

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

2724

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297480

Wasserreinigung

Abwasserbeseitigung.



455  
197

x  
1,095



# Wasserreinigung

und

# Abwässerbeseitigung.

Von

**Dr. J. Tillmans,**

Vorsteher der chemischen Abteilung des Städtischen Hygienischen Instituts  
in Frankfurt a. M.

Mit 21 in den Text gedruckten Abbildungen.

109/10  
*J. Fr. 35029*



Halle a. S.

Druck und Verlag von Wilhelm Knapp.

1912.

*355*

*117*

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

112724

Akc. Nr. 2007/49

## Vorwort.

---

Die Methoden der Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung haben, seitdem man ihre Bedeutung für die öffentliche Gesundheitspflege erkannt hat, eine ständig wachsende Bedeutung gewonnen. Infolgedessen haben sich diese Gebiete der eifrigsten Bearbeitung von Wissenschaft und Technik zu erfreuen.

Ich habe mich in der vorliegenden Monographie bemüht, einen wenn auch kurzen, so doch möglichst vollständigen Überblick über den gegenwärtigen Stand von Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung zu geben.

Bei dem gewaltigen Umfang dieser Gebiete konnte mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum auf die einzelnen Methoden nur kurz eingegangen werden. Im Anhang ist jedoch für die verschiedenen Verfahren die neuere Literatur angegeben. Wer also die Absicht hat, sich über ein bestimmtes Verfahren eingehender zu unterrichten, findet im Anhang diejenigen Arbeiten, deren näheres Studium ihm alle in Frage kommenden Einzelheiten vermittelt.

Ein Kapitel, das, wie wenig andere, in vollem Fluß sich befindet, ist die Beseitigung der gewerblichen Abwässer. Manche Reinigungsarten sind ganz jungen Datums, und täglich kommen neue Erfahrungen hinzu, über die in den verschiedensten Zeitschriften berichtet wird. Ich habe versucht, das Vorliegende zu sammeln. Auch hier dürfte im Einzelfalle das nähere Studium der angegebenen Literatur von Nutzen sein.

Frankfurt a. M., im Mai 1912.

**Der Verfasser.**



## Inhaltsübersicht.

### Wasserreinigung.

Seite

Grundwasser, Quellwasser, Oberflächenwasser . . . . .	1
<b>A) Reinigung des Wassers für Trinkzwecke . . . . .</b>	<b>2</b>
Bakterien und Krankheitserreger im Wasser . . . . .	2
<b>I Reinigung des Wassers für Trinkzwecke im Großbetrieb . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>I. Die Verfahren der Filtration . . . . .</b>	<b>4</b>
a) Langsame Sandfiltration . . . . .	5
Herstellung, Beschaffenheit und Betrieb der Filter . . . . .	5
Gleichförmigkeit des Sandes, Filtrationsdruck, bedeckte und unbedeckte Filter . . . . .	6
Waschung und Erneuerung des Sandes . . . . .	7
Schleimdecke, Filtrationsdruck. Fränkel und Piefkes grundlegende Arbeiten, Doppelfiltration nach Götze, und Vorfiltration, System Puech-Chabal. . . . .	8
Die Kosten, Kontrolle durch Keimzahlbestimmung . . . . .	9
b) Nicht-überstaute Sandfilter . . . . .	9
c) Schnellfilter . . . . .	10
Art und Betrieb der Schnellfilter, ältere und neuere Systeme	10
Das Jewell Export-Schnellfilter . . . . .	10
Erfahrungen mit dem Jewell Export-Schnellfilter . . . . .	12
d) Künstliche Herstellung von Grundwasser aus Oberflächenwasser . . . . .	14
Natürliche Uferfiltration, Infiltration . . . . .	14
Anwendung des Verfahrens in verschiedenen Städten . . . . .	15
e) Bedeutung der Wasserfiltration für die öffentliche Gesundheitspflege und kritische Betrachtungen über den Wert der Sand- und Schnellfilter . . . . .	16
<b>2. Die Verfahren der Sterilisation . . . . .</b>	<b>17</b>
a) Das Ozonverfahren . . . . .	18
Siemenssche Ozonanlage der Hauptstadt St. Petersburg . . . . .	19
Untersuchungen über die Wirkung des Ozons . . . . .	21
b) Das Ferrochlorverfahren . . . . .	22
c) Das Chlorkalkverfahren . . . . .	23
Wesen und Kosten des Verfahrens . . . . .	23
Untersuchung und Beurteilung . . . . .	24
d) Ultraviolette Strahlen . . . . .	25
Die Untersuchungen von Courmont und Nogier. . . . .	25
Die Untersuchungen der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung (Grimm und Weldert) . . . . .	26

Sonstige Autoren über das Verfahren . . . . .	27
Vergleichende Zusammenstellung der Kosten der Wasserfiltration und Sterilisation . . . . .	27
e) Desinfektion von Wasserleitungen und Brunnen . . . . .	28
<b>3. Reinigung des Wassers in anderer als gesundheitlicher Richtung . . . . .</b>	<b>28</b>
a) Enteisung . . . . .	28
Nachteile eines eisenhaltigen Wassers; Wesen der Enteisungs- methoden . . . . .	29
Die wichtigsten Enteisungssysteme . . . . .	30
Offene und geschlossene Enteisungsanlagen . . . . .	31
Betriebstechnisches, Kosten . . . . .	32
b) Entfernung von Mangan . . . . .	32
Nachteile eines Mangangehaltes des Wassers; Die Breslauer Kalamität; Verschiedene Arten der Entfernung von Mangan . . . . .	33
c) Entfernung von freier Kohlensäure . . . . .	34
Aggressive Eigenschaften eines kohlenensäurehaltigen Wassers . . . . .	34
Entfernung durch Marmor; Beschreibung der Frankfurter Ent- säuerungsanlage . . . . .	34
Entfernung durch Natronlauge oder Soda . . . . .	35
Entfernung durch Rieselung und Vakuumriese lung . . . . .	35
<b>II. Reinigung von Trinkwasser im Kleinbetrieb . . . . .</b>	<b>36</b>
Grundsätzliche Nachteile der Trinkwasserreinigung im Klein- betrieb gegenüber dem Großbetrieb . . . . .	36
<b>I. Klein- oder Hausfilter . . . . .</b>	<b>37</b>
Mehr oder weniger unsichere Wirkung bei allen Kleinfiltern . . . . .	37
a) Kohlefilter . . . . .	37
b) Steinfilter . . . . .	38
c) Asbestfilter . . . . .	38
d) Tonfilter . . . . .	38
e) Porzellanfilter . . . . .	38
f) Kieselgurfilter . . . . .	39
<b>2. Abkochen des Wassers . . . . .</b>	<b>40</b>
Apparate zum Abkochen größerer Wassermengen . . . . .	40
Vorteile und Nachteile des Abkochens gegenüber den Klein- filtern . . . . .	42
<b>3. Kleine Ozonanlagen und Ultraviolettanlagen . . . . .</b>	<b>42</b>
Stationäre und fahrbare Ozonanlagen Siemens & Halske . . . . .	42
Versuche mit Hausapparaten . . . . .	43
<b>4. Enteisung von Einzelbrunnen . . . . .</b>	<b>44</b>
Verschiedene Enteisungssysteme für Einzelbrunnen . . . . .	44
Bastardpumpe von Deseniss & Jacobi . . . . .	45
<b>B) Reinigung des Wassers für technische Zwecke . . . . .</b>	<b>46</b>
Anforderung an ein Wasser, das technischen Zwecken dient . . . . .	46
Enthärtung von Kesselspeisewasser, Karbonathärte, bleibende Härte, Härtegrade . . . . .	47
Enthärtung mit Kalk-Soda; Wesen, Berechnung der Zusatz- mengen . . . . .	48
Beschreibung einer Kalk - Sodaenthärtungsanlage (System Vor an). . . . .	50

Vorteile und Nachteile des Kalk-Sodaverfahrens . . . . .	53
Das Reiser'sche Barytverfahren . . . . .	53
Vorzüge und Nachteile des Barytverfahrens . . . . .	54
Das Permutitverfahren, Wesen, Vorzüge, Nachteile . . . . .	55
Bedeutung einer sachgemäßen Überwachung der Enthärtungs- anlagen; sogen. Kesselsteinverhütungsmittel . . . . .	56

### Abwässerbeseitigung.

Bedeutung der Flußverunreinigung und Abwässer- beseitigung. . . . .	57
Selbstreinigung der Flüsse. . . . .	59
Häusliche und gewerbliche Abwässer. . . . .	61
<b>A) Reinigung des häuslichen Abwassers . . . . .</b>	<b>62</b>
Die verschiedenen Verfahren . . . . .	62
<b>I. Mechanische Abwässerreinigung . . . . .</b>	<b>62</b>
<b>1. Rechen, Gitter, Siebe . . . . .</b>	<b>62</b>
Grob- und Feinrechen, Feststehende und bewegliche Rechen	63
Uhfelders Flügelrechen; die Riensche Scheibe . . . . .	64
<b>2. Fettfänge . . . . .</b>	<b>65</b>
Kremer-Apparat . . . . .	66
Kremer-Faulbrunnen, andere Fettfängersysteme . . . . .	67
<b>3. Sandfänge . . . . .</b>	<b>67</b>
<b>4. Klärbecken und -Brunnen . . . . .</b>	<b>68</b>
Gestaltung der Klärbecken, Klärgeschwindigkeit . . . . .	68
Schlammabfuhr, Zusatz von Chemikalien . . . . .	70
Kläreffekt, Klärbrunnen, Türme . . . . .	71
<b>5. Faulbecken . . . . .</b>	<b>72</b>
Wesen, Schlamm und Entschlammung, Vorteile und Nachteile der Faulbecken . . . . .	72
<b>6. Travis- und Emscherbeckenbrunnen . . . . .</b>	<b>73</b>
Wesen, Travis-Becken . . . . .	73
Emscherbrunnen . . . . .	73
Beurteilung . . . . .	76
<b>II. Kohlebreiverfahren von Degener . . . . .</b>	<b>76</b>
<b>III. Biologische Abwässerreinigung . . . . .</b>	<b>77</b>
<b>I. Das künstliche biologische Verfahren . . . . .</b>	<b>77</b>
Wesen. . . . .	77
Abwässerbeseitigung in England, Vorreinigung, Material der biologischen Körper, Füllkörper, Tropfkörper . . . . .	78
Kosten. . . . .	82
Theorien über das Wesen der biologischen Abwässerreinigung (Brettschneider, Travis, Dunbar) . . . . .	82
<b>2. Die Landberieselung . . . . .</b>	<b>83</b>
<b>a) Rieselfelder . . . . .</b>	<b>83</b>
Wesen, guter und schlechter Boden für Rieselzwecke, Hang- oder Rückenberieselung . . . . .	83
Beetbau . . . . .	84
Eduardsfelder Verfahren . . . . .	84
Wirkung der Rieselung . . . . .	84

Bedeutung der Vorreinigung . . . . .	85
Verschiedene Einzelheiten über zweckmäßige Betriebsführung	85
Zulässige Belastung, Rentabilität und Kosten . . . . .	86
b) Intermittierende Sandfiltration . . . . .	87
Geschichtliches, Unterschied gegenüber dem Rieselbetrieb .	87
Die Erfahrungen mit der Methode im nordamerikanischen Staate Massachusetts . . . . .	87
3. Abwässerreinigung durch Fischteiche . . . . .	89
<b>IV. Beseitigung und Verwertung der anfallenden Rückstände . .</b>	<b>90</b>
<b>1. Sandfang, Rechenrückstände, Klärschlamm . . . . .</b>	<b>91</b>
<b>2. Trocknung des Schlammes. . . . .</b>	<b>92</b>
Aufbringen auf Land . . . . .	92
Verhalten des Emscherbrunnenschlammes . . . . .	92
Untergraben . . . . .	93
Filterpressen . . . . .	93
Zentrifuge Schäfer-ter Mer . . . . .	93
Versenken ins Meer . . . . .	95
Zusatz von Nitraten . . . . .	96
Kosten der verschiedenen Verfahren . . . . .	96
<b>3. Verwertung des Schlammes . . . . .</b>	<b>96</b>
Für Düngezwecke . . . . .	96
Herstellung von Kunstdünger . . . . .	97
Fettgewinnung . . . . .	97
Gewinnung von elektrischer Energie durch Verbrennung . .	99
Frankfurter Schlammeseitigung . . . . .	99
Vergasung des Schlammes . . . . .	100
<b>B) Die Reinigung des gewerblichen Abwassers . . . . .</b>	<b>101</b>
<b>I. Allgemeines . . . . .</b>	<b>101</b>
Anschluß an städtische Kanäle . . . . .	101
Abort-, Kondens- und eigentliche Fabrikabwasser, Zusammen- leiten von Abwässern verschiedener Betriebe . . . . .	102
Aufhaltebecken, Filter . . . . .	103
Verwendung von gewerblichem Abwasser zur Staubbindung auf Straßen . . . . .	103
<b>II. Die Reinigung des gewerblichen Abwassers im einzelnen . .</b>	<b>104</b>
Einteilung der gewerblichen Abwässer . . . . .	104
<b>1. Tuchfabriken . . . . .</b>	<b>105</b>
<b>2. Kartonfabriken . . . . .</b>	<b>105</b>
<b>3. Strohappelfabriken . . . . .</b>	<b>105</b>
<b>4. Zechen (Kohlenwäsche) . . . . .</b>	<b>106</b>
<b>5. Granulationswerke . . . . .</b>	<b>106</b>
<b>6. Papier- und Zellulosefabriken . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>7. Brauereien . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>8. Gerbereien . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>9. Molkerei- und Margarinefabriken . . . . .</b>	<b>110</b>
<b>10. Schlachthaus, Abdeckereien, Leimfabriken . . . . .</b>	<b>111</b>
<b>11. Zuckerfabriken . . . . .</b>	<b>112</b>
<b>12. Stärkefabriken . . . . .</b>	<b>113</b>
<b>13. Brennereien, Hefefabriken . . . . .</b>	<b>114</b>

14. Sauerkrautfabriken . . . . .	114
15. Färbereien und Zeugdruckereien . . . . .	114
16. Chemische Fabriken . . . . .	116
17. Bleichereien . . . . .	116
18. Gasfabriken . . . . .	117
19. Ammoniakfabriken . . . . .	118
20. Kaliwerke . . . . .	118
21. Metallwerke und Beizereien . . . . .	119
22. Fabriken von photographischen Bildern und Papieren . . . . .	119
23. Zyanhaltige Abwässer . . . . .	120
24. Wollwäschereien, Wollkämmereien, Appreturanstalten . . . . .	120
25. Petroleumraffinerien . . . . .	121
26. Seifenhaltige Abwässer . . . . .	121
27. Ölfabriken . . . . .	122
C) Die Desinfektion des Abwassers . . . . .	122

### Anhang.

Literaturverzeichnis . . . . .	124
Lehrbücher, größere Werke und zusammenfassende Arbeiten . . . . .	124
Sandfilter . . . . .	124
Schnellfilter . . . . .	125
Künstliches Grundwasser . . . . .	126
Ozonverfahren . . . . .	126
Ferrochlorverfahren . . . . .	128
Chlorkalkbehandlung . . . . .	128
Ultraviolette Strahlen . . . . .	129
Enteisenung . . . . .	130
Entmanganung . . . . .	131
Entfernung von freier Kohlensäure . . . . .	131
Haus- und Kleinfilter . . . . .	132
Technische Wasserreinigung . . . . .	132
Flußverreinigung und Selbstreinigung der Flüsse . . . . .	133
Mechanische Abwasserreinigung . . . . .	134
Fettfänge . . . . .	135
Emscher- und Travisbrunnen . . . . .	136
Rothe-Degeners Kohlebreiverfahren . . . . .	136
Künstliches biologisches Verfahren . . . . .	136
Rieselfelder . . . . .	139
Intermittierende Sandfiltration . . . . .	139
Fischteiche . . . . .	139
Schlamm . . . . .	140
Gewerbliche Abwässer . . . . .	141
Desinfektion des Abwassers . . . . .	145
Berichtigungen . . . . .	146
Autorenregister . . . . .	147
Ortsregister . . . . .	149
Sachregister . . . . .	150

## Verzeichnis der Abbildungen.

---

	Seite
Fig. 1. Schematische Darstellung eines Sandfilters . . . . .	5
„ 2. Das Jewell Export-Schnellfilter . . . . .	11
„ 3. Schematische Übersicht über das Ozonwasserwerk von St. Petersburg . . . . .	18
„ 4. Ozonwasserwerk St. Petersburg. Sterilisationstürme und Emulsöre . . . . .	19
„ 5. Ozonwasserwerk St. Petersburg. Ozonapparatenbatterie . .	20
„ 6. Offene Enteisungsanlage, System Voran . . . . .	32
„ 7. Geschlossene Enteisungsanlage, System Voran . . . . .	32
„ 8. Entsäuerungsanlage am Sachsenhäuser Hochbehälter in Frank- furt a. M. . . . .	33
„ 9. Berkefeld-Filter . . . . .	39
„ 10. Abkochapparat für Trinkwasser der Firma Aug. Schmidt Söhne in Hamburg-Uhlenhorst . . . . .	41
„ 11. Bastardpumpe von Deseniss und Jacobi . . . . .	45
„ 12. Kalk-Sodaenthärtung, System Voran . . . . .	51
„ 13. Uhlfelders Flügelrechen . . . . .	63
„ 14. Riensche Scheibe . . . . .	64
„ 15. Kremer-Apparat . . . . .	65
„ 16. Fettfänger der Firma Städtereinigung, Berlin-Wiesbaden . . .	66
„ 17. Frankfurter Klärbecken (Querschnitt) . . . . .	69
„ 18. Emscherbrunnen . . . . .	74
„ 19. Wasserverteilungseinrichtungen für Tropfkörper . . . . .	80
„ 20a u. b. Schlamm Schleuderapparat, System Schäfer-ter Mer	94 u. 95

---

## Die Wasserreinigung.

---

Das auf der Erde vorhandene Wasser ist in einem ständigen Kreislaufe begriffen.

Das aus dem Meere, den Seen, den Flüssen usw. verdampfende Wasser gelangt als Wasserdampf in die Atmosphäre, in deren höheren Schichten es sich zu Wolken verdichtet. Als meteorische Niederschläge (Regen, Schnee, Hagel, Tau) kommt dieses Wasser auf die Erdoberfläche zurück.

Ein Teil dieses Wassers verdunstet sofort wieder, ein anderer Teil fließt zu dem nächsten offenen Gewässer ab. Ein dritter Teil dringt dagegen in den Erdboden ein und sinkt so lange tiefer, bis das Wasser auf eine undurchlässige Schicht gelangt, auf der es sich sammelt, indem es die Poren und Hohlräume des darüber stehenden Erdreiches anfüllt. Dieses Wasser nennt man Grundwasser. Volger hält das Grundwasser für ein Produkt der Kondensation der Grundluft, und Mezger nimmt an, daß es die aus der Tiefe aufsteigenden Dämpfe sind, die sich kondensieren. Nach Novak soll das Wasser hauptsächlich vom Meere aus in das Innere der Erde eindringen. Wenn auch auf die eine oder die andere Weise das Grundwasser erhebliche Beiträge erhalten kann, so dürfte doch die Hauptmenge des Grundwassers in der zuerst genannten Weise durch Infiltration entstehen. Das Grundwasser bewegt sich mit einer sehr geringen Geschwindigkeit auf der wasserundurchlässigen Schicht zu dem nächsten, niedriger gelegenen Gewässer hin.

Quellwasser ist ein Gebirgsgrundwasser, das bei dieser Bewegung an einer zerklüfteten Stelle des Gebirges zutage tritt.

Im Gegensatz zu Grundwasser bezeichnet man mit Oberflächenwasser alles Wasser, das mit der äußeren Luft in Berührung steht. Oberflächenwasser ist demnach das Wasser der Seen, Flüsse, Teiche, Zisternen, Stauweiher, Talsperren usw.

Das Wasser ist uns Menschen ein alltägliches und selbstverständliches Bedürfnis. In erster Linie wird es als Trinkwasser

genossen. Aber auch zu allen möglichen Beschäftigungen ist uns das Wasser ein unentbehrliches Hilfsmittel.

Vielfach muß das Wasser vor seiner Verwendung einer Behandlung unterzogen werden, und man kann gemäß den angegebenen Verwendungszwecken unterscheiden zwischen der Wasserreinigung für Trinkzwecke und der für technische Zwecke.

### **A) Reinigung des Wassers für Trinkzwecke.**

Das für menschliche Genußzwecke verwendete Wasser muß frei sein von Schwebestoffen, es muß farblos, geruchlos, geschmacklos sein, eine zusagende, nicht zu hohe Temperatur besitzen, überhaupt von solcher Beschaffenheit sein, daß es gern genossen wird. Ferner dürfen vor allen Dingen keine Krankheitserreger vorhanden sein.

Man verwendet für die Wasserversorgung sowohl Oberflächen- wie Grundwasser. Letzteres, aus bestimmter Tiefe entnommen, ist bakterienfrei, weil es sich bei seinem Durchgang durch den Boden von den Keimen befreit, die an den Sandkörnern des Erdreichs hängen bleiben. Oberflächenwasser ist, da es leicht Verunreinigungen ausgesetzt ist, stets mehr oder weniger bakterienreich.

Von Krankheitserregern, welche durch das Wasser verbreitet werden, kommen in erster Linie die Erreger der ansteckenden Darmerkrankungen, Typhus, Ruhr, Cholera, und bestimmte Gruppen der sogen. Fleischvergifter in Betracht. Aber auch Eitererreger können durch das Wasser Verbreitung finden. Es ist nur in den seltensten Fällen möglich, die Krankheitserreger im infizierten Wasser nachzuweisen, da sie ja nur gelegentlich hineingelangen und zwischen ihrer Aufnahme und der Entstehung der Erkrankung immer einige Zeit (z. B. beim Typhus 1 bis 3 Wochen) vergeht. Wenn also auftretende Erkrankungen auf die Untersuchung hinlenken, ist es gewöhnlich zum Nachweis zu spät. Abgesehen davon stößt auch der Nachweis von Krankheitserregern unter den vielen anderen harmlosen Bakterien auf außerordentliche Schwierigkeiten.

Der Nachweis der Abwesenheit von Krankheitserregern ist also unzureichend und keinerlei Beweis für die Gesundheitsunschädlichkeit. Die sanitäre Beurteilung stützt sich deshalb auf die Überlegung, daß die Erdschichten schon in geringer Tiefe frei von irgend welchen Keimen sind, und daß deshalb jeder Befund von Bakterien im Wasser beweist, daß das Wasser mit der Außenwelt in Berührung gekommen ist, also oberflächliche Zuflüsse erhalten hat. Bei der Verbreitung des Typhus und anderer ansteckender Darmerkrankungen usw. ist es deshalb nicht auszuschließen, daß auch Ausscheidungen solcher

Menschen oder Tiere, welche Krankheitskeime in sich beherbergen, in das Wasser gelangt sind. Diese Wahrscheinlichkeit ist um so größer, je mehr oberflächliche Zuflüsse ein Wasser erhält. Aus diesen Überlegungen ergibt sich, weshalb ein Flußwasser ungleich bedenklicher als das Wasser einer in geeigneter Lage geschaffenen Tal-sperre ist.

Soll ein von Natur aus bakterienhaltiges, also Oberflächenwasser, zu Trinkzwecken verwendet werden, so ist es in erster Linie gesundheitsunschädlich zu machen. Dies kann durch die Verfahren der Filtration oder Bakterienabtötung geschehen. Die Gesundheits-schädlichkeit eines Wassers ist nicht sein einziger Fehler; manche Oberflächenwasser, wie Flußwasser, haben außerdem noch die Nach-teile des unappetitlichen Geruches und Geschmackes oder der unzusagenden Temperaturen. Dementsprechend wird auch die sani-täre Besserung des Wassers durch Bakterienabtötung oder Filtration nur den schwersten Fehler, die Gesundheitsgefährlichkeit, beheben, ohne aus dem auch sonst minderwertigen Trinkwasser ein gutes machen zu können. Es ist ferner zu berücksichtigen, daß man bei solchen Reinigungsmaßnahmen mit einem Versagen rechnen muß, sei es einem Versagen der Anlagen an sich oder aber einem Ver-sagen durch übermäßige Inanspruchnahme, wofür das bekannteste Beispiel das berüchtigte Stichrohr im Ruhrgebiet gewesen ist. Zur Filtration ist noch zu bemerken, daß sie nicht eine Zurückhaltung aller Bakterien ermöglicht, sondern nur eine Reduktion der Keim-menge herbeiführt. Da aber zur Entstehung einer ansteckenden Erkrankung auch eine gewisse Menge der Ansteckungskeime nötig ist, so bedeutet die Reduktion der Keime, wenn sie erheblich ist, auch eine bedeutende sanitäre Verbesserung des Wassers.

Grundwasser aus genügender Tiefe ist also aus allen oben-geannten Gründen dem Oberflächenwasser, wenn dieses auch noch so sorgfältig behandelt wird, beträchtlich überlegen. Nun kann aber auch Grundwasser für Trinkzwecke bedenklich erscheinen. Der Weg, auf dem Krankheitskeime in ein Grundwasser gelangen und dieses für die Wasserversorgung gefährden können, ist zweierlei Art. Der erste Weg, und der in der größten Mehrzahl der Fälle in Betracht kommende, ist der Weg von oben. Durch Spalten im Boden, durch undichte Brunnen, durch ein angebohrtes Grundwasser (Ziegeleien) können äußere Zuflüsse dem Grundwasser ohne genügende vor-herige Filtration einverleibt werden. Der zweite Weg, auf dem Grundwasser mit Krankheitskeimen verunreinigt werden kann, sind die sogen. unterirdischen Zuflüsse aus Erdschichten, die mit mensch-

lichen Abfallstoffen verseucht sind. Dieser Weg ist vielfach behauptet und bestritten worden. In Betracht kommen hier frühere, jetzt zugeschüttete Unratgräben, Senkgruben, Fäcesdepots usw., die durch unterirdische Spalten, beispielsweise Rattengänge oder dergl., mit dem Brunnen verbunden sind, und durch die das Grundwasser zum Brunnen fließt. Man nimmt, auch ohne daß direkte Spalten oder Gänge vorhanden sind, eine Gefährdung des Grundwassers durch ungenügende Filtration an. Wenn das Grundwasser von der verdächtigen Stelle bis zur Entnahmestelle mindestens 10 m einwandfreien Bodens durchströmt, so gilt das im allgemeinen als eine genügende Filtration.

