minoson u. s. w. genau festzustellen, um mit dieser Methode die Stärke in den verschiedenen Mehlsorten und stärkemehlhaltigen Nahrungsmitteln quantitativ bestimmen zu können, worüber einige Vorversuche zu einem günstigen Resultate führten, auch wird die Einwirkung von Zinkchlorid auf Kasein, Eiweissstoffe u. s. w. näher verfolgt und über das Ergebniss demnächst berichtet werden.

Neue Verfahren zur Reinigung von Schmutzwässern.

Von

J. König (Ref.), E. Haselhoff und R. Grossmann in Münster i. W.

Zur Reinigung von Schmutzwässern, besonders von städtischen Abwässern (Spüljauche), sind in den letzten Jahren verschiedene neue Verfahren in Vorschlag gebracht und vielfach in den Zeitschriften wie Zeitungen mit und ohne Verständniss besprochen worden; es sind dieses:

1. Das elektrische Reinigungsverfahren.

Man unterscheidet hierbei das Verfahren von W. Webster, bei dem der elektrische Strom unter Anwendung von Eisenplatten auf das chloridhaltige oder mit Chloriden versetzte Wasser einwirkt, und das Verfahren von E. Hermite u. A., bei dem Platin- und Zinkplatten oder Kohle- und Zinkplatten als Elektroden dienen.

In ersterem Falle wirkt das aus dem Chlorid abgeschiedene Chlor lösend auf die positive Eisenplatte; es bildet sich Ferrochlorid, welches durch das unter Entwicklung von Wasserstoff an dem negativen Pol gebildete Metallhydroxyd — also Natriumhydroxyd bei Anwesenheit von Chlornatrium — sofort in das betreffende Metallechlorid (also Natriumchlorid) und Ferrohydroxyd zerlegt wird.

Bei Anwendung von Platin oder Kohle als Anode nach dem Hermite-Verfahren kann das aus dem Chlorid durch den elektrischen Strom freigemachte Chlor nicht lösend auf die Elektrode wirken; es tritt entweder als freies Chlor oder als unterchlorige Säure oder unterchlorigsaures Salz auf.

Das Webster'sche Reinigungsverfahren ist daher, wie der Erste von uns in Gemeinschaft mit C. Remelé¹⁾ gezeigt hat, nichts weiter als ein chemisches Reinigungsverfahren, nur mit dem Unterschiede, dass das Metallhydroxyd (hier Ferrohydroxyd), welches fällend auf die Schwebestoffe des Schmutzwassers wirkt, fortgesetzt durch den elektrischen Strom erzeugt wird, während dasselbe bei der üblichen chemischen Reinigung durch Zusatz von fertig gebildetem Ferrosulfat und Kalk entsteht. Sonstige chemische Nebenwirkungen, besonders oxydirende Nebenwirkungen, wie dieses behauptet worden ist, übt der elektrische Strom nicht aus; im Gegentheil wirkt derselbe, wenn nur Chloride als

¹⁾ Archiv f. Hygiene 1896. 29. 185.

leitende Salze angewendet werden, in Folge der fortwährenden Wasserstoffentwicklung eher reducirend. Dagegen hat das Webster'sche elektrische Reinigungsverfahren den Vorzug, dass die Flüssigkeit, wenn sie neutral war, stets neutral bleibt, weil die Umsetzung stöchiometrisch verläuft, während bei dem chemischen Reinigungsverfahren sich durchweg kaum ein Ueberschuss von freiem Alkali (Kalk) vermeiden lässt.

Das Hermite-Verfahren ist dagegen nichts anderes als ein Desodorations- oder Desinfektionsverfahren, indem das unterchlorigsaure Salz einerseits den üblen Geruch der Abortjauche beseitigen, andererseits die weitere Zersetzung hintanhaltend soll.

Die mit beiden Verfahren angestellten Versuche haben bis jetzt zu günstigen oder im Grossen praktisch verwendbaren Ergebnissen nicht geführt und werden auch wohl nur da in Betracht kommen können, wo bessere Verfahren nicht durchführbar sind oder eine billige Elektrizitätsquelle zur Verfügung steht¹⁾.

2. Das Ferrozone-Polarite-Verfahren.

Dasselbe besteht darin, dass das Abwasser zunächst mit Ferrozone (schwefelsaure Thonerde und schwefelsaures Eisenoxyd in wechselnden Mengen) versetzt und das geklärte Wasser durch ein Filter von Sand und Polarite (im wesentlichen Eisenoxyd) filtrirt wird.

Der Zusatz von Ferrozone soll eine Fällung der Schwebestoffe, die Filtration durch die Sand-Polarite-Schicht eine starke Oxydation bewirken, indem der gebundene Sauerstoff des Eisenoxyds des Polarites zur Oxydation verwendet werden soll.

Diese Ansicht hat anscheinend durch mehrere Versuche ihre Bestätigung gefunden.

Was zunächst die Zusammensetzung der beiden Reinigungsmittel anbelangt, so scheint dieselbe nach folgenden Analysen verschieden zu sein.

1. Ferrozone.

	Nach W. Nagler ²⁾ ,	Alfr. Röchling ³⁾ ,	hiesiger Analyse
Wasser	20,00%	20,80%	33,44%
Ferrisulfat	6,07 -	} 24,42 -	27,63 -
Ferrosulfat	16,28 -		
Aluminiumsulfat	22,20 -	3,16 -	19,79 -
Kohle	4,47 -	0,81 -	0 -
Sonstige Stoffe } (in Wasser unlöslich etc.) }	30,98 -	50,81 -	19,14 -

¹⁾ Wenn Herr Dr. W. Bersch in einem Bericht über vorstehende Arbeit im Centr.-Bl. f. Agrik.-Chem. 1897, **26**, 774 sagt: „dass die Wirksamkeit und Anwendbarkeit dieses Verfahrens ausser allem Zweifel steht“, so scheinen ihm die Versuchsergebnisse über diese Verfahren nicht sämtlich bekannt geworden zu sein.

²⁾ Chem. Centr.-Bl. 1894, I, 1086.

³⁾ Gesundheits-Ingenieur 1892, **15**, 585.

2. Polarite.

	Nach W. Nagler	Alfr. Röchling	hieriger Analyse
Eisenoxyd	54,52%	53,93%	46,95%
Eisenoxyd (magnetisches?)		19,19 - Manganoxydoxydul	0,85 -
Eisenoxydul	— -	7,25 -	16,43 -
Thonerde	6,21 -	— -	— -
Kalk	0,98 -	1,43 -	5,08 -
Magnesia	7,24 -	— -	6,70 -
Kieselsäure	21,92 -	15,16 - (Unlösliches)	24,09 -
Kohle	— -	1,80 -	— -
Wasser	6,13 -	1,44 -	0,57 -

Nach den ersten Berichten von W. Nagler und H. Alfr. Röchling (l. c.) hat das Verfahren in England gute Erfolge gehabt; es sind durch das Fällungsmittel Ferrozone nicht nur bis 80 % des organischen Stickstoffs aus den städtischen Abwässern entfernt, es soll auch in den Polarite-Filtern eine wesentliche Oxydation der gelösten organischen Stoffe und eine Bildung von Salpetersäure aus dem Ammoniak bewirkt worden sein.

J. H. Vogel¹⁾ untersuchte die Wirkung des Verfahrens in den Anlagen in Heudon (mit 16 000 Einwohnern), Acton (mit 30 000 Einwohnern) und Boyton (mit 13 500 Einwohnern). Die Abwässer — ohne Einschluss von Regenwasser, welches in England für sich abgeleitet zu werden pflegt — wurden auf 5–10 000 l mit 1 kg Ferrozone versetzt, nach inniger Durchmischung in grossen Klärbecken behufs Klärung 4 Stunden der Ruhe überlassen und das geklärte Wasser durch die Polarite-Filter filtrirt, welche von unten nach oben folgend gebildet worden waren aus einer Schicht von: 10–15 cm kleinen Feldsteinen und grobem Kies, 10 cm Sand, 30 cm Polarite (erbsengrosse Stücke) und 25–30 cm scharfem Sand (vergl. Fig. 12); die Filtrirkammern hatten 20–30 m Länge und 10–15 m Breite; in einer Tiefe von 1 m unter den Feldsteinen waren Drainrohre angebracht; auf 1 qm Filter kamen 200 kg Polarite; im Durchschnitt filtrirten 30–45 hl pro 1 qm und Tag. Nach 4wöchentlichem Betriebe wurden die Filter unbrauchbar; sie blieben dann 8 Tage unbenutzt stehen, um durch den Luftsauerstoff regenerirt und wieder betriebsfähig zu werden.

Für den Stickstoffgehalt der ungereinigten und gereinigten Wässer fand J. H. Vogel folgende Zahlen für 1 l:

	Ungereinigtes Abwasser	Nach der Klärung	Nach der Filtration
Heudon	250–300 mg	84,6 mg	34,6 mg Stickstoff
Acton		34,6 -	19,4 -
Boyton		40,0 -	36,7 -
Mittel	275 mg	53,1 mg	30,2 mg Stickstoff
Abnahme an Stickstoff in Proc.		80,7%	8,3%.

In einem anderen Versuch hatte in Heudon durch die Klärung und Filtration der Abdampfückstand um 86%, der Glührückstand um 72% abgenom-

¹⁾ Nach einem mir vom Verf. gütigst überlassenen Reisebericht.

men. Das Wasser floss klar, farb- und geruchlos ab. Das sind äusserst günstige Ergebnisse, die aber wohl zum Theil auf die starke Konzentration des Abwassers — bei Einschluss von Regenwasser oder in grosser Verdünnung hält die Reinigung an sich schwieriger — zurückgeführt werden müssen.

Jedoch fand J. H. Vogel die Behauptung, dass durch dieses Verfahren Ammoniak zu Salpetersäure oxydirt werde, nicht bestätigt.

In der Sonderausschuss-Sitzung der deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft am 17. Februar 1897 hat jedoch J. H. Vogel¹⁾ erklärt, dass nach den inzwischen in Bromberg angestellten Versuchen das Ferrozone-Polarite-Verfahren eine energische, der Wirkung der Rieselfelder gleichkommende Oxydation bewirke.

Das in Bromberg angewendete Filter hatte nach einem Bericht von Metzger²⁾ in der Höhe eine gleiche Anordnung, wie sie Fig. 12, das von uns benutzte Filter darstellt. Das städtische Abwasser wurde auf 1000 l mit 100 g Ferrozone (mit 67,46% Aluminiumsulfat, 8,41% Eisensulfat und 5,84% freier Schwefelsäure) in einem Klärbecken innig vermischt, 2 Stunden der Ruhe überlassen und das geklärte Wasser auf das Filter geleitet, welches für die Abgänge von 300 Menschen = etwa 25 000 l 4,5 qm gross war.

