffenden Analysen bewirkt haben, noch die Zwecke, denen sie genügen sollten. Geeigneter erscheint Verfasser der folgende Weg:

Im allgemeinen ist der Wasserbrauch nordamerikanischer Städte grösser als der deutscher. Am stärksten macht sich dieser Unterschied für die Grossstädte bemerkbar. Nach den Feststellungen, die für die neue Wasserversorgung von New York aus den Catskill-Hügeln im Oktober 1905 gemacht worden sind<sup>1)</sup>, beträgt der tägliche Wasserverbrauch für den Kopf der Bevölkerung:

Tabelle No. 74.

In Baltimore . . . . .	450 Liter
„ New York . . . . .	470 „
„ St. Louis . . . . .	500 „
„ Boston (Stadt allein) . . . . .	540 „
„ Chicago . . . . .	600 „
„ Philadelphia . . . . .	880 „
„ Buffalo . . . . .	1220 „

Die Ursachen dieses für deutsche Begriffe auffallend hohen Wasserverbrauchs sind:

„In den meisten Städten sind Wassermesser in den Häusern bis jetzt nicht eingebaut, erst allmählich beginnt man, diese notwendigen

1) Einen Ueberblick über den gegenwärtigen Stand der Anlagen zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Nordamerika gibt ein in der „Wochenschrift des Berliner Architektenvereins“, Jahrgang 1907, No. 29—33, abgedruckter Vortrag des Verfassers, betreffend „Städtisches Ingenieurwesen in Nordamerika“ (auch als Separatabdruck in der Vereinsbibliothek).



Einrichtungen, um der Wasserverschwendung Einhalt zu bieten, nachzuholen. Eine Bezahlung des Wassers nach dem tatsächlichen Verbrauch findet daher nicht statt. Vielfach eingeführt sind Wasserstrahlpumpen, die eine Quelle grösserer Wasserverschwendung bilden, da ihr Nutzeffekt nur etwa 40 v. H. ist. Andere Gründe der Wasservergeudung sind das beständige Offenhalten der Zapfhähne während des Winters, um die Rohrleitungen vor dem Einfrieren zu schützen, und während des Sommers, um das Wasser frisch zu halten; weiter das Füllen der Badewannen, um die Luft im Hause zu kühlen; in vielen Häusern wird statt Eis fließendes Wasser zum Kühlen benutzt. Ferner ist der Wasserverlust infolge undichter Hausinstallationen, insbesondere der Verschlüsse der Spülkästen, der Wasserklosetts und sonstiger Hähne sehr erheblich. Weitere Ursachen sind nicht abgesperrte verlassene Hausanschlussleitungen, fehlerhafte Hydranten und mangelhafte Verbindungen der Strassenleitungen.<sup>4</sup> Diese vorstehenden, dem Bericht der Wasserwerksverwaltung in Chicago im Jahre 1906 entnommenen Angaben seien noch durch folgende ergänzt: Die grosse Hitze in den Sommermonaten, die in den Städten am Ozean wegen ihrer hohen Feuchtigkeit besonders schwer zu ertragen ist, und der Mangel an Wassermessern andererseits haben in allen Städten die allgemeine Einführung von Badewannen in den Häusern auch der Minderbemittelten gefördert: Sehr viele Personen baden regelmässig ein- und zweimal am Tage. Die Spülkästen der Wasserklosetts enthalten nicht, wie in deutschen Städten, nur acht bis zwölf Liter Wasser, sondern das zwei bis dreifache in der Regel. Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass die bereits angegebene Kälte des Leitungswassers im Winter und seine hohe Wärme im Sommer wesentliche mittelbare Gründe der Wasservergeudung sind (vergl. auch S. 8).

Für die kleineren nordamerikanischen Städte ist der Wasserverbrauch weniger erheblich, und zwar im wesentlichen wegen des Fehlens mehrerer der vorstehend genannten Ursachen. Die nachfolgende Tabelle No. 75 gibt im besonderen die Angaben für eine grössere Zahl von Stadt- und Landgemeinden in Massachusetts für das Jahr 1904.

Die Tabelle zeigt, dass der durchschnittliche tägliche Wasserverbrauch auf den Kopf der Bevölkerung selbst in mittleren und kleineren Städten im Osten Nordamerikas durchschnittlich noch das Doppelte desjenigen in deutschen Grossstädten beträgt, der sich durchschnittlich zwischen den Grenzen 85 und 125 Liter bewegt. Es folgt



Tabelle No. 75.

## Durchschnittlicher täglicher Wasserverbrauch auf den Kopf der Bevölkerung in Städten von Massachusetts.

Gemeinde	Bevölkerung im Jahre 1904	Täglicher Wasserverbrauch in Litern auf den Kopf der Bevölkerung 1904	Bemerkungen
Andover . . . . .	7347	204	—
Brockton . . . . .	45581	133	—
Brookline . . . . .	22952	385	Villenvorort von Boston
Clinton . . . . .	15403	133	—
Fall River . . . . .	117391	133	—
Gardner . . . . .	12117	283	—
Lawrence . . . . .	70875	151	—
Lowell . . . . .	103451	200	—
Marlborough . . . . .	12515	181	—
Nantucket . . . . .	2998	170	—
Natick . . . . .	10027	197	—
Newburyport . . . . .	14418	197	—
Reading . . . . .	5171	113	—
Taunton . . . . .	34172	197	—
Wakefield . . . . .	10079	246	—
Worcester . . . . .	134145	286	—

hieraus, dass das Verbrauchswasser nordamerikanischer Städte annähernd nur halb so verunreinigt ist, als dasjenige deutscher Städte. Man wird daher annehmen dürfen, dass unter sonst gleichen Bedingungen die Abwässer deutscher Städte annähernd doppelt so grosse Flächen an intermittierenden Bodenfiltern zur Reinigung ihrer Abwässer als nordamerikanische brauchen:

Auf Seite 147 war ausgeführt worden, dass ein Hektar Filterbett täglich 500—1000 cbm des durchschnittlichen Abwassers nordamerikanischer Städte reinigt. Mithin würde ein Hektar Filterbett täglich etwa 250—500 cbm des durchschnittlichen Abwassers deutscher Städte reinigen, oder unter Annahme eines Wasserabflusses pro Tag und Kopf von 120 l die Abwässer von 2083—4166 Personen. Für Vergleichszwecke darf mithin überschläglich gesagt werden: Ein Hektar intermittierendes Filterbett reinigt täglich die Abwässer von 3100 Personen, entsprechend einem Gesamtzufluss von 375 cbm.

Selbstverständlich sind vorstehende Angaben in weiten Grenzen veränderungsfähig. Bei nach dem Trennsystem gebautem Sienetze wird je nach dem Grade der Ausschliessung des Grundwassers eine mehr oder minder ständige Verdünnung des Abwassers eintreten; in



nach dem Sammelsystem gebauten Sielanlagen wird das Grundwasser ständig und ferner das Regenwasser periodisch den Abfluss verdünnen, wenn auch bekanntlich bei geringen Niederschlägen von kürzerer Dauer die Verdünnung wegen der gleichzeitig beginnenden Abschwemmung von Ablagerungen belanglos ist. Auch die Abflüsse einiger grosser industrieller Anlagen, die, wie Wollwäschereien, Zuckerfabriken, Schlachthäuser usw., organische Stoffe in grossen Mengen enthalten, genügen, dem Abwasser der Stadt eine ganz andere Charakteristik zu geben.

## V. Teil.

### Grundsätze für die Errichtung von Abwasserreinigungsanlagen mittelst intermittierender Bodenfiltration.

Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist einmal, eine Beschreibung der Abwasserreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration, wie sie in Nordamerika, insbesondere im Staate Massachusetts durchgeführt ist, zu geben. Die weitere Aufgabe dieser Zeilen ist aber, festzustellen, ob die Abwasserreinigung mittels intermittierender Bodenfiltration auf unsere heimischen deutschen Verhältnisse übertragen werden kann und, wenn die Frage im allgemeinen bejaht wird, unter welchen Bedingungen dies zu erfolgen hat. Auch für die Erfüllung dieses Zwecks erschien es Verfasser notwendig, oben zunächst einleitend einen kurzen Ueberblick über die wirtschaftlichen, klimatischen und geologischen Bedingungen zu geben, unter denen die Anlagen in Nordamerika zu arbeiten haben. Anschliessend sind eingehend die wissenschaftlichen Versuche und Feststellungen, die an dem Verfahren gemacht worden sind, und seine wichtigsten praktischen Ausführungen an der Hand mehrerer Beispiele und kürzerer Zusammenfassungen geschildert worden. Die Beispiele hat Verfasser versucht so zu wählen, dass möglichst zahlreiche Typen durch diese wiedergegeben werden. Bei Niederschrift der Arbeit hat ihn dauernd das Bestreben geleitet, dem Leser alle nötigen tatsächlichen Angaben zur Verfügung zu stellen, so dass er in der Lage ist, selbst ein abschliessendes Urteil zu gewinnen. Verfasser ist auf Grund der Besichtigungen während der Studienreise, der Besprechungen mit massgebenden Fachleuten — Ingenieuren und Chemikern — und des eingehenden Studiums der einschlägigen Literatur zu nachfolgenden Ergebnissen und Schlussätzen gelangt:



Die Abwasserreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration erfolgt in erster Linie durch biologische Vorgänge und zwar solche, zu deren Entwicklung Luftsauerstoff in genügender Menge vorhanden sein muss. Sind diese biologischen Vorgänge nicht vorhanden, so verschwindet hiermit das charakteristische Kennzeichen dieser Art der Abwasserreinigung. Neben den biologischen Vorgängen erfordert der „praktische dauernde“ Betrieb einer Abwasserreinigungsanlage mittelst intermittierender Bodenfiltration noch:

- a) chemische Vorgänge, die sich teils auf der Oberfläche, teils im Innern der Filterbetten abspielen,
- b) eine genügende mechanische Absiebung der Schwebestoffe aus den Abwässern vor dem Durchfliessen der Filterbetten.