Bisweilen ist eine Reinigung von Trinkwasser in ganz anderer Richtung als der bisher erörterten sanitären notwendig; es handelt sich in diesen Fällen darum, Stoffe oder Salze zu entfernen, die dem Wasser ein unappetitliches Aussehen verleihen oder es in anderer Richtung als Trink- und häusliches Gebrauchswasser ungeeignet machen oder ihm aggressive Eigenschaften gegen die Rohr- und Gefäßwandungen, in denen es geleitet und aufbewahrt wird, verleihen.

Die Wasserreinigungsverfahren kann man einteilen in solche, die für den Großbetrieb, d. h. für zentrale Wasserversorgung dienen, und solche, die für die Reinigung von Wasser im Kleinbetrieb, auf der Reise, im Haushalt und in der Industrie Verwendung finden.

## **I. Reinigung des Wassers für Trinkzwecke im Großbetrieb.**

Die Reinigung von Trinkwasser im Großbetrieb zur Herstellung eines gesundheitlich einwandfreien Wassers geschieht entweder durch Filtration oder Sterilisation. Im ersten Falle werden die Bakterien mechanisch entfernt, im zweiten Falle abgetötet.

### **1. Die Verfahren der Filtration.**

Der größte Teil der Schwebestoffe kann in Absatzbehältern oder beim Durchleiten des Wassers durch Klärbecken entfernt werden, wobei infolge der Ruhe bzw. der sehr geringen Geschwindigkeit des Wassers der größte Teil der suspendierten Stoffe sich zu Boden setzt.

Die Klärbecken zur Reinigung von Trinkwasser werden nach denselben Grundsätzen, wie die für die Reinigung von Abwasser, gebaut und betrieben, weshalb hier auf das im Kapitel Abwässerreinigung Ausgeführte verwiesen sei.

Die allerfeinsten suspendierten Stoffe, die Bakterien, lassen sich aber auf diesem Wege aus dem Wasser nicht beseitigen; dazu bedarf es der Filtration.

#### a) Langsame Sandfiltration.

Falls das Wasser nicht zu große Mengen von Schwebestoffen enthält, findet eine Vorklärung nicht statt, sondern das Wasser fließt sogleich auf die Filter.

Die Filter (vergl. Fig. 1) stellen große, meist viereckige, von einer Mauer umgebene Flächen dar, die mit Kies und Sand gefüllt sind. Zu unterm befindet sich eine Schicht von Steinen von 60 bis 150 mm Durchmesser. Darauf folgt eine Kiesschicht, die den Zweck hat, den darüber liegenden Sand zu stützen, und von oben nach unten gröber wird. Die Kiesschicht setzt sich meist zusammen aus einer Lage von etwa Nußstärke (30 bis 60 mm), einer von Bohnen-

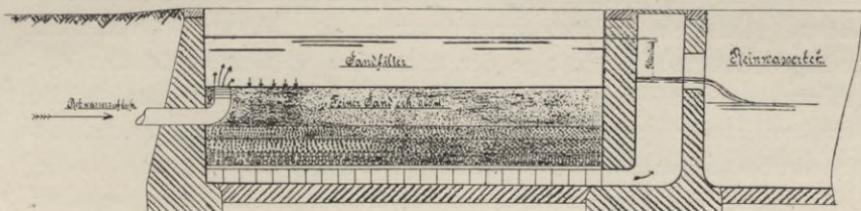


Fig. 1. Schematische Darstellung eines Sandfilters.

größe (20 bis 30 mm), einer von Erbsengröße (10 bis 20 mm) und einer Lage von etwa Hirsekorngöße (3 bis 5 mm). Darauf folgt die Sandschicht, auf die das Rohwasser in einer gewissen Höhe obenauf gegeben wird. Sand- und Kiesschicht können in verschiedener Größe zusammengestellt werden. Mittlere Stärken sind: 0,60 m Wasserhöhe, 0,60 m Sand und 0,60 m Kies. Das filtrierte Wasser fließt unten ab und gelangt von da in den Reinwasserbehälter. Für die Versorgung einer Stadt mit filtriertem Wasser gebraucht man eine ganze Anzahl derartiger Sandfilter.

Die Anlage von künstlichen Sandfiltern muß so eingerichtet sein, daß jedes Einzelfilter für sich gefüllt, entleert und gereinigt, und daß das Reinwasser jedes Filters für sich entnommen werden kann, denn nur auf diese Weise ist eine genaue Kontrolle jedes einzelnen Filters möglich. Das Wasser filtriert um so schneller durch Sand, je größer dessen Korngröße ist. Grober Sand liefert aber nicht so reines, keimfreies Wasser wie feiner Sand. Bei feinem Sand bildet sich auf der Oberfläche die Filterschicht schneller, als bei grobem, während dieser leichter zu reinigen ist.

Auch die Gleichförmigkeit des Sandes ist wichtig. Je ungleichförmiger ein Sand ist, um so unregelmäßiger arbeitet auch das Filter. Da beim Reinigen der Filter der feine Sand zum Teil mit fortgespült wird, so muß man dem längere Zeit im Gebrauch befindlichen Filter von Zeit zu Zeit Sand zusetzen, wenn nicht der Sand immer gröber werden soll. Während die Form des Filters sich dem zur Verfügung stehenden Raum anpassen muß, ist ihre Größe außerordentlich verschieden. Die Größe eines Filters schwankt nach König in einer Reihe von Großstädten von 607 bis 7600 qm und ist im Mittel etwa 2000 bis 3000 qm. Das Wasser soll auf den Filtern möglichst auf derselben Höhe gehalten werden. Der Eintritt des Wassers auf das Filter erfolgt stets von oben, und zwar liegt der Einlauf zweckmäßig dem Auslauf gegenüber. Vielfach wird der Wasserzutritt durch Schieber automatisch geregelt, um ein möglichst gleichmäßiges Zutreten zu ermöglichen. Auch ein gleichmäßiges Austreten des Wassers ist von nicht geringer Bedeutung. Infolge der allmählich größer werdenden Verschmutzung des Filters würde die Geschwindigkeit des austretenden Wassers immer geringer werden, wenn man nicht den Filtrationsüberdruck steigerte. Dieser Filtrationsdruck stellt sich dar als der Unterschied des Wasserstandes im Filter und Reinwasserbehälter. Um den Druck zu vergrößern, vermindert man am besten den Wasserdruck in dem Reinwasserbehälter, denn ein Wechseln der Wassermenge auf den Filtern ist, wie oben schon erwähnt, nicht vorteilhaft.

Der Filtrationsdruck beträgt in den Berliner Wasserwerken 60 bis 65 mm, in Altona bis 1422 mm, in Kiel 1000 mm.

Um der im Filter eingeschlossenen Luft Austritt zu gestatten, damit sie nicht gezwungen ist, nach oben unter Zerreißen der Filterdecke zu entweichen, sind in den Seitenwänden der Filter Entlüftungsröhre angebracht.

Die Filter sind entweder unbedeckt oder überdeckt, beide Systeme haben ihre Licht- und Schattenseiten.

Die offenen Filter haben den Nachteil, daß im Winter bei Frostwetter eine Reinigung sehr erschwert ist, weil der nasse Sand gefriert. Dieser Übelstand fällt bei den gedeckten Filtern fort. Dagegen sind die überdeckten Filter weit kostspieliger.

Ein weiterer Nachteil der überdeckten Filter ist der, daß sich bei ihnen die Filterdecke langsamer und unvollkommener bildet und die überdeckten Filter somit nicht so schnell ein genügend keimfreies Reinwasser liefern. Das erklärt sich wohl daraus, daß die Filterdecke zum Teil aus chlorophyllhaltigen und somit lichtbedürftigen

Organismen besteht, die in den bedeckten Filtern sich nicht oder nicht so schnell vermehren können, wie in den dem vollen Licht ausgesetzten offenen Filtern.

Die Filter werden in der Weise in Betrieb gesetzt, daß man sie von unten bis kurz über die Oberfläche des Sandes mit Wasser füllt und dann von oben Rohwasser zulaufen läßt, das man eine Zeitlang ruhig stehen läßt, wodurch die Bildung der Filterhaut beschleunigt wird. Die Filtrate läßt man, bis der Keimgehalt eine gewisse Grenze, meist etwa 100 und weniger, erreicht hat, wegfließen. Erst dann wird die Reinwasserleitung eingeschaltet.

Nach einer bestimmten Zeit, wenn die Filterdecke zu stark geworden ist, läßt sie kein Wasser mehr durch; das Filter arbeitet sich tot. Es muß dann gereinigt werden. Zu dem Zwecke wird zunächst die meist etwa 2 cm dicke Schleimschicht abgekratzt. Der darunter liegende Sand enthält ebenfalls noch viel Schmutzstoffe, die aber von größter Bedeutung für die neu zu bildende Filterhaut sind. Man lockert deshalb nach Entfernung der Schleimschicht den Sand etwa 20 cm tief auf und läßt dann das Filter einige Tage unbenutzt stehen, um frischer Luft Zutritt zu gewähren. Die sogen. Laufzeit des Filters ist ebenfalls sehr verschieden. Auf elf verschiedenen Wasserwerken betrug sie nach König im Mittel 25,5 Tage, wobei die für 1 qm in dieser Zeit durchfiltrierte Wassermenge im Mittel 69,3 cbm betrug.

Von Zeit zu Zeit muß auch der Sand durch ganz frischen oder gewaschenen Sand ersetzt werden. Man entfernt ihn bis auf die Kiesschicht, füllt reinen Sand ein und bedeckt ihn mit einer Lage des unteren, schon gebrauchten Sandes, der eine klebrige Beschaffenheit hat und die erneute Bildung einer Filterschicht beschleunigt. Anstatt ganz frischen Sandes gewaschenen zu verwenden, empfiehlt sich nur da, wo frischer Sand teurer ist als gewaschener, weil beim Waschen auch mehr oder weniger die feinen, wirksamen Bestandteile des Sandes mit ausgewaschen werden, so daß mehrfach gewaschener Sand doch durch ganz frischen ersetzt werden muß. Das Waschen des Sandes geschieht automatisch in Trommeln oder Kästen, in denen der Sand mehrfach mit frischem Wasser in Berührung kommt. Es gibt zahlreiche verschiedene Systeme der Sandwäsche.

Je langsamer die Filtration vor sich geht, um so reiner ist im allgemeinen das Filtrat. Die Filtrationsgeschwindigkeit, die ebenfalls auf den verschiedenen Wasserwerken sehr schwankt, beträgt im Mittel etwa 100 mm in der Stunde.

Schon bald nach Einführung der Sandfiltration erkannte man, daß die Schleimdecke der eigentliche wirksame Bestandteil sei. Diese Haut besteht zum größten Teil aus organischen Schwebestoffen, die entweder lebende Organismen oder tote Substanz darstellen, zum geringeren Teil sind auch anorganische Stoffe, wie Ton, Eisenoxyd usw., in der Filterhaut vorhanden. Die verschiedensten Organismen sind an dem Aufbau der Schleimdecke beteiligt.

C. Piefke verlangt eine Maximalfiltrationsgeschwindigkeit von 100 mm in 1 Stunde, während andere Forscher auch bei bedeutend größeren Geschwindigkeiten keine Unterschiede im bakteriologischen und chemischen Verhalten des filtrierten Wassers feststellen konnten.

C. Piefke fand ferner, daß mit dem Steigen des Filtrationsdruckes auch der Keimgehalt des Reinwassers steigt, und zwar in desto höherem Maße, je mehr Keime das Rohwasser enthält. Derselbe Autor wies durch Versuche nach, daß ein von der Schleimdecke befreites Filter schneller ein keimarmes Wasser liefert als frischer Sand. Das erklärt sich daraus, daß die Schwebestoffe noch ein Stück in den Sand hineindringen und diese mit Schwebestoffen durchsetzte Sandschicht sich ebenfalls an der Filterwirkung beteiligt. Von großer Wichtigkeit ist die Beantwortung der Frage, ob die Bakterien des Reinwassers beim Filtrieren des Rohwassers das Filter passiert haben, also aus dem Rohwasser stammen, oder ob sie aus der Schleimschicht oder dem Sande mit fortgeschwemmt werden. Bei ihren Untersuchungen über diese Frage kamen Fränkel und Piefke zu dem Ergebnis, daß die Sandfilter keine keimdichten Apparate seien, und daß die Menge der in das Filtrat übergehenden Mikroorganismen abhängig sei von dem Keimgehalte des Rohwassers.

Für Städte, die mit sehr schlechtem Rohwasser zu rechnen haben, wie Hamburg, Altona, Königsberg, Warschau u. a., empfiehlt sich die von Götze vorgeschlagene Doppelfiltration, über die sich die verschiedensten Hygieniker sehr lobend äußern. Bei der Doppelfiltration wird das einmal schon durch ein Sandfilter geschickte Rohwasser nochmals durch ein gut verschlammtes Filter geschickt. Götze gelang es, mit der Doppelfiltration ein Rohwasser mit einer Keimzahl von 28000 im Vorfiltrat bis auf 780 Keime in 1 ccm, und im Hauptfiltrat bis auf 31 Keime in 1 ccm zu reinigen. Viel angewendet wird die Vorfiltration nach Puëch-Chabal. Bei diesem System wird durch eine Reihe von Grob- und Vorfiltern das Wasser so weit vorgereinigt, daß die nachgeschalteten Feinfilter nur noch die Aufgabe haben, die schon beträchtlich reduzierte

Keimmenge so weit weiter herabzusetzen, daß das Wasser als bakteriologisch einwandfrei gelten kann.

Die Kosten der Sandfiltration, ausschließlich Verzinsung und Amortisation, betragen im Durchschnitt 1,5 bis 5,1 Pf. für 1 cbm (König).

Das filtrierte Wasser unterliegt einer dauernden bakteriologischen Kontrolle. Die dauernde Bestimmung der Keimzahl ist ein ausgezeichnetes Mittel zur Feststellung, ob das Filter einwandfrei arbeitet. Ein im Sand etwa entstandener Riß oder eine sonstige Unregelmäßigkeit macht sich sofort durch ein Ansteigen der Keimzahl bemerkbar. Die amtliche Vorschrift lautet, daß das Reinwasser nicht über 100 Keime in 1 ccm enthalten soll.

#### b) Nicht überstaute Sandfilter.

In Frankreich werden neuerdings sogen. nicht überstaute Sandfilter für die Wasserreinigung verwendet. Sie entstanden aus dem Gedanken, daß der Sauerstoff eine Rolle bei der Entfernung der Bakterien, insbesondere der pathogenen, spiele. Das gewöhnliche Filter kann aber, da es stets mit Wasser überstaute ist, keinen Sauerstoff enthalten. Deshalb wird das nicht überstaute Filter ähnlich betrieben, wie bei der biologischen Abwässerreinigung ein Tropfkörper, nur daß es aus feinem Material besteht (Sand).

Miquel und Mouchet konnten in Laboratoriumsversuchen mit diesem Verfahren dem Rohwasser zugesetzte Typhusbazillen im Reinwasser nicht mehr nachweisen.

Das Verfahren wurde von Baudet in Chateaudun (Frankreich) eingehend im Großbetriebe geprüft. Die Resultate lauten sehr günstig. Die Keimzahl sank von 293 bis 1498 im Rohwasser auf sechs Keime im Reinwasser. Besonders bemerkenswert ist der Umstand, daß im Reinwasser niemals *Bacterium coli* gefunden wurde.

Das Filter gebraucht ebenfalls mehrere Monate, um sich einzuarbeiten, auch kann die Filtrationsgeschwindigkeit nicht nach Belieben gesteigert werden, immerhin scheinen die nicht überstaute Filter erheblich ergiebiger zu sein als die langsamen Sandfilter.

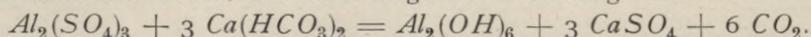
Baudet behauptet, daß bei einem klaren, aber bakteriologisch verunreinigten Wasser mit überstaute Sandfiltern Ergebnisse erhalten werden, die besser sind und weniger Aufwendungen erfordern als irgend ein anderes Verfahren.

Von der französischen Armeeverwaltung ist die Einführung der Filter für Barackenlager empfohlen worden. In Deutschland

sind meines Wissens die Filter bisher nicht in Anwendung gekommen. Ebenso liegt auch noch keine deutsche Nachprüfung des Verfahrens vor.

### c) Schnellfilter.

Die im Vergleich zu ihrer Ergiebigkeit erheblichen Kosten der Sandfilter und die für eine Sandfilteranlage erforderlichen bedeutenden Räume mußten der Technik den Gedanken nahe legen, die Sandfilter durch andere Apparate zu ersetzen, die geringeren Raum einnehmen und eine größere Filtrationsgeschwindigkeit gestatten. Aus diesen Gedanken heraus entstanden die Schnellfilter. Da die natürliche, wirksame Filterdecke sich erst nach längerer Filtrationsdauer bildet, so setzt man dem Wasser, besonders bei den neueren Filtern dieser Art, meist Chemikalien zu, um so ein künstliches Plankton und eine künstliche Filterdecke zu schaffen. Bei den Schnellfiltern neuerer Konstruktion verwendet man für diesen Zweck fast immer schwefelsaure Tonerde, die sich mit den im Wasser vorhandenen Erdalkalien nach folgender Gleichung umsetzt:



Die flockige und gallertartige Tonerde sinkt größtenteils zu Boden und reißt dabei die Schwebestoffe mit. Die im Wasser noch verbliebenen Flocken bilden auf dem Filter eine Filterdecke. Die Filtrationsgeschwindigkeit übertrifft die der Sandfilter meist um das 60- bis 70fache.

Es gibt eine große Zahl der verschiedensten Systeme von derartigen Schnellfiltern.

Ältere Konstruktionen sind beispielsweise der Andersonsche Revolving Purifier, das Warren-Filter, das Kröhnke-Filter.

Filter neuerer Konstruktion sind das Jewell Export-Schnellfilter, das Halvor Breda-Filter, das Bell-Filter, Reeves-Filter, Candy-Filter, Puech-Filter, Sucro-Filter u. a.

Die Filter werden nicht nur zur Befreiung eines Trinkwassers von Bakterien angewandt, sie finden auch in der Technik vielfache Anwendung.

Als Typus dieser Filter sei das Jewell Export-Filter, das von verschiedenen Seiten eingehend untersucht ist, näher beschrieben.

Das Jewell Export-Schnellfilter. Das in Fig. 2 abgebildete Jewell-Filter besteht aus dem das Filterbett enthaltenden Stahlbottich, der in einem zweiten Bottich von etwas größerem Durchmesser so eingeschachtelt ist, daß zwischen beiden ein ringförmiger, unten geschlossener Raum entsteht. In diesen ringförmigen Raum tritt durch das links gelegene Ventil das sedimentierte und mit schwefel-

saurer Tonerde vorbehandelte Rohwasser ein, um über den Rand des inneren Bottichs auf das Filterbett zu fließen. Nachdem es das

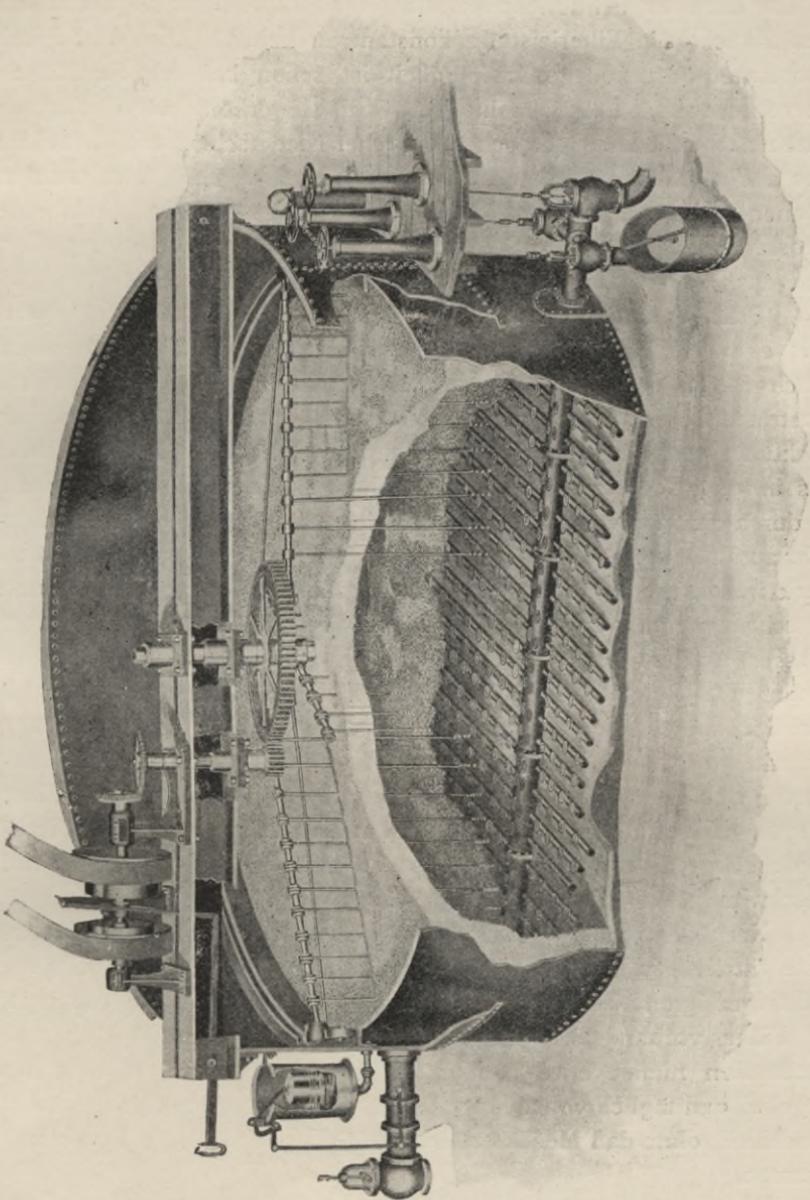


Fig. 2. Das Jewell Export-Schnellfilter,

aus Sand bestehende Filterbett durchströmt hat, tritt es am Boden durch Siebköpfe in ein System von Abzugsröhrchen ein, welche ihrerseits alle rechtwinklig in ein diametral gelagertes Sammelrohr

münden. Aus dem Sammelrohr tritt das Wasser durch den vorn rechts in der Abbildung dargestellten Regulator (Weston-Controller) in das darunter befindliche Reinwasserbassin. Dieser Regulator hat den Zweck, die Filterleistung konstant zu halten. Die Wichtigkeit konstanter Filtrationsgeschwindigkeit ist schon bei den Sandfiltern hervorgehoben. Bei Schnellfiltern wird sie erhöht durch den mit ihnen verbundenen Gebrauch chemischer Niederschlagsmittel, welche nur auf diese Weise in genau bestimmbarer Menge zugesetzt werden können. Durch einen in der Abbildung links gezeigten, auf eine Drosselklappe wirkenden Schwimmer wird auch der Zufluß reguliert und das Wasser im Filter auf konstanter Höhe gehalten.

Beim Spülen nimmt das Wasser den umgekehrten Weg. Man läßt es unter dem Druck einer Pumpe oder eines Hochreservoirs durch das in der Abbildung am weitesten rechts gelegene Spülventil einströmen, Sammelrohr, Abzugsröhrchen und Filterbett in der Richtung von unten nach oben durchfließen und über den Rand des inneren Bottichs in den ringförmigen Raum treten, aus welchem es durch ein in der Abbildung nicht sichtbares Ventil in das Abwasserrohr ausströmt. Zugleich wird das in der Abbildung dargestellte Rührwerk in Bewegung gesetzt, und es gerät dadurch das ganze Filterbett in schwimmenden Zustand, so daß jedes einzelne Sandkorn vom Wasser umspült und folglich gründlich gereinigt wird. Bei dem Prozeß des Spülens kommt es natürlich wesentlich darauf an, daß das Spülwasser über die ganze Fläche des Filterbettes gleichmäßig verteilt wird, so daß nirgends tote Winkel entstehen. Diesem wichtigen Erfordernis wird bei dem Jewell-Filter dadurch entsprochen, daß die Halsöffnungen der in den Abzugsröhrchen steckenden Siebköpfe sehr eng gehalten sind, so daß an dieser Stelle Druck und Geschwindigkeit des Spülwassers sehr groß sind.

Nach dem Spülen kommt das Nachspülen, d. h. man läßt das erste filtrierte Wasser durch das dritte der drei in der Abbildung rechts gezeigten Ventile in den Abwasserkanal laufen, um das noch im Filter vorhandene trübe Wasser zu entfernen. Spülen und Nachspülen nimmt etwa 10 Minuten in Anspruch und wird in der Regel einmal täglich vollzogen. Jede Betätigung des Filters geschieht maschinell, ohne daß Menschenhände mit dem Filterbett in Berührung kommen.

Die Jewell-Filter sind für Wasserversorgung von Gemeinden viel in Anwendung gekommen. Ich nenne die Städte Alexandrien, Triest, Helsingfors (Finnland), Annecy (Frankreich). Die Beurteilungen auf Grund der vorgenommenen Prüfungen lauten im allgemeinen günstig.

Bitter und Gottschlich haben mit dem Jewell Export-Filter in Alexandrien sehr günstige Ergebnisse erhalten.

Hilgermann hat ebenfalls Versuche mit dem Jewell Export-Filter angestellt und kommt zu weniger günstigen Ergebnissen. Er hält nach seinen Versuchen das Jewell Export-Filter ebenso wie jedes andere Schnellfilter dem Sandfilter in bakteriologischer Hinsicht für unbedingt unterlegen.

K. Schreiber hat das Jewell-Filter in einer Reihe von Versuchen an einer Versuchsanlage auf den Berliner Wasserwerken eingehend untersucht und kommt zu dem Ergebnisse, daß das Jewell Export-Filter dem Sandfilter in bakteriologischer Hinsicht gleichwertig, in bezug auf Entfernung von Trübungen und Färbungen des Rohwassers, sowie die Art der Waschung, die vollkommen maschinell geschieht, ohne daß der Sand mit Händen und Kleidern der Arbeiter in Berührung kommt, aber unbedingt überlegen sei.