Im Mittel von 18 Einzelversuchen in den Tagen vom 13. Oktober bis 4. November 1896 wurde gefunden:

Rohe Jauche		Geklärte Jauche		Filtrat	
Organische Substanz	Keime	Organische Substanz	Keime	Organische Substanz	Keime
665,6 mg	535 194	275,1 mg	152 483	184,1 mg	38 995

In diesen Untersuchungen ist leider der wichtigste Bestandtheil, der Stickstoff, nicht berücksichtigt und die Frage geprüft worden, welche Umwandlungen derselbe hierbei erfährt und ob die Polarite-Masse wirklich die Bildung von Salpetersäure begünstigt. Die Abnahme an organischen Stoffen in vorstehenden Versuchen braucht ebenfalls noch nicht auf eine wirkliche Oxydation durch das Polarite zurückgeführt zu werden; sie kann auch auf einer mechanischen Wirkung des Filters beruhen.

Da nach unseren jetzigen Anschauungen die Oxydation des Kohlenstoffs wie des Stickstoffs der organischen Stoffe zu Kohlensäure bezw. zu Salpetersäure durch Vermittelung von Bakterien erfolgt, welche den freien Sauerstoff der Luft auf die organischen Stoffe übertragen, so verdiente die Frage, ob der gebundene Sauerstoff der Polaritemasse (des Eisenoxyds etc.) wirklich eine Oxydation der organischen Stoffe bewirkt oder doch begünstigt, einer erneuten Prüfung.

Wir haben für den Zweck eine Reihe von Versuchen angestellt, indem wir die Wirkung des Polarite-Filters im Vergleich zu einem solchen aus Ackerboden, Koks und Calciumorthophosphat (Kassner's) ermittelten. Letzteres wurde deshalb mit hinzugezogen, weil dasselbe nach den Untersuchungen G. Kassner's

¹⁾ Nach dem mir vorliegenden Protokoll.

²⁾ Gesundheits-Ingenieur, 1897, 20, 1.

leicht Sauerstoff abgibt, daher in ähnlicher Weise wirken müsste, wie dieses von dem Polarite behauptet wird. Es wurde in nussgrossen Stücken verwendet, ebenso wie das Polarite und der Koks. Das Ferrozone wie Polarite wurde uns bereitwilligst von der International-Water & Sewage Purification in London zur Verfügung gestellt. Als Boden verwendeten wir sandigen Gartenboden in alter Kultur, in welchem nitrificirende Bakterien vorausgesetzt werden konnten.

Die Filter in Blecheylindern von 40 cm Durchmesser hatten nach den in England und Bromberg angewendeten Mustern die nachstehende Anordnung (Fig. 12):

Fig. 12.
Polarite-Filter.

Die Vergleichsfilter hatten für Koks und Calciumplumbat genau dieselbe Anordnung, nur mit dem Unterschiede, dass sie statt der 30 cm hohen Schicht Polarite dieselbe Höhenschicht Koks bzw. Calciumorthoplumbat (letzteres gemischt mit Kies) enthielten. Nur bei dem Bodentfilter lag die 30 cm hohe Bodenschicht oben, dann folgte Kies, Sand etc. wie bei den andern Filtern. Als Schmutzwasser wurde verdünnte Abortjauche verwendet, die auf etwa 750 l mit 200 g Ferrozone versetzt, gut durchgerührt und in einem grösseren Bottich behufs Klärung einige Zeit der Ruhe überlassen wurde. Das geklärte Wasser wurde dann gleichmässig und zu gleicher Zeit tropfenweise oder in dünnem Strahl durch die Filter filtrirt, das Filtrat in kleinen Behältern gesammelt und nach dem Durchmischen gleichmässig mit der geklärten Jauche untersucht. Zwischen den einzelnen Filtrationsversuchen lag meistens eine Ruhepause von einem oder mehreren Tagen, zwischen Versuch 5 und 6 eine solche von 14 Tagen. Die Bestimmung des Stickstoffs in den einzelnen Verbindungsformen erfolgte, wie weiter unten S. 182 angegeben ist. Die Untersuchung ergab folgende Resultate für 11:

	Gesamnte		Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff		Stickstoff in Form von			Ge- sammt- Stick- stoff	Schwe- fel- säure	Chlor
	Unorga- nische Stoffe (Glüh- rück- stand)	Orga- nische Stoffe (Glüh- verlust)	in	in	Orga- nischen Verbin- dungen	Ammo- niak	Sal- peter- säure			
			alkali- scher	saurer						
			Lösung							
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	

1. Versuch.

Schmutzwasser ¹⁾ . .	570,0	380,0	126,0	70,4	12,8	184,0	5,9	202,7	14,8	195,3
Polarite - Filtrat	442,5	357,5	49,6	46,4	0	91,5	16,1	107,6	11,9	166,4
Gartenerde - "	642,5	290,0	49,6	51,2	0	117,1	12,3	129,4	15,6	166,4
Koks - "	585,0	330,0	52,4	51,2	3,7	131,8	11,7	147,1	14,8	166,4
Calciumplumbat- ..	1035,0	220,0	35,6	35,2	18,3	168,4	11,5	198,2	4,8	169,2

2. Versuch.

Schmutzwasser ¹⁾ . .	360,0	270,0	49,6	60,8	7,3	109,8	6,2	123,4	32,6	123,9
Polarite - Filtrat	260,0	312,5	25,6	27,2	0	96,9	16,5	113,5	68,1	116,8
Gartenerde - "	527,5	202,5	38,0	38,4	0	76,9	24,2	101,1	66,2	116,8
Koks - "	467,5	237,5	33,6	37,6	0	106,1	26,7	132,9	56,9	123,9
Calciumplumbat- ..	1097,5	172,5	36,8	32,0	3,7	146,4	7,3	157,4	5,2	102,6

3. Versuch.

Schmutzwasser ¹⁾ . .	422,5	270,0	61,2	65,6	5,9	122,2	9,2	137,3	65,5	113,3
Polarite - Filtrat	347,5	270,0	42,4	47,2	4,5	86,0	28,9	119,5	52,8	113,3
Gartenerde - "	465,0	300,0	47,2	43,2	1,8	89,7	24,7	116,2	54,9	113,3
Koks - "	510,0	290,0	39,6	43,2	0	86,0	40,4	126,4	70,3	109,7
Calciumplumbat- ..	1397,5	27,5	32,0	30,4	3,7	113,5	8,2	125,3	16,1	113,3

4. Versuch.

Schmutzwasser ¹⁾ . .	320,0	102,5	26,4	22,4	7,2	54,3	5,8	67,3	45,6	70,8
Polarite - Filtrat	302,5	115,0	25,6	22,4	9,1	70,6	14,5	94,1	50,1	67,3
Gartenerde - "	410,0	202,5	26,4	20,8	0	56,1	23,2	79,3	54,9	70,8
Koks - "	405,0	367,5	26,8	20,0	0	56,1	45,3	101,4	52,1	70,8
Calciumplumbat- ..	1495,0	72,5	25,2	23,2	5,4	90,5	6,9	102,8	15,4	70,8

5. Versuch.

Schmutzwasser ¹⁾ . .	402,5	115,0	30,0	28,0	10,1	47,8	4,7	62,6	101,2	53,1
Polarite - Filtrat	442,5	307,5	31,2	28,8	0	28,9	44,5	73,5	102,0	70,8
Gartenerde - "	680,0	487,5	36,4	34,4	0	21,7	78,2	99,9	91,8	56,6
Koks - "	517,5	340,0	24,8	23,2	0	21,7	48,2	69,9	87,5	53,1
Calciumplumbat- ..	1197,5	77,5	25,6	21,6	5,4	59,7	7,2	72,4	24,0	63,7

6. Versuch. (Nach 14 tägiger Pause ausgeführt.)

Schmutzwasser ¹⁾ . .	295,0	175,0	25,2	23,2	14,9	54,4	4,4	73,6	135,5	120,4
Polarite - Filtrat	470,0	470,0	24,4	22,4	3,7	7,2	43,7	54,7	135,5	120,3
Gartenerde - "	595,0	530,0	25,6	24,0	0	16,5	61,2	77,6	137,2	116,8
Koks - "	455,0	445,0	28,0	27,2	0	11,6	42,9	54,5	150,9	120,4
Calciumplumbat- ..	1120,0	250,0	26,0	25,6	9,4	52,5	7,6	69,5	36,9	134,5

¹⁾ Im geklärten Zustande nach Zusatz von Ferrozone.

Gesamnte		Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff		Stickstoff in Form von			Ge- sammt- Stick- stoff	Schwe- fel- säure	Chlor
Anorga- nische Stoffe (Glüh- rück- stand)	Orga- nische Stoffe (Glüh- verlust)	in alkali- scher	in saurer	Orga- nischen Verbin- dungen	Ammo- niak	Sal- peter- säure			
mg	mg	Lösung		mg	mg	mg	mg	mg	mg

7. Versuch.

Schmutzwasser ¹⁾ . .	270,0	100,0	32,2	32,0	11,4	45,0	2,9	59,3	34,3	49,6
Polarite - Filtrat	355,0	175,0	22,4	22,4	3,6	16,4	32,0	52,0	36,0	49,6
Gartenerde - "	330,0	270,0	25,2	24,8	7,3	12,7	29,5	49,5	41,2	49,6
Koks - "	350,0	205,0	19,6	18,4	0	20,0	33,9	53,9	42,2	53,1
Calciumplumbat- "	1040,0	40,0	22,0	22,4	11,1	40,0	6,9	58,1	42,5	63,7

Mittel aus vorstehenden 7 Versuchen.