Aus diesen Sätzen folgt, dass das Verfahren in erster Linie anwendbar ist auf Abwässer, die einer leichten Zerlegung in einfachere Formen durch biologische und chemische Vorgänge zugänglich sind. Solche Abwässer sind diejenigen wesentlich häuslichen Ursprungs. Das Verfahren wird weniger und nur bedingt für die Reinigung solcher städtischen Abwässer geeignet sein, die durch industrielle Zuflüsse in erheblichem Masse beeinflusst sind. Abwässer insbesondere, die Säuren oder Metallsalze in erheblichen Mengen enthalten, werden die biologischen Vorgänge in den Filterbetten mehr oder weniger ungünstig beeinflussen. Abwässer, die organische suspendierte oder gelöste Stoffe in besonders grossen Mengen enthalten, werden neben einer möglichst sorgfältigen Vorreinigung besonders grosse Filterflächen bedingen, um das ausreichende Mass der erforderlichen Belüftung dauernd zu gewährleisten. Die nachstehenden Ausführungen werden daher in ihrer Allgemeinheit sich auf den bis heute für die meisten Stadt- und Landgemeinden noch massgebenden einfacheren Fall der Zusammensetzung der städtischen Abwässer aus im wesentlichen häuslichen Zuflüssen beschränken. Im Anschluss werden einige Angaben über die Veränderungen, die durch das Vorhandensein erheblicher Mengen industrieller Zuflüsse entstehen, gegeben werden.

Aus den interessanten Versuchen<sup>1)</sup> des Professors Dunbar dürfte hervorgehen, dass biologische und chemische Wirkungen sowie die rein mechanische Absiebung die in den Filtern auftretenden Vorgänge nicht vollständig aufklären. Es wird das Vorhandensein von Ab-

---

1) s. Dunbar, Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. S. 204 u. f.



sorptionswirkungen angenommen werden müssen, um zu einer vollständigen Erklärung zu gelangen.

#### a) Kanalisationssystem.

Es ist dringend erstrebenswert, das Sielnetz nach dem getrennten System zu entwerfen: Die Schmutzwassersiele dienen zur Ableitung des im wesentlichen aus häuslichen Zuflüssen sich zusammensetzenden Verbrauchswassers. Die Regenwassersiele zur Ableitung des Niederschlagswassers, des unmittelbar aus dem umschliessenden Erdreich oder durch beim Bau verlegte Drainagen zugeleiteten Grundwassers und der grösseren Mengen der industriellen Zuflüsse<sup>1)</sup>.

Zu beachten ist hierbei jedoch, dass die Wahl des Trennsystems für das Sielnetz in Städten mit hochstehenden Grundwasserständen und grösseren Grundwassermengen zu Schwierigkeiten bei der Bauausführung und vor allem im späteren Betriebe führt, die bis heute wohl nicht immer genügend beachtet worden sind<sup>2)</sup>.

---

1) Die Art der Behandlung industrieller Abwässer ist heute noch eine ziemlich offene Frage. Die Mengen und Beschaffenheit der einzelnen Abwässer werden bestimmend die Entscheidung beeinflussen, ob sie den Schmutzwassersielen und hiermit der Reinigungsanlage, oder den Regenwassersielen und hiermit unmittelbar dem Vorfluter zugeführt werden sollen. Verfasser begnügt sich an dieser Stelle den Satz auszusprechen, dass eine Zuweisung sämtlicher industrieller Abwässer zur Einleitung in die Schmutzwassersiele unrichtig ist. Dass Kondens- und Kühlwässer, falls sie in irgendwie nennenswerten Mengen erzeugt werden, in die Regenwassersiele abzuleiten sind, ist in Vorstehendem als selbstverständlich angenommen.

2) Verfasser hat als technischer Leiter des Elberfelder Kanalisationsunternehmens 6 Jahre hindurch — bis zum Jahre 1908 — Bauausführungen nach dem Trennsystem für jährlich rund zwei Millionen Mark entworfen und ausgeführt. Die praktische Erfahrung bewies immer von neuem, dass nur mit peinlichster sorgfältiger Arbeit und unter Aufwendung sehr erheblicher Kosten es möglich ist, das Grundwasser von den Schmutzwassersielen fernzuhalten. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, so kann erwartet werden, dass die verlegten Strassensiele bei der nach Fertigstellung der ganzen Bauten erfolgenden Abnahme durchaus trocken sind. Es sei hierbei erwähnt, dass ein Rohrstrang, in dem die für die späteren Hausanschlüsse nach jeder Seite erforderlichen 0,60 m langen Abzweige nach Verlegung von sechs je ein Meter langen Röhren, also in Abständen von 7,20 m auf jeder Seite sich folgen, auf ein Kilometer Länge bereits durchschnittlich 1112 Dichtungen im Rohrstrang selbst und 278 Dichtungen für die Verschlusssteller der Abzweige, zusammen mithin rd. 1400 event. zu Undichtigkeiten führende Stellen besitzt.

Sehr viel schwieriger, wenn nicht unmöglich dagegen ist, bei der späteren Herstellung von Hausanschlüssen das Grundwasser von den Schmutzwasser-



Sorgfältige bauliche Durchführung des Trennsystems und Fernhaltung von solchen Zuflüssen zu den Schmutzwassersielen des Sielnetzes, deren Reinigung wegen ihrer Beschaffenheit oder auch wegen ihrer Menge nicht notwendig bzw. praktisch nicht möglich ist, gewährleisten den kleinsten und in seiner Beschaffenheit den geringsten Schwankungen unterworfenen Zufluss der Schmutzwassersiele zur Reinigungsanlage. Die Herbeiführung und Erhaltung eines derartigen kleinsten und in seiner Beschaffenheit wenig veränderlichen Zuflusses gewährleisten die grösste Ersparnis bei den Bau- und Betriebskosten für jede Reinigungsanlage.

Die sehr erheblichen Verteuerungen und die kurz geschilderten baulichen Schwierigkeiten, die die Durchführung eines vollständigen aus Regen- und Schmutzwassersielen in jeder einzelnen Strasse bestehenden Trennsystems mit sich bringt, dürfen jedoch bei der Wahl des Systems nicht unterschätzt oder gar übersehen werden. Man wird sich daher in jedem Falle zunächst die Frage zur Prüfung vorlegen, ob es nicht trotzdem zweckmässiger und wirtschaftlicher wird, das Sammelsystem mit Beschränkung des Abflusses auf eine bestimmte grösste Menge mittelst entsprechender Bemessung der für die Regen-auslässe notwendigen und zweckmässigen Verdünnung zu wählen und

sielen fernzuhalten. Wohl kann die Einleitung von Grundwasser oder gar Niederschlagswasser aus den Grundstücken durch die Anordnung von jederzeit zugänglichen und zu besichtigenden Revisionsschächten in der Grundleitung, unmittelbar vor dem Austritt auf die öffentliche Strasse vermieden werden. Dagegen fehlt für ein infolge Anschlusses zahlreicher Grundstücke bereits in Betrieb befindliches Schmutzwasser-Strassensiel jede Kontrolle, ob der zwischen Revisionsschacht und Strassensiel liegende Teil des Anschlusses dicht gegen das Eindringen von Grundwasser hergestellt ist und bleibt. Gerade dieser Teil ist aber der in dieser Hinsicht gefährdete, insbesondere im Anschluss an das Strassensiel: Die Enge und der Schmutz in den Baugruben, die Zahl und Zerstreuung derselben über die ganze Stadt — in Elberfeld beispielsweise jährlich in den letzten Jahren annähernd 3000 — zwingen den leitenden Ingenieur, sich im wesentlichen auf allgemeine Anordnungen zu beschränken und durch die Wahl zuverlässiger im Eigenbetriebe der Verwaltung arbeitender Rohrleger und tüchtiger auf Schonung ihrer Kleidung im Bedarfsfalle nicht achtender Techniker und Bauaufseher ihre Durchführung im allgemeinen sicherzustellen. Der schon vorgeschlagene Ausweg, die Hausanschlüsse bereits beim Bau des Strassensiels bis über den Grundwasserspiegel aufzuführen, ist wegen seiner Schwankungen, wegen der entstehenden Schwierigkeiten beim gleichmässigen Zufüllen und Zustampfen der Baugruben, der Mehrkosten und der Unmöglichkeit, hiermit den Forderungen einer genügend tiefen Kellerentwässerung, insbesondere in einem coupierten Gelände zu genügen, für die praktische Durchführung selten empfehlenswert.



die hierbei gemachten Ersparnisse auf die Vergrößerung der Reinigungsanlage zu verwenden.

b) Art der Zuleitung des Abwassers zur Reinigungsanlage.

Die Art der Zuleitung des Abwassers soll derartig sein, dass dieses in seiner ursprünglichen Beschaffenheit möglichst wenig verändert zur Reinigungsanlage gelangt: die an und für sich vorhandenen nicht unerheblichen Schwankungen in der Zusammensetzung des Abwassers in den ersten Morgenstunden, in den Vormittagstunden und in den Nachtstunden sollen nicht noch durch verschieden lang dauernde Aufenthalte der einzelnen Teile der gesamten Abwassermengen in den Zuleitungen vermehrt werden. Aus diesen Gründen verdient der kontinuierliche Zufluss des Abwassers zur Reinigungsanlage vor dem intermittierenden den Vorzug: Bei natürlicher Vorflut wird der erstere selbstverständlich sein, bei künstlicher Hebung wird er durch zweckmässig angeordnete Pumpenanlagen möglichst wirtschaftlich auszubilden sein (vgl. auch Seite 65 und 126).

c) Rechenanlage und Sandfang.

Die Vorschaltung eines einfachen Rechens vor Aufleitung der Abwässer auf die Filterbetten wird in jedem Falle zweckmässig sein. Er soll ausschliesslich dem Zweck dienen, Holz, grössere Lumpen und sonstige sperrige Bestandteile von der eigentlichen Reinigungsanlage fernzuhalten. Die Kotballen sollen nicht am Rechen abgefangen, sondern in der Vorreinigung oder in der Filteranlage selbst zerlegt und endgültig beseitigt werden. Die heute in nur aus Absitzbecken bestehenden Reinigungsanlagen deutscher Städte üblich gewordenen teuren beweglichen Rechen-Konstruktionen, die einer möglichst sorgfältigen Herausfangung aller grobsinnlich wahrnehmbaren Bestandteile dienen, sind mithin für die vorliegenden Zwecke ungeeignet. Es genügen vielmehr vollständig die bei Beschreibung von einzelnen Anlagen näher angegebenen festen, schräg gestellten einfachen Gitter aus Vierkanteisen mit etwa einen Zoll lichtem Abstand zwischen diesen. Die Anordnung des Rechens hat bei künstlicher Hebung des Abwassers unmittelbar oberhalb des Einlaufs in die Pumpen zu erfolgen; bei natürlicher Vorflut zur Reinigungsanlage unmittelbar vor dieser, falls eine Vorreinigung nicht vorhanden ist; andernfalls vor letzterer.

Die Einschaltung eines Sandfanges wird in einem nach dem getrennten System durchgeführten Sietnetz oftmals nicht erforderlich



sein, insbesondere dann nicht, wenn eine Vorreinigung durch Absitzbecken vorhanden ist. Im Sammelsystem wird die Anbringung von den örtlichen Verhältnissen — Gefälle und Art der Deckung der Strassenoberflächen, Anordnung der Sinkkasten usw. — abhängig sein. Im allgemeinen wird sich die Anbringung im Sammelsystem empfehlen; doch sollen die Abmessungen des Sandfanges nur so gross sein, dass er dem durch seinen Namen gegebenen Zweck entspricht, und nicht etwa auch als Absitzbecken wirkt.