Von wesentlichem Einfluß ist die Menge der zugesetzten schwefelsauren Tonerde. Schreiber kommt zu dem Resultat, daß bei einem Zusatz von 33,6 g schwefelsaurer Tonerde auf 1 cbm, einer Sedimentationszeit von 1 Stunde 28 Minuten und einer Filtrationsgeschwindigkeit von 4 m in der Stunde 94,3 % der Keime des Rohwassers durch das Jewell Export-Filter entfernt werden.

Die durch den Chemikalienzusatz bedingte Zunahme der Sulfate hält sich in so engen Grenzen, daß eine Verschlechterung des Wassers für Trink- und häusliche Gebrauchszwecke praktisch nicht in Frage kommt.

Der Zusatz von Aluminiumsalzen ist, abgesehen davon, daß diese bei ordnungsmäßigem Betrieb ganz ausgefällt werden, so gering, daß er hygienisch unbedenklich erscheint. Überall dort, wo bei einer Wasserversorgungsanlage die horizontale Raumausdehnung nicht zur Verfügung steht, kann das Jewell Export-Filter nach Schreiber mit Vorteil angewandt werden, wie beispielsweise im Kriegsfall in belagerten Festungen.

Eingehende Untersuchungen mit dem Jewell-Filter hat auch noch Friedberger mit dem Wasser der Stadt Königsberg angestellt. Er kommt zu weniger günstigen Ergebnissen als Schreiber. Bei keimreichen Wässern garantiert die Schnellfiltration nach Friedberger keine so genügende Keimreduktion, daß man sich mit der alleinigen Schnellfiltration begnügen dürfte.

Eine ganz neue Arbeit von Gottschlich und Bitter berichtet über vierjährige Erfahrungen der Jewell-Filteranlagen für die Stadt

Alexandrien. Die Anlage arbeitete, sowohl was Entfernung der Keime, als auch Entfernung von Trübungen, sowie die Betriebssicherheit angeht, während dieser Zeit ausgezeichnet.

d) Künstliche Herstellung von Grundwasser aus Oberflächenwasser (Infiltration).

Aus den auf S. 2 erörterten Gründen ist Grundwasser dem gereinigten Oberflächenwasser vorzuziehen. Dementsprechend gehen die Gemeinden, die dazu in der Lage sind, auch immer mehr dazu über, sich mit Grundwasser zu Trinkzwecken zu versorgen. Um Grundwasser in genügender Menge zu erhalten, müssen aber viele Städte schon in weite Entfernungen von der Stadt gehen, wodurch bedeutende Kosten für die Zuleitung, Beaufsichtigung der Rohrstrecke usw. entstehen. Wenn also das in der Nähe der Stadt vorhandene Grundwasser für die Versorgung nicht mehr ausreicht, wird das weiter zu beschaffende Grundwasser immer teurer. Aus diesem Grunde hat man mehrfach versucht, das in der Nähe der Stadt vorhandene Grundwasser künstlich zu vermehren.

Die Herstellung von künstlichem Grundwasser ist zuerst von Thiem wissenschaftlich begründet worden.

Hierher gehört zunächst die sogen. natürliche Sand- oder Uferfiltration. Diese besteht darin, daß man am Ufer eines Sees oder Flußlaufes Brunnen absenkt. Aus diesen Brunnen wird dann das Wasser abgepumpt, wodurch der Wasserstand in den Brunnen erheblich abgesenkt wird. Die Folge davon ist, daß das Wasser aus dem See oder Fluß durch die filtrierenden Sand- und Kiesschichten des Ufers hindurch in den Brunnen eintritt. Bei diesem Durchgang durch den Boden wird das Wasser in ähnlicher Weise von den Keimen befreit wie das Grundwasser. Diese Uferfiltration soll aber den Nachteil haben, daß die Schwebestoffe sich nach und nach durch den Sand durchdrücken. Im Gegensatz zur künstlichen Sandfiltration, bei der die Filtration eine senkrechte ist, ist die Uferfiltration eine wagerechte, was wohl die Ursache des beobachteten Durchtretens der Schwebestoffe durch die filtrierende Schicht ist.

Versuche von Scheelhaase mit Mainwasser ergaben, daß bei 25 m Abstand der Brunnen vom Flußufer zwar die Keime beseitigt waren, daß aber das Wasser sonst keineswegs zu Grundwasser geworden war, indem weder die Temperatur genügend ausgeglichen war, noch auch Geruch- und Geschmacklosigkeit herbeigeführt war.

Man hat später auf verschiedene Weise die Infiltration in senkrechter Richtung versucht. Nach Richert kann man dabei folgende

Methoden unterscheiden: Das Oberflächenwasser wird nach einem Überrieselungsfelde geleitet, wo man es versickern läßt. Diese Methode soll bei einigen Versuchsanlagen probiert worden sein. Sie hat sich wenig bewährt, weil sie unzuverlässig und schwer zu kontrollieren ist.

Besser ist es, das Oberflächenwasser nach einem Infiltrationsbecken oder -brunnen zu leiten, welcher bis auf den Grundwasserstand angehoben ist, oder nach einem Becken, welches über dem Grundwasser liegt.

Inwieweit es gelingt, ein wirkliches Grundwasser damit zu gewinnen, hängt von der Möglichkeit ab, den Strom genügend weit in horizontaler Richtung fortzuleiten, so daß das Wasser Zeit erhält, abgesehen von der Entfernung der Keime, auch in bezug auf die Temperatur, Farbe, Geschmack und Geruch zu einem wirklichen Grundwasser zu werden. In dieser Richtung wichtige und interessante Versuche hat neuerdings Scheelhaase in Frankfurt a. M. veröffentlicht.

Mainwasser wurde durch Sandfilter vorgereinigt, dann floß es der 3 m tief angelegten, 50 m langen, aus Kies und Dräns gebildeten zweiarmigen Sickerung zu. Das Infiltrat hatte von da fein verteilt in senkrechter Richtung bis zum natürlichen Grundwasserstand eine 13 bis 14 m hohe, aus feinem Sand und Kies bestehende Bodenschicht zu durchsickern. Dann vereinigte es sich mit dem natürlichen Grundwasser und lief, dem Gefälle folgend, mit diesem gemeinsam der Fassungsanlage zu. Das Resultat der Versuche war, daß schon auf 100 m von der Versickerungsstelle, eine Strecke, die das Infiltrat in 190 Tagen durchfließt, das Mainwasser, das ein recht verschmutztes Flußwasser ist, hinsichtlich seiner bakteriologischen Beschaffenheit, seiner Temperatur, seines Geruchs und Geschmacks und seiner Färbung zu einem dem Grundwasser gleichwertigen Wasser umgestaltet worden war.

J. Braikowitz berichtet über die Beschaffung von künstlichem Grundwasser in verschiedenen Städten: „In Offenbach a. M. wird das Wasser des alten Wasserwerkes in die Gegend des neuen Werkes gebracht, welches einem Brunnen einwandfreies Wasser entnimmt. In Braunschweig hat man das Kondenswasser der Dampfmaschinen des Wasserwerkes verrieselt, wobei das geförderte Grundwasser nur eine Temperatursteigerung von  $0,4^{\circ}\text{C}$  erfuhr. Bei den Ruhrwasserwerken wird Flußwasser durch Anreicherungsgräben oder Zerreißen der verschlammten Flußsohle dem schotterigen Untergrunde zugeführt. Der Ruhrtalsperrenverein sucht durch Erbauung

von Talsperren das Niederwasser der Ruhr zu vermehren und das Grundwasser anzureichern.“

Nach Richert ist das Grundwasserwerk der Stadt Schweinfurt a. M. ein schönes Beispiel natürlicher Filtration.

Seit dem Jahre 1875 betreibt die Stadt Chemnitz mit dem besten Erfolge die Herstellung von künstlichem Grundwasser, indem oberhalb einer in einem Grundwassergebiet niedergebrachten Brunnenreihe eine Filtrationsgrube, welche zugleich Infiltrationsgrube ist, bis auf den Grundwasserstand ausgehoben ist. Das in diese Grube eingeführte Wasser tritt in direkte Verbindung mit dem Grundwasser und läuft mit ihm gemeinsam der Brunnenreihe zu.

In ähnlicher Weise erzeugt auch die Stadt Göteborg künstliches Grundwasser.

#### e) Bedeutung der Wasserfiltration für die öffentliche Gesundheitspflege und kritische Betrachtungen über den Wert der Sand- und Schnellfilter.

Die Reinigung des Oberflächenwassers für Trinkzwecke durch Filtration ist von großer Bedeutung für die Gesundung der Städte und damit für ihren wirtschaftlichen Aufschwung geworden.

Nach Hilgermann sind Cholera- und Typhuserkrankungen überall da, wo die Sandfiltration eingeführt und richtig geleitet ist, erheblich zurückgegangen. Da, wo trotz vorgenommener Filtration des Wassers Epidemien aufgetreten sind, sind diese durch falsche Anlage der Sandfilter oder falsche Betriebsführung hervorgerufen. Während der Choleraepidemie in Hamburg im Jahre 1892 hat sich die Sandfiltration glänzend bewährt, indem nämlich die Stadt Altona, die filtriertes Elbewasser verwandte, von der Epidemie verschont blieb, obwohl die Filter das mit allen Zuflüssen Hamburgs verseuchte Elbewasser zur Verarbeitung erhielten.

Nach Vincey verwendeten bis 1905 eine Anzahl Ortschaften im Pariser Bezirk rohes Seinewasser. Nach Einführung von Sandfiltern sanken die Typhussterblichkeit um 42<sup>0</sup>/<sub>10</sub>, die Typhuserkrankungen um 48<sup>0</sup>/<sub>10</sub>.

Hilgermann unterzieht in seiner oben schon genannten Arbeit den Wert der neueren amerikanischen Schnellfilter im Vergleich zu denen der Sandfilter einer kritischen Betrachtung.

Während die europäischen Autoren, die in den letzten Jahren Versuche mit amerikanischen Schnellfiltern anstellten, im allgemeinen zu günstigen Ergebnissen gelangten, ist das Urteil der amerikanischen

Fachleute, die Gelegenheit hatten, jahrzehntlang die Schnellfilter an Ort und Stelle zu studieren, nicht besonders günstig.

Die Hauptschwierigkeit bei den amerikanischen Schnellfiltern, die mit Zusatz von schwefelsaurer Tonerde arbeiten, liegt nach Hilgermann darin, daß bei wechselnder Zusammensetzung des Rohwassers die richtige Bemessung des Chemikalienzusatzes nicht möglich ist, was dann mangelhafte Sedimentation und Deckenbildung zur Folge hat.

Auf Grund seiner Versuche mit dem Jewell-Filter kommt Hilgermann zu folgender Ansicht über die Wirkung der Schnellfilter:

1. Bei Rohwasser mit geringem Keimgehalt liefert das amerikanische Schnellfilter gute Resultate,
2. der Effekt des ganzen Filtrationsverfahrens liegt in der Sedimentation,
3. der jeweilige Zusatz an schwefelsaurer Tonerde ist von der Menge der im Rohwasser suspendierten Bestandteile abhängig,
4. bei schlechtem Rohwasser versagt das Schnellfilter, falls nicht sofort mit der Zunahme des Rohwassers an Schwebstoffen der Chemikalienzusatz erhöht werden kann,
5. Grundsätze für eine derartige Regulierung gibt es nicht. Die Erhöhung muß durch Versuche festgestellt werden,
6. in bezug auf Entfernung von tonigen Trübungen und Färbungen und die hygienischere Art der Waschung ist das Schnellfilter dem Sandfilter überlegen.

Bei näherer kritischer Prüfung stellt sich heraus, daß in bezug auf die Kosten Sand- und Schnellfilter ungefähr gleich stehen. Zwar sind die Herstellungskosten der Schnellfilter bei ihren geringen Dimensionen und den geringen Flächen, die sie beanspruchen, weit geringer als die der Sandfilter. Doch ist die Abnutzung dieser Maschinen eine viel größere als bei den Sandfiltern, so daß mit einer höheren Amortisation zu rechnen ist. Ferner erhöht der ständige Chemikalienverbrauch die Betriebskosten beträchtlich.

## **2. Die Verfahren der Wassersterilisation.**

Die Entfernung der Bakterien aus einem Wasser kann statt durch Filtration auch durch Sterilisation, d. h. Abtötung der Bakterien, erfolgen. Für diesen Zweck sind eine große Zahl von Chemikalien empfohlen worden, wie Eisenchlorid, Chrom-Eisensulfat, Kalk, Wasserstoffsuperoxyd, Kalziumpermanganat, Chlorkalk, Brom, Kupferchlorid, organische Säuren, Ozon usw. Von diesen müssen sehr viele aus-

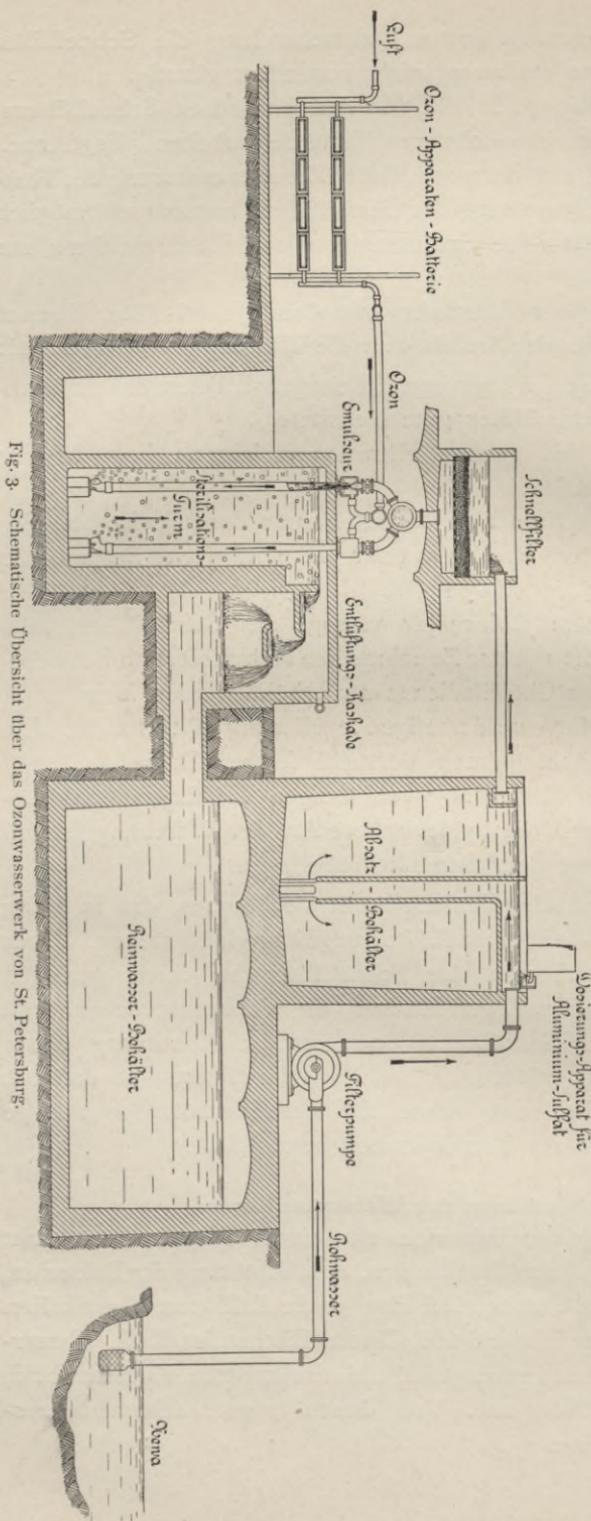


Fig. 3. Schematische Übersicht über das Ozonwasserwerk von St. Petersburg.

scheiden, weil sie entweder überhaupt nicht sicher wirken oder zu lange Zeit zur Entfaltung ihrer Wirksamkeit brauchen oder das Wasser in bezug auf Aussehen, Geruch und Geschmack allzu sehr verändern. Die praktisch in Betracht kommenden Mittel sind eigentlich nur Ozon und Chlor (als Chlorkalk oder Natriumhypochlorit).

a) Das Ozonverfahren.

Das Ozon, sogen. aktiver Sauerstoff, der bei der dunklen Entladung hochgespannter elektrischer Ströme aus dem Sauerstoff der Luft entsteht, hat sich als gutes Sterilisierungsmittel für Wasser erwiesen. In Wasser gelöst, tötet es den größten Teil der Bakterien ab und entweicht dann wieder von selbst aus dem Wasser, ohne den Geruch oder den Geschmack des Wassers nachteilig zu beeinflussen, da es in

gewöhnlichen Sauerstoff übergeht. Es sind eine Anzahl von Ozonanlagen verschiedener Ausführung für die Sterilisierung von Trinkwasser in Vorschlag gebracht worden, so nach dem System von Siemens & Halske<sup>1)</sup>, Trindall, Abraham-Marmier, Otto und Vosmaer. Eine ganze Anzahl von Städten reinigt heute ihr Wasser mit Ozon, so Paderborn i. W., St. Petersburg, Hermannstadt, Nizza, St. Mans bei Paris u. a.

Als Beispiel einer Ozonanlage sei die der Hauptstadt St. Petersburg, die eine der neuesten nach dem System Siemens & Halske ist, hier näher beschrieben. Wie aus Fig. 3 zu ersehen ist, wird



Fig. 4. Ozonwasserwerk St. Petersburg. Sterilisationstürme und Emulsöre.

das Rohwasser direkt mittels Pumpe aus der Newa entnommen und auf die Absitz- bzw. Klärbehälter gepumpt. Vor Eintritt in die Klärbehälter wird das Wasser mit Aluminiumsulfat versetzt. Durch 38 Schnellfilter wird das Wasser filtriert. Diese Filter sind nach System Howatson, das viel Ähnlichkeit mit dem oben beschriebenen Jewell-Filter besitzt, hergestellt. An die Filteranlage schließt sich dann das eigentliche Ozonwerk an, das aus zwei Teilen besteht, der Ozonbatterie und den Sterilisationstürmen. In Fig. 4 sind links die aus 128 Apparaten bestehende Ozonbatterie und rechts die fünf Sterilisationstürme erkennbar, von denen einer als Reserve dient. Die einzelnen Ozonapparate sind Siemens & Halskesche Ozon-

1) Neuerdings ist von der Firma Siemens & Halske und der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft die Firma Ozongesellschaft Berlin gegründet worden, die alle Patente von Siemens & Halske übernommen hat.

röhrenelemente, wie sie in Fig. 5 deutlicher dargestellt sind. In diesen Apparaten wird der Sauerstoff der Luft mit Hilfe der Hochspannungsentladungen in Ozon verwandelt. Die Ozonkonzentration beträgt 2,5 g Ozon in 1 cbm ozonisierter Luft. Die Luft wird vor dem Eintritt in die Ozonapparate durch eine Kühlmachine vorgetrocknet. Die Bewegung der Luft durch die Ozonbatterie und Rohrleitungen geschieht durch sogen. Emulsöre (System Otto). Diese Emulsöre



Fig. 5. Ozonwasserwerk St. Petersburg. Ozonapparatenbatterie.

sind Injektoren oder Wasserstrahlluftpumpen, die bei einem Wasserdruck von etwa 4 m die Ozonluft aus der Ozonbatterie ansaugen und gemischt mit dem Wasser in die Sterilisationstürme bringen. Die Absorption des Ozons und die damit verbundene Sterilisation des Wassers erfolgt teils in den auf den Sterilisationstürmen angebrachten Emulsören (Fig. 5), teils in den Türmen, von deren Sohle aus die Ozonluft in sehr feiner Verteilung und daher in sehr inniger Berührung mit Wasser in die Höhe steigt. Aus den Emulsören-Sterilisationstürmen tritt das Wasser über Entlüftungskaskaden in eine Leitung ein, die zum Reinwasserbehälter führt. Von da aus wird es in das städtische Netz gedrückt.

Eine Vorbedingung für zufriedenstellende Leistungen einer Ozonanlage ist, daß das zu sterilisierende Wasser keine suspendierten Stoffe und nicht zu große Mengen organischer Stoffe oder Eisenoxydul enthält. In diesem Falle wird nämlich das Ozon statt zur Abtötung der Bakterien zur Oxydation der gelösten Stoffe oder des Eisens zum größten Teil verbraucht. Auf einen beträchtlichen Eisengehalt des Trinkwassers ist das nicht zufriedenstellende Funktionieren einer Anlage in Schierstein zurückzuführen.

Die von Erlwein, Ohlmüller und Prall im Auftrage des Kaiserlichen Gesundheitsamtes und von Proskauer und Schuder vom Königl. Institut für Infektionskrankheiten mit Spreewasser und Wasser, dem in großen Mengen pathogene Bakterien (Typhus, Ruhr, Cholera) beigemischt waren, vorgenommenen Untersuchungen haben übereinstimmend ergeben, daß die Bakterien bis auf einige wenige abgetötet werden, die pathogenen Bakterien aber in allen Fällen ausnahmslos zerstört wurden.

Ähnlich günstige Ergebnisse erhielt auch das Institut Pasteur bei seinen Untersuchungen über das Ozonverfahren.

Halbertsma und Dolezalek geben an, die Ansicht, daß man bei dem Ozonverfahren im Gegensatze zur Sandfiltration keine tägliche Kontrolle nötig habe, sei unrichtig.

Karl Schreiber unterzog im Auftrage der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung infolge des ungünstigen Berichtes von Halbertsma und Dolezalek das Ozonwerk in Paderborn einer eingehenden Prüfung, in der er feststellen konnte, daß das Ozonverfahren allen Anforderungen genügt.

G. W. Chlopin und K. E. Dobrowolski berichten, daß in St. Petersburg die Keime zwar nicht völlig abgetötet, jedoch im Mittel um etwa 98,8 $\frac{0}{10}$  vermindert werden. Die Darmbakterien sollen ausnahmslos zerstört werden. Das Wasser soll auch eine Verbesserung des Geschmackes und der Farbe erfahren. Die chemische Zusammensetzung ändert sich nur unwesentlich. Das in Wasser gelöste Ozon verschwindet nach 10 Minuten wieder.

S. Rideal berichtet über Erfahrungen am Pariser Werk. Nach der Ozonisierung waren alle Keime bis auf die widerstandsfähigeren Sporen vernichtet. Die Wassertemperatur wurde nicht erhöht.

Nach Gärtner ist die bakteriologische Wirkung bei der Ozonisierung so gut wie bei Sandfiltern, aber noch sicherer.

Sauna stellte Versuche an, bei denen Ozon in einer Menge von durchschnittlich 4 mg auf 1 Liter angewendet wurde. Es ergab sich folgendes: Salpetrige Säure wird vollständig zerstört. 15 bis

43<sup>0</sup>/<sub>10</sub> der organischen Substanz werden oxydiert. Die Wirksamkeit des Ozons auf die organischen Substanzen wächst mit der Oxydierbarkeit des Wassers. Ozon oxydiert das im Wasser vorhandene Ammoniak. Sulfate, Karbonate und Chloride werden nicht verändert. Nitrate und freier Sauerstoff zeigen eine Zunahme. Innerhalb weniger Minuten verschwindet aus dem Wasser auch die letzte Spur Ozon. Wasserstoffsperoxyd wird nicht gebildet. Bei Anwendung entsprechender Ozonmengen findet eine vollkommene Sterilisation des Wassers statt. Ozon wirkt am heftigsten auf pathogene Keime.

Der Sterilisationseffekt einer Ozonanlage hängt nach Schreiber von vier Faktoren ab, nämlich:

1. von der Beschaffenheit des Wassers,
2. von der Menge des durch die Anlage gehenden Wassers,
3. von der Konzentration der Ozonluft,
4. von der angewandten Menge der Ozonluft.

Für die Genehmigung und Beaufsichtigung von Ozonanlagen empfiehlt Schreiber, daß ein Hygieniker und ein im elektrischen Betriebe erfahrener technischer Beamter eine Prüfung der genannten vier Faktoren vornehmen, dann dementsprechend Betriebsvorschriften ausarbeiten und die fertiggestellte Anlage hinsichtlich des Sterilisationseffektes mit Aussaat von koliartigen Keimen prüfen sollen. Von einem Elektrotechniker müßte dann von Zeit zu Zeit die Innehaltung der Betriebsvorschriften kontrolliert werden.

Die Kosten der Sterilisierung des Wassers mit Ozon stellen sich nach Schreiber in Paderborn ohne vorhergehende Filtration auf 0,8 bis 2,8 Pf., bei solcher mit Filtration auf 1,23 bis 3,56 Pf. für 1 cbm.

Am Pariser Werk waren nach Rideal für die Sterilisierung von 100 cbm Wasser 1,31 Kilowatt Strom notwendig. Die Gesamtkosten betragen ausschließlich Amortisation und Verzinsung 0,615 Pf. für 1 cbm.

Am St. Petersburger Werk sind die Betriebskosten 1,6 bis 1,8 Pf. für 1 cbm, wovon auf das reine Ozonisieren nur die Hälfte entfällt.

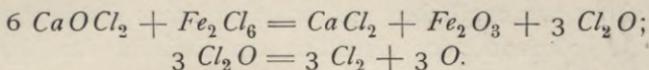
Die Kosten der Sandfiltration betragen vergleichsweise nach Schreiber 1,95 bis 3,43 Pf.

#### b) Das Ferrochlorverfahren Duyk, System Howatson (Thumm und Schiele).

Das Rohwasser wird bei diesem Verfahren nach Abscheidung der ungelösten Bestandteile im Absitzbecken oder dergl. oder unmittelbar mit einer chlorkalkhaltigen Flüssigkeit und gleichzeitig mit

Eisenchloridlösung versetzt und diese Mischung entweder ohne weiteres oder auch unter Zwischenschaltung von Absitzeinrichtung auf Schnellfilter (System Howatson) aufgeleitet; das filtrierte Wasser gelangt sodann zur Verwendung.

Beim Zusatz der Chemikalien gehen folgende Reaktionen vor sich:



Das entstehende Chlor und der gebildete Sauerstoff wirken desinfizierend, während das voluminöse Eisenoxyd und der kohlen-saure Kalk, der aus dem Chlorkalzium durch Umsetzungen entsteht, beim Niederfallen die Schwebestoffe mit zu Boden reißt.

In Middelkerke in Belgien ist das Verfahren praktisch im Gebrauch; dort und später in Paris wurde es geprüft. Die Ergebnisse lauten günstig. Die Abtötung der Bakterien soll dort weitgehend gewesen sein.