Schmutzwasser ¹⁾ . .	377,1	201,8	50,1	43,2	9,9	88,2	5,6	103,8	61,4	103,7
Polarite - Filtrat	374,3	261,8	28,5	27,8	2,4	54,5	23,5	80,4	60,1	93,5
Gartenerde - "	521,4	340,4	35,5	33,8	1,3	55,8	36,2	93,3	65,8	98,6
Koks - "	470,0	316,4	32,1	31,5	0,7	61,9	35,6	98,0	67,8	99,6
Calciumplumbat- "	1197,6	137,1	29,0	27,2	8,1	95,2	7,9	111,9	20,7	102,5

Aus vorstehenden Untersuchungen ersehen wir, dass die filtrirten Wässer an gesammten löslichen Stoffen, unorganischen wie organischen, d. h. Glührückstand und Glühverlust im Anfang zwar weniger, nachher aber — mit Ausnahme bei dem Calciumplumbatfilter — erheblich mehr enthalten, als das ursprüngliche, geklärte Jauchewasser. Das erklärt sich daraus, dass die trocknen oder die in der Ruhezeit austrocknenden Filter einerseits Jauchewasser und Jauchestoffe zurückhalten, die sich bei einer späteren Filtration wieder lösen, dass andererseits die Filter an sich lösliche Stoffe enthalten oder dass die gebildeten Oxydationsprodukte (Kohlensäure, Salpetersäure etc.) lösend auf Bestandtheile der Filter wirken (vergl. auch weiter unten). Der Verbrauch an Kaliumpermanganat oder an zur Oxydation erforderlichem Sauerstoff nimmt in allen Versuchen mehr oder weniger ab, ein Beweis, dass bei der Filtration eine Oxydation der organischen Stoffe stattgefunden hat. Auch die Salpetersäure hat in allen Versuchen im Anfange eine geringere, später eine grössere Zunahme erfahren; dasselbe gilt im geringeren Maasse von der Schwefelsäure; im Allgemeinen kann auch hier eine geringe Zunahme festgestellt werden. Eine Ausnahme bildet nur das Filter mit der Calciumplumbatschicht; hierin nimmt die Salpetersäure garnicht oder nur unerheblich zu, die Schwefelsäure sogar ab; letztere Abnahme kann nur dadurch erklärt werden, dass das Calciumplumbat zersetzt und unlösliches schwefelsaures Blei gebildet wird. Die Bildung der Salpetersäure muss wenigstens auf eine Bakterienwirkung zurückgeführt werden und spielt hierbei ohne Zweifel der gebundene Sauerstoff des Eisenoxys im Polarite keine Rolle; denn in dem Polaritefilter ist die gebildete Salpetersäure durchweg geringer als bei den Filtern aus Gartenerde und Koks. Dass die Salpetersäurebildung wesentlich von nitri-

¹⁾ Vergl. Anm. 1 S. 176.

ficirenden Bakterien bedingt wird, kann daraus geschlossen werden, dass diese mit der Länge der Gebrauchszeit, also nachdem sich die Bakterien mehr und mehr in den Filtern entwickelt haben, zunimmt, ferner daraus, dass in dem Filter von Calciumplumbat die Salpetersäurebildung gleich Null oder nur eine ganz geringe ist, obschon dieses noch leichter den gebundenen Sauerstoff abgibt als das Eisenoxyd des Polarites. Es ist anzunehmen, dass durch die geringen, in Lösung gegangenen Mengen Blei die Nitrifikationsbakterien vernichtet worden sind. Auch haben wir in dem Polaritefilter keine Reduktion des Eisenoxyds zu Eisenoxydul nachweisen können. Man kann hiergegen vielleicht einwenden, dass das gebildete Eisenoxydul in den Filtern durch Luftzutritt alsbald wieder in Eisenoxyd übergeführt wird. Wir haben aber in luftdicht verschlossenen Flaschen Jauche mit Polaritemassen unter öfterem Umschüttel längere Zeit stehen lassen, aber auch keine Reduktion feststellen können. Eine solche ist allerdings im Boden bei Abschluss von Luft unter dem Einfluss von Bakterien anzunehmen; indess fragt sich, ob das Eisenoxyd hierbei nicht vorher durch eine Säure gelöst bzw. gelockert werden muss, oder ob sich Eisenoxydhydrat, wie es im Boden vorhanden zu sein pflegt, nicht anders verhält als das Eisenoxyd des Polarites.

Dass fein vertheilter oder auf der rauhen Oberfläche eines Körpers mechanisch verdichteter Sauerstoff die Nitrifikation unterstützt, dürfte daraus zu folgern sein, dass das Filter von Koks eine im Durchschnitt gleiche Menge Salpetersäure gebildet hat als das mit Gartenerde. Diese Art Sauerstoff kann aber mit dem chemisch gebundenen des Eisenoxyds zur Befriedigung des Sauerstoffbedürfnisses der nitrificirenden Bakterien nicht verglichen werden.

Die Menge des Gesamtstickstoffs in den Filtraten ist ja nach den in den Filtern zurückgehaltenen Mengen Stickstoff in den einzelnen Versuchen bald geringer, bald grösser, im Durchschnitt der 7 Versuche bei den Filtern aus Polarite, Gartenerde und Koks geringer, bei dem Filter aus Calciumplumbat aber nahezu gleich oder sogar etwas höher¹⁾, als der des unfiltrirten Jauchewassers für gleiches Volumen (nämlich für 1 l). Daraus folgt, dass bei der Nitrifikation des Stickstoffs auch freies Stickstoffgas entstehen muss, was mit den folgenden und anderweitigen Versuchen übereinstimmt.

Da die Abnahme im Verbrauch an Kaliumpermanganat oder dem zur Oxydation erforderlichen Sauerstoff in den Filtraten von den Polarite- und Calciumplumbatfiltern eine gleiche und im Durchschnitt der 7 Versuche sogar eine etwas grössere ist als bei dem Boden- und Koksfilter, so scheint die Oxydation von leicht oxydirbaren organischen Kohlenstoffverbindungen weniger von Mikroben als von genügendem, fein vertheiltem bzw. leicht abspaltbarem Sauerstoff abhängig zu sein.

Hierüber sollen aber nach längerer Ruhezeit der Filter noch weitere Versuche angestellt werden.

¹⁾ Die Differenz muss wohl auf Ungleichheit einer oder einiger Proben des Filtrats in Folge zurückgehaltener Stoffe von den vorhergehenden Versuchen liegen.

3. Reinigung durch Fäulniss, Lüftung und Oxydation (Filtration).

Neuerdings ist von W. J. Dibdin¹⁾ in London der Vorschlag gemacht, die städtischen Abwässer durch Fäulniss, darauf folgende Lüftung und Oxydation verbunden mit Filtration zu reinigen. Statt die Fäulniss zu beseitigen oder zu verhindern, wird dieselbe unterstützt, indem man das Abwasser mit stark in Fäulniss begriffenem Wasser gleichsam impft, eine gewisse Zeit (bis zu 24 Stunden) faulen lässt, dann lüftet, oxydirt und durch ein Koks-Sandfilter filtrirt, worin eine Oxydation der organischen Stoffe vor sich geht.

Dieser Vorschlag ist nicht neu. Schon vor 12 Jahren hat sich Alex. Müller¹⁾ ein Verfahren patentiren lassen, wonach die mit organischen Stoffen (vorwiegend Zuckerfabrikabwässer) in Erdgruben nach Erwärmen auf 25–40° unter Zusatz von hefeartigen Organismen der Gährung bezw. Fäulniss überlassen und dann durch Filter von Sand, Kohle etc. filtrirt werden sollen.

Walter East²⁾ empfahl ebenfalls um dieselbe Zeit, die Kloakenwässer durch Zusatz von stark faulenden Flüssigkeiten in eine beschleunigte Fäulniss zu versetzen, die hierbei auftretenden Fäulnissgase durch eine Eisenoxydschicht nach einem Schornstein abzuführen, in die gefaulte Flüssigkeit Luft zu pressen, alsdann dieselbe nach der Filtration zur Berieselung zu verwenden.

An sich können diese Vorschläge als zweckdienlich bezeichnet werden. Bei den mit organischen Stoffen verunreinigten Schmutzwässern müssen die organischen Verbindungen nämlich, wenn sie wie gewöhnlich nicht ausgefällt werden können, auf irgend eine Weise zerlegt und entweder vergast oder mineralisirt, d. h. in unschädliche bezw. unschädlichere Verbindungen übergeführt werden. Dieses wird bei der Selbstreinigung im Boden wie in fliessenden Gewässern durch Mikroben bewirkt.

Es kann daher, wie der Erste von uns in seiner Schrift über „die Verunreinigung der Gewässer“ etc. und in verschiedenen Abhandlungen des Oeffteren hervorgehoben hat, nicht unter allen Umständen, wie die einseitigen Bakteriologen fordern, als einzige oder doch erste Aufgabe der Wasserreinigung angesehen werden, die Mikroben in denselben zu zerstören oder zu beseitigen; im Gegentheil würde es in vielen Fällen von grösster Bedeutung sein, wenn die die organischen Stoffe zersetzenden Bakterien reingezüchtet werden könnten, um womöglich durch Zusatz von solchen Reinkulturen die Zersetzung der organischen Stoffe zu beschleunigen. Auch auf die Bedeutung der Sauerstoffzuführung, sei es durch Lüftung oder Filtration der gefaulten Wässer, behufs Mineralisirung (Oxydation) der Fäulnisstoffe habe ich wiederholt hingewiesen.

Die neuerdings von W. J. Dibdin, I. Chemiker des Grafschaftsraths von London, und vom Kulturtechniker W. Schweder in Gross-Lichterfelde bei Berlin vorgeschlagenen Verfahren gehen von diesen an sich ganz richtigen Gesichts-

¹⁾ Centralbl. der Bauverwaltung 1897, S. 453.

²⁾ Vergl. J. König, Die Verunreinigung der Gewässer etc. Berlin 1887, S. 90.

punkten aus und fragt sich nur weiter, ob die Verfahren schon diesem Zweck entsprechen oder unter welchen Verhältnissen sie anwendbar und empfehlenswerth sind.

Bis jetzt sind die auf vorstehendem Grundsatz beruhenden Verfahren unseres Wissens in Exeter und Sutton in England nach Dibdin, sowie in Gr. Lichterfelde bei Berlin nach Schweder versuchsweise eingerichtet, und haben wir die Wirkung derselben durch Untersuchung der ungereinigten und in verschiedenen Stadien gereinigten Abwässer festzustellen gesucht. Die Wasserproben wurden uns in zuvorkommendster Weise von den ersten beiden Reinigungsanlagen durch Herrn Ingenieur H. Alfred Röchling in Leicester, von der letzteren Reinigungsanlage durch Herrn Kulturtechniker W. Schweder übermittelt. Da alle 3 Reinigungsanlagen im Princip zwar gleich, aber in der Ausführung etwas verschieden sind, so mögen sie hier alle 3 kurz beschrieben werden.

a) Die Reinigungsanlage in Exeter. Dieselbe hat nach einer von Ingenieur Röchling angefertigten und uns überlassenen Skizze (Fig. 13) folgende Anordnung:

Die Spüljauche der Stadt, angeblich vorher präparirt¹⁾, tritt bei a_1 und a_2 (Sandfänge) in das luftdicht bedeckte sog. septische Becken A (Verflüssigungsbecken), in welchem sie bei einer Durchflussgeschwindigkeit von ungefähr 0,22 m pro Sekunde durchschnittlich 24 Stunden verbleibt, um dann in den mit einem Lüfter versehenen Vertheilungsbrunnen B übergeführt zu werden. Von hier aus gelangt das Beckenabwasser in eines der Filter F_1 bis F_5 , deren Betrieb intermittierend ist, d. h. nach Füllung bleibt das Filter eine Zeit lang voll stehen, wird dann schnell entleert und hat nach Entleerung eine volle Ruhepause.