#### d) Vorreinigung.

Zwecks Ersparnis von Bau- und Betriebskosten ist es erstrebenswert, die Vorreinigung gänzlich in Fortfall kommen zu lassen. Die geringen Nachteile, die in diesem Falle bei kontinuierlichem Zufluss zur Reinigungsanlage infolge Aufleitung verschiedenartigen Abwassers — aus den ersten Morgen-, aus den Vormittags-, aus den Nachtstunden — auf die einzelnen Filterbetten entstehen, können durch die abwechselnde Benutzung der Filterbetten allmählich ausgeglichen werden.

Die Vorreinigung lässt sich in dem Falle vermeiden, dass die Filterbetten aus einem grobkörnigen Kiessand, der feinen Sand in nicht zu erheblichen Mengen enthält, aufgebaut sind. Hierbei wird eine gute natürliche Belüftung des Filters gewährleistet, die durch eine künstliche mittelst Drainagen mit hochgeführten Ent- bzw. Belüftungsrohren noch erhöht wird. Der auf den Betten unvermeidliche Niederschlag an Schwebestoffen kann bei einem grobkörnigen Material nicht wie auf einem feinen Sande eine einheitliche, die Belüftung des Filters allmählich unterbindende Schlammdecke bilden; er ist mithin weniger bedenklich. Natürlich ist die Schlammdecke von Zeit zu Zeit je nach Erfordernis abzukratzen.

Weiteres Erfordernis für die Vermeidung einer Vorreinigung ist, dass das Abwasser nicht allzu stark konzentriert ist; insbesondere auch darf es Fette und Seifen nicht im Uebermass enthalten. Die Fälle, in denen eine Vorreinigung sich vermeiden lässt, werden mithin nur beschränkte in Deutschland sein.

Eine Vorreinigung ist erforderlich für ein stärker konzentriertes Abwasser und für Filterbetten aus feinem Sandkies, dessen Porosität geringer ist. Von den üblichen Arten der Vorreinigung, Absitzbecken, Faulbecken, chemische Fällung, scheidet die letztere von vornherein aus, weil sie zu teuer ist; auch überzieht der durch Fällmittel vorbe-



handelte Abfluss aus der Vorreinigungsanlage die Oberflächen der Filterbetten mit einer für die Luft und hiermit für die notwendige Oxydation, sowie bald auch für die Abwässer undurchdringlich werdenden Schicht.

Das Faulverfahren verdient nach Erachten des Verfassers im allgemeinen den Vorzug als Mittel zur Vorreinigung<sup>1)</sup>. Ganz besonders empfehlenswert ist es für ein durch industrielle Zuflüsse nicht beeinflusstes Abwasser. Einmal bewirkt es die wünschenswerte Durchmischung des während der einzelnen Tagesstunden verschiedenartigen Zuflusses, andererseits wirkt es durch die Zerlegung der festen Stoffe in einfachere Formen teils schlammverzehrend, teils schlammverdichtend. Nicht ganz einfach ist die konstruktive Ausbildung der Faulbecken, um bei länger dauerndem Betrieb das Fortreissen von mehr oder weniger feinen Teilen des Schlammes aus der Schwimm- oder Bodenschicht zu vermeiden. Zweckmässig erscheint dem Verfasser die hierfür in Saratoga Springs gewählte Anordnung (vergl. S. 129). Die Durchflusszeit des Abwassers durch die Faulbecken soll so bemessen sein, dass vom Zeitpunkt der Entstehung der Abwässer bis zu ihrer Aufleitung auf die Filterbetten ein Zeitraum von 24 Stunden durchschnittlich nicht überschritten wird. Andernfalls tritt infolge der anaëroben Wirkung in den Faulbecken eine so starke Veränderung des Abwassers ein, dass die nachfolgende von Oxydationswirkungen abhängige Behandlung in den Filterbetten selbst bei Zwischenschaltung einer Belüftung Schwierigkeiten bietet.

Das vorgefaulte Abwasser ist jedenfalls vor bzw. bei der Aufleitung auf die Filterbetten einer entsprechenden Belüftung zu unterziehen. Die von einem Belüfter bei Beschickung mit häuslichem

---

1) Verfasser steht hiermit wohl in gewissem Gegensatz zu den jetzigen Anschauungen der Chemiker des staatlichen Gesundheitsrates von Massachusetts, die auf Grund der Beobachtungen an den kleinen Versuchsanlagen in Lawrence, Andover und der Reinigungsanlage von Hopedale das Faulverfahren für nicht geeignet erklären. Bei Beschreibung dieser einzelnen Anlagen hat Verfasser jedoch ausgeführt, dass teils infolge der geringen Abmessungen und teils der unzureichenden Konstruktion der Faulbecken unkontrollierbare Strömungen entstehen, die die geringen Veränderungen des Abwassers während des Durchflusses bei einem dauernden über Jahre sich erstreckenden Betriebe erklären, und dass ferner die mangelnde Belüftung des vorgefaulten Abwassers den ungünstigen Einfluss desselben auf die Reinigung in den Filterbetten begründet. Die günstigen Ergebnisse der mit vorgefaultem und dann belüftetem Abwasser betriebenen Filterbetten in Saratoga Springs zeigen andererseits den hohen Wert einer Vorreinigung mittelst des Faulverfahrens.



Abwasser ausgehenden Gerüche sind gleich null oder so geringfügig und örtlich, dass sie für die Frage der Errichtung eines Belüfters ohne Belang sind. Selbstverständlich muss man bei dieser Prüfung von dem Gedanken ausgehen, dass eine Abwasserreinigung eine industrielle Anlage ist; mit einer solchen sind fast stets gewisse Mängel verbunden, die aber belanglos sind, so lange sie die Allgemeinheit nicht belästigen. In Gegenden, in denen im Winter starke Kälte herrscht, wird es sich trotz der auf den Faulbecken entstehenden schützenden Schwimmschicht empfehlen, die Becken zu überwölben und etwaigenfalls noch durch eine Erdschüttung vor dem Froste zu schützen. Je wärmer das Abwasser ist und erhalten bleibt, um so stärker ist sowohl die Wirkung der anaeroben Bakterien im Faulbecken wie diejenige der aeroben in den Filterbetten.

Das Absatzbecken wird bei Behandlung eines durch industrielle Abflüsse stärker beeinflussten Abwassers mit dem Faulverfahren in ernstlichen Wettbetrieb treten können. In diesem Falle sind je nach der Menge und Beschaffenheit der industriellen Zufüsse die sonst vorhandenen Vorzüge des Faulbeckens, bestehend in der Zerlegung der festen Bestandteile in einfachere Formen und hiermit der Schlammverminderung und Schlammverdichtung gar nicht oder in erheblich verringertem Masse vorhanden; dagegen machen die Gerüche sich vielfach stärker bemerkbar.

#### e) Anordnung der Verteilungskammern.

Sowohl bei Vermeidung wie bei Anordnung einer Vorreinigung empfiehlt es sich dringend, das Abwasser vor Aufleitung auf die Filterbetten einer oder bei grösseren Anlagen auch mehreren Verteilungskammern zuzuführen: Durch sie wird die Beschickung jedes einzelnen Filterbettes mit einer jedesmal bestimmten Menge von Abwasser gewährleistet. Der Betrieb dieser Verteilungskammern kann entweder von Hand oder selbsttätig erfolgen; letztere Anordnung ist in betriebs-technischer und wirtschaftlicher Beziehung vorzuziehen, falls ihr dauerndes Funktionieren gewährleistet bleibt.

#### f) Filterbetten.

Bereits auf Seite 51 u. f. ist über die Filterbetten eine zusammenfassende Uebersicht, die sich auf die amerikanischen Erfahrungen stützt, gegeben worden; auf diese sei zunächst verwiesen. Es



genügt daher, im Nachfolgenden die unter deutschen Verhältnissen erforderlichen Abweichungen und etwaige Ergänzungen nachzutragen.

Besonders geeignet ist das Verfahren für einen Boden, der keine oder nur wenig organische Stoffe enthält. Die Ackerkrume, die sich in der Regel, und der Lehm Boden, der sich vielfach über den natürlichen Lagen von Sand und Kies findet, sind daher bei Anlage von Filterbetten sorgfältig zu beseitigen. Sie finden zweckmässig Verwendung zur Anlage der mit Gras oder anderweitig zu bepflanzen Wege und Dämme zwischen den einzelnen Betten. Das Verfahren steht hierin in besonderem Gegensatz zu dem Rieselfeldverfahren: Die landwirtschaftliche Nutzung des Bodens ist nur dann möglich, wenn eine Ackerkrume von hinreichender Stärke von Beginn an vorhanden ist oder künstlich durch den Rieselbetrieb allmählich geschaffen wird.

Die Beschickungen der Filterbetten sollen in bestimmten Zeitintervallen in möglichst kurzer Zeit und in solchen Mengen erfolgen, dass eine gleichmässige Ueberstauung der ganzen Fläche des betreffenden Bettes erzielt wird. Das Bestreben, die festgesetzten Beschickungsmengen in möglichst kurzer Zeit auf das Bett zu führen, macht es erforderlich, sämtliche Zuleitungen ausreichend gross zu dimensionieren; es ist ein weit geringerer Fehler, ihre Abmessungen etwas zu gross als etwas zu klein zu wählen.

Ueber die zweckmässige Grösse der Beschickungsmengen pro Hektar und Tag lassen sich mit Rücksicht auf die in jedem Falle vorhandenen Besonderheiten des Abwassers und des zur Verfügung stehenden Filtermaterials allgemein gültige Angaben nicht machen. Ueberschlägliche für Vergleichszwecke genügende Angaben sind auf Seite 158 bereits gegeben.

Nicht allein die zutreffende Bestimmung der pro Hektar und Tag zweckmässigen Beschickungsmengen, sondern auch die Grösse der jedesmaligen Beschickungsmengen und die Dauer der Ruhepausen zwischen diesen sind für die Herbeiführung und Erhaltung eines dauernd zufriedenstellenden Betriebes von grossem Einflusse. In Massachusetts sind leider diesbezügliche scharfe vergleichende Versuche nicht angestellt worden, obschon man sich der Wichtigkeit einer genauen Erkenntnis der diesbezüglichen Vorgänge nicht verschlossen hat. Professor Dunbar hat neuerdings auf die Notwendigkeit diesbezüglicher Versuche hingewiesen und einige wichtige von ihm durch-



geführte beschrieben<sup>1)</sup>; doch sind seine Versuche zu einem abschliessenden Ergebnisse noch nicht gelangt.