Thumm und Schiele, welche die Middelkerker Anlage besichtigten, äußern sich auf Grund der gewonnenen Eindrücke und erhaltenen Angaben ebenfalls im allgemeinen günstig. Beim Ferrochlorverfahren sei der Umstand von besonderer Bedeutung, daß das Chlor nach einiger Zeit von selbst aus dem Wasser verschwindet, und daß das behandelte Wasser keine schädlichen Chlorverbindungen mehr enthalte.

#### c) Die Desinfektion von Trinkwasser mit Chlorkalk.

Dieses Verfahren soll nach Imhoff und Saville in weit über 100 amerikanischen Städten eingeführt sein. Das Verfahren soll sich überall da eignen, wo das Wasser physikalisch gut ist, aber die Gefahr besteht, daß es dauernd oder vorübergehend Krankheitskeime enthält.

Der Chlorkalk wird im allgemeinen im Verhältnis von 1 : 350000 dem Wasser zugesetzt (es kommt dann 1 Teil wirksames Chlor auf 1000000 Teile Wasser).

Das freie Chlor wirkt auf die Bakterien, insbesondere auf die Krankheitserreger ein.

Die Kosten des Verfahrens stellen sich sehr billig, sie sollen nur 5 Pf. für 100 cbm Abwasser, also nur ein Zwanzigstel der sonstigen Reinigungsverfahren betragen.

Nicht anwendbar ist das Verfahren, wo viele Schwebestoffe oder organische Stoffe, oder wo Eisen im Wasser vorhanden ist, da dann das freie Chlor zur Oxydation dieser Stoffe verbraucht wird.

Wegen des geringen Chlorkalkzusatzes soll es nicht notwendig sein, den Chlorkalk nachträglich aus dem Wasser zu beseitigen; auch soll das Wasser keinen Geruch oder merklichen Geschmack annehmen.

Aus der neuesten Zeit liegen eine Reihe von Berichten über das Verfahren aus englischen und amerikanischen Städten vor.

G. A. Johnson, der eigentlich der Erfinder des Verfahrens ist, gibt an, daß sowohl Chlorkalk wie Natriumhypochlorit verwendet werden kann. Als Vorteile des Verfahrens werden genannt: die Bakterien, besonders die pathogenen Arten, werden rasch abgetötet; die Bequemlichkeit des jeder Änderung des Wassers leicht anzupassenden Chemikalienzusatzes; das Fehlen jeglicher giftiger Reaktionsprodukte im Wasser; die Schnelligkeit der Reaktion.

Die Chlorkalkbehandlung ist in folgenden Punkten wirkungslos: Bakteriensporen werden nicht abgetötet; die in suspendierte feste Partikel eingebetteten Bakterien bleiben unbeeinflußt.

C. Walker berichtet über das „De Chlore System“ genannte Chlorkalkwasserreinigungsverfahren, das 6 Monate lang auf einer Versuchsanlage geprüft wurde. Das De Chlore-System entfernt das überschüssige Chlor durch ein in gekörnter Form dem Filter zugesetztes wasserunlösliches Präparat (Kohle). Der Keimgehalt des Rohwassers sank nach Durchgang durch die Vorfilter auf 421 Keime ab, das Reinwasser enthielt im Durchschnitt 32 Keime. *Bacterium coli* wurde im Rohwasser in 1 ccm, im Vorfiltrat in 10 und im Reinwasser nicht mehr in 100 ccm gefunden.

Dem im Klärbecken vorbehandelten Wasser von Ohama wird nach Craven 0,3 bis 0,4 mg Chlorkalk in 1 Liter zugesetzt. Der Keimgehalt soll dadurch um 97  $\frac{0}{10}$  verringert werden. *Bacterium coli* konnte im Reinwasser nur vereinzelt gefunden werden. In Minneapolis setzt man etwa 1,54 bis 3,04 mg zu 1 Liter Wasser zu. Die Keimzahl des Rohwassers von 250 bis 8000 sank auf 7 bis 1200, *Coli* war im behandelten Wasser nicht nachweisbar.

Nach Ansicht des Verfassers wird man gut daran tun, der Methode einstweilen mit etwas Skepsis zu begegnen, denn die Vermutung liegt entschieden nahe, daß zur sicheren Abtötung aller Keime ein immerhin im Geruch und Geschmack merkbarer Überschuß an Chlorkalk notwendig ist und daß, wenn kein Geruch und Geschmack im Reinwasser vorhanden ist, die Keime auch nicht sicher abgetötet sind.

Dazu kommt noch, daß es nicht feststeht, ob der dauernde Genuß von geringen Mengen Chlorkalk, selbst wenn sie durch die

Sinne nicht wahrgenommen werden können, nicht doch ernste Bedenken erregen muß.

Daher kann dieses amerikanische Verfahren zur allgemeinen Nachahmung in Deutschland nicht empfohlen werden. Dienste vermag das Verfahren jedoch unter Umständen dann zu leisten, wenn eine vorübergehende Gefährdung des Trinkwassers wie in Epidemiezeiten vorliegt. Ebenso wird es vielleicht mit Erfolg im Kriege angewendet werden können.

#### d) Die Sterilisation von Trinkwasser mittels ultravioletter Strahlen.

Zerlegt man das weiße Licht durch ein Prisma in seine verschiedenen Bestandteile, so lassen sich bekanntlich über dem äußersten violetten Teil des Spektrums hinaus Strahlen nachweisen, die zwar als Lichtstrahlen nicht mehr wahrgenommen werden, also unsichtbar sind, denen aber kräftige chemische Wirkungen, z. B. auf die photographische Platte, zukommen.

Daß diesen ultravioletten Strahlen auch bakterientötende Kraft innewohnt, ist schon längere Zeit bekannt. Im Jahre 1877 beobachteten es die englischen Forscher Downes und Blunt. Auch die bakterientötende Kraft des Sonnenlichtes führt man auf diese ultravioletten Strahlen zurück. Man erzeugt die ultravioletten Strahlen heute durch die Quecksilberdampf-Quarzlampe. Durch Quecksilberdampf, der in einer evakuierten Röhre aus Quarz eingeschlossen ist, wird der elektrische Strom gesandt; dabei leuchtet der Quecksilberdampf und sendet ultraviolette Strahlen aus, welche die Eigenschaft haben, durch Quarz hindurchzugehen, während sie vom Glas zurückgehalten werden.

Die eigentlichen Erfinder der Trinkwassersterilisierung durch ultraviolette Strahlen sind die französischen Forscher Courmont und Nogier. Sie verfahren bei ihren Versuchen so, daß eine Lampe in der Achse eines Rohrstückes von 60 cm Durchmesser so befestigt war, daß die Wände nicht über 30 cm von der Lichtquelle entfernt waren. Sterilisierbar ist nur klares Wasser ohne Trübungen und Färbungen. Die Lampe wird zweckmäßig in das Wasser eingetaucht. Einmal ist die sterilisierende Wirkung besser, wenn die Lampe eingetaucht ist, da das Wasser in naher Berührung mit der Quelle der Strahlen ist und die Gesamtstrahlung nach allen Seiten ausgenutzt ist. Es scheint aber auch notwendig zu sein, die Lampe einzutauchen, um sie zu kühlen und zu verhindern, daß sie sich durch Erhitzen verändert. Man hat früher geglaubt, daß die Wirkung

der ultravioletten Strahlen auf der Bildung von Wasserstoffsperoxyd oder Ozon beruhe. Das ist nicht der Fall; derartige Verbindungen konnten nie nachgewiesen werden. Geschmack, Geruch, Temperatur und chemische Beschaffenheit des Wassers ändern sich in keiner Weise. Langdauernde Tierversuche haben ferner die völlige Unschädlichkeit des behandelten Wassers dargetan.

Die von Courmont und Nogier mitgeteilten Sterilisationseffekte sind gut und stehen denjenigen der übrigen Wasserreinigungsverfahren nicht nach. Auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit kann das Verfahren nach Angabe von Courmont und Nogier den Vergleich mit den übrigen Wasserreinigungsverfahren durchaus aushalten.

Nicht in allen Punkten so günstig wie das Urteil von Courmont und Nogier lauten die Ergebnisse von Versuchen, die von zwei Mitgliedern der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung ausgeführt sind. Grimm und Weldert stellten ihre Versuche mit der Quecksilberdampflampe der Quarzlampengesellschaft m. b. H., Hanau a. M., an. Sie fassen die Ergebnisse ihrer Versuche wie folgt zusammen:

1. Durch den geprüften Apparat kann klares Wasser, das wenig Bakterien enthält, in 1 Stunde in einer Menge von 0,55 cbm unter den oben geschilderten Versuchsbedingungen sterilisiert werden. Sehr bakterienreiches, aber klares Wasser kann dagegen nur in einer Menge von 0,45 cbm steril hergestellt werden, wobei es gleichgültig ist, ob die Bakterien Wasserbakterien oder an Stelle pathogener Keime geprüfte Colibakterien sind.
2. Trübungen des Wassers, selbst leichten Grades, machen die Desinfektionswirkung unsicher; bei starken Graden erweist sich die Abtötung der Keime durch die Lampe wenigstens in den Grenzen, wie sie für die Praxis in Betracht kommen, als unmöglich.
3. Ebenso wirkt sehr stark hindernd die durch Kolloide bewirkte gelbliche Färbung des Wassers, wie sie Moorwässer darbieten, und zwar schon bei leichten Graden, so daß dann diese Desinfektionsmethode praktisch undurchführbar wird.
4. Eine Beeinflussung in physikalisch-chemischer Beziehung erfährt das Wasser mit Ausnahme einer Zunahme der Temperatur um wenige Zehntel Grade bei dem Durchgang durch den Versuchsapparat nicht. Erst bei längerer Bestrahlung treten stärkere Temperaturerhöhungen auf, sowie Anzeichen von chemischen Umsetzungen.
5. Die auf Grund der Versuche berechneten Aufwendungen für die Wasserreinigung durch ultraviolette Strahlen sind verhältnismäßig sehr hoch und können einen Vergleich mit den Kosten der im

großen angewendeten Wasserreinigungsverfahren zurzeit nicht aus-  
halten.“

Erlwein berichtet über die Erfahrungen der Firma Siemens & Halske über dieses Thema. Der Energieverbrauch ist größer als bei der Sterilisierung mit Ozon. Bezüglich der anderen Faktoren einer vergleichenden Betriebskostenberechnung für die Verhältnisse des zentralen Wasserwerksbetriebes fehlt bei der Ultraviolettmethode noch der wichtigste: die genauere Kenntnis des Verschleißes und der Reparaturkosten der noch recht teuren Quarzlampen.

Buywid ist der Ansicht, daß das Ultravioletverfahren mehr verspricht als das Ozonverfahren.

Meines Wissens ist das Verfahren in der Praxis im Großbetrieb bisher nicht angewendet worden. Quecksilberquarzdampflampen werden von verschiedenen Firmen geliefert, so von der Firma Ultraviolette, Paris, rue Chauchat 22, von der Westinghouse Cooper Hewitt-Gesellschaft, Berlin, Wilhelmstraße 131, von der Quarzlampen-Gesellschaft m. b. H., Hanau a. M.

Mit Rücksicht darauf, daß das Wasser in seiner sonstigen Beschaffenheit in keiner Weise verändert wird, und daß langdauernde Tierversuche bewiesen haben, daß auch lange Zeit bestrahltes Wasser vollkommen ungefährlich ist, dürfte die Methode, wenn es gelingt, die Kosten herabzusetzen, eine Zukunft haben.

	Kosten für 100 cbm gereinigten Wassers
1. Langsame Sandfilter:	
Betriebskosten . . . . .	1,13 Mk.
Gesamtkosten . . . . .	9,53 „
2. Schnellfilter:	
Betriebskosten . . . . .	5,25 „
Gesamtkosten . . . . .	10,58 „
3. Ozonanlagen:	
Betriebskosten . . . . .	5,15 „
Gesamtkosten . . . . .	15,08 „
4. Chlorkalkanlagen:	
Betriebskosten (Johnsen) . . . . .	0,13 „
Gesamtkosten (Johnsen, Imhoff u. Saville)	0,63 „
5. Ultrastrahlenanlage:	
Betriebskosten	
100 <sup>0</sup> / <sub>10</sub> bakteriologischer Effekt . . . . .	320,— „
99 bis 99,9 <sup>0</sup> / <sub>10</sub> bakteriolog. Effekt 110,— bis 160,— „	

Im Anschluß an ihre Versuche mit dem Ultravioletverfahren stellen Grimm und Weldert die Kosten der Hauptwasserreinigungs-

verfahren vergleichend zusammen. Nr. 1 bis 4 der vorstehenden Tabelle sind Mittelzahlen nach den Angaben verschiedener Großbetriebe. Nr. 5 ist auf Grund der Versuche von Grimm und Weldert berechnet.

#### e) Desinfektion von Wasserleitungen und Brunnen.

Herrscht in einer Stadt eine Epidemie, und hat man Grund zu der Annahme, daß die Seuche auf das Trinkwasser zurückzuführen ist, so kann es empfehlenswert sein, die Leitung zu desinfizieren; insbesondere kommt das in den Fällen in Frage, wenn ein neues, einwandfreies Trinkwasser in die verseuchte Leitung geführt werden soll. Flügge und Bischoff verwandten bei einer Typhusepidemie in Beuthen (Oberschlesien) zu diesem Zwecke zwei-promillige Schwefelsäure. Das saure Wasser bleibt viele Stunden in der Leitung stehen. An den Hähnen wird die Stärke des Schwefelsäuregehaltes kontrolliert. Bei der Typhusepidemie des Jahres 1901 in Gelsenkirchen wurde die Desinfektion der Leitung ebenfalls mit Schwefelsäure bewirkt.

Bei Brunnen, die im allgemeinen sachgemäß angelegt sind und in einwandfreier Umgebung liegen, die aber von oben infiziert erscheinen, kann man nach dem Vorschlage von M. Neißer gespannten Wasserdampf (5 Atmosphären) einleiten; dabei gerät der ganze Brunneninhalt ins Kochen.

Dasselbe Verfahren oder eine Desinfektion mit Karbolschwefelsäure (Fränkel), die hinterher wieder abgepumpt wird, kann man bei Vorarbeiten für zentrale Wasserversorgungen zur Desinfektion von Bohrlöchern anwenden, um einwandfreie bakteriologische Proben entnehmen zu können.

### **3. Reinigung des Wassers in anderer als gesundheitlicher Richtung.**

Wie schon erwähnt wurde, kommen bisweilen Stoffe im Wasser vor, die, ohne gesundheitsschädlich zu sein, doch große Störungen verursachen, indem sie, wie Eisen und Mangan, das Wasser mißfarbig erscheinen lassen oder, wie die freie Kohlensäure, die Wände der Rohre und Sammelbehälter angreifen.

#### a) Enteisung des Wassers.

Das Grundwasser der Diluvial- und Alluvialschichten der norddeutschen Tiefebene enthält häufig Eisen in Form von humussaurem und kohlenensaurem Eisenoxydul in größerer oder geringerer Menge. Frisch entnommen ist das Wasser meist klar, nach einiger Zeit trübt es sich aber unter Abscheidung eines braunen Nieder-

schlages, indem der Luftsauerstoff das Eisenoxydul unter Entwicklung von Kohlensäure in unlösliches Hydroxyd überführt.

Wenn diese Eisentrübungen auch mehr ein Schönheitsfehler als hygienisch bedenklich sind, so bewirken sie doch mancherlei Störungen. Einmal machen die in Leitungsröhren und Sammelbecken sich absetzenden Eisenflocken eine häufige Reinigung notwendig. Der Eisengehalt des Wassers begünstigt ferner das Auftreten zahlreicher eisenspeichernder Mikroorganismen, besonders der Eisenbakterien, die einen Geruch nach Schwefelwasserstoff und anderen Zersetzungsprodukten entwickeln und dem Wasser einen spezifischen, metallischen Geschmack verleihen.

Außerdem eignet sich solches Wasser nicht für die meisten gewerblichen Zwecke.

Einige Zehntelmilligramm Eisen in 1 Liter Wasser können schon eine Enteisungsanlage notwendig machen, weil Eisenbakterien gerade in schwach eisenhaltigem Wasser am besten gedeihen.

Die Methoden der Enteisung beruhen auf drei physikalisch-chemischen Vorgängen.

Bei der Berührung des gelösten Ferroeisens mit Luft führt der Sauerstoff die Ferroverbindung in unlösliche Ferriverbindung über. Daraus ergibt sich Lüftung des Wassers und nachfolgende Filtration.

Da die Kohlensäure das Eisen in Lösung hält, kann man zweitens die Ausfällung des Eisens durch Neutralisierung der Kohlensäure mit Kalk unterstützen.

Ist das Wasser endlich in kolloidalem Zustande (organisch gebunden) im Wasser vorhanden, so verwendet man ausflockende Mittel, wie Tonerdesulfat und Ferrochlorid.

Diese letzteren Verfahren werden in Amerika vielfach angewendet, während bei uns in Deutschland alle Enteisungsverfahren auf Lüftung und Filtration beruhen.

Die Art der Ausführung dieser Lüftung und Filtration ist bei den verschiedenen Systemen außerordentlich mannigfaltig.

Die Lüftung wird über Kaskaden (Elbing), durch Regenvorrichtung mit durchlöcherten Platten (Weimar), über Koks (Piefke), über Holzhornden (Berlin), über Klinker (Delitzsch), über Glasbausteine (Sternberg) usw. ausgeführt.

Ähnlich verschieden ist die Art der Filtration. Im allgemeinen haben sich Sand und Kies als Filtermittel am besten bewährt. Die Korngröße des Sandes ist ein wichtiger Faktor bei der Bildung der Filterhaut und der vollständigen Zurückhaltung der Eisenhydratteilchen.

Die Art der Reinigung der Filter und Lüfter ist auch nach den einzelnen Systemen sehr verschieden.

In der nachstehenden Übersicht der wichtigsten Enteisensysteme sind auch diejenigen, die hauptsächlich für kleinere Anlagen für industrielle Zwecke verwendet werden, mit aufgenommen, weil sie auf denselben Grundsätzen beruhen und ebenso ausgeführt werden wie die großen Anlagen für zentrale Wasserversorgung. Die Enteisung von Einzelbrunnen wird dagegen auf S. 44 noch besonders behandelt werden.

Die wichtigsten Enteisensysteme charakterisieren sich danach etwa, wie folgt (Schwers):

1. System Piefke, eines der ältesten und besten Systeme. Das eisenhaltige Wasser wird auf den Rieseler, ein zylindrisches, aufrecht stehendes Gefäß gebracht, das mit faustgroßen Koksstücken gefüllt ist. Das Wasser fließt langsam die Koksstücke entlang und gelangt in den darunter befindlichen Absitzbehälter, von wo es auf ein Sandfilter fließt, das ganz nach Art der gewöhnlichen Sandfilter eingerichtet ist. Der Koksrieseler wird durch Spülung von unten nach oben gereinigt. Eine Neufüllung des Rieselers soll nur ein- bis zweimal im Jahre nötig sein. Die Piefkeschen Rieseler sind viel in Anwendung gekommen und haben sich vorzüglich bewährt.
2. System Oesten: Regenvorrichtung (2 m Regenfall) mit Brausen, Filtration durch Kies von Graupenkorngroße.
3. System Kurth: Regensturz und Kiesfiltration, bewirkt durch einen Pumpenhub; für kleine Anlagen.
4. System Bieske: analog dem vorigen.
5. System Thiem: Regenvorrichtung mit durchlöcherter Platte.
6. System Reichling: Regenvorrichtung mit Zentrifuge oder Sieb, geschlossene Filtration von unten nach oben unter Druck durch Sand-, Kies- und Holzwolleschichten; in der Industrie verwendet.
7. System Koerting: ähnlich dem vorigen.
8. System Pfeiffer: einfache Lüftung und Sandfiltration.
9. System Wingen: Kaskaden, Sandfiltration.
10. System Taacks: Kaskaden, Kiesfiltration.
11. System Kröhnke: Kokslüfter, rotierendes Trommelfilter, das sich abwechselnd mit Sand und Wasser füllt.
12. System Lanz: Filtration durch natürlichen Sandstein.
13. System Fischer: Filtration durch porösen Wormser Kunststein.
14. System Agga: Filtration durch poröse Kunststeinröhren im Sandfilter, Reinigung durch Stromumkehr.

15. System Reisert: Filtration in freier Luft durch Kies mit oder ohne vorhergehende Kokslüftung, Reinigung durch Stromumkehr; in der Industrie benutzt.

16. System Bollmann: Kiesfiltration unter Druck ohne vorhergehende Lüftung, Reinigung durch Stromumkehr.

17. System Breda: Filtration unter Druck durch „Tonkoks“ und Kies verschiedener Korngröße nach vorheriger Vorbelüftung in einem Mischapparat, Reinigung durch Stromumkehr.

18. System Helm: Filtration unter Druck durch Brauneisenschlacken, in denen die Lüftung durch okkludierten Sauerstoff geschieht, Reinigung durch Stromumkehr.

19. System Bühring: Filtration wie beim vorigen, durch Knochenkohle, Reinigung mit verdünnter Salzsäure; für den Hausgebrauch.

20. System Büttner (von der Linde und Heß): Filtration unter Druck durch mit Zinnoxid imprägnierte Holzspäne, ohne besondere Lüftung, Reinigung durch Stromumkehr.

21. System Bock: Filtration analog dem vorigen, durch Holzwolle.

22. System Sellenscheid: Regenvorrichtung, Filtration durch Pflanzenfasern; besonders in Brauereien eingeführt.

23. System Dehne: Lüftung durch Regen mittels Injektor, Zusatz von Kalkmilch, Filtration unter Druck durch Filzscheiben; in industriellen Betrieben.

24. System Jewell: Schnellsandfiltration mit oder ohne Beimischung von Kalkmilch und Aluminiumsulfat, ohne jede Lüftung. Dieses System ist 1909 in Posen mit 30 000 cbm täglicher Leistung zur Anwendung gebracht. Es werden keine Chemikalien zugesetzt; durch einfache Filtration wird das Wasser vom Eisen befreit.

25. System „Vor an“, in Frankfurt a. M. Lüftung in dem geschlossenen System durch Schnüffelapparat oder Kompressor, bei dem offenen System Rieselung über einen kataraktartigen Aufbau von Koks, Ziegelsteinen usw. Eine offene und geschlossene „Vor an“-anlage ist in den Fig. 6 und 7 dargestellt. Die Figuren sind ohne weiteres verständlich.

Man baut die Enteisungsanlagen offen und geschlossen. Die geschlossenen Systeme bieten natürlich mehr Schutz gegen eine Infektion des Wassers mit Bakterien, doch sollen sich nach Schwers die Anlagen mit offenen Apparaten in bakteriologischer Hinsicht ebenso gut bewährt haben wie die mit geschlossenen. Über die größere oder geringere Zweckmäßigkeit der offenen oder geschlossenen

Systeme ist in den letzten Jahren ein heftiger Streit geführt worden, wobei sich viele Stimmen sowohl für, wie gegen beide Systeme erhoben haben. Im großen und ganzen kann man beide Systeme als gleichwertig betrachten.

Der Effekt der Enteisungsanlagen ist bedingt durch die Höhe des Lüfters und Filters, die Geschwindigkeit bei der Lüftung und bei der Filtration und andere betriebstechnische Verhältnisse.

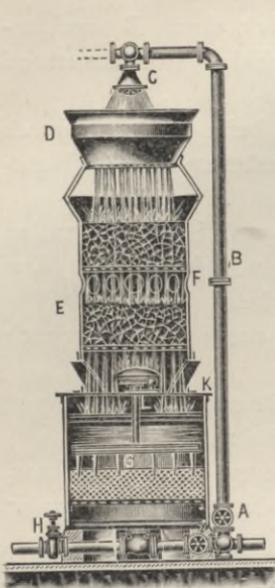


Fig. 6. Offene Enteisungsanlage System „Vorán“.

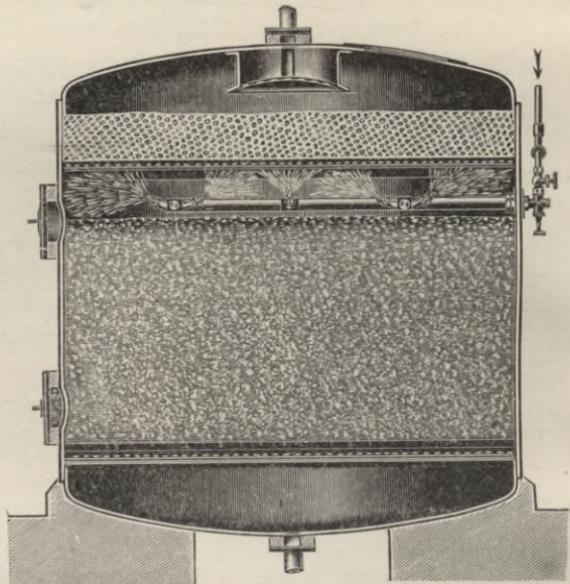


Fig. 7. Geschlossene Enteisungsanlage System „Vorán“.

Die Höhe des Lüfters beträgt meist 3 bis 7 m, die Filtrationsgeschwindigkeit beträgt bei offenen Systemen selten mehr als 1 m, bei geschlossenen Systemen oft 10 m.

Der Druck wird gewöhnlich durch den Niveauunterschied zwischen der Oberfläche im Filter und im Reinwasser hergestellt.

Gute Enteisungsanlagen liefern ein Wasser, das höchstens noch 0,1 mg Eisen im Liter enthält.

Der Herstellungspreis von 1 cbm enteisenen Wassers beträgt in einer Reihe deutscher Städte von 0,08 bis 0,8 Pf. für 1 cbm.

#### b) Entfernung von Mangan.

Durch die Breslauer Wasserkalamität vom Jahre 1906 ist die allgemeine Aufmerksamkeit auf das Vorkommen von Mangansalzen

im Wasser gelenkt worden. Die Mangansalze setzen schon, wenn sie in geringen Mengen im Wasser vorhanden sind, einen schwachen Schaum ab, der das Wasser ungenießbar macht, Wäsche und Papier fleckt, in den Brauereien die Behälter verunreinigt, die Gärwirkung der Hefe beeinträchtigt usw. Es wird ferner von einigen Mikroorganismen in noch höherem Maße gespeichert als Eisen. Das Mangan begleitet das Eisen fast überall, nur sind seine Mengen meist so gering, daß seinem Vorkommen in den allermeisten Fällen keinerlei praktische Bedeutung zukommt.