Jedes der 5 Filter hat eine Oberfläche von 67 qm und eine Tiefe von 1,524 m. Die Filtermasse besteht bei 4 Filtern vorwiegend aus zerkleinerter Schlacke von Kesselfeuerungen, deren Stücke einen Durchmesser von 3,2 bis 12,7 mm haben. Nur in einem Filter werden Koksstücke von gleichem Durchmesser wie die Schlackenstücke benutzt; doch hält Koks die Feuchtigkeit mehr zurück und wird in Folge dessen langsamer durchlüftet als Schlacke, weshalb er sich für die Filtration von Jauche nicht so gut eignet als letztere.

Die Wasserkapazität der Filter betrug anfänglich 60 %, ging aber wahrscheinlich in Folge Verschmutzung der Filter bald auf 38 % herunter. Da die Zuflussmenge des städtischen Abwassers während 24 Stunden erheblich schwankt, so ist auch die Durchflussgeschwindigkeit durch die Verflüssigungskammer wie die Filtrationsgeschwindigkeit eine ungleichmässige — bei Tage ungefähr doppelt so gross als bei Nacht —, was ohne Zweifel nicht günstig ist.

Nach den in England über dieses Verfahren ausgeführten Untersuchungen wird der zur Oxydation der organischen Stoffe erforderliche Verbrauch an Kaliumpermanganat durch die Fäulniss, Lüftung und Filtration um ungefähr 80 %, das Albuminoid-Ammoniak um 60 % in dem Filtrat vermindert. Nach Dibdin's Beobachtungen wird die Menge Ammoniak im Verflüssigungsbecken A vermindert, nach anderen dagegen vermehrt. Die Ablagerung von Schlick in demselben soll nur eine äusserst geringe

¹⁾ Wie und ob mit Chemikalien, wird geheim gehalten.

sein; Röchling glaubt die Menge der als Schlick im Becken A niedergeschlagenen Schwebestoffe auf 20 % veranschlagen zu können (vergl. weiter unten).

In dem Verflüssigungs- oder wohl richtiger Fäulnisbecken A sind ohne Zweifel vorwiegend anaerobe Bakterien thätig. Dieses ist, wie Röchling berichtet, daraus zu schliessen, dass sich in demselben brennbare Gase — jedenfalls Sumpfgas — entwickeln, die sich in einem Auer'schen Gasglühlichtbrenner anzünden liessen.

Fig. 13.

A = Septic Tank, = Gährungsbecken, = Verflüssigungsbecken.

a_1 und a_2 = 2 kleine Sandfänge.

B = Vertheilungsbrunnen mit Lüfter.

c = Hauptentwässerung der Filter nach dem Fluss Exe.

F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 = Reinigungsbecken oder Filter.

f_1, f_2, f_3, f_4, f_5 = Vertheilungsrinne der behandelten Jauche auf den Filtern.

g_1, g_2, g_3, g_4, g_5 = Entwässerung der einzelnen Filter.

Das von den Filtern abfließende gereinigte Wasser fließt in Exeter nach dem Flusse Exe, worin es zur Zeit eines niedrigen Wasserstandes eine Verdünnung von

1:40, also eine 40fache Verdünnung erfährt. Am 21. Januar d. J., einem warmen Tage ohne Regenfall, hat Herr Röchling an den mit x bezeichneten Stellen Proben entnommen und dazu bemerkt:

1. Probe: rohe Jauche in der Zeit von 6 Uhr morgens bis 2 Uhr nachmittags, jede halbe Stunde entnommen; dieselbe war stark trübe und von geringem Fäulnisgeruch.
2. Probe: gefaulte Jauche beim Ausfluss aus A nach 24stündigem Aufenthalt in Becken A; dieselbe wurde um 12 Uhr mittags auf einmal entnommen, weil durch den längeren Aufenthalt im Becken und durch die fortwährende Gasentwicklung eine innige Durchmischung angenommen werden konnte. Das Wasser war nur wenig getrübt und hatte, wie durchweg zu anderen Zeiten, einen starken Schwefelwasserstoff-Geruch.
3. Probe: Filtrat von den Filtern beim Ausfluss des Entwässerungskanal C in in die Exe in 4 Zeitabschnitten von 8 Uhr Vm. bis 1,45 Uhr Nm. Das Filtrat war zwar nicht getrübt, hatte aber zu Anfang der Entleerung eine stark gelbliche Farbe und einen schwach fäulnisartigen Geruch.

Die Proben langten am 24. Januar, also 3 Tage nach der Probenahme hier an und wurden sofort in üblicher Weise¹⁾ in Untersuchung genommen.

Bezüglich der in diesem Falle besonders wichtigen Bestimmung der einzelnen Verbindungsformen des Stickstoffs sei bemerkt, dass das Ammoniak mit Magnesia abdestilliert, der Destillationsrückstand alsdann filtriert, ausgewaschen, der ausgewaschene Filterrückstand mit dem organischen Stickstoff nach Kjeldahl verbrannt und das Filtrat nach dem Einengen auf Salpetersäure nach der Methode von Ulsch untersucht wurde. Andererseits wurde zur Kontrolle der Destillationsrückstand mit Magnesia direkt zur Bestimmung des organischen Stickstoffs mit Kaliumhydroxyd und Kaliumpermanganat destilliert und im Rückstand hiervon die Salpetersäure durch Reduktion mit Eisen-Zinkpulver bestimmt. Die beiden Verfahren lieferten gut übereinstimmende Resultate.

Die Untersuchung ergab für 1 l:

Jauche:	Schwebestoffe		Gelöste Stoffe		Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff		Stickstoff in Form von			Schwe- fel- säure mg	Phos- phor- säure mg	Chlor mg	Kal mg
	orga- nische	unorga- nische	orga- nische (Glüh- verlust)	unorga- nische (Glüh- rück- stand)	in saurer Lö- sung	in alka- lischer Lö- sung	organi- schen Verbin- dungen.	Ammo- niak	Sal- peter- säure				
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg				
1. Rohe . . .	174,5	224,0	133,0	331,0	20,4	22,4	14,0	51,9	9,8	66,9	13,2	77,9	135
2. Gefaulte .	53,5	67,5	124,0	290,0	17,0	19,6	3,9	32,9	14,0	58,0	7,7	81,4	105
3. Gelüftete u. filtrirte .	61,0	61,0	201,0	299,0	8,4	16,4	3,9	9,3	17,1	63,1	5,1	77,9	130

In dem Filtrat No. 3 liess sich kolorimetrisch 1,0 mg salpetrige Säure nachweisen. Im Uebrigen muss die Spüljauche als verhältnissmässig stark verdünnt bezeichnet werden.

b) Reinigungsanlage in Sutton. Die Anordnung ist nach der von Ingenieur Röchling entworfenen Skizze (Fig. 14) folgende:

Der Reinigungsanlage in Sutton liegt derselbe Gedanke zu Grunde wie der in Exeter; sie unterscheidet sich wesentlich nur dadurch, dass das Fäulnisbecken B nicht wie in Exeter luftdicht verschlossen, sondern offen (unbedeckt) ist.

¹⁾ Vergl. J. König: Untersuchung landw. und gewerbl. wichtiger Stoffe. 1898. 2. Aufl. S. 651 u. f.

Die rohe Jauche geht erst durch Siebe, um grobfaserige Schwebestoffe zu entfernen, fließt dann durch Kanal A in das Becken B, worin sie 2 Stunden nach der Füllung verbleibt. Nach Verlauf dieser Zeit wird das Abwasser auf das Filter (oder Reinigungsbecken) F durch Öffnen des Schiebers C abgelassen, worin sie ebenfalls

Fig. 14.

- A = Zuführungskanal der rohen Spüljauche nach Passiren von feimmaschigen Sieben zur Zurückhaltung der größeren Schwebestoffe.
- B = Aerobes Verflüssigungsbecken, von Döbdlin „Bacteria bed“ genannt. Das Becken ist ganz offen.
- b₁ = die seitlichen Entwässerungskanäle am Boden.
- b₂ = der Hauptentwässerungskanal.
- C = Absperrschieber für B.
- D = Inspektionsschacht zur Entnahme von Proben des Abwassers aus dem Verflüssigungsbecken B.
- E = Zuführungskanal des Abwassers aus dem Verflüssigungsbecken auf das Filter F.
- F = Filter oder Reinigungsbecken.
- G = Absperrschieber für F.
- H = Inspektionsschacht zur Entnahme von Proben des Filtrats.
- J = Filtratablass auf's Land oder direkt in den Fluss.
- f₁ = die seitlichen Entwässerungskanäle am Boden des Filters.
- f₂ = der Hauptentwässerungskanal am Boden des Filters.

2 Stunden nach völliger Füllung verbleibt. Das Filtrat kann durch Schieber G entweder aufs Land oder in den Bach abgelassen werden. Nach dem Entleeren bleiben sowohl Becken B als Filter F leer stehen. Der Betrieb der Anlagen vertheilt sich daher wie folgt:

	Verflüssigungsbecken.		Filter.	
Füllung eines Beckens	45 Min.		20 Min.	
Vollstehen	2 St.	—	2 St.	—
Entleerung	1 St.	15 Min.	1 St.	15 Min.
Leerstehen	2 St.	—	2 St.	—
Zusammen	6 St.	—	5 St.	35 Min.

Man ersieht hieraus, dass sowohl der Betrieb des Verflüssigungsbeckens B wie der des Filters F intermittierend ist, und was die Gesamtfiltrationsgeschwindigkeit anbelangt, so dürfte dieselbe ungefähr 40 mm pro Stunde oder 1 cbm pro qm in 24 Stunden betragen.

Da die Anlage nicht die ganze Spüljauche behandelt, sondern der Ueberschuss anderweitig gereinigt wird, so können die Verflüssigungs- und Reinigungsbecken am Tage wie in der Nacht gleichmässig arbeiten.

Die Konstruktion anlangend, so hat jedes Fäulniss- (Verflüssigungs-)Becken eine Oberfläche von 154 qm und eine Tiefe von 1,066 m. Als Füllungsmasse werden gebrannte Thonstücke benutzt, deren Durchmesser grösser als 12,7 mm ist; die groben Stücke kommen auf den Boden, die kleineren nach oben; auf die Verhinderung der Staubbildung wird besondere Sorgfalt verwendet, weil der Staub die poröse Thonmasse verstopfen würde. Letztere soll 63 % des Kubikinhaltes, die Jauche nur 37 % desselben einnehmen.

Die Filter haben den gleichen Umfang wie die Fäulnissbecken, sind aber statt mit Thonstücken mit Koksstücken gefüllt. Die Entwässerung ist im Becken B wie in den Filtern F eine primitive, weil beim Oeffnen der Absperrschieber eine bedeutende Auslaugung der Filtermasse statthat.