Es ist — nach Erachten des Verfassers — wichtig, durch Versuche festzustellen, ob und welche Unterschiede in den Reinigungseffekten bestehen, falls die jedesmaligen Beschickungsmengen innerhalb der Wasserkapazität des Filters verbleiben oder dieselbe überschreiten. Ferner ist es notwendig, durch Versuche nachzuweisen, ob die Ruhepausen zwischen zwei aufeinander folgenden Beschickungen nach Tagen oder nach Stunden zu wählen sind. Während die Chemiker der staatlichen Versuchsanstalt in Lawrence ihre grossen im Freien gelegenen Versuchsfilter heute noch, wie in den ersten Jahren, höchstens einmal in 24 Stunden beschicken, neigen die Chemiker des Technologischen Instituts zu Boston, sowie Mr. F. A. Barbour und andere Fachleute heute mehr zu nur nach Stunden zählenden Ruhepausen. Bei gleich grossen Beschickungsmengen pro Hektar und Tag nähert sich erstere Methode dem Füllverfahren — ohne diesem gleich zu kommen, weil die Wasserkapazität im Filter nicht überschritten wird, also stets Luft in diesem verbleibt —, letztere dagegen dem bei Sprinklersystemen üblichen Verfahren. Verfasser hält die Methode, kleinere, aber entsprechend häufigere Beschickungen vorzunehmen, für die richtigere.

Bei allen Versuchen müssen die vorstehend gegebenen Voraussetzungen, nämlich Aufleitung in möglichst kurzer Zeit und in Mengen, die eine vollständige Ueberstauung des Filterbettes sichern, erfüllt sein. Auch müssen derartige Versuche an möglichst grossen, den „städtischen Filtern“ an Grösse nahekommenden Anlagen und im Freien ausgeführt werden; letzteres, um die Einwirkungen des Frostes und Schnees zu erkennen.

#### g) Nachbehandlung des gereinigten Abwassers.

Eine Nachbehandlung des gereinigten Abwassers wird in sorgfältig betriebenen Anlagen mit geeignetem Untergrund im allgemeinen nicht erforderlich sein. Ein mechanisches Mitreissen von festen Stoffen, wie man es bei künstlichen biologischen Körpern aus groben Schlacken und ähnlichem Material bisweilen beobachtet, tritt bei intermittierenden Bodenfiltern nicht ein; die hinter ersteren aus diesem Grunde bisweilen eingeschalteten flachen Absitzbecken sind mithin für intermittierende Bodenfilter nicht notwendig.

1) s. Dunbar, Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. S. 201 u. f.



## h) Landwirtschaftliche Nutzung der Filterbetten.

Es ist im allgemeinen erforderlich, den auf der Oberfläche der Filterbetten sich niederschlagenden Schlamm regelmässig, und zwar mindestens einmal im Frühjahr und einmal im Herbst, durch Abkratzen zu beseitigen. Im langjährigen Betriebe wird es sich nicht vermeiden lassen, auch eine mehr oder weniger starke Schicht des eigentlichen Filtermaterials bei diesen sich stetig wiederholenden Reinigungsarbeiten abzunehmen. Trotzdem tritt allmählich eine gewisse Ansammlung organischer und mineralischer Substanzen in der verbleibenden obersten Schicht des Filters ein. Hierdurch wird zwar einerseits der Verlust an Filtermaterial teilweise wieder aufgehoben, andererseits aber auch eine gewisse Veränderung desselben hervorgerufen. Wie weit diese Veränderung bei einem Betriebe von länger als zwanzigjähriger Dauer als ein Nachteil sich herausstellen wird, ist noch nicht erwiesen. Die angesammelte mineralische Substanz wird im allgemeinen nur das Porenvolumen des Filters an seiner Oberfläche verändern, und zwar meistens verkleinern; hierdurch wird die Aufnahmefähigkeit des Filters für Abwasser und seine Belüftung verringert.

Von der angesammelten organischen Substanz werden gewisse Mengen und Bestandteile durch geeignete landwirtschaftliche Bepflanzung zweifellos sich beseitigen lassen. Abgesehen von den auf Seite 34 bereits angedeuteten Versuchen des staatlichen Gesundheitsrats sind jedoch genauere diesbezügliche Feststellungen noch nicht vorhanden. Es erscheint daher nicht unangebracht, die Beseitigung angesammelter organischer Substanzen auf einem in langjährigem Dauerbetriebe geschwächten Filterbette durch intensive ein- oder mehrjährig fortgesetzte geeignete Bepflanzung auch im Grossbetriebe für die städtischen Filter in Betracht zu ziehen.

## i) Bau- und Betriebskosten von Filterbetten.

Für die Baukosten allgemein gültige Sätze anzugeben, ist nicht möglich. Aus der Natur der Sache folgt, dass sie annähernd die gleichen wie bei der Herstellung von Rieselfeldern sein werden. Sowohl die Kosten der Aptierung, wie der Drainierung werden annähernd dieselben sein.

Auch die Betriebskosten werden je nach der Einrichtung der Anlage recht verschiedenartige sein. Verfasser muss sich beschränken, auf die Angaben auf Seite 148 hinzuweisen.



**Vergleich mit dem Rieselfeldverfahren, mit besonderer  
Berücksichtigung der Berliner Rieselfelder.**

Rieselfelder und intermittierende Bodenfilter stehen einander nahe infolge Benutzung des gewachsenen Bodens als Filtermaterials. Sie unterscheiden sich dadurch, dass ersteres Verfahren die landwirtschaftliche Nutzung des gewachsenen Bodens planmässig betreibt und den Rieselbetrieb landwirtschaftlichen Bedürfnissen anpasst, die intermittierende Bodenfiltration dagegen die landwirtschaftliche Nutzung des Bodens planmässig ausschliesst und ihn nur als Filter für das Abwasser benutzt. Mit beiden Verfahren lassen sich Abwässer in für praktische Bedürfnisse zufriedenstellendem Grade reinigen: Das Drainwasser aus sorgfältig betriebenen und mit geeignetem Untergrund versehenen Rieselfeldern, insbesondere aus den in den letzten Jahren vielfach eingeführten Doppelrieselungsanlagen wird erfolgreich zur Speisung von Fischteichen zur Forellenzucht verwendet; z. B. auf dem Rieselgut Malchow von Berlin. Die Vorflutwässer mehrerer Reinigungsanlagen mittelst intermittierender Bodenfiltration in Massachusetts fliessen unmittelbar in die nicht übermässig grossen oder tiefen Staubecken der Wasserversorgung von Boston und Umgegend.

Allerdings weichen die chemischen Analysen des Drainwassers intermittierender Bodenfilter und Rieselfelder trotz beiderseits zufriedenstellender Beschaffenheit im allgemeinen nicht unerheblich von einander ab, soweit hierüber die wenigen für letztere dem Verfasser zur Verfügung stehenden Analysenangaben ein Urteil zulassen: Der Verdampfungsrückstand erleidet bei intermittierenden Bodenfiltern eine erhebliche (bis  $\frac{2}{3}$  des ursprünglichen) Herabsetzung — vgl. Tabellen No. 69 und 70 —. Die Mengen an Nitraten in den Abflüssen sind bei Rieselfeldern sehr viel erheblicher als bei den intermittierenden Bodenfiltern<sup>1)</sup>. Bei beiden Verfahren erleiden freies und an organische

1) Man vergleiche auch die bekannten nach Prof. Piefke für die Berliner Rieselfelder geltenden Normalien: In 100000 Teilen des Filtrates dürfte enthalten sein:

Trocken- rückstand	Glüh- verlust desselben	Uebermangan- saureres Kali erforderlich	Ammoniak	Organisch gebun- denes Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpeter- säure	Chlor	Phosphor- säuren	Zahl der Keime
120	18	3	0,6	0.1	1,0	16	22	0,25	5000



Stoffe gebundenes Ammoniak eine starke Herabsetzung, und wird die Zahl der Keime im Kubikcentimeter stark verringert, doch schwankt die wirklich vorhandene Zahl zwischen ziemlich weiten Grenzen.

Die landwirtschaftliche Nutzung der Rieselfelder zwingt, die täglichen Beschickungsmengen für das Hektar berieselte Fläche den landwirtschaftlichen Bedürfnissen anzupassen. Nach den Jahresberichten der Deputation für die Kanalisationswerke und Rieselfelder der Stadt Berlin für die Geschäftsjahre 1901—1906 ergeben sich die in nachfolgender Tabelle No. 76 angegebenen durchschnittlichen täglichen Beschickungsmengen von rd. 33 cbm f. d. ha — bei 365 Tagen im Jahre. Aus der Tabelle ist weiter ersichtlich, dass auf einem Hektar Berliner Rieselfeld täglich durchschnittlich die Abwässer von 275 Personen mit einem Wasserverbrauch von 120 l pro Kopf und Tag dauernd gereinigt werden können.

Bei der intermittierenden Bodenfiltration lassen sich nach dem auf Seite 158 Gesagten auf einem Hektar Filterbett die Abwässer von 3100 Personen mit einem Wasserverbrauch von annähernd gleichfalls rd. 120 l pro Kopf und Tag dauernd zufriedenstellend reinigen. Es genügt mithin bei der intermittierenden Bodenfiltration annähernd  $\frac{1}{11}$  der gesamten beim Rieselfeldbetrieb erforderlichen Filterflächen für eine dauernde zufriedenstellende Reinigung von gleich grossen Mengen an Abwässern.

Die Aptierungs- und Drainierungskosten intermittierender Bodenfilter werden von denen für Rieselfelder sich nicht wesentlich unterscheiden. In einem ganz oder nahezu horizontalen Gelände werden jedoch diese Kosten für Bodenfilter sich der Regel nach billiger als für Rieselfelder stellen, weil bei ersteren der für die Herstellung der Wege, Dämme usw. erforderliche Boden ohne weiteres durch Abheben der Humusschicht gewonnen wird, während bei letzteren geeigneter Boden angefahren werden muss, falls man die natürliche Humusdecke erhalten will.

Rieselfelder sowohl wie Bodenfilter sind der Gefahr einer Verschlammung durch die im Abwasser enthaltenen festen Stoffe ausgesetzt. Von beiden müssen diese Stoffe entweder durch eine sorgsame Vorreinigung oder durch regelmässiges mechanisches Abkratzen der Oberflächen der Felder ferngehalten werden. Die Verfahren stehen in dieser Hinsicht mithin auf gleicher Höhe.