Das Mangan verhält sich bei der Lüftung ähnlich wie das Eisen, nur scheidet es sich schwerer aus, da beim Lüften Mangani-Manganoverbindungen entstehen, die in erheblicher Menge im Wasser löslich sind.

Die Kalamität in Breslau rührte daher, daß infolge der vorliegenden geologischen Verhältnisse Eisen- und Mangansulfide in den über dem Grundwasser liegenden humösen Schichten durch Oxydation in Sulfate verwandelt und durch ein Hochwasser, welches das ganze Gelände überflutete, ins Grundwasser geführt wurden.

Lührig und Becker versuchten, das Breslauer Wasser durch Hindurchfiltrieren durch Permutit zu entmanganen. Permutit hat, wie S. 55 näher auseinandergesetzt ist, die Eigenschaft, Mangan, Eisen, Kalk aufzunehmen und gegen Natrium auszutauschen. Das verwendete Material kann durch Waschen mit Natriumsalzlösungen wieder regeneriert werden. Laboratoriumsversuche ermutigten zu einem Versuch im großen, der jedoch vollkommen mißlang. Das Wasser nahm im Austausch aus Permutit Substanzen auf, die ihm eine alkalische Reaktion erteilten, was eine Fällung des Mangans als Oxydhydrat zur Folge hatte. Dieser Niederschlag von Manganhydroxyd verstopfte aber das Filter vollkommen.

H. Noll fand in Laboratoriumsversuchen, daß durch Permutit das Mangan aus dem Wasser quantitativ ausgefällt wurde, solange der Gehalt des Permutits an Mangan weniger als 2% betrug. Die Kosten der Entmanganung des Permutits in der Praxis schätzt Noll auf etwa 0,17 Pf.

Nach dem Vorschlage von H. Lührig entfernt man jetzt in Breslau in Versuchsanlagen im enteisenen Wasser das Mangan durch Zusatz von Kalkwasser. Dadurch wird das Mangan zur völligen Abscheidung gebracht. Man läßt dann absitzen und filtriert über eine 75 cm hohe Schicht natürlichen zeolithischen Gesteins, das mit Sand überdeckt ist.

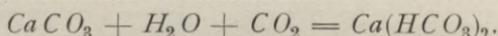
c) Entfernung von freier Kohlensäure.

Enthält ein Wasser viel freie Kohlensäure, so übt es auf verschiedene Materialien, die im Betriebe von Wasserwerken gebraucht werden, sehr nachteilige Wirkungen aus. So hat man beispielsweise in Frankfurt a. M. beobachtet, daß ein neu hergestellter Hochbehälter, der aus Zementbeton angefertigt war, von dem Wasser stark zerfressen wurde. Ebenso wurden die Eisenrohre stark angegriffen.

Während der Angriff des Wassers auf diese Materialien mehr eine Kostenfrage als hygienisch bedenklich ist, ist der Angriff der Bleirohre, die ja in den meisten Fällen für die Leitung des Wassers innerhalb der Häuser verwendet werden, im höchsten Grade gesundheitlich bedenklich, weil damit Blei in das Trinkwasser gelangt, was schon in den minimalsten Gehalten Gesundheitsstörungen hervorruft.

Zur Entfernung der freien Kohlensäure werden in der Praxis hauptsächlich drei Verfahren verwendet:

1. Man läßt das Wasser durch Marmor fließen (Scheelhaase). Dabei wird die freie Kohlensäure gemäß folgender Gleichung in doppeltkohlensauren Kalk verwandelt:



Es wird also bei diesem Verfahren die Karbonathärte vermehrt. Wo das Wasser an sich sehr weich ist, schadet die Erhöhung der Härte nichts und kann sogar erwünscht sein. Wenn jedoch das Wasser an sich schon ziemlich hart ist, dürfte die Erhöhung der Härte ein Übelstand des Verfahrens sein. Außerdem gelingt die Entfernung der Kohlensäure mit Kalk in diesem Falle nicht oder nur unvollkommen. Das Verfahren ist in Frankfurt a. M. im großen in Betrieb zur Entsäuerung des etwa 1,5<sup>0</sup> harten Stadtwaldwassers, das etwa 30 mg CO<sub>2</sub> im Liter enthält und große Zerstörungen an dem neuen Sachsenhäuser Hochbehälter und an den Rohrleitungen angerichtet hatte. Die Härte des entsäuerten Wassers beträgt etwa 5<sup>0</sup>.

Da die Frankfurter Entsäuerungsanlage sich ausgezeichnet bewährt hat, sei sie in nachstehendem näher beschrieben (vergl. Fig. 8).

Im Jahre 1906/07 wurde die Entsäuerungsanlage mit einem Kostenaufwande von 78 000 Mk. in die Kammer A des Hochbehälters an der Sachsenhäuser Warte eingebaut. Sieben von den zehn Gängen dieser Kammer sind für den Einbau der Entsäuerungsanlage benutzt worden. Der erste Gang dient als Einlaufkammer, der zweite und dritte als Sandfilter und die vier folgenden als Marmorrieseler.

Von der Einlaufkammer aus verteilt sich das Wasser durch Öffnungen in der Längswand auf das Sandfilter, das nur den Zweck

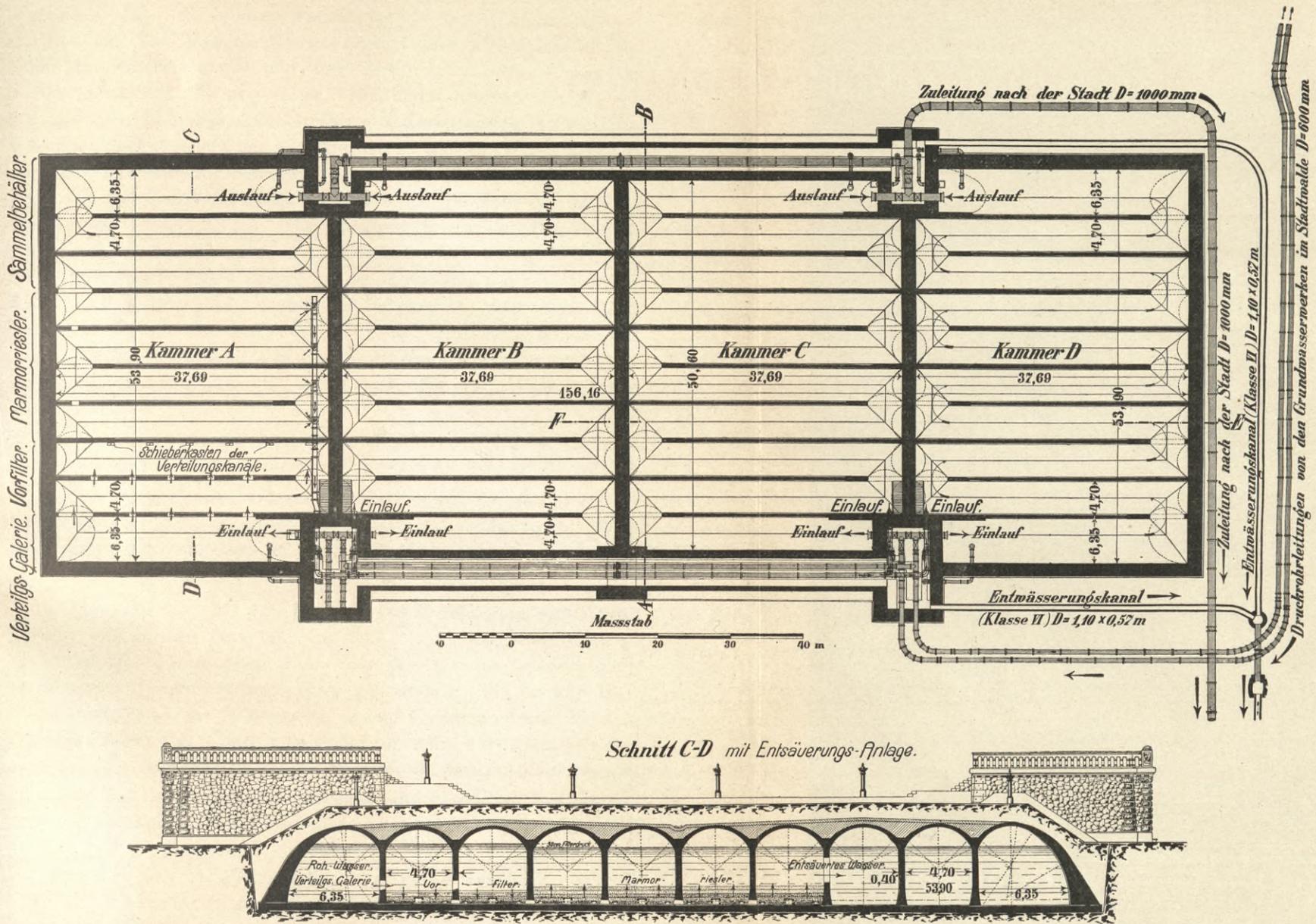


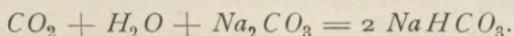
Fig. 8. Entsäuerungsanlage am Sachsenhäuser Hochbehälter in Frankfurt a. M. Obere Figur: Grundriß des Hochbehälters. In Kammer A ist die Entsäuerungsanlage eingebaut, die in der unteren Figur im Querschnitt dargestellt ist.



verfolgt, schon mitgebrachte Eisenoxydflocken (aus den Druckrohren) zurückzuhalten. Die Filtergeschwindigkeit beträgt bis zu 80 m in 24 Stunden. Das filtrierte Wasser gelangt durch Öffnungen an der Sohle der Zwischenwände und unter Zuhilfenahme von Verteilungskästen unter den Marmorrieseler. Die Marmorrieseler bauen sich auf aus einer untenliegenden Schicht von Kieselsteinen, darauf folgt eine Kiesschicht, darauf in vier Schichten verschieden feines Marmor-material von Walnuß-, Bohnen-, Erbsengröße bis zu feinem Griefß. Jede der drei ersten Schichten ist 8 cm hoch, die Höhe der Marmor-griefßschicht beträgt 60 cm. Die Geschwindigkeit des Wassers im Marmorrieseler beträgt 40 m in 24 Stunden, Das entsäuerte Wasser fließt teils durch eine Öffnung in der Zwischenwand von Gang 7 und 8 den letzten drei Gängen der Kammer A, teils durch eine besondere Leitung den Kammern B, C und D des Hochbehälters zu. Alle 3 Monate etwa muß das Sandfilter gespült werden, wobei es in umgekehrter Richtung von unten nach oben vom Wasser durch-flossen wird.

Bei etwa 23 000 cbm täglich zu entsäuernenden Wassers werden in 1 Tag etwa 1400 kg Marmor vom Wasser aufgelöst und fortgeführt.

2. Man setzt dem Wasser Natriumkarbonat in der nach der Kohlensäurebestimmung erforderlichen Menge zu (Heyer). Dabei wird die freie Kohlensäure zu  $NaHCO_3$  gebunden:



Diese Methode ist von Heyer zur Entsäuerung des Trink-wassers von Dessau eingeführt worden. In Dessau erkrankten in den 80er Jahren eine ganze Reihe von Personen an typischer Blei-vergiftung. Heyer erkannte, daß die Ursache des starken Blei-lösungsvermögens des Wassers in seinem Gehalt an freier Kohlen-säure begründet war. Nach mancherlei sonstigen Versuchen gelangte er dazu, die Neutralisation des Wassers mit Soda vorzuschlagen.

Für die Bemessung des Zusatzes sind besondere Dosierungs-apparate vorhanden. Das Verfahren ist an sich ausgezeichnet und gestattet, die Kohlensäure vollkommen unschädlich zu machen. Das Publikum hat aber im allgemeinen gegen ein Trinkwasser, das mit Chemikalien versetzt ist, eine instinktive Abneigung. Dieses Moment ist zweifellos der Hauptnachteil dieses an sich guten Systems.

3. Die Rieselung des Wassers. Läßt man ein Wasser, das freie Kohlensäure enthält, in feiner Verteilung tropfenweise hernieder-regnen, oder läßt man es über Koks, Glas, Kies usw. langsam herunterrieseln, so wird es von der freien Kohlensäure befreit.

Bei höheren Kohlensäuregehalten muß man das Regnen mehrfach wiederholen, um die Kohlensäure zu entfernen. Ferner ist die Höhe des Falles von Einfluß. Die Entfernung der Kohlensäure durch Rieseln in dieser Form hat den Nachteil, daß man das Wasser stark mit Sauerstoff anreichert. Ein reichlicher Sauerstoffgehalt des Wassers ist aber ebenfalls sehr vom Übel, weil er seinerseits ein kräftiges Rosten der eisernen Leitungsröhre veranlaßt.

H. Wehner ist nun auf den Gedanken gekommen, die Rieselung im Vakuum vorzunehmen. Dadurch soll, nach den Angaben des Erfinders, nicht nur die Kohlensäure schneller und bei geringerer Regenhöhe entfernt werden, sondern auch gleichzeitig der Sauerstoffgehalt erheblich verringert werden.

Die Wehnersche Vakuumrieselung soll in einigen englischen und deutschen Städten eingeführt sein.

## II. Reinigung von Trinkwasser im Kleinbetrieb.

Der größte Vorzug der zentralen Wasserversorgungen ist der, daß bei der Größe des Objektes umfangreiche Vorarbeiten für die Gewinnung eines einwandfreien Wassers, große Sicherheit für sachgemäße Ausführung, und die Möglichkeit einer dauernden sachverständigen Überwachung der Anlage gegeben ist, so daß Störungen von Reinigungsanlagen im Großbetrieb leicht erkannt und verhindert werden können.

Demgegenüber liegt die Hauptschwäche der Reinigungsanlagen im Kleinbetrieb darin, daß hier alle die Vorzüge des Großbetriebes, die oben genannt wurden, weniger oder nicht gewährleistet sind.

Einzeln liegende Häuser, Güter, Anstalten usw. tun daher gut daran, zu ihrer Wasserversorgung nach Möglichkeit ein einwandfreies Wasser zu wählen, das einer Reinigung nicht bedarf.

Sollten unvorhergesehene Zustände eintreten, welche das Wasser einer zentralen Wasserversorgung oder auch einer Einzelversorgung bedenklich erscheinen lassen, so können die Reinigungsverfahren im Kleinbetrieb Verwendung finden, wobei in erster Linie Abkochen des Wassers vor dem Gebrauch in Betracht kommt.

Im übrigen ist die Anwendung von Reinigungsapparaten im Kleinbetrieb als Notbehelf anzusehen, da sie auf dauernd richtige Funktion von sachverständiger Seite ständig kontrolliert werden müßten, was natürlich in den meisten Fällen undurchführbar sein wird.

Eine Ausnahme bilden Verhältnisse wie Epidemien, Kriege, Reisen in unbekanntem oder gar unzivilisierten Ländern. Hier wird oft die Beschaffung eines einwandfreien Wassers eine Unmöglichkeit

sein. Die notwendigen, verhältnismäßig geringen Mengen Wasser können in diesen Fällen durch die Reinigungsverfahren im Kleinbetrieb auch mit genügender Sicherheit einwandfrei gereinigt werden, um so mehr, als beispielsweise im Kriege sowohl wie in Epidemiezeiten das nötige Personal zur Verfügung steht, das die Einhaltung der Vorschriften überwachen kann.

Diese Beurteilung der Apparate für die Wasserreinigung im Kleinbetrieb bezieht sich natürlich nur auf Verfahren, die auf die Beseitigung der Bakterien abzielen. Apparate, die dem Wasser Schönheitsfehler, wie Eisengehalt usw., nehmen, gibt es ebenfalls für den Kleinbetrieb in großer Zahl, wie schon oben angeführt, und es scheint, als ob hier die kleinen Apparate dasselbe leisten wie die entsprechenden Apparate des Großbetriebes.

### **1. Reinigung durch Klein- oder Hausfilter**

Diese Apparate verfolgen einen doppelten Zweck: einmal beseitigen sie die Suspension und machen das Wasser klar, zweitens aber sollen sie auch die Bakterien zurückhalten. Wenn schon die Sandfilter keine völlig keimdichten Apparate sind, so gilt das in noch viel höherem Maße von den Hausfiltern. Die Bakterien durchwachsen das Filter, wenn es nicht sehr oft gereinigt wird, und nicht selten kommt es vor, daß das filtrierte Wasser eine höhere Keimzahl hat als das rohe Wasser. Die Kleinfilter sind daher mit großer Vorsicht zu gebrauchen.

Die Anzahl der verschiedenen Konstruktionen von Hausfiltern ist nahezu Legion. Sie beruhen alle darauf, daß das Wasser durch poröses Material filtriert wird, mit oder ohne Anwendung von Überdruck. von Esmarch teilt sie in folgende Gruppentypen ein:

#### a) Kohlefilter.

Sie sind die ältesten Apparate dieser Art. Sie werden hergestellt aus plastischer Retortenkohle oder feingesiebter Kohle, Koks- pulver und Verbindungen der verschiedensten Präparate. Ihr Preis beträgt meist zwischen 30 und 70 Mk.

Die Kohlefilter werden heute kaum mehr angewendet, weil ihr bakteriologischer Effekt fast gleich Null ist. Ja, wenn ein Kohlefilter einige Zeit im Gebrauch ist, ist oft das Filtrat schlechter als das Rohwasser, weil die Keime, die in der Kohle zurückgeblieben sind, sich erheblich vermehrt haben und nun von dem durchgehenden Wasserstrom mitgerissen werden. Auch in bezug auf Entfernung von Trübungen leisten diese Filter sehr wenig.

b) Steinfilter aus Sandstein, Lavatuff und dergl.

Der Stein wird aus grobem oder feinem Sand, Quarz, Kalk und Magnesiumsilikaten gebrannt. Für Filter, die ohne Druck arbeiten, wird grobes, für Druckfilter äußerst feines Material verwendet.

Die Klärung des Wassers kann bei diesen Apparaten ziemlich gut sein. Die Bakterien gehen dagegen ziemlich schnell, spätestens nach 2 bis 3 Tagen durch das Filter. Die Ergiebigkeit ist meist gering, gewöhnlich einige Liter in der Stunde. Vielfach nimmt die Ergiebigkeit auch noch schnell ab, so daß dann eine Reinigung notwendig wird.

c) Asbestfilter.

Als Filtermasse wird ein sehr feinfaseriger Asbest verwendet, der als Brei oder gepreßt oder auch in Mischung mit anderen Materialien verwendet wird. Die Asbestfilter werden in der Technik auch zum Filtrieren und Klären trüber Flüssigkeiten (Bier, Öl, Wein usw.) und bei Enteisungsanlagen zum Zurückhalten des Eisenoxyds verwandt.

Die hauptsächlichsten Asbestfilter sind das Filter von C. Piefke und das Mikromembranfilter von Friedrich Breyer. Die Asbestfilter halten die Bakterien ziemlich gut zurück; sie verstopfen sich aber meist sehr schnell; das bedingt eine sehr zeitraubende, oft vorzunehmende Reinigung und Sterilisation des Apparates.

Das Breyersche Mikromembranfilter soll nach Gärtner keimdicht sein.

Gute Asbestfilter werden geliefert von der Firma Arnold & Schirmer, Berlin NO., Große Frankfurter Straße 123, oder von H. Jensen & Co., Hamburg, Reichenstraße 20.

d) Tonfilter.

Von diesen Filtern gibt es ebenfalls eine Anzahl verschiedener Ausführungen, so nach Olschewski, Hesse u. a. Sie filtrieren alle nur kurze Zeit keimfrei, meist um so kürzer, je ergiebiger sie Wasser liefern.

e) Porzellanfilter.

Der Hauptvertreter dieser Filter ist das Chamberlandsche Filter. Es besteht aus einer Metallhülse, welche auch an die Wasserleitung angeschraubt werden kann. In die Hülse ragt wasserdicht angeschlossen eine innen hohle Kerze aus feinporigem Kaolin hinein. Das Wasser tritt zwischen Hülse und Kerze ein, durchdringt den Tonzylinder von außen nach innen und fließt aus der unten frei vorstehenden Öffnung der Kerze aus.

Das Filtrat ist keimfrei, dafür ist das Filter aber wenig ergiebig, nach wenigen Tagen filtrieren nur wenige Liter in 24 Stunden durch.

Die Reinigung geschieht durch Kochen und Ausglühen der getrockneten Kerzen. Das gereinigte Filter hat wieder die ursprüngliche Ergiebigkeit.

Die Chamberland-Filter können von der Firma Lautenschläger, Berlin, Oranienburger Straße, bezogen werden.

#### f) Kieselgurfilter.

Der Hauptrepräsentant dieser Filter ist das Berkefeld-Filter, das nach denselben Grundsätzen wie das Chamberland-Filter konstruiert, aber aus gebrannter Infusorien-erde hergestellt ist (vergl. Fig. 9). Die Filter filtrieren verschieden lange keimfrei, in der Regel einige Tage. Die Ergiebigkeit beträgt  $\frac{3}{4}$  bis 2 Liter in der Minute bei 1 bis 2  $\frac{1}{2}$  Atm. Filterdruck. Nach und nach nimmt die Ergiebigkeit ab, sie kann aber durch Abbürsten der Kerze bis fast auf die Anfangsleistung wieder gehoben werden. Die Sterilisation der Kerzen geschieht einfach durch langsame Erwärmen im Wasserbade.

Diese Filter sind, soweit es auf Keimfreiheit und Ergiebigkeit zugleich ankommt, zweifellos die besten Kleinfilter; bei täglichem Sterilisieren kann man mit ziemlicher Sicherheit auf ein fortdauernd keimfreies Filtrat rechnen.

Der Preis für ein Filter im Gehäuse zum Anschrauben an die Wasserleitung beträgt 30 bis 35 Mk., kleinere Apparate 13 bis 16 Mk., als Pumpenfilter 46 bis 200 Mk. Der Preis einer Ersatzkerze ist 4,50 Mk., eines Armeefilters (etwa  $\frac{1}{2}$  Liter in der Minute) 30 Mk., einer transportablen Pumpe 160 Mk. Die Filter können von der Berkefeld-Filtergesellschaft in Celle (Hannover) bezogen werden.

P. Schmidt hat den Mechanismus der Bakterienfiltration mit Berkefeld-Filtern studiert. Er findet, daß die wirksame Porengröße bei Berkefeld-Filtern (Liliputkerzen) wahrscheinlich etwa  $0,5 \mu$  beträgt. Dünnschliffe von mit Bakterien verstopften Berkefeld-Filtern zeigten, daß die Verstopfung nur ganz an der Oberfläche der Filterkerze

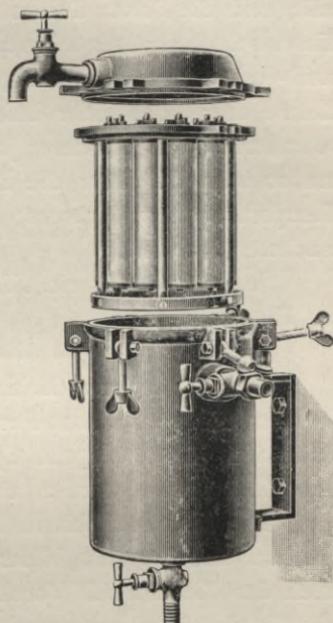


Fig. 9. Berkefeld-Filter.

stattfindet, so daß eine fast vollständige Reinigung auf mechanischem Wege durch rückläufige Spülung möglich ist.

Staphylokokken und diesen an Größe nahestehende Organismen passieren die Filter nie, dagegen gingen eine Anzahl kleiner Bakterien, wenn sie in sehr großen Mengen im Wasser aufgeschwemmt wurden, in einem bestimmten Prozentsatz durch die Filter. Schmidt gibt an, daß für das Passieren eines Keimes durch das Filter in allererster Linie sein Dickendurchmesser, in zweiter Linie erst seine Beweglichkeit maßgebend sei.

Allgemein hängt die Keimdichtigkeit der Hausfilter (König) ab von 1. der Beschaffenheit der Filtermasse; sie muß gleichmäßig verteilt, und die Poren dürfen nicht zu groß sein; 2. vom Wasserdruck; dieser soll nicht über 1 bis 2 Atmosphären betragen und noch weniger stoß- oder ruckweise erfolgen, weil dadurch das Durchwachsen der Keime durch das Filter befördert wird; 3. von dem Grade der Verschmutzung des Wassers; je mehr Schwebestoffe ein Wasser enthält, um so schneller hört die Keimfreiheit des Filtrats auf; 4. von der Temperatur des Wassers; hohe Temperatur befördert das Durchwachsen der Keime.

Je keimdichter ein Filter ist, um so weniger ergiebig ist es im allgemeinen.

## 2. Abkochen des Wassers.

Durch längeres Erhitzen des Wassers auf Siedetemperatur werden alle vegetativen Formen der Bakterien abgetötet. Diejenigen Bakterien, die endogene Sporen bilden, überstehen zwar meistens den Kochprozeß, werden aber doch auch stark geschwächt.

Die hauptsächlich in Betracht kommenden pathogenen Arten, Cholera und Typhus, bilden keine endogenen Sporen. Deshalb ist auch das Kochen mit Vorteil für die Sterilisierung des Trinkwassers im Kleinbetriebe angewandt worden.