Von dieser Anlage hat Herr Ingenieur Röchling am 22. Jan. 1898 an den mit X bezeichneten Stellen ebenfalls Proben entnommen, die gleichzeitig mit denen von Exeter bei uns eingingen. Leider sind diese Proben nicht während der ganzen Zeit des Aufenthaltes des Wassers in der Reinigungsanlage entnommen, sondern nur einmal, nämlich:

4. Probe: rohe Jauche, 12 Uhr mittags ohne Einschluss von Regenwasser, ziemlich frisch, ohne Fäulnissgeruch, aber stark trübe.

5. Probe: gefaulte Jauche, Abwasser vom Fäulnissbecken B, mittags 11,45 Uhr, wolkig getrübt, gelblich gefärbt, von starkem Fäulnissgeruch (wie immer); die Jauche hatte ausnahmsweise nur 1½ Stunde im Becken B gestanden.

6. Probe: Filtrat von den Filtern F, 12,15 Uhr mittags aus dem Inspektionsschacht H entnommen, nur wenig getrübt, von blassgelblicher Farbe und ohne Geruch.

Die wie vorstehend ausgeführte Untersuchung ergab für 1 l:

Jauche	Schwebestoffe		Gelöste Stoffe		Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff		Stickstoff in Form von			Schwefelsäure	Phosphorsäure	Chlor	Kalk
	organische	unorganische	organische	unorganische	in saurer Lösung	in alkalischer Lösung	organischen Verbindungen	Ammoniak	Salpetersäure				
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
4. Rohe	336,0	201,0	234,0	579,0	40,0	44,8	9,3	100,1	11,4	100,8	25,6	70,8	225,0
5. Gefaulte	57,5		175,0	632,0	26,8	25,6	5,5	35,0	19,2	82,3	10,2	77,9	205,0
6. Gelüftete u. filtrirte	13,5		224,0	624,0	11,2	14,6	3,9	4,7	23,8	125,5	4,5	74,3	220,0

In dem Filtrat liessen sich kolorimetrisch nur Spuren, nämlich 0,2 mg salpetrige Säure für 1 l nachweisen.

Dieses Abwasser war somit viel stärker mit Jauchestoffen verunreinigt als das Abwasser von Exeter; wenngleich die 3 Proben keinem guten Durchschnitt entsprechen, so zeigen sie doch dieselben Beziehungen wie die Proben von Exeter.

c) Reinigungsanlage in Gross-Lichterfelde bei Berlin. Die nach vorstehendem Grundsatz von Kulturtechniker W. Schweder (Schweder & Co.) in Gross-Lichterfelde bei Berlin, dem früheren Mitarbeiter von Alex. Müller, angelegte Reinigungs-Vorrichtung ist viel vollkommener eingerichtet als die englischen Anlagen in Exeter und Sutton. Die Art der Einrichtung erhellt aus nachstehender Zeichnung (Fig. 15).

Das Wasser tritt aus dem Kanal bei a in den Raum I (vergl. Fig. 15), welcher in halber Höhe mit einer Mauer durchsetzt ist, vor welcher das unter Druck eintretende Wasser behufs gleichmässiger Durchmischung und besserer Sedimentirung hochgestaut wird, und die an ihrer Oberkante eine Reihe eingemauerter kleinkalibriger Drainrohre enthält, durch welche das Wasser in den Leerraum zwischen I und II übertritt. Die korrespondirende Mauer ist bis unter die Bedachung hochgeführt, enthält dagegen am Boden eine Anzahl Drainrohre eingemauert, wodurch die Jauche in der Richtung der Pfeile in den Raum II tritt und aus diesem das vom vorigen Tage aufgespeicherte Wasser von unten auf verdrängt.

Die Räume I und II sind bedacht, um Licht- und Luftzutritt abzuhalten, ausserdem mit starken Mauern und einem Erdwall umgeben, um sie vor grossem Temperaturwechsel zu schützen; ausserdem sind sie mit einer Decke von Torfmull auf einem engmaschigen, unter den Balken ausgespannten Drahtnetz abgedeckt, welcher nicht nur einen schlechten Wärmeleiter bildet, sondern auch desodorirend wirkt.

In Raum II findet eine lebhafte Fäulniss statt und werden die Schwebestoffe, die schon theilweise in Raum I zurückgehalten werden, theils niedergeschlagen, theils gelöst (verflüssigt). Um eine Fortführung der Schwebestoffe (sei es der niedergeschlagenen, sei es der schwimmenden) zu vermeiden, sind in der dem Eintritt gegenüberliegenden Seitenwand Knierohre angebracht, deren wagerechter Schenkel im Höhen-niveau der Jauche liegt, während der senkrechte etwa 1 m tief in die Jauche eintaucht, sodass weder die obenaufschwimmenden noch die am Boden befindlichen Schwebestoffe beim Austritt des Wassers aus der Faulkammer mitfortgeführt werden können.

Die aus dem Raum II austretende Jauche hat eine stark faulige Beschaffenheit. Um die Oxydation in den Filtern zu fördern, wird sie in Raum III dem Einfluss frischer Luft ausgesetzt oder gelüftet. In demselben sind mehrere Lochbleche stockwerkartig über einander angebracht, in einem vertikalen Abstände von 0,30 m von einander und jedes 15 cm mit Kies beschüttet, sodass zwischen jedem Lochblech ein freier Luftraum von 0,15 m Höhe verbleibt. Diese Lufträume sind durch die in die Umfassungswand eingesetzten Drainrohre mit einem schornsteinähnlichen Ventilations-schacht verbunden, die aus dem Raum II abfliessende gefaulte Jauche durchrieselt in vielen dünnen Fäden regenförmig die einzelnen Luftkammern und wird in diesen einer lebhaften Lüftung ausgesetzt. Während in der Faulkammer II nach den bakteriologischen Untersuchungen vorwiegend nur anaërobe Bakterien thätig sind, stellen sich in Raum III nach Aufnahme von Luftsauerstoff aërobe Bakterien ein und findet hier auch schon eine schwache Nitrifikation statt.

Grundriss

Fig. 15.

I und II Räume für Klärung und faulige Gärung.

III Raum für Lüftung (Gradirwerk).

IV¹—⁴ Oxydations-Filterraum.

IV⁴ derselbe mit Ansicht der Untergrunddrainage.

Die gelüftete Jauche sammelt sich unten in Raum III und kann zur weiteren Oxydation beliebig auf die einzelnen 4 Filter (Oxydationsraum IV) geleitet werden. Diese bestehen von unten nach oben schichtweise aus 0,30 m Kies, 0,75 m Koksgruss und 0,30 m Gemisch von feinem Kies und gekörnter Steinkohlenschlacke (vergl. Fig. 15). Die unterste Lage von Kies ist mit einer schwachen Beimengung von Muschelkalk vermengt.

Am Boden der Filter befindet sich eine einfache Ackerdrainage, deren Haupt-sammelstränge (vergl. Fig. 15) durch ein Petersen'sches Ventil geschlossen werden können. Die Füllung der Filter wird bei geschlossener Drainage vorgenommen und dauert bis zur vollen Sättigung 2 Stunden. Während der Füllung steigt die in den Filtern, besonders in dem porösen Kohlengruss eingeschlossene Luft durch die Jauche nach oben und erhöht die oxydirende Wirkung der Bakterien. Mit dem Vollenfüllen der Filter nach 2 Stunden hat die Oxydation bzw. die Mikroben-Thätigkeit ihren Höhepunkt erreicht; das Wasser wird dann nach Oeffnen des Petersen'schen Ventils abgelassen und soll stets klar, geruchlos und frei von Schwefelwasserstoff sein.

Wenn das Filterabwasser auch als frei von Ammoniak bezeichnet wird, so trifft das für die von uns untersuchten Proben nicht zu (vergl. die nachstehenden Analysen).

Der Ammoniak- und organische Stickstoff wird aber grösstentheils in Salpetersäure und salpetrige Säure — das Verhältniss der letzteren ist schwankend — übergeführt. Seitdem die Filter (Oxydationsraum IV) ähnlich wie bei Mistbeeten mit Matten, welche die Abkühlung bei Frostwetter verhindern, die direkten Sonnenstrahlen abhalten, aber die Luftcirculation nicht beeinträchtigen, bedeckt sind, soll die Nitratbildung das Uebergewicht haben.

Eine merkbare Erwärmung findet im Faulraum II nicht statt, wohl aber in den Filtern, dem Oxydationsraum. Selbst bei einer Aussentemperatur von -6° hat hier die Wärmesteigerung in 4—5 Stunden 2—3° betragen.

Das von den Filtern abfliessende Wasser enthält naturgemäss zahlreiche Bakterien, vorwiegend nitrificirende neben anderen (u. A. *Bacterium coli commune*). Ein Versuch, diese durch Sandfiltration zu entfernen, ist missglückt, weil das Drainwasser keine Schwebestoffe enthält, um eine Schlickschicht auf den Filtern bilden zu können.

W. Schweder hat aber das Drainwasser mit Vortheil zur Berieselung einer Grasfläche benutzt, ausserdem gefunden, dass es, in einen Feldtümpel geleitet, dem Gedeihen von Fischen durchaus nicht nachtheilig gewesen ist.

Auch W. Schweder hebt die geringe Schlammablagerung in dem Faulraum I und II hervor; seit Mai 1897 bis Mitte Januar 1898 haben ungefähr 20 000 cbm Jauche die Anlage durchlaufen, jedoch dürfte nach Schweder's Schätzung die Menge abge-schiedenen Schlammes höchstens 1 cbm betragen.

Auch der Oxydations-Filterraum zeigt, wie W. Schweder berichtet, keine wesentliche Veränderung.

An der Oberfläche ist sie zwar nach jedesmaliger Benutzung bemerkbar, jedoch verschwindet dieselbe alsbald nach dem Abtrocknen der Oberfläche, was bei dem durchgeführten intermittirenden Betrieb täglich vorkommt.

Die Handhabung der 4 Filterräume ist nämlich folgende:

I. Füllung und Entleerung am Tag (Vorm.)				II. Füllung und Entleerung am Tag (Nachm.)			
Filterraum	Füllung	Verbleib im Oxydations-Filterraum	Entleerung	Füllung	Verbleib im Oxydations-Filterraum	Entleerung	
IV ₁	6—8 Uhr	8—10 Uhr	10—10½ Uhr	2—4 Uhr	4—6 Uhr	6—6½ Uhr	
IV ₂	8—10 -	10—12 -	12—12½ -	4—6 -	6—8 -	8—8½ -	
IV ₃	10—12 -	12—2 -	2—2½ -	6—8 -	8—10 -	10—10½ -	
IV ₄	12—2 -	2—4 -	4—4½ -				

Die 14stündige Betriebszeit in dem Oxydations-Filterraum ist mit Rücksicht darauf berechnet, dass in der Zeit von 8 Uhr abends bis 6 Uhr morgens nur wenig Spüljauche gefördert wird. Es hat daher jedes Filter zwischen der jedesmaligen Füllung am Tage $3\frac{1}{2}$ Stunden und von der Zeit der Abendentleerung bis zur Füllung am nächsten Morgen $13\frac{1}{2}$ Stunden, also im Ganzen 17 Stunden Ruhe, die sich für die Erneuerung und Füllung mit Luft als ausreichend erwiesen hat.