Im Vorzug ist das Rieselfeldverfahren vor den intermittierenden Bodenfiltern durch die landwirtschaftliche Ausnutzung eines Teils der im Abwasser mitgeführten wertvollen Dungstoffe, der durch die Auf-



Tabelle No. 76.  
Berliner Rieselfelder.

Geschäftsjahr	1901	1902	1903	1904	1905	1906
Durchschnittliche tägliche Beschickungsmenge in cbm für den ha. . . . .	34,22	32,29	33,20	32,74	34,54	34,55
Durchschnittliche jährliche Beschickungsmenge in cbm für den ha. . . . .	12488	11787	12118	11951	12608	12610
Grösse der gesamten berieselten Flächen in ha. . . .	6704	6783	6836	7278	7525	7989
Nach den Rieselfeldern gefördertes Abwasser pro Kopf und Tag in Litern . . . .	118	116	120	126	128	132
Wasserverbrauch aus den städtischen Wasserwerken pro Tag und Kopf in Litern . . . .	79,86	79,13	81,24	84,17	83,30	94,98
Gesamtzahl der an die Kanalisation angeschlossenen Bevölkerung . . . . .	1937311	1960832	1956040	1956354	2091127	2135383

Tabelle No. 77.  
Berliner Rieselfelder.

Geschäftsjahr	1899	1901	1902	1903	1904	1905	1906
Betriebseinnahmen in M. . . . .	2546460,41	2438938,24	2957955,04	3257968,43	3315125,05	3357028,49	3693100,12
Betriebsausgaben in M. . . . .	2329452,08	2612613,90	2790954,09	2876102,29	3002689,30	3259186,34	3416095,05
Ueberschuss in M. . . . .	217008,33	—	167000,95	381866,14	312435,75	97842,15	277005,07
Zuschuss in M. . . . .	—	173630,66	—	—	—	—	—

Bemerkungen. Die Einnahmen ergeben sich aus dem Betriebe der Riesel- und Feldwirtschaft, aus der Viehhaltung, den Obstbaumanlagen und der Forstwirtschaft, den Pachten, dem Brennereibetrieb und verschiedenen kleinen Erträgen. Die Betriebsausgaben setzen sich zusammen aus den allgemeinen Kosten — Gehälter für Beamte, Löhne, Abgaben und Lasten, Unterhaltung der Baulichkeiten und des Inventars, Beschaffung und Unterhaltung von Maschinen, Ackergeräten, Geschirren und Verschiedenem —, sowie der Kosten der Bewirtschaftung — Löhne für Riesel- und Wirtschaftspersonal, Dünger, Saatkorn und Betriebsmaterial, Viehhaltung, Obstbaumanlagen und Baumschulen, Brennmaterial —. In die Betriebsausgaben sind nicht die Kosten für die Aptierung und Drainierung neuer Felder, noch für die Herstellung neuer oder Umlegung alter Drainagen in bereits aptierten Feldern einbegriffen.



nahmefähigkeit der im Rieselfeldbetrieb verwendeten Nutzpflanzen an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali usw. bestimmt ist. Jedoch bei den besten und mit den kleinsten Beschickungsmengen bewirtschafteten Rieselfeldern wird nur ein Viertel bis die Hälfte der ganzen im Abwasser enthaltenen Mengen dieser Stoffe ausgenutzt; der weitaus grössere Teil geht im Abfluss verloren.

Die aus dem landwirtschaftlichen Betrieb gut geleiteter Rieselfelder sich ergebenden jährlichen Einnahmen geben in der Regel einen nach dem Ausfall der Ernte und der zeitigen Konjunktur sich richtenden geringen Ueberschuss über die Betriebsausgaben. Die beigelegte Tabelle No. 77 gibt als Beispiel die für die Rieselfelder der Stadt Berlin in den letzten Jahren erzielten Betriebsergebnisse. Allgemein sind diese jedoch so gering, dass von einer angemessenen Bodenrente, d. h. einer Verzinsung des in den Grund und Boden gesteckten Kapitals und hiermit einer Rentabilität der Rieselfelder nicht die Rede sein kann.

Intermittierende Bodenfilter können — abgesehen vielleicht vom gelegentlichen Erlös für angesammelten Schlamm — Einnahmen nicht ergeben. Ihr Betrieb erfordert dauernd die Bereitstellung entsprechender Summen, für deren Grösse allgemein gültige Angaben sich zurzeit nicht machen lassen.

Der Betrieb von Rieselfeldern scheidet sich in den von den Rieselwärtern besorgten kanalisationstechnischen und den von der Gutsverwaltung geübten landwirtschaftlichen. Bei der intermittierenden Bodenfiltration fällt letzterer — dessen Kosten durch den Ertrag der Felder wieder eingebracht werden — ganz fort, ersterer wird erheblich grösser. In grossen Anlagen wird es jedenfalls empfehlenswert sein, den Betrieb für die Zuführung der Abwässer und die Ableitung des Filtrates von den Arbeiten für die regelmässige Reinigung und Unterhaltung der Felder zu trennen; in diesem Falle wird voraussichtlich ein Arbeiter auch 35—40 ha Rieselfläche — wie die Rieselwärter der Berliner Rieselfelder — täglich bedienen können.

Bei einem rein finanziellen Vergleich für eine zu errichtende Neuanlage wird man die jährlichen Aufwendungen für Verzinsung und Amortisation des grösseren Bedarfs an Bodenfläche beim Rieselfeldbetriebe den jährlichen Mehrkosten des Betriebes intermittierender Bodenfilter gegenüberstellen, nötigenfalls unter gleichzeitiger Berücksichtigung der allmählichen Wertsteigerung der Grundstücke.

Die vorstehenden Angaben können natürlich nur vorläufige sein.



Erst über Jahre ausgedehnte vergleichende Versuche im grössten Massstabe werden endgültige Klarheit schaffen, bis zu welchem Grade die intermittierende Bodenfiltration den bewährten Rieselfeldbetrieb von Fall zu Fall zu ersetzen in der Lage ist.

Für Gross-Berlin würde eine teilweise Ersetzung der Rieselfelder durch intermittierende Bodenfilter bei langsamem planmässigem Vorgehen gewiss manche Vorteile bringen. Der Gürtel der Rieselfelder, der im Norden und Süden, teils auch im Osten die Entwicklung Gross-Berlins begrenzt, würde durchbrochen: Raum für Parkanlagen, Villenkolonien und Stadterweiterungen würde geschaffen. Der Gartencitybewegung und dem in letzter Zeit vielfach besprochenen grosszügigen Bebauungsplan von Gross-Berlin würde eine weite Perspektive eröffnet werden.

Beispiel: Vergleichende Kostenberechnungen für Reinigungsanlagen mittelst intermittierender Bodenfiltration und Rieselfelder für eine Grossstadt von 250000 Einwohnern.

Von Wert dürfte es sein, in einem Beispiel für eine Grossstadt die Anlagekosten einer Reinigungsanlage mittelst intermittierender Bodenfiltration im Vergleiche zu denen einer solchen mittelst Rieselfeldverfahrens gegenüberzustellen. Ein derartiger Vergleich kann natürlich nur einen oberflächlichen Ueberblick geben; in Wirklichkeit werden die örtlichen Verhältnisse von Fall zu Fall erhebliche Abweichungen zur Folge haben.

Zugrunde gelegt sind:

Grossstadt von 250000 Einwohnern mit einem zur Reinigungsanlage gehenden Abflusse wesentlich häuslichen Charakters von 120 l für den Kopf und Tag der Bevölkerung.

Eine Vorreinigung wird entweder als nicht vorhanden angenommen, oder — falls vorhanden — werden ihre Kosten als gleich hoch für intermittierende Bodenfilter wie Rieselfelder zugrunde gelegt; eine Annahme, die durchaus für diese Vergleichsrechnung zulässig ist.

Die Aptierungs- und Drainierungskosten sind in beiden Fällen ebenso gleich hoch, und zwar zu 2800 M. f. d. ha, einschliesslich der auf den Feldern anzulegenden Wege, Dämme und Gräben, angenommen.

Die Grunderwerbskosten sind einmal mit dem für die ursprünglichen Anlagen von Rieselfeldern in der Nähe von Berlin als Durchschnittssatz zu betrachtenden Betrage von 2100 M. f. d. ha und



dann nochmals mit dem hohen für die letztjährigen Ankäufe von Rieselland in der Umgegend von Berlin etwa geltenden Satze von 4200 M. f. d. ha gewählt.

Zulässige Belastung: 375 cbm für Bodenfilter f. d. ha und Tag, sowie 33 cbm für Rieselfelder pro ha und Tag, beide bei einem Wasserverbrauch von etwa 120 Litern f. d. Kopf und Tag.

Hiernach: Gesamter Wasserverbrauch

$$250000 \cdot 0,120 = 30000 \text{ cbm f. d. Tag.}$$

Erforderlicher Grunderwerb für die Felder selbst:

A. Intermittierende Bodenfilter:	B. Rieselfelder:
$\frac{30000}{375} = 80 \text{ ha.}$	$\frac{30000}{33} = 909 \text{ ha.}$

Anlagekosten der Felder selber nebst Wegen, Dämmen und Gräben auf ihnen.

A. Intermittierende Bodenfilter:

Aptierung und Drainierung . . .	80 · 2800 = 224000,00 M.
Grunderwerb . . . . .	80 · 2100 = 168000,00 M.
hierzu für Wege, Dämme, Gräben	
10 v. H. an Grunderwerb . . .	8 · 2100 = 16800,00 M.
	Summe: = 408800,00 M.

B. Rieselfelder:

Aptierung und Drainierung . . .	909 · 2800 = 2545200,00 M.
Grunderwerb . . . . .	909 · 2100 = 1908900,00 M.
hierzu für Wege, Dämme, Gräben	
10 v. H. an Grunderwerb	90,9 · 2100 = 190890,00 M.
	Summe: = 4644990,00 M.

Gemäss Vorstehendem beträgt in vorliegendem Beispiel der Bedarf an Grundfläche für intermittierende Bodenfilter nur 8,8 v. H. desjenigen für Rieselfelder. Die Kosten der gesamten eigentlichen Reinigungsanlagen belaufen sich für erstere auf nur 8,7 v. H. derjenigen für letztere.

Noch ungünstiger wird der Vergleich für die Rieselfelder, wenn man die Nebenkosten in Betracht zieht. Die Grunderwerbs-, Anlage- und Betriebskosten einer Vorreinigung wird man für beide Fälle bei diesem überschläglichen Vergleiche gleich hoch annehmen dürfen. Darüber hinaus bedürfen die im Vergleich zu Rieselfeldern nur wenig umfangreichen Bodenfilter keine grösseren Flächen: 10 v. H. als Zuschlag



für etwaige Flächen zur Unterbringung von Schlamm, für wegen Beschaffenheit des Untergrundes, Geländeformation oder aus anderen Gründen zur Anlage von Feldern ungeeigneten Grund und Bodens, für Errichtung von Wohn- und Wirtschaftsgebäuden werden genügen.