Sollen größere Mengen Wasser für Familien, Krankenhäuser, Schulen, Fabriken, Schiffe usw. abgekocht werden, und muß diese Sterilisation, wie beispielsweise bei Epidemien, längere Zeit hindurch vorgenommen werden, so empfehlen sich dafür nach von Esmarch folgende Apparate:

a) Apparate der Deutschen Continentalgesellschaft in Dessau für Gasheizung liefern in 1 Stunde 30 Liter mit 300 Liter Gas (Preis 75 Mk.).

b) Apparate von Grove, Berlin, Friedrichstraße, ebenfalls für Gasheizung zum Anschrauben an die Wasserleitung. Diese Apparate liefern stündlich 70 bis 100 Liter mit 400 Liter Gasverbrauch

(Preis 300 Mk.). Das ablaufende Wasser ist etwa  $5^0$  wärmer als das zulaufende.

c) Apparate von Siemens & Co., Berlin, liefern stündlich etwa 35 Liter Wasser. 100 Liter brauchen 0,5 cbm Gas. Der Preis beträgt 45 Mk., mit einem Kontrollapparat, der zu empfehlen ist,

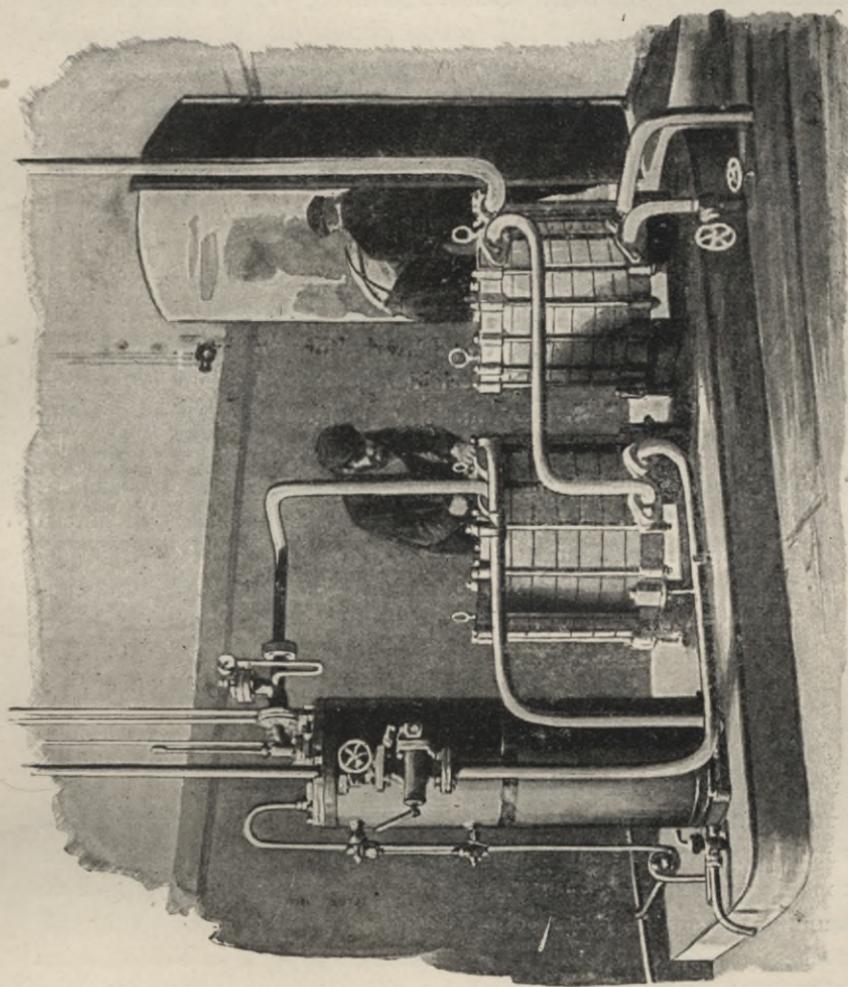


Fig. 10. Abkochapparat für Trinkwasser der Firma Aug. Schmidt Söhne in Hamburg-Uhlenhorst.

75 Mk. Das ablaufende Wasser ist etwa 5 bis  $10^0$  wärmer als das zufließende.

d) Apparate von Schäffer & Walcker, Berlin, für Gasheizung liefern etwa 30 bis 40 Liter stündlich.

e) Apparate von Pape & Henneberg, Hamburg, für Gas-, Petroleum- und Kohlenfeuerung mit automatischer Selbstregulierung

des zufließenden Wassers. Die kleineren Apparate liefern stündlich 250 Liter (Preis 760 Mk.). 1 cbm Wasser erfordert etwa 8 cbm Gas oder 12 kg Kohlen.

f) Apparate von C. Aug. Schmidt Söhne, Hamburg-Uhlenhorst. Die Firma liefert Apparate für ganze Häuser, Lazarette usw., ebenfalls mit automatischer Selbstregulierung des Zuflusses. Bei 100 bis 150 Liter stündlicher Leistung kosten die Apparate 700 bis 1200 Mk. (vergl. Fig. 10).

g) Fahrbarer Apparat von Rietschel & Henneberg, Berlin, für Armeen und Epidemien. Der Apparat liefert etwa 300 Liter stündlich, kleinere tragbare Apparate etwa 100 Liter in der Stunde.

Gegenüber den Filtern hat die Reinigung des Trinkwassers durch Kochen folgende Nachteile:

1. Sie tötet nur die Keime ab, befreit ein Wasser aber nicht von Schwebestoffen,
2. die Apparate sind in der Unterhaltung teuer,
3. das gekochte Wasser erleidet infolge des Verlustes von Gasen und Salzen und der Erhöhung der Temperatur in der Regel eine Geschmacksverschlechterung.

Diesen Nachteilen stehen folgende Vorteile gegenüber, nämlich:

1. Es bleibt die Ergiebigkeit stets dieselbe, die bei den Filtern schnell abnimmt,
2. das Kochen sichert unbedingt die Abtötung von Krankheits-erregern. Es ist deshalb in dieser Richtung das beste aller Wasserreinigungsverfahren.

### 3. Kleine Ozonanlagen und Ultraviolettapparate.

Das Ozonverfahren zur Sterilisierung von Trinkwasser hat sich, wie schon oben auseinandergesetzt wurde, bei zentralen Wasserversorgungsanlagen gut bewährt. Neuerdings haben nun verschiedene Firmen, insbesondere die Firma Siemens & Halske, auch kleine Ozonanlagen für die Sterilisierung von kleineren Wassermengen in kommunalen und privaten industriellen Betrieben, sowie für die Zwecke der Trinkwasserversorgung für die Truppen im Felde gebaut (Erlwein).

Es werden sowohl stationäre als auch fahrbare kleine Ozonanlagen gebaut.

Die stationären kleinen Anlagen sind nach denselben Grundsätzen gebaut wie die großen Anlagen.

Sie sind für die Reinigung des Wassers zu Gefäßspülzwecken (Münchener Brauerei) und ähnlichen Zwecken ausgeführt. Die fahr-

baren Ozonanlagen sind für die Wasserversorgung der Truppen im Felde gedacht. Derartige Anlagen sind von der russischen Armeeverwaltung im russisch-japanischen Kriege verwendet worden und sollen auch von verschiedenen anderen Regierungen für militärische Zwecke in Aussicht genommen sein. Die ganze Apparatur ist auf zwei Wagen, dem Maschinen- und dem Sterilisationswagen, untergebracht.

Beim Betriebe wird durch einen dicken Saug- und Druckschlauch mit einer Wasserpumpe vom Maschinenwagen aus das Rohwasser auf die Filter und von da in den Turm gebracht. Filter und Turm sind auf dem Sterilisationswagen untergebracht. Durch einen dünneren Luftsaug- und Druckschlauch geht die Luft vom Gebläse des Maschinenwagens in den Ozonapparat des Sterilisationswagens und von hier aus in den unteren Teil des Sterilisationsturmes, während durch ein Kabel der primäre Strom der Wechselstrommaschine des Maschinenwagens in den Transformator des Sterilisationswagens geleitet wird, der unmittelbar unter dem Ozonapparat zur Erzeugung der erforderlichen Betriebsspannung angebracht ist.

Jeder Wagen wird mit einem Pferd bespannt und wiegt etwa 900 kg.

Die Anlage liefert 2 bis 3 cbm in 1 Stunde und erfordert zum Betriebe etwa 2 P.S.

Das Ozon wird sicherheitshalber in solchem Überschuß erzeugt, daß es auch bei sehr schmutzigem Wasser nur zu einem Drittel bis zur Hälfte verbraucht wird.

Die Apparate sind von Proskauer, dem russischen Hygieniker und Bakteriologen K. Kressling und einer russischen militärischen Kommission vor ihrer Absendung nach dem mandchurischen Kriegsschauplatze geprüft worden. Die Ergebnisse dieser Prüfungen waren außerordentlich zufriedenstellend.

M. Neißer berichtet über Versuche mit zwei Ozonapparaten für Kleinbetrieb, die ihm von den Felten & Guillaume-Lahmeyerwerken A.-G., Frankfurt a. M., zur Verfügung gestellt wurden.

Bei beiden Apparaten erfolgte die Ozonerzeugung durch den Strom der Lichtleitung. Die Mischung des Ozons mit dem Wasser geschah mittels einer an den Wasserhahn angesetzten Saugdüse.

Das Öffnen des Wasserhahnes bewirkte zugleich die Ozonerzeugung und die Mischung des Ozons mit dem Wasser. Der Ozonerzeuger besteht aus einem in einem Schutzkasten eingebauten Hochspannungstransformator 120/5000 Volt mit Plattenkondensator

Der Ozonerzeuger wurde an das städtische Netz (120 Volt, 45 Perioden) angeschlossen und verbrauchte 0,55 Ampere. Die erzeugte Ozonmenge betrug 5 bis 6 mg auf 1 Liter Luft bei etwa 2 Liter Luft in der Minute. Die Versuche wurden mit Staphylokokken (Staph. pyog. aur.) und Bacterium coli ausgeführt. Es ergab sich, daß bei geeignetem Wasser (keine Schwebestoffe, kein Eisen, wenig organische Substanz) Tausende von Bakterien in 1 ccm, sofern sie die Resistenz von Staphylokokken bzw. des Bacterium coli haben, mit Sicherheit abgetötet werden können. Wichtig ist der Nachweis, daß bei inniger Mischung die momentane Berührung mit genügenden Mengen Ozon zur Keimtötung genügte. Bei verschmutztem Wasser (Mainwasser) wurde entweder gar keine Wirkung oder eine sehr unsichere erhalten.

Die Firma Siemens & Halske hat ferner auch auf Grund ihrer Erfahrungen einen Sterilisationsapparat mit ultravioletten Strahlen für Hausanschlüsse und Einzelwasserversorgungen hergestellt. Seine Einrichtung ist im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß durch eine einzige Handhabe die Lampe durch Kippen entzündet und gleichzeitig der Wasserhahn geöffnet wird. Ferner ist eine elektromagnetische Einrichtung vorgesehen, die einen Wasserdurchfluß durch den Apparat nur dann gestattet, wenn die Lampe wirklich gezündet hat. Auch wenn die Lampe während des Betriebes ausgeht, schließt sich der Wasserzuflußhahn selbsttätig, so daß nichtsterilisiertes Wasser dem Apparat nicht entnommen werden kann.

#### 4. Die Enteisung von Einzelbrunnen.

Die Verfahren der Enteisung für kleine Anlagen, sei es für die Zwecke der Wasserversorgung, sei es für industrielle Verwendung, sind schon auf S. 28 ff. erörtert worden. Es erübrigt, hier noch einige Verfahren zu erwähnen, die hauptsächlich zur Enteisung von Einzelbrunnen dienen.

Das älteste und einfachste Verfahren zur Enteisung eines Brunnenwassers besteht darin, Wasser (eisenfrei), welches Sauerstoff (etwa durch Stehen an der Luft) aufgenommen hat, in den Brunnen einzugießen. Der Sauerstoff fällt dann das Eisen in Form des Oxydhydrates aus, das sich zu Boden setzt. Man kann auf diese Weise das Brunnenwasser für mehrere Tage von seinem Eisengehalt befreien. Der Hauptnachteil ist der, daß das ausgeschiedene Eisen im Brunnen verbleibt. Dazu kommt, daß das Wasser, welches man in den Brunnen eingießt, natürlich hygienisch einwandfrei sein müßte, was es nicht immer sein wird.

Sehr geeignet für diesen Zweck sind auch die Dunbarschen Tauchfilter, deren einfachste und billigste Konstruktion in einem mit Sand gefüllten Faß besteht, das seitlich unten einen Hahn besitzt. Man läßt das Wasser aus der Pumpe auf den Sand fließen. Durch den Hahn unten entnimmt man das eisenfreie Wasser. Etwa alle 3 Monate muß der Sand durch Waschen von dem ausgeschiedenen Eisenoxyd befreit werden. Die Faßenteisener eignen sich nicht für Brunnen, die im Freien liegen, da sie nicht frostsicher sind, doch kann man diesen Übelstand vermeiden, indem man die ganze Anlage frostsicher in einem besonderen Häuschen unterbringt.

Das System Deseniss und Jacobi, die sogen. Bastardpumpe (vergl. Fig. 11), unterscheidet sich von allen anderen Systemen dadurch, daß das Wasser mit Hilfe einer Pumpe direkt eisenfrei entnommen wird. Alle Zwischenapparate, Rieseler, Klärbehälter usw. kommen also in Wegfall.

Die Einrichtung und Wirkungsweise der Pumpe ist folgende: Der für die Hebung des Wassers bestimmten Pumpe ist ein zweiter Zylinder

von doppeltem Umfange des Zylinders der Wasserpumpe aufgesetzt. In beiden Zylindern bewegen sich dicht schließende, mit Ventilen versehene Kolben, die an einer Kolbenstange befestigt sind. Das aus dem unteren Zylinder in den oberen einströmende Wasser wird hier, da dieser den doppelten Inhalt besitzt wie jener, mit dem gleichen Volumen Luft gemischt, wobei die Luft aus einem am oberen Zylinder seitlich angebrachten Ventil eingesaugt wird. Nach der Mischung mit Luft wird das Wasser auf ein Filter aus Schmiedeeisen mit Sand von 0,5 mm Korngröße als Filtermaterial gedrückt, wobei es sich von dem gebildeten Eisenoxydhydrat befreit.



Fig. 11. Bastardpumpe von Deseniss und Jacobi.

Das Filter kann in einem mit der Pumpe in Verbindung stehenden kleinen Schacht oder auch im Pumpenständer selbst aufgestellt werden.

Eine Erneuerung der Filterfüllung ist nicht notwendig; die Reinigung des Filters erfolgt durch zeitweilige Rückspülung automatisch und wird durch einfache Hahnumstellung eingeleitet.

Schreiber hat das Verfahren an einer Versuchsanlage, die auf der Hauptpumpstation der Charlottenburger Grundwasserwerke aufgestellt war, geprüft. Er findet, daß die Pumpe das Eisen bis auf Spuren oder einen unbedeutenden Rest beseitigt und auch den Anforderungen entspricht, welche man in bezug auf Einfachheit der Konstruktion, leichte Bedienung und Schutz gegen Verunreinigung an eine Handpumpe zu stellen hat.

Im übrigen wird die Bastardpumpe nicht nur für Handbetrieb, sondern auch für maschinellen Betrieb gebaut. Die Enteisung soll nach Angabe der Firma ebenso vollkommen in einer Handpumpe beliebiger Größe wie im Großbetrieb von vielen Tausenden von Stundenlitern sein.

## **B) Reinigung des Wassers für technische Zwecke.**

Außer der Verwendung des natürlichen Wassers zu Trinkzwecken wird Wasser zu fast allen menschlichen Beschäftigungen gebraucht. In den allermeisten Fällen ist eine Reinigung des natürlichen Wassers für technische Zwecke nicht erforderlich, da die Anforderungen, die an die Qualität dieses Wassers gestellt werden, naturgemäß geringer sind als die Anforderungen, die an ein Trinkwasser gestellt werden müssen.

Für Spülung von öffentlichen Pissoirs, Aborten, für Speisung von Springbrunnen, für Straßen- und Gartenbesprengung wird vielfach unverändertes Flußwasser gebraucht. Wo das Flußwasser sehr stark verschmutzt ist, wird höchstens ein ganz grobes Kiesfilter vorgeschaltet, das nur den Zweck verfolgt, die suspendierten Stoffe, nicht aber, wie bei den Trinkwasserfiltern, die Bakterien abzufangen. Manche Städte, z. B. Frankfurt a. M., haben neben der Trinkwasserleitung eine Leitung für Flußwasser, die lediglich den genannten Zwecken dient.

Für manche industrielle Zwecke muß das Wasser einer Behandlung unterzogen werden. So stört bei der Papierfabrikation ein Eisengehalt des Wassers sehr, da das Eisen mit der Zellulose eine Verbindung eingeht, die das Papier fleckig macht. Die Entfernung des Eisens geschieht in diesen Fällen in kleinen Enteisungsanlagen,

die schon S. 28ff. geschildert worden sind. Für manche Industrien, beispielsweise für Wäschereien, Färbereien und andere bietet ein hartes Wasser große Nachteile dadurch, daß ein Teil der wirksamen Stoffe durch die Härtebildner des Wassers in unwirksamer Form abgeschieden wird. Für diese Zwecke muß daher das Wasser enthärtet werden. Eine große Rolle spielt aber ganz allgemein in der Industrie die Enthärtung des Wassers für Kesselspeisezwecke.

### Enthärtung von Kesselspeisewasser.

Unter der Härte eines Wassers versteht man die in ihm gelösten Salze des Kalziums und Magnesiums. Man unterscheidet zwischen vorübergehender, temporärer oder Karbonathärte, und bleibender, permanenter oder Mineralsäurehärte. Die Karbonathärte wird veranlaßt durch die doppelkohlensauen Salze des Kalziums und Magnesiums, die im Gegensatz zu den neutralen Karbonaten im Wasser löslich sind. Beim Kochen des Wassers geben diese doppelkohlensauen Salze die Hälfte ihrer Kohlensäure in freier Form ab und gehen in neutrale Salze über, werden also unlöslich. Diese Beobachtung, daß ein Teil der Härte des Wassers durch Kochen ausfällt (vorübergeht), hat der Härte den Namen vorübergehende Härte eingetragen.

Die bleibende Härte sind die Salze des Kalziums und Magnesiums mit der Schwefelsäure, mit der Salzsäure und mit der Salpetersäure, also das Kalzium- und Magnesiumsulfat, -chlorid und -nitrat.

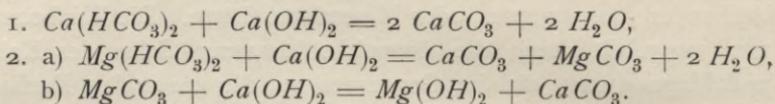
Man mißt die Härte nach deutschen oder französischen Härtegraden. 1<sup>0</sup> deutsche Härte ist gleich 1 mg  $CaO$  oder 0,71 mg  $MgO$  in 100 ccm Wassers. 1<sup>0</sup> französische Härte ist gleich 1 mg  $CaCO_3$  oder 0,84 mg  $MgCO_3$  in 100 ccm Wassers.

Wird ein hartes Wasser zur Kesselspeisung verwandt, so setzt sich mit der Zeit ein Stein an der Kesselwand an, der aus den ausgeschiedenen Kalzium- und Magnesiumsalzen besteht. Bei Vorhandensein von viel Karbonathärte entsteht ferner viel Schlamm von ausgeschiedenem, nicht angesetztem, neutralem, kohlensaurem Kalk im Kessel. Die unangenehme Wirkung dieses Kesselsteins ist bekannt. Sie besteht einmal darin, daß, wenn der Kesselstein eine nennenswerte Dicke erreicht hat, er die Wärmeabgabe an das Wasser sehr hindert, somit eine schlechte Ausnutzung der Kohle die Folge ist. Der Kesselstein kann aber auch zur direkten Beschädigung der Kesselwände dadurch führen, daß der Stein einen anderen Ausdehnungskoeffizienten als das Kesselblech besitzt. Auf diese Weise können Risse und Sprünge entstehen. Die Chloride des Kalziums und Magnesiums wirken,

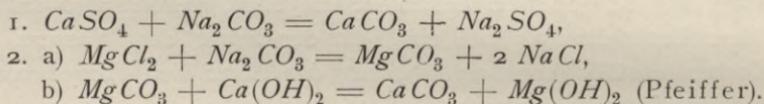
wenn sie in größerer Menge in einem Wasser vorhanden sind, dadurch sehr störend, daß sie sich hydrolytisch spalten unter Bildung von freier Salzsäure, die mit dem Dampf weggeht und die Armaturen angreift.

Für die Enthärtung des Wassers sind heute hauptsächlich drei Verfahren im Gebrauch, nämlich das Kalk-Sodaverfahren, das Reisersche Barytverfahren und das Permutitverfahren.

Das Kalk-Sodaverfahren besteht darin, daß, wie der Name schon sagt, Kalk und Soda zum Wasser zugesetzt werden. Durch den Kalkzusatz wird die temporäre Härte in Form von Kalziumkarbonat und Magnesiumhydroxyd abgeschieden, gemäß folgender Gleichungen:



Die bleibende Härte wird durch Soda nach folgenden Gleichungen abgeschieden:



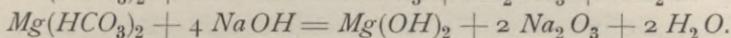
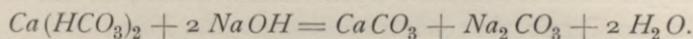
Alle Kalksalze des Wassers werden also in Form des neutralen Karbonats abgeschieden, alle Magnesiumsalze, gleichviel in welcher Form sie vorhanden sind (ob temporär oder bleibend), werden letzten Endes in Form des vollkommen unlöslichen Hydroxydes abgeschieden. Die Karbonathärte wird also beim Kalk-Sodaverfahren vollständig aus dem Wasser abgeschieden, statt der ausgeschieden bleibenden Härte tritt aber eine dem Kalzium und Magnesium äquivalente Menge Natrium in Form von Glaubersalz, Kochsalz oder Natriumnitrat in das Wasser ein.

Aus den angegebenen Gleichungen berechnet sich leicht, daß für jeden Grad temporärer Härte für 1 cbm Wasser zur Enthärtung 10 g Kalk ( $\text{CaO}$ , 100%) verbraucht wird. Ebenso ist leicht aus den Gleichungen zu ersehen, daß für jedes Milligramm Magnesia, das im Wasser in 1 Liter vorhanden ist, gleichviel in welcher Form, außerdem noch 1,4 g Kalk ( $\text{CaO}$ , 100%) auf 1 cbm zugegeben werden müssen. Für jeden Grad permanenter Härte verbraucht 1 cbm Wasser 19 g Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 100%). Bei der Bemessung der Zusätze ist noch zu achten auf einen etwaigen Gehalt des Wassers an freier Kohlensäure, den die meisten natürlichen Wasser aufweisen. Da die Kohlensäure Kalk bindet, in Form des Bikarbonats,

das sich mit weiterem Kalk natürlich ebenfalls in neutrales Karbonat umsetzt, so berechnet sich für jedes Milligramm freier Kohlensäure in 1 Liter für 1 cbm Wasser zur Bindung der Kohlensäure ein Kalkzusatz von 1,27 g ( $CaO$  100 %). Um diese Menge müßte also der Kalkzusatz auf 1 mg freier  $CO_3$  erhöht werden.

Nach verschiedenen Arbeiten soll aber die so theoretisch berechnete Menge des Kalkzusatzes in der Praxis sich als zu hoch erweisen. Sie soll um etwa 20 bis 25 % gekürzt werden müssen. Man hat dafür verschiedene Gründe angegeben.

Statt Kalkhydrat kann man auch Natronhydrat verwenden. Es bildet sich dabei aus den Bikarbonaten Soda, die ihrerseits zum Fällen der bleibenden Härte dient:



Ist genau so viel Karbonathärte vorhanden, daß die nach den obigen Gleichungen entstehende Soda gerade ausreicht, die bleibende Härte auszufällen, so kann das Wasser mit Natronhydrat allein enthärtet werden. Ist mehr bleibende Härte vorhanden, so muß man die fehlende Soda zusetzen. Ist weniger bleibende Härte vorhanden, so darf nur so viel Natronhydrat zugesetzt werden, daß sich nur die zur Ausfällung der bleibenden Härte erforderliche Sodamenge bilden kann. Der Rest der unausgefällten Karbonathärte muß dann mit Kalk ausgefällt werden.

Man hat mehrfach zur Berechnung des notwendigen Zusatzes von Ätznatron, Soda und Kalk Formeln angegeben. Ist  $a$  die gebundene Kohlensäure,  $b$  Gesamtkalk und  $c$  Gesamthärte, ausgedrückt in Härteäquivalenten, so geben die nachstehenden Kalmannschen Formeln den notwendigen Zusatz von Ätznatron, Kalk und Soda an:

$$m = 2a - b; n = c - a.$$

Sind  $m$  und  $n$  positiv, so enthält das Wasser mehr Karbonate als bleibende Härte;  $m$  ist dann der zuzugebende Kalk,  $n$  das zuzugebende Ätznatron.

Ist  $2a - b = 0$ , so ist ebensoviele Karbonathärte wie bleibende Härte im Wasser vorhanden. Man braucht dann keinen Kalk, sondern nur  $n$  Teile Ätznatron zuzusetzen.

Ist  $2a - b$  negativ, so enthält das Wasser mehr bleibende als Karbonathärte. Es sind dann  $m$  Teile Sodalösung und  $c - a = m$  Teile Ätznatron zuzugeben (Wehrenpfennig).

Das Ätznatron wird meistens hergestellt durch Vermischen von Sodalösung mit Kalk und Absitzenlassen des ausgeschiedenen Kalziumkarbonats.

Rechnet man deshalb bei der Ermittlung der Zusätze nicht mit Ätznatron, sondern nur mit Kalk und Soda, so ergibt sich genau derselbe Zusatz, wie er oben für Kalk und Soda angegeben wurde (S. 48). Man kann sich bei der Enthärtung mit Ätznatron hinsichtlich des notwendigen Kalks und der Soda also auch einfach an die dort gegebenen Zahlen halten.

Das Kalk-Sodaverfahren ist das älteste und zweifellos auch heute noch das am meisten in der Praxis verwendete. Die Enthärtung mit Kalk und Soda gelingt nicht bis auf  $0^0$ , sondern meist nur bis auf etwa 3 bis  $4^0$  Härte, was aber den Anforderungen der Praxis vollkommen genügt. Es gibt zahlreiche Firmen, die Enthärtungsapparate nach dem Kalk-Sodaverfahren bauen, die mit bestem Erfolg in der Praxis verwendet werden, so die Firma Humboldt in Kalk, Dehne in Halle a. S., Reisert in Köln, die Firma „Vorán“ in Frankfurt a. M. und andere. In Fig. 12 ist eine Kalk-Sodaenthärtungsanlage nach System „Vorán“ dargestellt.

Die Anlage sei im nachfolgenden als Beispiel einer Kalk-Sodaenthärtung näher beschrieben:

Der automatische Wasserreinigungsapparat System „Vorán“ (Modell BI) besteht im wesentlichen aus dem durch Zwischenwände in drei Abteilungen geteilten Hochbehälter *A*, dem Klärbehälter *B*, dem Kalkwassersättiger *C*, dem Sodareguliergefäß *D* und dem unter dem Klärbehälter *B* angeordneten Hobelspan- oder Holzwollefilter.