Der Faulraum II kann nach den angegebenen Maassen rund 82 cbm fassen, während täglich 100—120 cbm gereinigt werden, so dass die rohe Jauche unter Hinzurechnung des Vorraumes I ungefähr 24 Stunden aufgespeichert werden kann, ehe sie, durch nachtretende Jauche verdrängt, wieder austritt. Jeder Oxydations-Filterraum fasst 15—20 cbm, so dass durch diesen bei 7maliger Füllung 105—140 cbm gefaulte Jauche fließen können. Im Ganzen hat der Raum 128 qm Fläche, so dass bei 140 cbm Jauche auf 0,9 qm 1 cbm Jauche entfällt. Auffallender Weise läuft aus den Drains kaum die Hälfte der Flüssigkeit ab, als in den Oxydations-Filterraum eintritt. Wenngleich während des Aufenthaltes des Wassers in diesem Raum und besonders während der Ruhezeit der Filter eine erhebliche Wasserverdunstung statthat, so kann doch hieraus allein wohl schwerlich ein solcher Wasserverlust erklärt werden; ein Theil des Verlustes muss wohl auch durch Versickerung verursacht sein.

Die Kosten anlangend, so berechnet W. Schweder dieselben für eine Anlage zur Reinigung von 120—160 cbm (Tagesproduktion von etwa 2000 Personen) auf 12000 M. und für die jährliche Unterhaltung, die keine besonderen Betriebskosten, sondern nur zeitweise einen Arbeitsmann zum Oeffnen und Schliessen der Drainventile erfordert, auf 40—50 Pfg. für den Kopf der Bevölkerung.

Herr Kulturtechniker Schweder hatte die Freundlichkeit, am 18. und 19. Januar d. J. Proben Wasser aus seiner Reinigungsanlage in den verschiedenen Stadien der Reinigung für uns zu entnehmen und zwar:

1. Probe: rohe Jauche aus Berlin bei 12stündigem Zulauf jede halbe Stunde 24mal entnommen und Proben gemischt.
2. Probe: Jauche aus dem Faulraum, bei 12stündigem Zulauf jede $1\frac{1}{2}$ Stunde 7mal entnommen.
3. Probe: aus dem Lüftungsraum III, wie sie in den Oxydations-Filterraum IV übertritt, wie No. 2 entnommen.
4. Probe, Drainwasser, wie No. 2 entnommen.

Diese Proben wurden wie die vorstehenden untersucht und ergaben für 1 l die in der Tabelle S. 189 (oben) angegebenen Resultate.

Das filtrirte bzw. oxydirte (Drain-)Wasser vom 18. Januar enthielt nach der kolorimetrischen Methode 6,0 mg, das vom 19. Januar 7,5 mg salpetrige Säure in 1 l. Hiernach ist die Bildung von Salpetersäure und salpetriger Säure in dem Filter-Oxydationsraum ersichtlich und bedeutend stärker als in den zu ungefähr gleicher Zeit entnommenen Proben der beiden Dibdin'schen Anlagen in England. Auch die Schwebestoffe sind bis auf unwägbare Mengen entfernt, während sich in den letzteren 2 Anlagen noch eine ganz geringe Menge Schwebestoffe nachweisen liessen. Der Verbrauch an Kaliumpermanganat zur Oxydation der in allen Fällen filtrirten Wasser ist auf rund $\frac{1}{3}$ vermindert, während die Schwefelsäure durch Oxydation von Schwefelverbindungen in England nur eine geringe, in Gross-Lichterfelde eine erhebliche Zunahme erfahren hat.

Jauche:	Schwebestoffe		Gelöste Stoffe		Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff		Stickstoff in Form von			Schwe- fel- säure	Phos- phor- säure	Chlor	Kalk
	orga- nische	unorga- nische	orga- nische (Glüh- verlust)	unorga- nische (Glüh- rück- stand)	in saurer	in alka- lischer	orga- nischen Verbin- dungen	Am- moniak	Sal- peter- säure				
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg

Proben vom 18. Januar 1898.

1. Rohe . . .	1129,0	281,0	759,0	861,0	30,8	36,0	29,6	76,2	7,8	26,8	32,0	240,0	240,0
2. Gefaulte . .	177,5	72,5	253,0	605,0	42,4	43,2	12,4	91,8	11,8	26,1	32,0	221,3	110,0
3. Gelüftete . .	114,0	43,0	231,0	637,0	36,8	42,0	14,0	90,1	14,8	37,7	27,7	221,3	105,0
4. Oxydirte u. filtrirte . . .	Spur		325,0	1082,5	9,6	15,6	7,0	14,0	40,6	70,7	7,0	221,3	265,0

Proben vom 19. Januar 1898.

1. Rohe . . .	1513,0	2562,0	272,0	653,0	38,4	40,0	28,8	79,2	10,1	41,2	44,4	221,3	225,0
2. Gefaulte . .	118,0	108,0	287,0	592,0	36,8	41,2	11,7	84,8	9,3	36,4	25,6	230,0	110,0
3. Gelüftete . .	175,0	65,0	240,0	605,0	38,0	39,2	12,4	85,6	22,3	41,2	25,5	230,0	110,0
4. Oxydirte u. filtrirte . . .	Spur		292,5	1042,5	13,6	16,4	4,7	14,0	41,2	72,7	3,2	230,0	245,0

Auch bei diesen Versuchen nimmt wie oben bei den Polarite-Versuchen die Menge der gesammten gelösten Stoffe besonders an unorganischen Stoffen (Glührückstand) mehr oder weniger zu, was darauf zurückgeführt werden muss, dass die durch die Oxydation bewirkte Bildung von Kohlensäure, Salpeter- und Schwefelsäure lösend auf mineralische Bestandtheile (kohlen-sauren Kalk) der Filtermasse wirken.

In der Fäulnisskammer hat in England eine erhebliche Abnahme, in Gross-Lichterfelde eine kleine Zunahme an Ammoniak stattgefunden. Letzteres ist das Wahrscheinlichere, weil die in Folge der verstärkten Fäulniss bewirkte Verflüssigung organischer Schwebestoffe eine Vermehrung des Ammoniaks bedingt, wenn nicht auch durch anaerobe Bakterien eine Entbindung von freiem Stickstoffgas statthaben soll. Nach den vorstehenden Analysen wurde gefunden:

Jauche:	Exeter			Sutton			Gross-Lichterfelde					
							18. Jan. 1898			19. Jan. 1898		
	Ge- samt- N	Abnahme ¹⁾ mg	Proc.	Ge- samt- N	Abnahme ¹⁾ mg	Proc.	Ge- samt- N	Abnahme ¹⁾ bez. Zunahme mg	Proc.	Ge- samt- N	Abnahme ¹⁾ bez. Zunahme mg	Proc.
1. Rohe . . .	75,7	—	—	120,8	—	—	113,6	—	—	118,1	—	—
2. Gefaulte . .	50,8	— 24,9	— 32,9	59,7	— 61,1	— 50,5	116,0	+ 2,6	+ 2,3	105,8	— 12,3	— 10,4
3. Gelüftete . .	—	—	—	—	—	—	118,9	+ 5,3	+ 4,7	120,3	+ 14,5	+ 12,3
4. Oxydirte u. filtrirte	30,3	— 45,4	— 59,9	32,4	— 88,4	— 73,2	61,6	— 52,0	— 54,3	59,9	— 58,2	— 50,7

Ohne Zweifel beruht ein grosser Theil dieser Unterschiede im Gesamt-Stickstoffgehalt darauf, dass die in den einzelnen Stadien der Reinigung ent-

¹⁾ Abnahme (—) bezw. Zunahme (+) gegen No. 1.

nommenen Proben nicht vollständig der entnommenen Rohjauche entsprochen haben. Indess kann hieraus die grosse Differenz im Gehalt an Gesamt-Stickstoff zwischen der rohen und der von den Filtern abfliessenden gereinigten Jauche allein nicht erklärt werden, zumal der Gehalt an Chlor, als dem beständigsten Theil der Spüljauche, in den einzelnen Proben nur eine geringe Abweichung zeigt.

Es muss also auch aus diesen Versuchen geschlossen werden, dass bei der Oxydation (Nitrifikation) in den Filtern ein mehr oder weniger erheblicher Theil des gebundenen Stickstoffs in Form von freiem Stickstoff sich verflüchtigt.

Aus den bis jetzt gewonnenen Ergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

1. Das Ferrozone-Polarite-Verfahren bietet, was den 2. Theil des Verfahrens, die Filtration durch Polarite, anbelangt, keine Vorzüge vor anderen Filtrirmitteln; der gebundene Sauerstoff des Eisenoxyds hat keinen Einfluss auf die Grösse der Nitrifikation; in einem Filter aus Boden oder Koks ist dieselbe ebenso gross oder noch grösser.

2. Dem von Dibdin in London und Schweder in Gross-Lichterfelde eingeführten abwechselnden Fäulniss- und Oxydations-Verfahren liegt der schon mehrfach verfolgte an sich richtige Gedanke zu Grunde, die organischen Stoffe, welche leicht in Fäulniss übergehen und sich weder durch chemische Fällungsmittel noch durch mechanische Hilfsmittel (Absetzenlassen oder Filtration) entfernen lassen, durch eine erhöhte Mikrobenthätigkeit zu zerstören und zu mineralisiren d. h. in Sauerstoffverbindungen überzuführen, in welcher Form sie nicht oder weniger schädlich für die Verunreinigung von Gewässern sind als im nicht oxydirten Zustande. Erreicht wird dieses einerseits durch Fäulniss-, andererseits durch nitrificirende Bakterien, also durch dieselben Lebewesen, welche auch bei der Selbstreinigung des Bodens und der Flüsse mitwirken.

3. Die erhöhte Fäulniss wird dadurch erzielt, dass das frische Abwasser in vor Luftzutritt geschützten Räumen zu einem Rest von bereits in starker Fäulniss begriffenen Jauche tritt und hier bis 24 Stunden verbleibt. Die eintretende starke Fäulniss hat zunächst eine vermehrte Ammoniak-Bildung aus organischen Stickstoff-Verbindungen zur Folge; wenn die gefaulte Jauche trotzdem eine geringere Ammoniakmenge zeigen sollte, wie Dibdin behauptet, so ist das, weil eine wesentliche Verdunstung von Ammoniak als solchem nicht angenommen werden kann, nur möglich, wenn bei der Ammoniakbildung durch anaerobe Bakterien auch freies Stickstoffgas entsteht. Ob letztere solche Wirkung überhaupt äussern, bleibt noch zu erforschen, wie ebenso, ob ein offener Fäulnissbehälter wie der in Sutton in derselben Weise wirkt, wie die geschlossenen Behälter.