Für Rieselfelder sind dagegen weit grössere Flächen als 10 v. H. als Zuschlag zu nehmen. Der Umfang der Rieselfelder bringt es mit sich, dass auf ihnen sich stets grössere zur Anlage von Feldern wegen ihres Untergrundes, ihrer Formation usw. ungeeignete Flächen befinden. Der landwirtschaftliche Betrieb der Felder bedingt grosse Flächen für die Wohn- und Wirtschaftsgebäude, für Stallungen, Scheunen usw., ferner für nicht zu berieselnde, landwirtschaftlich jedoch zu benutzende Felder. Diesen Mehrbedarf an Flächen wird man mit insgesamt 25 v. H. nicht zu hoch einschätzen, wie ein Ueberblick auf voll ausgebaute Rieselfelder in der Nähe Berlins lehrt.

Hiernach würden allein durch den erforderlichen Mehrbedarf an Grund und Boden sich die vorstehend ermittelten Kosten erhöhen um:

Für intermittierende Bodenfilter:

Gemäss Vorstehendem . . . . .	408 800,00 M.
Hierzu 10 v. H. für Grunderwerb	
mehr $8,8 \times 2100 =$ . . . . .	18 480,00 M.
	<u>Gesamtkosten: 427 280,00 M.</u>

Für Rieselfelder:

Gemäss Vorstehendem . . . . .	4 644 990,00 M.
Hierzu 25 v. H. für Grunderwerb	
mehr $250 \times 2100 =$ . . . . .	5 250 000,00 M.
	<u>Gesamtkosten: 5 169 990,00 M.</u>

Die Gesamtkosten intermittierender Bodenfilter im Vergleich zu Rieselfeldern stellen sich mithin für eine Stadt von 250 000 Einwohnern mit einem Abfluss von 120 l für den Kopf und Tag zur Reinigungsanlage unter Annahme gleicher Kosten für die Vorreinigung, für das ha Grunderwerb, sowie aptierte und drainierte Flächen auf überschläglich 4 270 000,00 M. gegen 5 170 000,00 M., d. h. auf nur 8,2 v. H. der letztgenannten Summe. Nicht berücksichtigt sind in vorstehender Aufstellung die Kosten für Wohn- und Wirtschaftsgebäude und andere Hochbauten, die natürlich für die wenig umfangreichen Bodenfilter erheblich billiger als für die entsprechenden Rieselfelder mit landwirtschaftlicher Nutzung sind.

Würde man die zu 2100 M. für das ha durchschnittlich ange-



nommenen Grunderwerbskosten doppelt so hoch, also zu 4200 M. für das ha wählen, so würden die gesamten Kosten, wie eine kurze Ueberlegung zeigt, sich ergeben zu:

Für intermittierende Bodenfilter:

Aptierung und Drainierung . . .	224 000,00 M.
Grunderwerb — insgesamt . . .	406 580,00 M.
	<u>Summe: 630 580,00 M.</u>

Für Rieselfelder:

Aptierung und Drainierung . . .	2 545 000,00 M.
Grunderwerb — insgesamt — . .	4 199 580,00 M.
	<u>Summe: 6 744 780,00 M.</u>

**Intermittierende Bodenfiltration als Mittel zur Nachreinigung von Abwässern.**

Die fortgeschrittene technische und wissenschaftliche Ausbildung der künstlichen biologischen Filter hat auch in Nordamerika in den letzten Jahren dazu geführt, dieses System für die endgültige Reinigung der Abwässer mehrerer Städte anzunehmen. Derartige Anlagen grossen Umfangs sind in Columbus (Ohio) und in Reading (Pennsylvania) im Jahre 1907 in Betrieb genommen, sowie in Baltimore — durch dessen Abwässer die Austernbänke an der Mündung des Potomacflusses zurzeit stark verunreinigt werden — und für die südlichen Stadtteile von Chicago in Aussicht genommen. In allen diesen Anlagen haben die von den künstlichen biologischen Filtern abfliessenden gereinigten Wässer noch flache Absitzbecken zu durchlaufen, in denen die mechanisch von dem grobkörnigen Filtermaterial abgerissenen festen Stoffe niedergeschlagen werden. Für Columbus und Baltimore ist ausserdem eine Nachbehandlung des gereinigten Wassers mittelst intermittierender Bodenfilter in Aussicht genommen. Mittelst dieser doppelten Filterung wird auf der kleinsten möglichen Fläche eine vorzügliche Reinigung des Abwassers erzielt.

Auch für die insbesondere auf den Berliner Rieselfeldern mehr und mehr eingeführte Nachreinigung des Filtrates in Doppelrieselungsanlagen dürfte es zweckmässig sein, intermittierende Bodenfilter zunächst versuchsweise einzuführen. Nicht allein würde hierdurch infolge der grossen zulässigen Beschickungsmengen eine sehr erhebliche Ersparnis an Fläche im Vergleich zu dem jetzt üblichen Verfahren erzielt werden, sondern es würde auch die Möglichkeit geboten, vergleichende Versuche über den Reinigungseffekt in den intermittierenden



Bodenfiltern in grossem Masstabe anzustellen. Versuche werden be-  
weisen, ob intermittierende Bodenfilter mehr noch als die jetzt üblichen  
Verfahren der Doppelrieselung geeignet sind, die vielfach zu beobach-  
tenden Algenbildungen in den Vorflutgräben der Rieselfelder erheblich  
zu verringern.

#### Literaturangaben.

1. Annual Reports of the State Board of Health of Massachusetts. Jahrgang 1887—1906. (Boston, Wright and Potter Printing Co.)
2. Annual Reports of the Metropolitan Water and Sewerage Board. Jahrgang 1899—1906. (Boston, Wright and Potter Printing Co.)
3. Contributions from the Sanitary Research Laboratory and Sewage Experiment Station (of the Massachusetts Institute of Technology). Vol. II and III.
4. Sewage Disposal in America. By George W. Fuller. (Transactions Am. Soc. C. E. Vol. LIV. Part E. 1905.)
5. A Description of Sewage Disposal Systems in Massachusetts. By Henry Goodnough. (Journal of the Association of Engineering societies. Vol. XXXII. No. 5. May 1904.) Adaptability of the Massachusetts Method of Intermittent Sand Filtration to Sewage Disposal Problems in Other States. By F. Herbert Snow (Ibidem).
6. The Relation of the Suspended Matter in sewage to the problem of sewage disposal. By Harrison P. Eddy and Almon L. Fales. (Journal of the Association of Engineering Societies. Vol. XXXVII. No. 2. August 1906.)
7. Annual Reports of the City engineer of the City of Brockton. Jahrg. 1895 bis 1905. (The Keystone Press. 17. E. Elm St. Brockton.)
8. Report of the Sewer Commissioners of the town of Gardner. Jahrg. 1904 bis 1906.
9. Annual Reports of Superintendent of sewers of the city of Worcester. Jahrg. 1895—1906.
10. Annual Reports of the City engineer of the city of Providence. Jahrg. 1906. (Snow and Farnham. City Printers. 63. Washington Str.)
11. Jahres- oder spezielle Berichte mehrerer kleinerer Gemeinden in Massachusetts z. B. Natick; of the Committee on construction. 1897. Hudson 1903. Andover 1894. Milford 1906. Northbridge 1904 usw.
12. The Sewage Disposal Works at Saratoga. N. Y. By F. A. Barbour. (Journal of the Association of Engineering Societies. Vol. XXXIV. No. 2. February 1905.)
13. Municipal Sewage (Bericht über die Reinigungsanlage in Saratoga Springs). By Douglas C. Moriarta, M. D., in Saratoga Springs. (The New York State Journal of Medicine, February 1905.)
14. Report of an Examination of Sewage Purification Plants in Ohio. By R. Winthrop Pratt. (Report of the State Board of Health of Ohio. 1903.)
15. Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. Von Prof. Dr. Dunbar. 1907.
16. Bericht der Deputation der städtischen Kanalisationswerke und Rieselfelder der Stadt Berlin. Jahrg. 1901—1906.



Tabelle No. 10.  
 Analysen des durchschnittlichen Abflusses des Versuchsfilters No. 1 in Lawrence.  
 Teile in 100 000.