Das dem Apparat bei dem Stutzen *E* zugeführte Rohwasser fließt zunächst durch den Auslaufkrümmer *F* in die für Rohwasser bestimmte Abteilung des Hochbehälters *A*.

An dieser Abteilung sitzen in gleicher Höhe zwei Hähne *G* und *H*, durch welche das Rohwasser wieder abfließen kann. Die größere Menge gelangt durch den Hahn *G* und das Abflußrohr *GI* direkt nach dem oben stark erweiterten zentralen Fallrohr *I*, worin es durch den tangentialen Eintritt eine stark kreisende Bewegung hervorruft.

Die kleinere, nach dem benötigten Kalkwasserquantum genau eingestellte Menge Rohwasser läuft durch den Hahn *H* und das Ablaufrohr *HI* nach dem Kalkwassersättiger *C*, in welchem es durch das zentrale Trichterrohr *H2* nach dem untersten Teile geführt wird, um hier, nach allen Seiten gleichmäßig verteilt, in den Sättiger auszutreten.

Von hier auf dem Wege nach dem Überlauf *K* ist das Rohwasser gezwungen, die, weil spezifisch schwerer als Wasser, im unteren Teile abgesetzte Kalkmilch von unten nach oben zu durch-

dringen, wobei es sich selbst vollständig mit Ätzkalk sättigt, um oben als vollständig gesättigtes und geklärtes Kalkwasser durch den Überlauf *K* nach dem Mischtrug abzufließen.

Ist das Verhältnis von gesättigtem und geklärtem Kalkwasser zum Rohwasser einmal richtig eingestellt, so soll dieses Verhältnis immer das gleiche bleiben, ganz einerlei, ob viel oder wenig Roh-

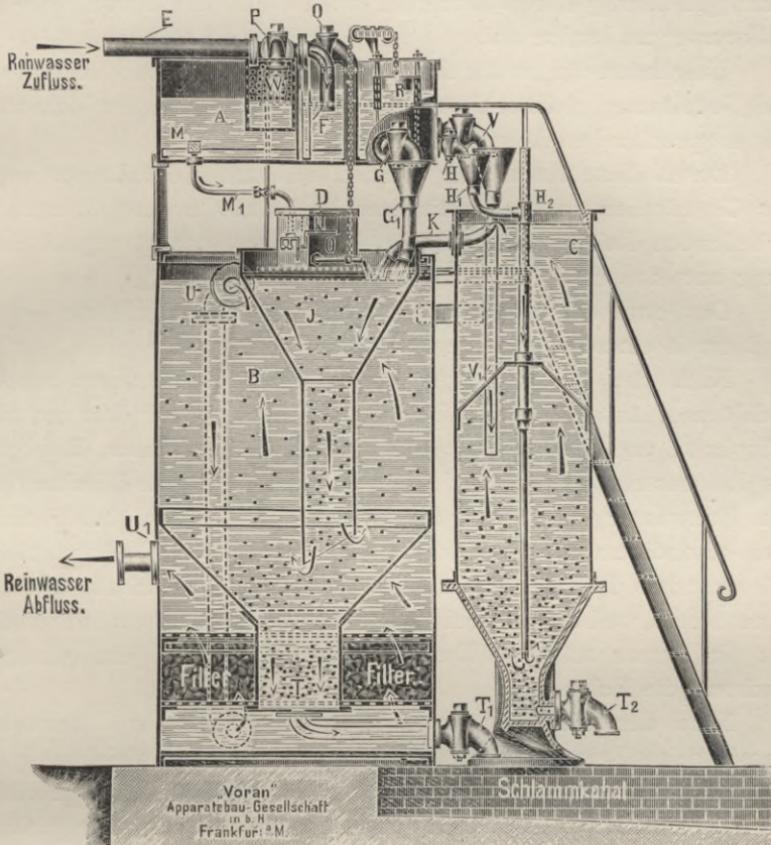


Fig. 12. Kalk-Sodaenthärtung System „Vorank“.

wasser zufließt, denn die durch die beiden Hähne *G* und *H* abfließenden Wassermengen sollen stets proportional sein.

Die nötige Sodalösung läuft zunächst aus der entsprechenden Abteilung des Hochbehälters durch ein Haarsieb *M* und dessen Anschlußleitung *M1* nach dem Sodareguliergefäß *D*, in welchem der Zufluß durch die Schwimmerabspernung *N* erfolgt. Von dem Reguliergefäß *D* erfolgt der Ausfluß der Sodalösung nach dem Mischtrug durch den drehbar angeordneten Auslauf *Q*, der seinerseits derart

mit dem im Rohwasserbehälter befindlichen Schwimmer *R* verbunden ist, daß beim Sinken des Schwimmers *R* der Auslauf hochgezogen wird, und umgekehrt.

Läuft beispielsweise die Rohwasserabteilung einmal ganz leer, so wird der Schwimmer *R* bis zum Boden sinken und hierdurch den Auslauf *Q* so hoch ziehen, daß keine Sodalösung mehr ausfließen kann, gleichzeitig hören dann aber auch die Zuflüsse von Roh- und Kalkwasser zu laufen auf.

Umgekehrt fangen die drei Zuflüsse von Rohwasser, Kalkwasser und Sodalösung gleichzeitig zu laufen an, sobald wieder Rohwasser der entsprechenden Abteilung zufließt.

Durch diese Anordnung werden selbsttätig die Zusatzmengen der Chemikalien in ein bestimmtes Verhältnis zu der Menge des zufließenden Rohwassers gebracht, d. h. der Apparat regelt seinen Gang automatisch.

Das etwa der Rohwasserabteilung zu viel zugeführte Wasser wird durch einen Überlauf entsprechend abgeleitet.

Nach der Vereinigung des gesättigten Kalkwassers mit der Sodalösung läuft dieses Gemisch vom Mischtrog nach dem zentralen Fallrohr *I*, und zwar der dort herrschenden kreisenden Bewegung des Rohwassers entgegen. Hierdurch wird eine gute Mischung mit dem Rohwasser erzielt und der Eintritt der Reaktion beschleunigt. Von besonderem Vorteil für den schnellen Verlauf der Reaktion soll weiterhin der nach unten sich verjüngende Querschnitt des Fallrohres *I* sein, weil dadurch bei stetig zunehmender Wassergeschwindigkeit ein immer stärkeres Durcheinanderwirbeln und eine innigere Mischung die Folge ist.

Nach dem Austritt aus dem zentralen Fallrohr *I* kehrt das Wasser seine Bewegungsrichtung um, verteilt sich gleichmäßig in den Reaktions- und Klärraum *B* und steigt in diesem, entsprechend dem vorhandenen sehr großen freien Querschnitt mit sehr geringer Geschwindigkeit in die Höhe, wobei es sich nach Möglichkeit auch von feineren Suspensionen klärt.

Die größten Schlammengen machen diese Richtungsänderung selbstverständlich nicht mehr mit, sondern sinken wegen ihres höheren spezifischen Gewichtes nach unten und setzen sich im Schlamm-sammler *T* ab, von wo sie nach Bedarf durch den Hahn *T*1 abgelassen werden können.

Das in dem Klärraum *B* nach oben gestiegene Wasser hat, bis es zu dem Auslaufstutzen *U* gelangt, die meisten unlöslich abgeschiedenen Bestandteile ausfallen lassen.

Durch den Auslaufstutzen  $U$  gelangen also mit dem Wasser nur noch die schwimmenden Stoffe unter das Filter und werden beim Durchgang durch das Filter zurückgehalten, so daß das Wasser den Apparat bei Stutzen  $U_1$  enthärtet und geklärt verläßt und zur Verbrauchsstelle geleitet werden kann.

Eine Reinigung bzw. Erneuerung des Hobelspan- oder Holz- wollefilters soll, da es nur sehr schwach beansprucht ist, nur in größeren Zeitabschnitten, vielleicht nach 6 bis 12 Monate langem Betriebe, erforderlich werden und leicht mit nur einigen Mark Kosten durchzuführen sein.

Die Nachteile des Kalk-Sodaverfahrens beruhen einmal darin, daß anstatt der bleibenden Härte eine äquivalente Menge Natrium in das enthärtete Wasser gelangt, wie schon erwähnt wurde. Diese Natriumsalze sind zwar vollkommen neutral und in Wasser leicht löslich, auf die Dauer aber dicken sie im Kessel zu einer so starken Konzentration ein, daß sie Mißstände, wie Auskristallisieren der Salzmassen an den Ventilen, unregelmäßiges Sieden des Wassers im Kessel usw., bewirken. Man muß dann die Lauge abblasen. Ein weiterer Nachteil des Kalk-Sodaverfahrens beruht darin, daß durch ein Zuviel an den Zuschlägen Kalk und Soda das enthärtete Wasser die Kesselwände angreifen kann. Im allgemeinen kann man durch eine laufende Kontrolle des Reinwassers jedoch dahin wirken, daß das Reinwasser stets die richtigen Zusätze erhält. Blacher macht aber mit Recht darauf aufmerksam, daß es nicht genügt, nur das enthärtete Wasser zu kontrollieren, sondern daß sich die Kontrolle auch auf das Kesselwasser erstrecken muß, denn wenn auch das enthärtete Wasser stets nur geringe Überschüsse an den Zuschlägen Kalk und Soda enthält, so können sich diese geringen Überschüsse im Kessel doch derartig konzentrieren, daß das Kesselwasser das Kesselblech angreift. Nach Blacher sind für Kesselwässer folgende Gehalte als zulässig zu betrachten:

Bleibende Härte bis  $3^0$ , Sodaüberschuß bis 57 mg  $Na_2CO_3$  im Liter.

Das Reisertsche Barytverfahren der Enthärtung, genau wie das erstgenannte Verfahren, scheidet die Karbonathärte mit Kalk ab. Von der bleibenden Härte ist stets für ein Kesselwasser die Gipshärte am unangenehmsten, da diese einen außerordentlich fest auf dem Kesselblech haftenden harten Stein ergibt. Das Reisertsche Verfahren beschränkt sich deshalb darauf, von der bleibenden Härte nur die Gipshärte abzuschneiden, und zwar durch den Zusatz von Bariumkarbonat. Das Bariumkarbonat ist ein im Wasser so gut

wie unlöslicher Körper. Es wird im Wasser aufgeschwemmt, und man muß nur dafür sorgen, daß es eine Zeitlang mit dem Wasser in Berührung bleibt, dann tritt folgende Umsetzung mit den Sulfaten ein:

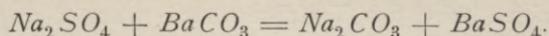


Gips und Bariumkarbonat setzen sich also in unlöslichen kohlensauren Kalk und vollkommen unlösliches Bariumsulfat um. Was die Menge der zur Enthärtung notwendigen Zusätze angeht, so ist natürlich der erforderliche Kalkzusatz derselbe wie beim Kalk-Sodaverfahren. Ebenso wird die gesamte Magnesia letzten Endes als Hydroxyd abgeschieden, so daß auch hier der Satz gilt, daß jedes Milligramm  $MgO$ , das im Wasser vorhanden ist, die doppelte Menge Kalk verbraucht, daß also für jedes Milligramm  $MgO$  im Liter der Kalkzusatz auf 1 cbm zur Enthärtung des Wassers um 1,4 g ( $CaO$  100 %) erhöht werden muß, nachdem man auf Grund der Härte den Kalkzusatz gemäß den oben gemachten Angaben bestimmt hat.

Die Vorzüge des Barytverfahrens liegen vor allen Dingen darin, daß die Soda, die, wenn sie in erheblicher Menge im enthärteten Wasser überschüssig vorhanden ist, sehr korrodierend auf die Armaturen einwirkt, ganz fortfällt. Da das Bariumkarbonat, wie erwähnt, im Wasser praktisch unlöslich ist, so ist ein weiterer Vorteil des Barytverfahrens, daß bei diesem Körper die Dosierung überflüssig ist. Man wirft einfach einen Posten Bariumkarbonat in das Wasser hinein, läßt das Wasser nach einer bestimmten Zeit vom Ungelösten absitzen und kann es dann einfach zur Speisung verwenden. Ein Überschuß an Bariumkarbonat kann nicht vorhanden sein. Ferner kommt beim Barytverfahren der beim Kalk-Sodaverfahren erwähnte Mißstand in Fortfall, daß an Stelle der bleibenden Härte Natriumsalze in das Wasser eintreten. Bei diesem Verfahren wird vielmehr die temporäre Härte und die Gipshärte so gut wie quantitativ aus dem Wasser entfernt. Man kann also sagen, daß beim Barytverfahren die Gefahr der Korrosion des Kessels geringer ist als beim Kalk-Sodaverfahren.

Diesen Vorzügen des Barytverfahrens stehen aber auch eine Anzahl Nachteile gegenüber. Durch das Bariumkarbonat wird eben nur Sulfathärte, nicht Chlorid- und Nitrathärte gefällt. Es ist also nur für ein Wasser anwendbar, das diese Salze nicht in nennenswerten Mengen enthält. Wässer, die Sulfate der Alkalien enthalten, dürfen nach dem Barytverfahren nicht enthärtet werden, da in diesem

Falle das Bariumkarbonat sich unter Bildung von Soda nach folgender Gleichung mit den Alkalisulfaten umsetzen würde:



Im enthärteten Wasser würde also Soda vorhanden sein, die in den Kessel käme und hier Zerstörungen bewirken würde.

Die jüngste der in der Praxis verwendeten Methoden ist das Permutitverfahren. Das Permutit ist eine kompliziert zusammengesetzte Verbindung aus Natrium, Aluminium und Kieselsäure. In der Natur kommen diese Verbindungen vor als Zeolithe. Permutit ist der Name für das künstlich durch Schmelzen von Aluminiumsilikaten mit Soda hergestellte Produkt. Die Permutite haben die eigentümliche Eigenschaft, daß, wenn man ein kalk-, magnesia-, mangan- oder eisenhaltiges Wasser langsam durch sie hindurch filtriert, sie diese Basen aufnehmen und dafür Natrium an das Wasser abgeben. Nun wäre das Verfahren wohl kaum für die Praxis in Betracht gekommen, wenn man nicht gleichzeitig entdeckt hätte, daß man Permutit oder Zeolith, durch das eine Zeitlang Wasser hindurch filtriert ist, und das nun seine enthärtende Eigenschaft fast eingebüßt hat, einfach in der Weise regenerieren kann, daß man es mit Kochsalzlösung wäscht. Dabei geht der umgekehrte Prozeß vor sich. Die aufgenommenen Basen gehen wieder in das Wasser über und an ihre Stelle tritt in die Verbindung aus der Kochsalzlösung Natrium ein. Das so gewaschene Produkt ist nun wieder genau so gebrauchsfähig wie vorher und kann, nachdem es sich wieder totgearbeitet hat, abermals regeneriert werden usf.

Die Vorzüge dieses Verfahrens liegen auf der Hand. Zunächst ist der Betrieb ein außerordentlich einfacher. Es handelt sich einfach darum, das zu enthärtende Wasser durch eine Schicht von Permutit von bestimmter Länge mit auszuprobierender Geschwindigkeit zu filtrieren. Im Gegensatz zu den beiden vorgenannten Enthärtungsverfahren, die beide gleichmäßig nur bis auf etwa 3 bis 4<sup>0</sup> enthärten können, gelingt bei diesem Verfahren bei ordnungsmäßigem Betrieb die Enthärtung glatt bis auf 0<sup>0</sup>. Ein weiterer Vorzug liegt natürlich darin, daß hier jegliche Dosierung wegfällt. Der Hauptnachteil des Verfahrens für die Enthärtung liegt darin, daß bei einem Wasser, das reich an Karbonathärte ist (und die meisten harten Wässer enthalten gerade diese Härte), an Stelle der ausgeschiedenen Härte eine äquivalente Menge Natriumbikarbonat in das Wasser eintritt. Im Kessel gibt das Natriumbikarbonat die Hälfte seiner Kohlensäure ab und geht in Soda über. Man wird also

dauernd ein sodahaltiges Wasser im Kessel haben, was die oben erwähnten Korrosionen mit sich bringen kann.

Im übrigen wird das Verfahren, wie schon oben angedeutet, nicht nur zur Enthärtung, sondern auch vor allen Dingen zur Enteisenung und Entmanganung von Wässern in neuerer Zeit angewendet (vergl. S. 33).

Enthärtungsanlagen nach dem Permutitverfahren werden von der „Permutit Filter Co.“, Berlin, geliefert.

Für das richtige Funktionieren einer Enthärtungsanlage ist von größter Bedeutung eine sachgemäße Überwachung der Anlage durch Untersuchung des enthärteten und des Kesselwassers. Blacher hat vor kurzem ein sehr gründliches Verfahren angegeben, mit Hilfe dessen man sich einen genauen Einblick in die vorliegenden Verhältnisse beim Kesselbetrieb verschaffen kann. Das Verfahren besteht in der Ermittlung des Säureverbrauchs beim Titrieren mit  $\frac{1}{10}$  Säure und einmal Phenolphthalein und das andere Mal Methylorange als Indikator. Daneben wird die Gesamthärte mit Kalziumstearat und Phenolphthalein bestimmt. Aus diesen drei Werten, die in kurzer Zeit ermittelt werden können, ist man sofort imstande anzugeben, wie das Wasser beschaffen ist. Professor Blacher hat einen Kasten für Prüfung von Rohwasser, enthärtetem Wasser und Kesselwasser zusammengestellt, der mit den zugehörigen Beschreibungen von den Vereinigten Chemischen Fabriken für Laboratoriumsbedarf in Berlin für 25 Mk. zu beziehen ist, und dessen Anschaffung jedem Kesselbesitzer warm empfohlen werden kann. Die notwendigen Untersuchungen können von einem intelligenten Maschinenmeister erlernt werden.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß oft mit großer Reklame sogen. Kesselstein-Verhütungsmittel angepriesen werden. In den allermeisten Fällen handelt es sich dabei um plumpen Schwindel, denn daß Stoffe, wie Stärke, Zucker u. ä., nicht imstande sind, Kesselstein zu verhüten, ist selbstverständlich. Neuerdings kommen Mittel in den Handel, deren Wirkung darin bestehen soll, daß sich Teile des Mittels mit dem Kesselstein zugleich ablagern, wodurch der Kesselstein eine weichere Beschaffenheit erhalten soll, so daß er leicht entfernt werden kann. Es ist nicht unmöglich, daß ein derartiges Mittel einen gewissen Erfolg haben könnte, doch ist auch derartigen Mitteln gegenüber eine gewisse Skepsis am Platz. Die rationellste Methode, sich gegen die Schäden durch Kesselsteinbildung zu schützen, bleibt immer eine sachgemäß überwachte Enthärtungsanlage.

---

## Abwässerbeseitigung.

---

### Bedeutung der Flußverunreinigung und Abwässer- beseitigung.

Die in Form von Trink- und häuslichem Gebrauchs- oder Nutzwasser für Spül-, Wasch- und industrielle Zwecke verwendete Wassermenge wird, soweit sie nicht versickert, verdampft, verdunstet oder sonst verbraucht wird, in Abwasser verwandelt. Die Zusammensetzung eines Abwassers ist gegenüber der des reinen oder auch nur des natürlichen, ungereinigten Oberflächenwassers erheblich verändert. Das Abwasser hat suspendierte und gelöste organische und mineralische Bestandteile in mehr oder weniger großer Menge aufgenommen und zeichnet sich infolgedessen durch ein trübes Aussehen und oft auch einen unangenehmen bezw. faulen Geruch aus.

Die Abwässerreinigung ist erst ein Produkt der allerneuesten Zeit. Noch bis vor wenigen Jahrzehnten hat man mit den Abwässern wenig Federlesens gemacht. Meistens wurde das in den Wohnungen verbrauchte Wasser in gewöhnlich offenen Gräben kurzerhand den nächsten Flußläufen zugeleitet.

Das gewaltige Anwachsen der Großstädte, der ungeahnte Aufschwung der Industrie haben es mit sich gebracht, daß das Ableiten aller Abwässer in die Flüsse zu den schwersten Mißständen führte. Die immer mehr zu Tage tretenden Übelstände lagen sowohl auf hygienischem, wie ästhetischem und ökonomischem Gebiete.

Manche Großstädte sind auf Flußwasser für ihre Wasserversorgung angewiesen. Wie im vorigen Abschnitt auseinandergesetzt wurde, befreit man allerdings, meist durch Sandfilter, das Wasser vorher von dem größten Teil seiner Bakterien. Abgesehen davon jedoch, daß das Filter natürlich nicht imstande ist, gelöste Schmutzstoffe zu beseitigen, Stoffe, die nach ihrer Herkunft geeignet sind, ein Wasser als Trinkwasser unappetitlich erscheinen zu lassen, schafft auch eine größere Verschmutzung eines Oberflächenwassers mit Abwasser eine größere Keimzahl im filtrierten Wasser, da die Filter nicht vollkommen keimdicht sind. Das erscheint aber um so

bedenklicher, als naturgemäß in Abwässern, die alle menschliche Abgänge enthalten, leicht Krankheitserreger vorhanden sind.

Da, wo für die Wasserversorgung Oberflächenwässer nicht verwendet werden, wird dennoch das Flußwasser zum Baden, Waschen, Straßensprengen und ähnlichen Zwecken verwendet. Es muß gefordert werden, daß alle diese Verrichtungen ohne Gefahr für die Gesundheit ausgeführt werden können.

Vom Direktor des Pasteurinstituts in Konstantinopel wurde festgestellt, daß Cholerafälle aus dem Jahre 1908 auf Infektion der Hände mit dem Wasser des Bosphorus und des Goldenen Hornes zurückzuführen waren. Ebenso wurde bei einer Anzahl von Typhusfällen im französischen Heere mit Sicherheit ärztlich festgestellt, daß sie durch Baden in verunreinigten Gewässern entstanden waren.

Diese Beispiele zeigen, daß die Verunreinigung des Flußwassers auch für Wasch- und Badezwecke sehr bedenklich werden kann. Abgesehen von diesen direkten Gefahren ist es aber auch lebhaft zu bedauern, wenn das Flußbad, das nach Ansicht der medizinischen Sachverständigen in gesundheitlicher Hinsicht dem Bad in geschlossenen Räumen entschieden überlegen ist, infolge der schmutzigen und unästhetischen Beschaffenheit des Wassers allgemein gemieden wird.

Im übrigen wird jedem normalen Menschen ein durch Abwässer verschmutzter und verschlammter oder gar übelriechender Fluß ein Gefühl des Unwillens und Mißbehagens auslösen, was auch wirtschaftliche Folgen haben kann, indem die Ufer eines derartigen Flusses als Wohnstätten gemieden werden. Wo ein verschmutzter Fluß also durch eine Stadt oder an einer Stadt vorbeifließt, besteht die Gefahr, daß seine Ufer entwertet werden.

Unter die ökonomisch wichtigen Nachteile der Verunreinigung der Flüsse ist auch die Schädigung bzw. Vernichtung der Fischzucht zu rechnen. Vielfach gehen die Fische durch das Einleiten von Abwässern in die Flüsse in großen Massen zugrunde. Besonders die feinen und wertvollen Fischarten sind gegen eine Verschmutzung des Wassers sehr empfindlich und sind bei dauernder Verschmutzung sehr bald verschwunden. Durch bestimmte Abwässerarten, die Stoffe von spezifischem Geruch oder Geschmack enthalten, nehmen die Fische ebenfalls diesen Geruch oder Geschmack an. Ein damit in Zusammenhang stehender, sozial bedeutsamer Mißstand ist der, daß kleine Mittelstandsexistenzen, wie Fischer und Badeanstaltsbesitzer, deren Schutz und Erhaltung gerade in unserer Zeit des Großkapitals auf der einen und des Proletariats auf der anderen Seite ganz besonders angezeigt erscheint, vernichtet oder doch empfindlich wirtschaftlich

geschädigt werden. Ein in ökonomischer Richtung nicht unbedeutender Nachteil der Flußverunreinigung liegt auch darin begründet, daß infolge der Schlammablagerungen auf der Flußsohle dauernd für Baggarbeiten zur Entfernung des Schlammes und ähnliche Reinigungen des Flußbettes Aufwendungen gemacht werden müssen.

Es sind also die verschiedenartigsten Momente schwerwiegender Art, die die Behörden der meisten Kulturländer gezwungen haben, gegen die übermäßige Verunreinigung der Flüsse Front zu machen und von Städten und Fabriken eine Reinigung der Abwässer vor ihrer Ableitung zu verlangen.

### Selbstreinigung der Flüsse.

Bis zu einem gewissen Grade haben allerdings unsere Flüsse die Eigenschaft, sich von den ihnen einverleibten Schmutzstoffen selbst zu reinigen. Nicht selten beobachtet man, daß ein Flußlauf unterhalb einer Stadt sehr stark verschmutzt ist, wenige Kilometer weiter unterhalb aber das Wasser schon wieder eine gute Beschaffenheit angenommen hat. Diese sogen. Selbstreinigung der Flüsse erklärt sich aus einem wundervollen Zusammenwirken von physikalischen, chemischen und vor allem biologischen Kräften. Die suspendierten Stoffe, die mit dem Abwasser in den Fluß eingeschwemmt werden, setzen sich allmählich als Schlamm zu Boden. Hier sorgen Schnecken, Muscheln, Insektenlarven, Käfer, Würmer und andere Organismen für die Beseitigung des Schlammes, indem sie einmal ihn verzehren, dann aber auch durch ständige Auflockerung für ein allmähliches Wegschwemmen sorgen. Da die genannten Organismen die Hauptnahrungsquelle für die am Flußgrunde weidenden Fische darstellen, so ist dafür gesorgt, daß sie nicht zu sehr überhand nehmen. Die gelösten organischen Stoffe, die ein Abwasser in den Fluß bringt, besonders diejenigen hochmolekularer Natur, also vor allem die Eiweißstoffe und ihre Abbauprodukte, werden zunächst durch Bakterien weiter zersetzt. Es treten dann Wimpertierchen (Ziliaten) und Rädertierchen (Rotatorien) und Infusorien auf, die ihrerseits hauptsächlich von diesen Bakterien leben. Grüne Algen treten hinzu. Sowohl diese wie auch die vorgenannten Gruppen vermögen auch direkt gelöste organische Stoffe aus dem Wasser aufzunehmen. In der Hauptsache sorgen aber die grünen Algen dadurch für ihre Ernährung, daß sie aus der Kohlensäure den salpetersauren und salpetrigsauren Salzen, die wieder durch die Bakterientätigkeit entstehen, mit Hilfe ihres grünen Farbstoffes, des Chlorophylls, die notwendigen Eiweißstoffe selbst aufbauen, sie assimilieren.