4. Bei dem mehrstündigen Aufenthalt der Jauche in der Fäulnisskammer senken sich die specifisch schwereren organischen und unorganischen Schwebestoffe mehr oder weniger zu Boden; die organischen Stoffe unterliegen durch die fortgesetzte Fäulniss in dem Bodenschlamm einer allmählichen Zersetzung und Verflüssigung bezw. Vergasung und ist hieraus erklärlich, dass sich auf

diese Weise nur verhältnissmässig wenig Schlamm in dem Fäulnissbehälter ansammelt. Wenn aber behauptet wird, dass sich bei diesem Verfahren überhaupt kein Schlamm bildet, so ist das übertrieben und jedenfalls der Wirklichkeit nicht entsprechend. Denn dass auch die unorganischen Schwebestoffe der Jauche, die unter Umständen nicht gering sind, verschwinden sollten, ist nicht möglich; ein solches eisernes Verdauungsvermögen kann man den Bakterien nicht zutrauen. Auch manche harten und grobfaserigen organischen Schwebestoffe der Jauche dürften kaum in kurzer Zeit zersetzt werden können. Wenigstens ergab eine aus dem Fäulnissraum in Exeter von Herrn Ingenieur Röchling eingesandte Schlammprobe eine nicht unerhebliche Menge noch vorhandener stickstoffhaltiger Stoffe, nämlich in der Trockensubstanz:

Organische Stoffe	mit Stickstoff	Mineral- stoffe	mit:	Kalk	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kali	Sand und Thon
32,37%	2,86%	67,63%		4,69%	0,79%	2,38%	1,47%	39,75%

5. In Folge der Lüftung einerseits im Lüftungsraum, andererseits im Oxydations-Filterraum findet eine starke Oxydation der organischen Stoffe und Nitrifikation des Ammoniaks unter Entbindung von freiem Stickstoff statt; die Nitrifikation dürfte aber wohl in den seltensten Fällen eine vollständige sein. Das Vorhandensein von salpetriger Säure deutet an, dass die Lüftung bezw. Sauerstoff-Zuführung keine genügende war und wenn dann noch gleichzeitig Ammoniak und organische Stoffe in deutlicher, wenn auch in wesentlich verminderter Menge vorhanden sind, so kann bei trägem Lauf des Drainwassers in dicker Schicht immerhin wieder von Neuem Fäulniss eintreten, zumal dasselbe nach anderweitigen Untersuchungen eine grosse Anzahl von Bakterien enthält. Diese brauchen nicht pathogener Art zu sein, um noch schädlich wirken zu können; es ist vielmehr anzunehmen, dass bei dem starken Ueberwiegen der Fäulniss- und nitrificirenden Bakterien die pathogenen Keime verdrängt oder abgetödtet bezw. unschädlich gemacht werden, aber ein an Bakterien irgend welcher Art reiches Wasser mit genügend organischen Stoffen neigt an sich leicht zur Fäulniss.

Der Umstand, dass das Drainwasser in offenen Glasschalen nach mehrtägigem Stehen keine Fäulniss, überhaupt keine sichtbare Veränderung zeigt, ist noch kein Beweis gegen diese Annahme. Denn auch das stärkste Schmutzwasser unterliegt in offenen flachen Schalen mehr oder weniger schnell einem Selbstreinigungs- (Klärungs-) Vorgang, indem sich der faulige Geruch alsbald verliert, während es bei Einleitung in Flüsse mit geringer Stromgeschwindigkeit und mangelhaftem Luftzutritt alsbald Fäulniss hervorruft. Diese Art Prüfung, die vielfach von den Verwaltungsbehörden vorgeschrieben und geübt wird, hat schon häufig zu irrigen Schlussfolgerungen Veranlassung gegeben.

6. Die Frage, ob dieses Reinigungsverfahren genügen wird, um eine Verunreinigung von fliessenden Gewässern in nachtheiliger Weise zu verhindern, hängt ganz von den örtlichen Verhältnissen, von der Menge und Stromgeschwindigkeit des Bach- oder Flusswassers ab. Ohne Zweifel braucht bei richtiger

Handhabung des Reinigungsverfahrens das Drainwasser, um völlig unschädlich zu werden, durch ein Bach- oder Flusswasser nicht so stark verdünnt zu werden, als bei Einlass der rohen oder nur geklärten Jauche. Aber eine genügende Verdünnung von mindestens etwa 1:10 bis 15 bei mittelguter Stromgeschwindigkeit wird auch hier gefordert werden müssen, vorausgesetzt, dass die Thätigkeit der Fäulniss- wie nitrificirenden Bakterien wie der Gr. Lichterfelder Anlage anhält und nicht mit der Zeit oder zu gewissen Zeiten erlahmt.

7. Bis jetzt sind beide Verfahren nur für verhältnissmässig geringe Mengen Schmutzwässer eingeführt und hierfür scheinen sie, wenn von einer wirthschaftlichen Ausnutzung derselben abgesehen wird, am Platze zu sein. Auch können sie vielleicht dort gute Dienste leisten, wo eine Bodenberieselung nothwendig, aber kein geeigneter, d. h. stark luftiger, gut filtrirender Boden vorhanden ist; hier kann die Voroxydation die reinigende Wirkung des Bodens wesentlich unterstützen und sind alsdann geringere Bodenflächen für die Berieselung nothwendig.

8. Bei grossen Mengen Abwasser dagegen (von 30–50 000 Einwohnern und mehr) erscheint die Anlage zu theuer und der Erfolg zu zweifelhaft. Nach W. Schweder kostet die Anlage für den Kopf der Bevölkerung 6 M. und in der jährlichen Unterhaltung 40–50 Pf.; dazu kommen aber noch die Kosten für eine Rieselfläche; denn ohne eine Nachrieselung mit dem Drainwasser dürfte es bei dem Verfahren, wenn es sich um die Abgänge von 30–50 000 Einwohnern und mehr handelt und wenn nicht äusserst günstige Flussverhältnisse für Aufnahme des gereinigten Abwassers vorhanden sind, auf die Dauer entschieden nicht abgehen, wenn auch die Rieselfläche mit Voroxydation wesentlich kleiner und billiger ausgeführt werden kann als ohne Voroxydation. Schweder selbst hält für seine kleine Versuchsanlage in Gross-Lichterfelde eine Nachrieselung mit dem Drainwasser für wünschenswerth, wenn auch nicht für nothwendig. Hat man aber einen geeigneten Boden in genügender Ausdehnung für Berieselung zur Verfügung, dann kann man die Oxydation der organischen Stoffe auch der reinigenden Kraft des natürlichen Bodens überlassen und die Vorreinigung als zu theuer und wirthschaftlich unrichtig ganz umgehen. Denn die reinigende Wirkung ist dieselbe, ob man die Jauche durch die vorstehenden Kies-Koks-Filter oxydirt und filtrirt oder durch den Boden. Auf 100 Kopf der Bevölkerung soll, wenn die Reinigung der Spüljauche durch Berieselung eine erfolgreiche sein muss, mindestens 1 ha Rieselfeld entfallen; für 100 Einwohner müssen, wenn deren Abgänge in vorstehender künstlicher Filtrationsanlage gereinigt werden sollen, 600 M. Anlagekosten aufgewendet werden, die nichts aufbringen, sondern sich nur abnutzen. Wendet man dieses Geld aber zum Ankauf von Boden an, so verzinst es sich wenigstens zum Theil und bei richtiger Ausführung der Rieselung sogar ganz. Dazu kommt aber noch der grosse wirthschaftliche Verlust an Stickstoff und sonstigen Pflanzennährstoffen bei der Oxydation und Filtration durch Kunstofffilter allein. Solche Verluste sind auch bei der Bodenberieselung vorhanden, aber in viel geringerem Maasse, da die mine-

ralisirten, d. h. oxydirten Bestandtheile der Jauche sofort von den Nutzpflanzen aufgenommen und verwerthet werden.

Aus dem Grunde kann grundsätzlich kein Verfahren für Reinigung von Spüljauche dem durch Bodenberieselung Stand halten.

Um aber hierdurch den richtigen Erfolg zu erzielen, sind verschiedene Bedingungen zu erfüllen, nämlich:

- a) Der für die Berieselung ausgesuchte Boden muss die geeignete Beschaffenheit haben. Lockerer, gut durchlässiger Sandboden ist am geeignetsten; wo die Durchlässigkeit zu wünschen übrig lässt, muss sie durch Drainage und künstliche mechanische Hilfsmittel unterstützt werden.
- b) Es muss eine genügende Bodenfläche zur Verfügung stehen. Im Allgemeinen soll man dem Boden nicht mehr Spüljauche zuführen, als Stickstoff zur Deckung des höchsten Bedarfs einer landwirthschaftlichen Nutzpflanze darin vorhanden ist. Das sind im Mittel 100—120 kg Stickstoff und diese pflegen in 1000—1200 cbm Spüljauche, oder in den Abgängen von 80—100 Personen vorhanden zu sein. Man soll daher die Rieselfläche so bemessen, dass auf höchstens 100 Kopf der Bevölkerung je 1 ha Rieselfläche entfällt. Meistens kommen aber auf 1 ha die Abgänge von 200—400 und mehr Personen und ist von selbst einleuchtend, dass der Ueberschuss an Stickstoff bzw. Stickstoffverbindungen, da sie auf die Dauer nicht vom Boden festgehalten und gebunden werden, ins Drainwasser übergehen und entweder wieder das Grundwasser oder das Vorfluth-Flusswasser verunreinigen.
- c) Die Rieselanlage muss einheitlich und so mit Gefälle angelegt werden, dass einerseits die Spüljauche jederzeit gleichmässig über die ganze Fläche vertheilt, andererseits das Rieselwasser wiederholt wieder benutzt werden kann. Im Winter und in Regenzeiten ist ein Ueberschuss, im Sommer dagegen, bzw. in der für die Pflanzen wasserbedürftigsten Zeit, ein Mangel an Spüljauche vorhanden. Man muss es daher in der Hand haben, die Spüljauche bei vorhandenen grossen Mengen gleichmässig über die ganze Rieselfläche ausbreiten, dagegen in der regenarmen, wärmeren Jahreszeit das Drainwasser von höher gelegenen Flächen auf niedriger gelegenen behufs Anfeuchtung wieder verwenden zu können.
- d) Bei dem Ueberschuss an Stickstoff in der Spüljauche muss noch gleichzeitig mit Phosphorsäure (in Form von Thomasphosphatmehl) und Kali (in Form von Kainit) begedüngt werden. Das Verhältniss dieser 3 wichtigsten Pflanzennährstoffe beträgt nämlich im Durchschnitt:

	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali
In den Pflanzenernten	100	44	151
In der Spüljauche	100	19	32.