Monat	Tägl. Beschickungsmenge für 6 Tage in cbm für den ha				Temperatur in C.								Zeitdauer des Verbleibens des Abwassers auf der Oberfläche in Minuten				Aussehen								Freies Ammoniak insgesamt				Albuminoid-Ammoniak insgesamt				Chlor				Stickstoff als				Sauerstoffverbrauch				Bakterien im ccm								
					im Abwasser				im Abfluss								Trübung				Farbe				Nitrate		Nitrite		Nitrate		Nitrite																						
	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906									
Januar	1060	1000	565	622	7,3	11,7	10,4	16,7	3,9	4,7	2,3	6,2	285	56	764	50	sehr schwach	stark	schwach	0,4	0,20	0,48	0,81	0,28	0,30	0,92	3,80	1,00	0,07	0,13	0,13	0,05	6,55	5,21	7,73	5,20	1,44	1,25	0,74	3,04	0,02	0,07	0,00	0,01	0,45	0,77	1,23	0,58	25 789	45 400	155 900	7550	
Februar	1070	470	600	575	7,3	8,7	10,4	13,8	2,3	4,7	2,3	5,5	360	140	455	64	do.	deutlich	do.	0,5	0,30	0,41	0,68	0,28	0,66	1,04	4,19	0,73	0,11	0,11	0,13	0,07	7,51	7,16	7,80	5,43	0,99	2,06	0,78	2,85	0,03	0,08	0,00	0,01	0,68	0,87	1,07	0,57	33 750	27 800	178 700	8300	
März	1101	600	600	600	7,3	7,7	9,6	13,7	3,5	6,2	2,7	5,0	230	10	41	26	do.	schwach	do.	0,3	0,22	0,32	0,94	0,25	0,11	0,40	4,06	0,95	0,06	0,09	0,22	0,06	8,09	8,02	10,28	6,63	1,60	3,25	1,47	2,77	0,03	0,08	0,01	0,01	0,38	0,67	1,31	0,52	13 495	12 200	179 900	3350	
April	1053	554	600	576	8,4	7,3	10,0	13,7	8,5	7,7	7,3	7,3	115	31	35	11	schwach	do.	sehr schwach	0,1	0,37	0,27	0,55	0,21	0,52	0,04	3,41	0,58	0,11	0,06	0,11	0,06	7,72	6,33	11,31	8,35	0,74	2,97	4,00	3,75	0,02	0,02	0,01	0,01	0,76	0,49	0,75	0,56	81 667	17 300	22 500	6200	
Mai	1060	577	554	526	12,3	12,7	15,0	13,5	12,5	10,4	13,8	12,7	66	3	13	3	sehr schwach	do.	do.	0,1	0,44	0,21	0,41	0,21	0,64	0,03	0,42	0,17	0,10	0,04	0,04	0,06	7,55	7,75	15,82	17,27	0,71	3,56	5,99	6,52	0,00	0,00	0,03	0,00	0,65	0,35	0,49	0,58	76 444	8 650	8 400	2000	
Juni	1011	600	508	462	20,4	18,8	18,5	16,2	22,3	17,7	17,3	16,2	0	3	7	3	do.	sehr schwach	do.	0	0,33	0,18	0,22	0,17	0,18	0,04	0,06	0,03	0,06	0,04	0,04	0,03	9,21	7,07	14,50	15,95	2,16	3,66	4,62	6,13	0,01	0,00	0,00	0,00	0,43	0,33	0,39	0,43	25 862	27 000	10 800	650	
Juli	1092	577	577	462	22,3	21,5	22,3	20,5	23,8	22,7	22,3	20,0	19	10	9	7	do.	do.	do.	0,3	0,5	0,23	0,14	0,23	0,21	0,04	0,07	0,03	0,25	0,04	0,03	0,09	0,06	10,13	6,19	15,82	17,30	2,50	3,08	4,08	4,82	0,01	0,00	0,00	0,00	0,31	0,26	0,43	0,54	34 243	4 800	9 200	4700
August	1113	600	511	500	22,3	22,3	21,5	22,7	24,3	23,5	22,3	23,5	0	8	2	3	do.	schwach	do.	0,1	0	0,33	0,17	0,21	0,20	0,06	0,06	0,02	0,05	0,06	0,03	0,04	9,26	8,45	14,74	16,03	1,77	2,68	7,66	5,61	0,01	0,00	0,00	0,00	0,41	0,29	0,38	0,43	88 000	5 700	3 167	1970	
September	1151	600	485	396	18,4	20,0	18,8	20,5	17,7	22,3	20,4	22,3	13	6	11	2	do.	sehr schwach	do.	0,1	0,1	0,36	0,14	0,22	0,15	0,09	0,01	0,18	0,07	0,04	0,02	0,04	0,03	9,36	8,35	16,24	15,97	1,89	2,35	3,35	5,55	0,05	0,00	0,00	0,00	0,47	0,26	0,38	0,36	66 800	3 000	11 500	2300
Oktober	1071	438	438	600	12,3	12,7	13,8	15,5	13,9	18,5	15,0	16,2	73	41	11	5	schwach	ohne	do.	0,3	0,4	0,41	0,10	0,24	0,25	0,53	0,14	0,69	0,50	0,09	0,02	0,05	0,06	10,88	6,69	9,61	15,10	1,49	2,91	2,73	5,20	0,05	0,00	0,00	0,00	0,69	0,24	0,49	0,53	96 500	5 300	11 650	4000
November	1020	600	600	577	6,6	8,5	12,7	16,2	8,5	11,2	10,4	16,2	65	66	9	20	sehr schwach	sehr schwach	do.	0,3	1,3	0,33	0,15	0,25	0,34	0,06	0,28	1,05	0,91	0,04	0,03	0,07	0,09	6,45	5,99	10,42	14,80	1,45	2,36	2,73	2,48	0,01	0,00	0,01	0,00	0,36	0,26	0,70	0,82	49 550	7 000	10 967	6100
Dezember	990	644	555	—	7,7	7,3	13,8	—	3,9	5,0	5,0	—	50	158	317	—	do.	deutlich	do.	0,8	—	0,37	0,34	0,41	—	0,53	1,63	1,27	—	0,13	0,15	0,10	—	7,18	7,17	5,19	—	1,53	1,56	1,92	—	0,02	0,01	0,01	—	0,88	1,20	0,80	—	74 800	25 800	16 967	—
Im Mittel	1060	605	549	541	14,7	12,9	15,0	16,7	12,1	12,7	6,2	12,7	—	—	—	—	—	—	0,3	0,4	0,32	0,24	0,43	0,24	0,31	0,39	1,60	0,56	0,07	0,06	0,09	0,06	8,32	7,03	11,63	12,04	1,52	2,64	3,34	4,29	0,02	0,02	0,00	0,01	0,54	0,50	0,70	0,56	55 992	15 800	51 388	5100	

Tabelle No. 11.  
 Analysen des durchschnittlichen Abflusses des Versuchsfilters No. 2 in Lawrence.  
 Teile in 100 000.

Monat	Tägl. Beschickungsmenge für 6 Tage in cbm für den ha				Temperatur in C.								Zeitdauer des Verbleibens des Abwassers auf der Oberfläche in Minuten				Aussehen								Freies Ammoniak insgesamt				Albuminoid-Ammoniak insgesamt				Chlor				Stickstoff als				Sauerstoffverbrauch				Bakterien im ccm								
					im Abwasser				im Abfluss								Trübung				Farbe				Nitrate		Nitrite		Nitrate		Nitrite																						
	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906													
Januar	200	354	292	400	6,7	10,0	11,2	14,5	5,0	5,0	1,7	5,5	1440	540	1440	72	sehr schwach	ohne	sehr schwach	0	0,15	0,11	0,48	0,10	0,05	0,33	1,67	0,40	0,02	0,03	0,08	0,04	6,99	5,64	9,65	4,95	0,18	1,25	0,50	2,49	0,00	0,01	0,02	0,05	0,24	0,26	0,82	0,22	28	256	3 215	625	
Februar	178	383	320	400	6,7	9,5	13,3	13,3	3,3	3,9	1,7	5,0	1440	277	—	78	do.	do.	do.	0	0,19	0,11	0,90	0,11	0,35	0,82	1,54	0,44	0,03	0,04	0,09	0,03	3,74	4,68	8,01	5,53	0,25	1,24	0,51	2,96	0,00	0,03	0,01	0,06	0,25	0,28	1,10	0,14	1	107	3 488	55	
März	107	385	267	400	6,7	8,3	8,8	13,3	2,3	5,5	2,3	4,5	900	75	459	32	do.	do.	do.	0	0,30	0,12	3,45	0,10	0,70	0,72	3,45	0,24	0,03	0,03	0,20	0,02	5,41	4,62	7,44	5,68	0,18	2,15	0,06	2,66	0,00	0,03	0,01	0,03	0,24	0,24	2,13	0,26	20	114	2 967	113	
April	144	400	231	384	8,7	7,3	9,5	13,3	6,6	6,7	5,5	7,3	960	69	129	18	deutlich	do.	do.	0	rötlich	0,82	0,12	2,48	0,11	0,95	0,03	5,30	0,40	0,06	0,02	0,17	0,03	4,52	4,21	10,86	7,25	0,05	2,47	0,97	3,85	0,00	0,09	0,02	0,06	0,58	0,18	1,60	0,21	14	36	2 000	63
Mai	139	400	354	326	12,5	12,8	15,5	14,5	10,5	9,5	12,2	12,3	990	11	8	8	sehr schwach	do.	do.	0	0	0,82	0,11	0,63	0,10	1,61	0,00	4,23	0,06	0,05	0,01	0,09	0,02	11,31	4,10	11,87	12,57	0,47	2,63	2,23	5,24	0,00	0,00	0,01	0,00	0,33	0,16	0,81	0,34	20	48	2 600	31
Juni	197	400	338	277	20,2	18,3	18,3	16,2	17,7	16,7	15,5	15,0	246	11	9	4	ohne	do.	do.	0	0,13	0,04	0,38	0,12	1,64	0,00	2,80	0,14	0,05	0,02	0,09	0,03	8,02	6,02	18,38	13,90	1,91	3,08	3,53	6,47	0,01	0,00	0,01	0,00	0,32	0,17	0,57	0,37	13	12	700	78	
Juli	213	400	385	277	22,5	22,3	22,8	20,5	20,5	20,5	21,2	18,3	308	3	7	5	do.	do.	do.	0,1	0	0,11	0,07	0,34	0,14	1,07	0,00	0,67	0,02	0,04	0,02	0,05	0,03	7,83	7,84	14,35	13,33	2,54	2,88	3,78	6,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,27	0,20	0,45	0,35	47	6	296	448
August	230	400	341	300	22,7	22,8	21,7	22,7	21,7	22,3	21,2	22,3	124	8	17	2	do.	do.	do.	0	0	0,10	0,06	0,23	0,12	0,50	0,00	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	10,78	7,80	16,75	14,57	2,04	2,67	4,66	5,78	0,02	0,00	0,00	0,00	0,22	0,18	0,35	0,30	48	2	1 692	93	
September	305	385	323	252	18,7	20,0	18,8	20,5	18,8	22,3	20,0	20,5	495	10	10	2	do.	do.	do.	0	0	0,11	0,06	0,20	0,11	0,05	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	14,28	7,05	17,11	16,13	3,12	2,40	3,75	5,29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,14	0,18	0,26	0,27	53	1	1 251	90	
Oktober	384	292	292	400	12,5	12,8	13,8	15,5	15,5	18,3	15,5	16,2	900	52	21	8	do.	do.	do.	0,1	0	0,06	0,05	0,18	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	8,40	6,78	6,62	13,60	2,74	2,47	2,19	5,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,17	0,25	0,22	103	23	1 750	70	
November	267	400	400	385	5,3	8,3	11,7	16,2	10,0	12,3	10,0																																										



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



Tabelle No. 15.  
 Analysen der durchschnittlichen Beschaffenheit des Versuchsfilters No. 6 in Lawrence.  
 Teile in 100 000.

Anlage II.

Monat	Tägl. Beschickungs- menge für 6 Tage in der Woche in cbm für den ha				Temperatur in C.								Zeitdauer des Ver- bleibens des Ab- wassers auf der Ober- fläche in Minuten				Aussehen								Ammoniak								Chlor				Stickstoff als								Sauerstoff-Verbrauch				Bakterien im ccm			
					im Abwasser				im Abfluss								Trübung				Farbe				freies				Albuminoid				Nitrate				Nitrite															
					1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906					1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906	1892	1898	1904	1906
Januar	216	708	585	600	6,7	6,7	13,3	13,3	3,8	3,3	1,7	5,5	—	720	739	82	sehr schwach	deutlich	sehr schwach	0,6	0,20	0,32	1,24	0,32	1,01	0,47	3,72	1,38	0,07	0,08	0,17	0,07	6,55	4,30	8,61	5,95	0,03	0,94	0,46	2,78	0,00	0,05	0,00	0,03	0,64	0,56	1,64	0,58	1 228	7 100	21 800	13 400
Februar	162	767	576	600	6,7	6,1	12,7	13,3	2,7	3,3	2,3	5,5	—	114	366	96	do.	schwach	schwach	0,4	0,19	0,29	1,12	0,30	1,44	0,39	4,20	0,90	0,06	0,07	0,17	0,06	6,68	4,05	9,03	5,60	0,05	1,22	0,44	2,69	0,00	0,09	0,00	0,03	0,56	0,54	1,52	0,46	146	8 300	87 000	8 600
März	79	800	600	600	7,3	6,7	9,5	13,3	3,3	5,5	3,3	5,0	—	44	148	101	do.	do.	sehr schwach	1,3	0,28	0,27	0,95	0,41	1,61	0,26	4,28	1,09	0,06	0,06	0,19	0,09	7,29	4,35	9,34	7,10	0,02	1,73	0,98	2,49	0,00	0,04	0,00	0,01	0,66	0,47	1,26	0,79	312	5 800	41 500	16 500
April	394	708	485	552	7,7	7,7	10,0	13,3	8,3	6,7	6,7	8,9	478	31	39	46	schwach	sehr schwach	do.	0,6	0,59	0,22	0,70	0,31	1,76	0,04	3,67	1,30	0,08	0,04	0,12	0,09	8,10	3,63	9,94	9,03	0,02	2,39	2,95	3,73	0,00	0,01	0,01	0,05	0,71	0,36	0,99	0,61	10 307	3 700	25 500	22 790
Mai	233	693	522	489	12,7	13,8	15,0	14,5	12,7	11,7	14,5	13,3	—	5	9	8	do.	ohne	do.	0,2	1,38	0,17	0,25	0,20	1,88	0,01	1,82	0,35	0,08	0,03	0,05	0,06	7,61	6,05	14,01	14,93	0,74	4,18	7,18	6,31	0,11	0,00	0,02	0,02	0,79	0,30	0,36	0,57	11 416	2 150	4 600	3 600
Juni	568	600	554	462	20,5	19,5	18,3	16,1	20,5	17,7	16,7	15,5	0	5	30	5	sehr schwach	sehr schwach	do.	0,1	0,09	0,16	0,21	0,16	0,14	0,00	0,13	0,08	0,03	0,04	0,05	0,03	9,27	8,66	16,32	13,10	4,27	4,40	4,54	5,88	0,03	0,00	0,00	0,00	0,22	0,29	0,31	0,40	4 412	9 050	2 500	200
Juli	513	554	600	462	22,3	23,3	22,3	20,5	22,7	21,7	22,3	20,0	31	5	11	12	do.	ohne	0,1	0,3	0,05	0,13	0,19	0,20	0,00	0,04	0,01	0,30	0,02	0,03	0,03	0,05	7,96	10,37	14,81	17,07	3,03	3,99	4,60	4,67	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12	0,30	0,41	0,42	841	669	2 600	2 500
August	513	600	581	500	22,3	23,8	21,1	22,7	23,3	23,3	22,3	23,3	16	10	7	3	do.	do.	0	0,1	0,06	0,15	0,17	0,18	0,00	0,00	0,01	0,07	0,01	0,02	0,02	0,03	13,60	14,39	15,35	17,60	3,28	3,34	5,20	5,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24	0,34	0,43	4 467	235	3 100	3 900
September	510	600	462	416	18,3	21,1	19,5	20,5	20,5	22,3	20,0	21,7	34	12	20	2	do.	do.	0,1	0,6	0,09	0,11	0,16	0,18	0,00	0,00	0,02	0,07	0,01	0,02	0,03	0,03	8,73	8,86	12,83	14,97	3,91	3,08	4,06	6,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,22	0,25	0,42	2 471	484	2 325	4 100
Oktober	513	438	438	600	12,7	13,3	16,7	15,5	14,5	18,3	14,5	15,5	36	23	17	10	do.	do.	0,1	0,1	0,15	0,11	0,21	0,12	0,02	0,01	0,24	0,25	0,02	0,02	0,04	0,04	9,21	7,80	8,58	15,60	2,43	3,07	2,30	5,95	0,01	0,00	0,01	0,00	0,12	0,20	0,31	0,31	7 200	410	12 250	1 000
November	607	577	600	577	7,7	8,3	12,7	16,1	8,8	10,5	9,5	11,1	261	12	49	74	sehr schwach	do.	0,1	2,0	0,13	0,15	0,31	0,26	0,03	0,50	0,58	1,18	0,03	0,03	0,07	0,10	7,40	6,86	9,92	13,20	1,56	2,67	2,58	2,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,24	0,55	0,89	14 675	623	40 100	12 350
Dezember	519	830	525	—	6,7	7,7	13,3	—	5,0	4,5	3,9	—	117	180	295	—	do.	sehr schwach	0,2	—	0,55	0,30	0,23	—	0,57	0,93	0,85	—	0,06	0,06	0,06	—	8,59	5,39	4,96	—	1,16	1,76	1,35	—	0,23	0,00	0,01	—	0,65	0,49	0,46	—	45 460	3 144	14 400	—
Im Mittel	402	656	544	538	12,6	13,3	15,5	16,1	12,2	12,3	11,7	12,7	—	—	—	44	—	—	—	0,6	0,21	0,20	0,48	0,25	0,71	0,22	1,60	0,69	0,04	0,04	0,08	0,06	8,42	7,06	11,14	11,73	1,63	2,73	3,05	4,25	0,03	0,02	0,00	0,02	0,40	0,35	0,70	0,55	8 577	3 472	21 500	9 500

Tabelle No. 16.  
 Analysen des durchschnittlichen Abflusses des Versuchsfilters No. 9a in Lawrence.  
 Teile in 100 000.

Januar	203	1077	608	556	6,7	6,1	16,7	13,9	5,5	3,3	3,3	7,3	1440	136	342	255	sehr schwach	deutlich	schwach	0,1	0,20	0,44	0,81	0,32	1,07	0,93	3,28	0,99	0,07	0,08	0,12	0,06	7,19	4,31	9,85	5,13	0,37	0,84	1,15	2,64	0,01	0,00	0,00	0,01	0,56	0,62	1,15	0,56	166	7 900	123 700	1 140
Februar	216	875	536	575	6,7	7,3	16,1	13,3	2,7	3,3	5,0	6,7	1440	81	564	314	schwach	schwach	sehr schwach	0,1	0,78	0,34	0,55	0,28	1,60	0,45	3,17	0,67	0,06	0,08	0,11	0,06	8,75	4,49	9,49	5,50	0,26	1,50	1,76	2,59	0,00	0,00	0,00	0,02	0,50	0,56	0,94	0,46	690	10 400	19 700	455
März	134	1000	600	578	7,3	8,3	15,0	13,3	2,7	5,0	5,5	6,1	840	41	86	55	gross schwach	deutlich	do.	0,2	rot	0,33	0,60	0,32	1,53	0,45	2,03	1,15	0,06	0,07	0,09	0,06	6,90	6,17	7,94	5,98	0,16	1,85	2,07	2,89	0,01	0,00	0,01	0,00	0,58	0,55	0,82	0,65	25	9 200	39 100	1 900
April	274	885	462	528	7,7	7,3	16,7	13,3	7,3	7,3	7,3	9,5	600	52	31	89	schwach	sehr schwach	0	0,1	0,62	0,25	0,29	0,24	1,35	0,12	1,75	0,67	0,06	0,05	0,06	0,06	9,06	4,94	10,12	8,00	0,57	2,22	5,28	4,36	0,01	0,00	0,01	0,01	0,41	0,39	0,49	0,48	33	7 500	2 800	1 538
Mai	260	785	522	489	12,3	12,7	15,5	14,5	11,1	10,5	14,5	12,7	1440	11	8	19	sehr schwach	do.	sehr schwach	0,1	0,56	0,18	0,22	0,20	0,96	0,01	0,15	1,14	0,04	0,03	0,03	0,04	7,23	5,79	14,61	15,60	0,80	3,21	4,59	5,74	0,10	0,00	0,00	0,00	0,43	0,27	0,33	0,49	319	2 768	4 100	333
Juni	1002	600	554	481	17,7	18,9	18,3	16,1	20,5	16,7	17,7	16,1	101	10	16	13	ohne	do.	do.	0,0	0,06	0,14	0,22	0,16	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,03	8,21	6,43	16,57	13,60	1,91	4,00	3,53	5,46	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15	0,24	0,38	0,38	453	1 182	725	400
Juli	897	577	600	462	21,7	22,7	22,7	20,5	22,7	21,0	21,7	20,0	37	11	15	23	do.	do.	0,1	0,2	0,07	0,12	0,20	0,20	0,00	0,04	0,01	0,33	0,01	0,03	0,03	0,05	11,77	8,84	14,45	17,67	2,03	3,61	3,64	4,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,26	0,29	0,45	818	293	1 385	1 383
August	968	600	581	500	22,3	23,3	21,7	22,7	23,9	22,3	21,1	23,3	109	33	8	11	do.	do.	0	0,0	0,11	0,12	0,18	0,18	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	11,84	8,51	15,19	18,20	2,48	2,29	5,80	5,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,28	0,31	0,42	3 011	600	590	517
September	890	600	485	416	17,7	20,5	18,9	20,5	20,0	21,7	20,0	21,7	205	25	46	6	do.	do.	0,1	0,1	0,12	0,11	0,17	0,16	0,00	0,00	0,08	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	8,69	6,26	14,13	17,70	2,21	2,09	2,52	4,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,23	0,35	0,40	1 128	333	1 975	525
Oktober	466	438	415	600	13,3	12,7	16,7	15,5	14,5	17,3	15,0	16,7	1020	65	39	12	do.	do.	0,1	0,1	0,09	0,19	0,18	0,13	0,00	0,20	0,21	0,25	0,01	0,03	0,02	0,03	7,94	5,92	9,48	13,75	2,75	1,82	1,80	4,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,24	0,26	0,36	147	—	233	1 900
November	880	600	600	577	7,3	7,7	12,3	16,1	8,3	11,1	11,1	11,1	171	57	64	73	do.	do.	0,1	1,5	0,08	0,12	0,28	0,34	0,27	0,28	1,03	0,88	0,03	0,03	0,05	0,08	6,81	6,54	9,60	12,75	1,53	2,67	2,10	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,20	0,57	0,91	731	388	1 260	1 800
Dezember	813	489	489	—	7,3	7,3	16,1	—	4,5	5,0	7,3	—	1140	194	432	—	do.	deutlich	1,2	—	0,23	0,51	0,49	—	0,95	1,41	1,32	—	0,06	0,10	0,10																					



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

S. 61















Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301504