Führen wir daher der Rieselfläche so viel Spüljauche zu, dass dadurch nur der Bedarf an Stickstoff gedeckt wird, so erhalten die Nutzpflanzen nicht

genügend Phosphorsäure und Kali; leitet man aber so viel Spüljauche zu, dass der Bedarf an letzteren beiden Nährstoffen gedeckt wird, so wird zu viel Stickstoff verabreicht, der alsdann nicht nur zum grössten Theil, sei es in Form von Ammoniak oder Salpetersäure, ins Drainwasser übergeht, sondern auch abnorm entwickelte Pflanzen erzeugt. Um daher einerseits eine völlige Ausnutzung und Reinigung der Spüljauche, andererseits normal entwickelte Nutzpflanzen zu erzielen, darf man einer Rieselfläche nur so viel Spüljauche zuführen, dass der darin enthaltene Stickstoff von den Nutzpflanzen aufgenommen und verarbeitet werden kann, und müssen gleichzeitig Phosphorsäure und Kali in Form künstlicher Dünger beigelegt werden.

Die mangelhaften Erfolge, welche man vielfach mit der Spüljauchenrieselung erzielt hat, haben vorwiegend darin ihren Grund, dass man diese und andere an sich ganz selbstverständliche Regeln nicht berücksichtigt.

Die vorstehenden Reinigungsversuche zeigen wiederum aufs Neue, wie wichtig die gute Durchlässigkeit der Filtermasse und die abwechselnde Lüftung derselben für die Reinigung der Spüljauche sind und diese beiden Punkte verdienen auch bei der Bodenberieselung volle Berücksichtigung. Auch entspringt aus den Versuchen der Nutzen, den eine vorherige Fäulniss oder gleichsam Aufschliessung der Spüljauche hat. Schon jetzt pflegt man dieselbe behufs Niederschlagung der gröbsten Schwebestoffe und um die Filzbildung auf den Rieselfeldern zu vermeiden, vorher in Stauteichen abzuklären. Es bleibt nach den vorstehenden Versuchen zu erwägen, ob man diese Stauteiche nicht zweckmässig vergrössert und bedacht, um durch eine intensivere Fäulniss einerseits die Spüljauchenbestandtheile mehr aufzuschliessen, andererseits die Schwebestoffe noch mehr zu entfernen und so eine ausgiebigere Reinigung durch die Bodenfiltration zu erzielen.

Die Städte stellen sich naturgemäss auf den Standpunkt, ihren Unrath so einfach und billig wie möglich los zu werden. Alle künstlichen Mittel und Reinigungsverfahren, mit wie grosser Ueberzeugung sie auch anfänglich angepriesen worden sind, haben sich nicht bewährt und sind allmählich wieder eingeschlummert. Die Kosten standen und stehen allgemein nicht im Verhältniss zu den Erfolgen, weil es durchweg nur gelingt, die Schwebestoffe zu entfernen, nicht aber die ebenso schädlichen löslichen Stoffe. Das einzige Verfahren, welches bei richtiger Handhabung einen wirklich durchschlagenden und den relativ besten Erfolg auch für die gelösten fauligen oder fäulnissfähigen Stoffe hat und haben kann, ist — darüber sind wohl alle Sachverständigen jetzt einig — die Bodenberieselung, und diese kann einzig unter sonst geeigneten Verhältnissen einen wirthschaftlichen Nutzen gewähren, während alle künstlichen Reinigungsverfahren nur einen wirthschaftlichen Verlust bedeuten.

Dort, wo durchaus kein geeigneter Boden in genügender Ausdehnung ohne Aufwand zu grosser Kosten zu beschaffen ist, wird man allerdings zu anderen Reinigungsverfahren seine Zuflucht nehmen und in erster Linie eine Trennung der Fäkalien von den sonstigen Schmutzwässern anstreben müssen.

Erstere lassen sich auf pneumatischem Wege oder durch Abfuhr entfernen, und entweder durch direkte Verwendung zur Düngung oder durch Verarbeitung auf Poudrette unschädlich machen. Für die Reinigung der Spülwässer müssen dann andere Reinigungsverfahren angestrebt werden und dürfte hierfür das vorstehende Dibdin-Schweder'sche Verfahren in geeigneter Verbesserung nach meinen Erfahrungen die grösste Beachtung verdienen. In anderen Fällen, wo fließende Gewässer mit genügender Stromgeschwindigkeit und hinreichender Wassermenge zur Verfügung stehen, wird man die Spülwässer auch direkt in die Gewässer ableiten und die Reinigung der selbstreinigenden Wirkung des fließenden Wassers überlassen können. Jedenfalls giebt es keine allgemein gültige Regel für die Unschädlichmachung der städtischen Abfallstoffe; die Frage will örtlich geprüft und gelöst werden.

Leider aber wird die Frage der Reinigung städtischer Abwässer durch eine einseitige bakteriologische Auffassung vielfach verwirrt und deren Lösung verzögert. Wenn beispielsweise von Bakteriologen verlangt wird, dass die gereinigten städtischen Abwässer nur 300 Keime von Mikrophyten haben sollen, so ist das vom wissenschaftlichen wie praktischen Standpunkt gleich unverständlich. Wir können aus der städtischen Spüljauche nach keinem Verfahren ein Trinkwasser machen, und daraus ein keimfreies Wasser herzustellen, ist ebenso unmöglich als unnöthig. Gewisse Bakterien und niedere Lebewesen sind geradezu die Bedingung für die Reinigung der Spüljauche und was die Gefahr der Ansteckung durch pathogene Bakterien anbelangt, die ohne Zweifel fast zu jeder Zeit in derselben vorhanden sein werden, so haben die Erhebungen von W. Prausnitz, R. Pasquay, R. Virchow, Th. Weyl, A. Bernstein u. A. ergeben, dass die beständig in den städtischen Kanälen wie auf Rieselfeldern beschäftigten Arbeiter weder zahlreicheren Allgemeinerkrankungen noch häufigeren specifischen Infektionserkrankungen ausgesetzt sind als anderweitig beschäftigte Arbeiter. Man muss daher wohl annehmen und verschiedene Versuche haben dieses erwiesen, dass die pathogenen Bakterien bei der Uebermacht der Fäulniss- und sonstiger nicht gesundheitsschädlicher Bakterien einerseits im Kampf ums Dasein, andererseits beim Ausbreiten in Flüssen oder auf Rieselfeldern unter dem Einfluss des Sonnenlichtes oder sonstiger selbstreinigender Ursachen alsbald zu Grunde gehen.

Wir sind schon seit Jahr und Tag gewohnt, auf dem Gebiet der Reinigung städtischer Abwässer, einer der brennendsten Tagesfragen, jeden Augenblick mit den verschiedenartigsten Vorschlägen unter den hochtönendsten Anpreisungen überrascht zu werden, die zwar sehr bald verstummen, aber immer in Folge unsachlicher Beurtheilung zu nicht geringen unnützen Ausgaben Veranlassung geben. Die Stadtverwaltungen glauben aus Sparsamkeitsrücksichten gar zu gern, dass doch Einer mal den Stein der Weisen erfunden haben könne.

Wenn man bedenkt, dass wir die durch Sonnenwärme und Sonnenlicht bedingte Arbeit der pflanzlichen Lebewesen, welche zur vollen Unschädlichmachung der städtischen und ähnlichen Schmutzwässer mit organischen Abfall-

stoffen nothwendig sind, durch künstliche Mittel wohl regeln und unterstützen, aber nie vollständig ersetzen können, dann wird man bei Beurtheilung solcher Vorschläge nicht fehlgehen. In minimis natura maxima. In der spaltenden und wieder aufbauenden Lebensthätigkeit der niederen und höheren Pflanzen liegt eine grosse, unberechenbare Kraftquelle, welche uns die Natur umsonst bietet; sie zu ersetzen, ist an sich nicht möglich, sie aber durch chemisch-physikalische Hilfsmittel aufzuwiegen, mit einem verschwenderischen Kraftaufwand verbunden.

Referate.

Allgemeine analytische Methoden und Apparate.

K. Wedenmeyer: Ein Wort zur Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl-Gunning. — Chem. Ztg. 1898, **22**, 21.

Der Vorschlag Gunnings, die Zerstörung der organischen Substanz nach Kjeldahl durch Zusatz von Kaliumsulfat zu beschleunigen, ist vielfach geprüft und empfohlen, und seit 1893 auch vom Verband der landwirtschaftlichen Versuchstationen Nord-Amerikas angenommen worden. Verf. hat nun abermals eine grosse Anzahl der an den landwirtschaftlichen Versuchstationen am häufigsten zur Untersuchung gelangenden Stoffe, darunter recht schwierig aufzuschliessende, vergleichenden Bestimmungen unterzogen und kann dieses Verfahren, welches auf dem Zusatz von etwa 10–15 g Kaliumsulfat beruht, nur auf das Wärmste empfehlen, da damit eine ganz erhebliche Zeitersparniss erzielt wird. Bei den Analysen wurde nach den Vorschriften des Verbandes Deutscher Versuchstationen die mit Phosphorsäure und Quecksilber versetzte Schwefelsäure benutzt und dieser auf 20 ccm je 10 g Kaliumsulfat zugesetzt. Bei Substanzen, die stark schäumen, fügt man zweckmässig das Sulfat erst nach dem ersten Aufkochen zu. Ist die Flüssigkeit farblos geworden, so ist die Aufschliessung beendet und man kann, nachdem die Flamme entfernt ist, nach 10–15 Minuten langem Stehen mit Wasser verdünnen und die Flüssigkeit in den Destillationskolben überführen, ohne dass Krystallabscheidung erfolgt. Zahlreiche Beleganalysen beweisen, dass bei gleichbleibender Genauigkeit (Differenzen meist nur Hundertstel Procente) durchschnittlich bei Anwendung von Kaliumsulfat eine halbe Stunde zur Zerstörung der organischen Substanz genügt, während ohne diesen Zusatz zwei Stunden und mehr erforderlich sind — und dass demzufolge eine Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl-Gunning innerhalb einer Stunde vollständig beendet sein kann.

J. Mayrhofer.

A. Schneegans: Bestimmung des Oeles in Emulsionen. — Journ. d. Pharm. Elsass-Lothring. 1897, 321; Pharm. Ztg. 1898, **43**, 15.

Die Bestimmung des Oelgehaltes von Emulsionen durch Ausschütteln mit Aether (mit oder ohne Säurezusatz) oder durch Extraktion des Trockenrückstandes giebt bekanntlich nur unsichere Resultate. Verf. empfiehlt daher ein Verfahren, welches, wenn auch etwas umständlich, doch sicher zum Ziel führt.

300 Th. der Oelgummieulsion werden mit je 50 Th. weissen Thones und groben Sandes eingedampft. Gegen Ende der Operation werden 50 Th. entwässertes Natriumsulfat zugesetzt und das Gemisch unter bisweiligem Rühren zur Trockne gebracht,