Bei diesem Assimilationsprozeß wird Sauerstoff entbunden, der für eine kräftige Durchlüftung des Wassers sorgt; diese Durchlüftung schafft wiederum die Existenzbedingungen für die genannten und auch für die höher organisierten Wasserbewohner. Die grünen Algen, Rädertierchen, Ziliaten, Infusorien usw. dienen nun wiederum als Nahrung für die kleinen Wasserkrebse oder Wasserflöhe, und diese wiederum spielen eine ganz erhebliche Rolle als Fischnahrung. So setzen sich letzten Endes die in das Wasser eingeschwemmten Abfallstoffe in nützlichem Fischfleisch um.

Gewerbliche Abwässer, die Schwermetalle enthalten, schlagen diese als unlösliche Sulfide oder unlösliche basische Karbonate auf den Flußgrund nieder. Durch den Gehalt des Flußwassers an doppeltkohlen-sauren Salzen haben viele Flußwässer ein erhebliches Säurebindungsvermögen. Der Main zeigt beispielsweise bei Frankfurt durchschnittlich eine Alkalität von etwa 3 ccm norm. Säure auf 1 Liter Wasser. Da der Main nun bei mittlerem Wasserstand in 1 Sekunde etwa 80 cbm Wasser durch seinen Querschnitt führt, so berechnet sich, daß die Wassermenge, die in 24 Stunden durch den Querschnitt geführt wird, rund 830 000 Liter oder 500 000 kg konzentrierter 100-prozentiger Schwefelsäure aufzunehmen vermöchte, ohne daß das Wasser sauer reagieren würde. Dabei ist allerdings vorausgesetzt, daß man diese Mengen Schwefelsäure mit der in Frage kommenden Wassermenge zu mischen vermöchte, was natürlich nicht möglich ist. Bei Einleitung von Säuren in das Flußwasser wird daher stets immer nur ein ganz geringer Bruchteil der zur Verfügung stehenden Flußwassermenge sich mit dem sauren Abwasser mischen, und die Folge wird sein, daß das Flußwasser eine Strecke weit sauer ist.

Dieselbe Einschränkung gilt von dem oben bezüglich der biologischen Selbstreinigungskräfte des Wassers Gesagten. Das wunder-volle Ineinandergreifen aller dieser Kräfte und damit eine richtige Selbstreinigung vollzieht sich nur dann in einwandfreier Weise, wenn die zugeführte Abwassermenge zu den selbstreinigenden Kräften in einem gewissen Verhältnis steht. Wird dieses Verhältnis ein Miß-verhältnis, so tritt eine Verschlammung des Flußbodens durch faulende suspendierte Stoffe ein. Im Wasser treten große Mengen Fäulnis-bakterien auf, die übrigen Organismen finden nicht ihre Lebensbedingungen und verschwinden. Damit fehlen aber wichtige Glieder in der Kette, und das ordnungsmäßige Ineinandergreifen der Kette ist gestört. Das Wasser wird an diesen Stellen eine faule Beschaffenheit annehmen und sich nicht genügend reinigen können.

Allgemein gültige Grenzzahlen lassen sich nicht aufstellen für die Abwassermengen, die ein Fluß verdauen kann. Welche Abwassermengen man einem Flußlauf, ohne daß dieser geschädigt wird, zumuten darf, diese Frage läßt sich nicht allgemein für alle Fälle, sondern nur von Fall zu Fall unter Prüfung aller in Betracht kommender Faktoren entscheiden. Einmal ist nämlich die Zusammensetzung der Abwässer eine außerordentlich verschiedene, dann aber besitzt auch jeder Fluß sein spezifisches biologisches Leben und damit sein spezifisches Selbstreinigungsvermögen, das in dem einen Fluß größer ist als in dem anderen. Ganz allgemein läßt sich sagen, daß ein Fluß um so mehr Abwässer vernichten kann, je wasserreicher er ist, und je größer die Geschwindigkeit des Wassers ist. Die Anforderungen, welche man an die Reinigung eines Abwassers zu stellen hat, müssen dementsprechend um so schärfer werden, je kleiner der Flußlauf ist, in den sie abgeführt werden sollen. Umgekehrt können große, sehr wasserreiche und rasch dahin strömende Vorfluter Abwässer vollständig verdauen, die nur ganz oberflächlich gereinigt sind.

Man kann die Abwässer einteilen in städtische und gewerbliche Abwässer. Die städtischen Abwässer stellen in der Hauptsache Wässer dar, die aus den Wohnungen stammen, also die Abwässer, die Fäkalien, Spülwässer, Waschwässer, Küchenabfälle und ähnliche Stoffe enthalten. Sie sind daher reich an leicht zersetzlichen, organischen Substanzen und geraten sehr bald in stinkende Fäulnis. Viele Städte nehmen aber heute große Mengen gewerblicher Abwässer in ihre Kanalisation auf; in vielen industriereichen Städten ist daher das häusliche Abwasser oft mit sehr erheblichen Mengen gewerblichen Abwassers vermischt.

Die Abwässer vieler gewerblicher Betriebe zeichnen sich, ähnlich wie häusliche Abwässer, durch einen hohen Gehalt an organischen Stoffen aus, der das Abwasser leicht in Fäulnis übergehen läßt. Manche gewerbliche Abwässer haben aber eine völlig andere Zusammensetzung als häusliches Abwasser. Eine bestimmte Zusammensetzung läßt sich nicht angeben, da ihre Beschaffenheit ganz von der Art des Fabrikationsbetriebes abhängig ist.

Wenngleich auch die einzelnen Reinigungsverfahren in ihren Grundzügen sowohl für häusliches wie für gewerbliches Abwasser gleicherweise Verwendung finden, so ist doch die Reinigungsart für normales häusliches Abwasser immer die gleiche, während sie für gewerbliche Abwässer in den Einzelheiten fast stets verschieden, der Individualität des jeweils in Frage kommenden Abwassers angepaßt,

gestaltet werden muß. Es empfiehlt sich daher, zu unterscheiden zwischen der Reinigung des häuslichen und des gewerblichen Abwassers.

### **A) Reinigung des häuslichen Abwassers.**

Die verschiedenen Abwässerreinigungsarten für häusliches Abwasser kann man folgendermaßen unterscheiden:

Mechanische Abwässerreinigung (Rechen, Gitter, Siebe, Fettfänge, Sandfänge, Absitzbecken, Absitzbrunnen, Faulbecken, Travis- und Emscherbrunnen);

das Kohlebreiverfahren;

künstliche biologische Reinigung (Füllkörper, Tropfkörper);

Landberieselung (Rieselfelder und intermittierende Sandfiltration), und neuerdings auch

Fischteiche.

Die mechanischen Reinigungsverfahren bezwecken lediglich eine Abscheidung der suspendierten Stoffe. Auf die gelösten Stoffe haben diese Verfahren keinen Einfluß.

Das Kohlebreiverfahren hat dagegen auch schon einen geringen Einfluß auf die gelösten Stoffe, während das künstliche biologische Verfahren und die Verfahren der Landberieselung auch die gelösten Stoffe so weit entfernen, daß dem Wasser seine Fäulnisfähigkeit genommen ist. Der Unterschied zwischen mechanisch und biologisch gereinigtem Abwasser ist also der, daß jenes beim Stehen fault, während dieses nicht mehr fäulnisfähig ist. Die mechanischen Reinigungsverfahren wendet man daher da an, wo man mit Rücksicht auf die Größe des Vorfluters das Wasser nur oberflächlich zu reinigen braucht. Die in den großen Wassermassen des Flusses vor sich gehende Verdünnung läßt dann auch bei einem nur mechanisch von seinen Schwebestoffen befreiten Abwasser ein Faulen nicht aufkommen. Wo aber der Vorfluter im Vergleich zu der abzuleitenden Wassermenge nur klein ist und die Verdünnung die Fäulnisunfähigkeit des Abwassers nicht garantiert, muß biologische Behandlung gefordert werden, wobei die Verfahren der Landberieselung im allgemeinen dem künstlichen, biologischen Verfahren überlegen sind.

#### **I. Mechanische Abwässerreinigung.**

##### **1. Rechen, Gitter, Siebe.**

Diese Apparate dienen dazu, ungelöste Stoffe über eine bestimmte Größe abzuscheiden. In erster Linie sind es gröbere, schwimmende Stoffe, wie Fäkalien, Papier, Gemüseblätter, Orangeschalen, Streichholzschachteln, Korke usw., die mit diesen Apparaten aus dem Abwasser

entfernt werden. Nach Frühling bildet die Bezeichnung Rechen einen Gattungsnamen für die in Rede stehenden Abfangvorrichtungen, deren einzelne Arten die Namen Stabrechen, Siebrechen, Gitterrechen usw. führen, und zwar bestehen Stabrechen aus Stäben, die sämtlich untereinander parallel sind, Gitterrechen aus sich kreuzenden Drähten, und Siebrechen aus sich kreuzenden Drähten oder durchlochten Metallplatten.

Man unterscheidet Grob- und Feinrechen. Die Grobrechen sind meist schräg in stumpfem Winkel gegen die Wasseroberfläche gestellte

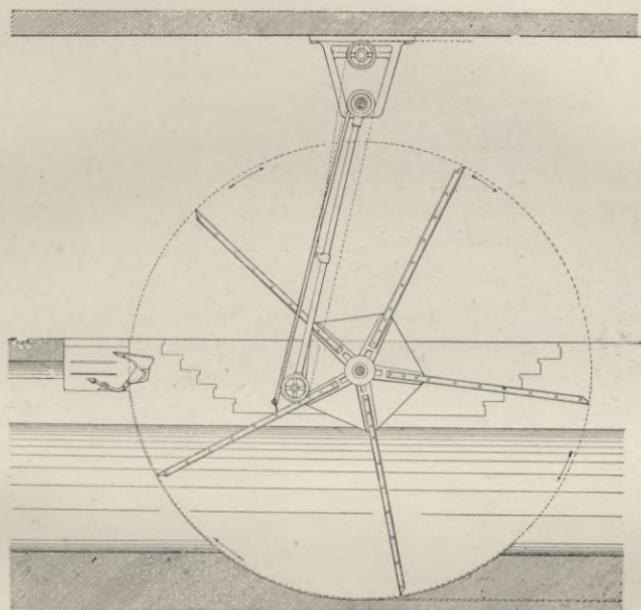


Fig. 13. Uhlfelders Flügelrechen.

Eisenstäbe von 10 bis 20 cm Abstand, die nur den Zweck verfolgen, die allergrößten Suspensa, wie Blechbüchsen, größere Holzteile, große Eingeweideteile, große Lumpen und ähnliches, zurückzuhalten.

Die Feinrechen werden als feststehende Apparate und als automatisch bewegliche Rechen gebaut. Die feststehenden Rechen sind meist Stabrechen, d. h. sie bestehen auch aus nebeneinander gelegten Stäben, die ebenfalls in stumpfem Winkel gegen die Wasseroberfläche in das Abwasser eingesetzt sind. Die Stabweite ist aber beträchtlich geringer als bei den Grobrechen, nämlich gewöhnlich zwischen 10 und 25 mm. Das Wasser fließt gegen diese Stäbe und läßt die Stoffe, die größer sind als der Stababstand, liegen. Die beweglichen Rechen unterscheiden sich dadurch von den feststehen-

den, daß sie sich fortgesetzt durch das Wasser bewegen und dabei die schwimmenden Stoffe herausfischen. Einer der am besten ausgebildeten und mehrfach in großen städtischen Kläranlagen (Frankfurt, Elberfeld) in Anwendung gekommenen beweglichen Stabrechen ist der Uhlfeldersche Flügelrechen (Fig. 13). Er ist ein Radrechen mit fünf einzelnen Rechentafeln, der gleichförmig dem Wasserstrom entgegen rotiert. Die im Wasser enthaltenen größeren Schwimm- und Schwebestoffe werden durch die einzelnen gitterartigen Tafeln aufgefangen und von diesen aus dem Wasser gehoben. Eine Abstreif-

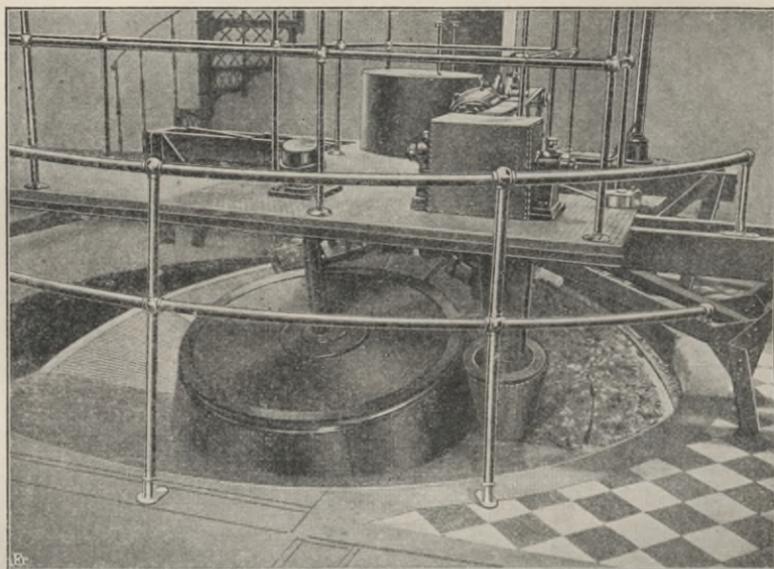


Fig. 14. Riensche Scheibe.

vorrichtung mit nachfolgender Bürste, die durch den Rechen vorgedrückt wird, streift sie nach vorn an die Spitze der Tafel und wirft sie dort auf die darunterliegende Auffangplatte. Diese wird durch die Bewegung des Rechens umgekippt und entleert den Inhalt auf ein Transportband, das die Stoffe aus dem Raum herausbefördert. Bei diesem Rechen ist also die Wirkung eine völlig automatische und die Reinigung eine maschinelle. Andere Rechenarten werden auch noch durch Handbetrieb abgestreift.

Von den automatisch arbeitenden Siebrechen ist die Riensche Scheibe vielfach in Anwendung gekommen; sie dient z. B. auch zur Absiebung der Abwässer von Dresden, die nach dieser Vorreinigung in die Elbe abgelassen werden. Die Riensche Scheibe stellt, wie

Fig. 14 zeigt, eine schräg in das Wasser gestellte Metallscheibe aus Siebblech oder gefrästen Siebplatten dar; in der Mitte der Scheibe ist ein abgestumpfter Kegel aus demselben Material aufgesetzt. Das

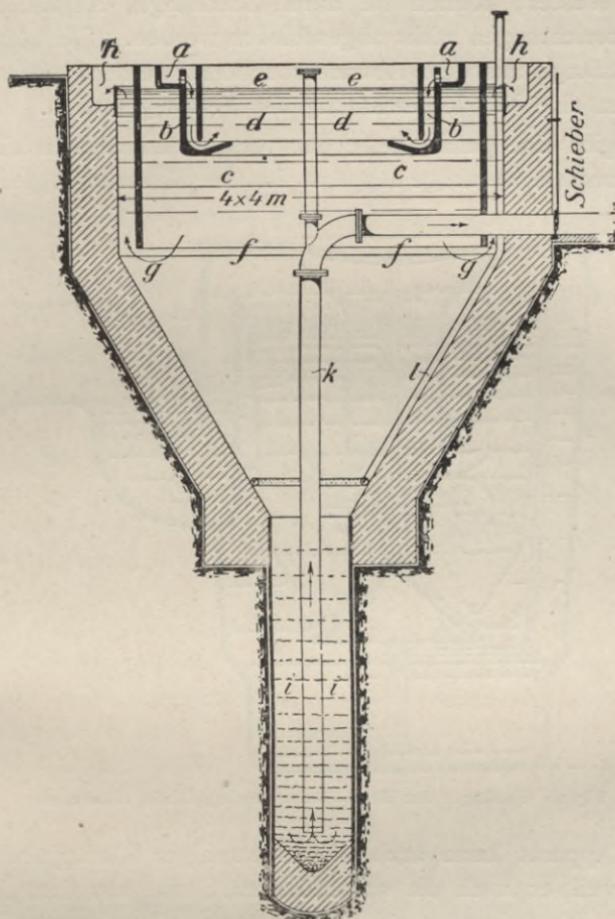


Fig. 15. Kremer-Apparat.

Zeichenerklärung: *a* Zulaufnngen, *b* seitliche Zulaufkanäle, *c* Vorstöße für Aufwärttrieb des Wassers, *d* Fettfänger, *e* Fettthaltie Schwimmschicht, *f* Klärraum, *g* Umlaufkanten der allseitigen Leitwand, *h* Allseitige Überlaufnng für Ablauf des geklärten Wassers, *i* Schlammzylinder, *k* Schlammleitung, *l* Spülleitung.

Wasser fließt gegen die Scheibe, die sich dauernd dreht. Dabei bleiben die suspendierten Schmutzstoffe auf der Scheibe liegen, während das Wasser durch die Öffnungen tritt. Durch die Bewegung der Scheibe werden die Schmutzstoffe aus dem Wasser herausgeführt und sowohl von der Planscheibe, wie auch von dem konischen Aufsatz durch Bürsten abgestrichen.

## 2. Fettfänge.

Manche Abwässer enthalten viel Fett, so die Schlachthausabwässer, Küchenabwässer und andere. Da diese Fettstoffe leichter sind als Wasser, können sie durch Sandfänge, Absitzbecken und andere Vorrichtungen nicht abgeschieden werden. Sie können aber durch Fettfänge aus dem Abwasser entfernt werden, die auch unter Umständen eine Wiedergewinnung des Fettes gestatten.

Es gibt eine ganze Reihe der verschiedenartigsten Fettfänger. Der bekannteste derartige Apparat ist der Kremer-Apparat. Der

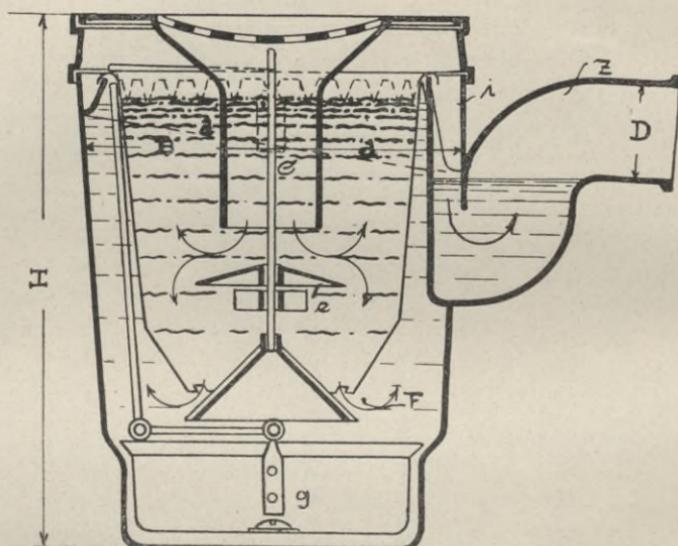


Fig. 16. Fettfänger der Firma Städtereinigung, Berlin-Wiesbaden.

Kremer-Apparat kann auch als selbständiger Klärapparat benutzt werden, weil er auch die suspendierten Stoffe aus dem Abwasser abscheidet, die schwerer als Wasser sind. Der Apparat (Fig. 15) scheidet durch eine eigenartige Stromführung die ungelösten Stoffe derart aus, daß sie nach ihrem spezifischen Gewicht in zwei Schlammschichten zerlegt werden. Fetteilchen in Adhäsion mit leichteren organischen Stoffen bilden die obere Schwimmschicht, während die untere Bodenschicht die schweren Sink- und Schwebestoffe enthält. Nach Vogelsang ist der Kremer-Apparat auch sehr zur Vorreinigung für biologische Anlagen zu empfehlen, weil er viele leichte Schwebestoffe, wie Fett, Papier, Stroh und Ähnliches, die sich durch Absitzbetrieb nicht entfernen lassen und dabei unter Umständen Verschlammung der biologischen Körper veranlassen, abscheidet. Die

Gesellschaft für Abwässerklärung, Berlin-Schöneberg, liefert diese Apparate. Die Firma wendet den Apparat auch an in Kombination mit dem Emscherbrunnen (siehe diese S. 73). Sie nennt diese Zusammenstellung den Kremer-Faulbrunnen und rühmt ihm große Wirksamkeit nach.

Ein Fettfänger anderen Systems ist der der Firma Städtereinigung und Ingenieurbau-A.-G., Berlin-Wiesbaden. Wie Fig. 16 zeigt, tritt bei diesem Apparat das fetthaltige Wasser durch den Trichter *c* in den Raum *d*, wo es durch eine Prellfläche *e* gleichmäßig verteilt und in seiner Richtung nach oben abgelenkt wird. Die Fetteilchen haben Zeit, sich nach dem oberen Teile von *d* auszuschcheiden, während ein dem Zufluß von oben entsprechender Teil der im Raum *d* befindlichen Flüssigkeitsmasse nach unten durch den Ringschlitz *F* austritt. Der niedersinkende Schlamm fällt in den Schlammeimer *g*, während das entfettete und entschlammte Wasser am Rande des Behälters hoch steigt und oben bei *i* durch einen Überfall in den Ableitungsstutzen *z* zum Abfluß kommt.

Von sonstigen Systemen nenne ich noch den Fettfänger von Kaibel, Darmstadt, den von Kremer-Schilling und den von Heyd, Darmstadt.

### 3. Sandfänge.

Viele Vorreinigungsanlagen bedienen sich auch der Sandfänge. Während die Rechen die größeren Schwimmstoffe entfernen, bezwecken die Sandfänge ein Absitzen der schwereren und größeren Sink- und Schwebestoffe. Man erreicht das in der Weise, daß man den Hauptsammler des Wassers, der die Wasser zu der Kläranlage hinführt, plötzlich in einen größeren Raum, den Sandfang, ausmünden läßt, so daß die Geschwindigkeit des Abwassers infolge des größeren Querschnitts ganz beträchtlich vermindert wird. Die Folge davon ist, daß sich die groben Schwebestoffe, wie Lumpen, Knochen, Sand und Ähnliches, zu Boden setzen. Der Querschnitt der Sandfänge ist sehr verschieden; man findet Trichterform, viereckige Form, gewölbte Sohle usw. Die Ausräumung des angefallenen Schlammes erfolgt entweder mit Handbetrieb oder maschinell, und zwar entweder nach Ablassen des Wassers oder auch während des Betriebes. Die maschinelle Schlamm Entfernung besteht meist darin, daß eine Baggermaschine den Schlamm ausbaggert und auf ein Transportband wirft. Bei trichterförmig ausgebildeten Sandfängen kann die Baggermaschine an derselben Stelle stehen bleiben. Bei anderen Formen kann der Bagger oft von einem Ende des Sandfanges zum anderen verschoben werden (Frankfurt a. M.). Durch

eine gut arbeitende Sandfang- und Feinrechenanlage werden nach meinen Untersuchungen in Frankfurt etwa der fünfte Teil der gesamten suspendierten Stoffe des Abwassers entfernt.

#### 4. Klärbecken, Brunnen und Türme.

Diese Einrichtungen dienen dem Absitzen auch der feineren suspendierten Stoffe. Das Abwasser wird gleichzeitig in eine Anzahl derartiger Becken oder Brunnen eingeleitet, so daß durch den vergrößerten Querschnitt die Geschwindigkeit des Wassers sehr stark verringert wird; infolgedessen können sich auch die feineren suspendierten Stoffe zu Boden setzen.

Die Klärbecken sind meist langgestreckte, viereckige Kammern, die man überdeckt und nicht überdeckt baut. Die meisten Klärbecken sind nicht überdeckt. Die Länge der Kammern beträgt meist etwa 40 m. Es gibt aber auch erheblich kürzere und erheblich längere Klärbecken. Der Eintritt des Wassers in die Becken erfolgt meist durch Öffnungen unter Wasser, so daß kein Aufwirbeln des schon am Eingang des Beckens niedergeschlagenen Schlammes stattfinden kann. Man baut die Sohle der Becken zum Auslaufe zu steigend und fallend. Die steigende Sohle hat sich nach Versuchen von Steuernagel und Große-Bohle als für den Klärbetrieb zweckmäßiger erwiesen. Meistens besitzen die Klärbecken am Auslauf oder am Einlauf oder an beiden Stellen Pumpensümpfe, das sind Vertiefungen, aus denen der sich ansammelnde Schlamm abgepumpt wird. Die Frankfurter Klärbecken sind 40,6 m lang und haben je 7,5 m vom Ein- und Ablauf entfernt einen Pumpensumpf. Die Kammersohle ist so gestaltet, daß sie in der Mitte erhöht ist und mit einem Gefälle von 1 : 10 zu den Sümpfen abfällt. Mit demselben Gefälle senkt sich die Kammersohle vom Ein- und Ablauf zu den Sümpfen ab. Diese Gestaltung der Kammersohle hat den Zweck, daß der Schlamm von selbst zu den Sümpfen, aus denen er abgepumpt wird, nachgleitet und so ein Nachschieben mit Schaufeln oder ähnlichen Einrichtungen überflüssig wird. In Fig. 17 ist die Form der Frankfurter Klärbecken im Querschnitt dargestellt.

Man war früher der Ansicht, daß man zur Erzielung eines guten Kläreffektes die Kammern so groß bauen muß, daß die Wassergeschwindigkeit außerordentlich klein wird (2 bis 4 mm in der Sekunde). Untersuchungen von Große-Bohle in Köln haben jedoch ergeben, daß mit 20 bis 40 mm Klärgeschwindigkeit noch fast derselbe Kläreffekt erreicht wird. Auch in Frankfurt konnten wir feststellen, daß die abnorm kleinen Klärgeschwindigkeiten von 2 bis 4 mm in der

Sekunde keinen größeren Kläreffekt erreichen als die Geschwindigkeiten bis 12 mm in der Sekunde. Bei höheren Geschwindigkeiten

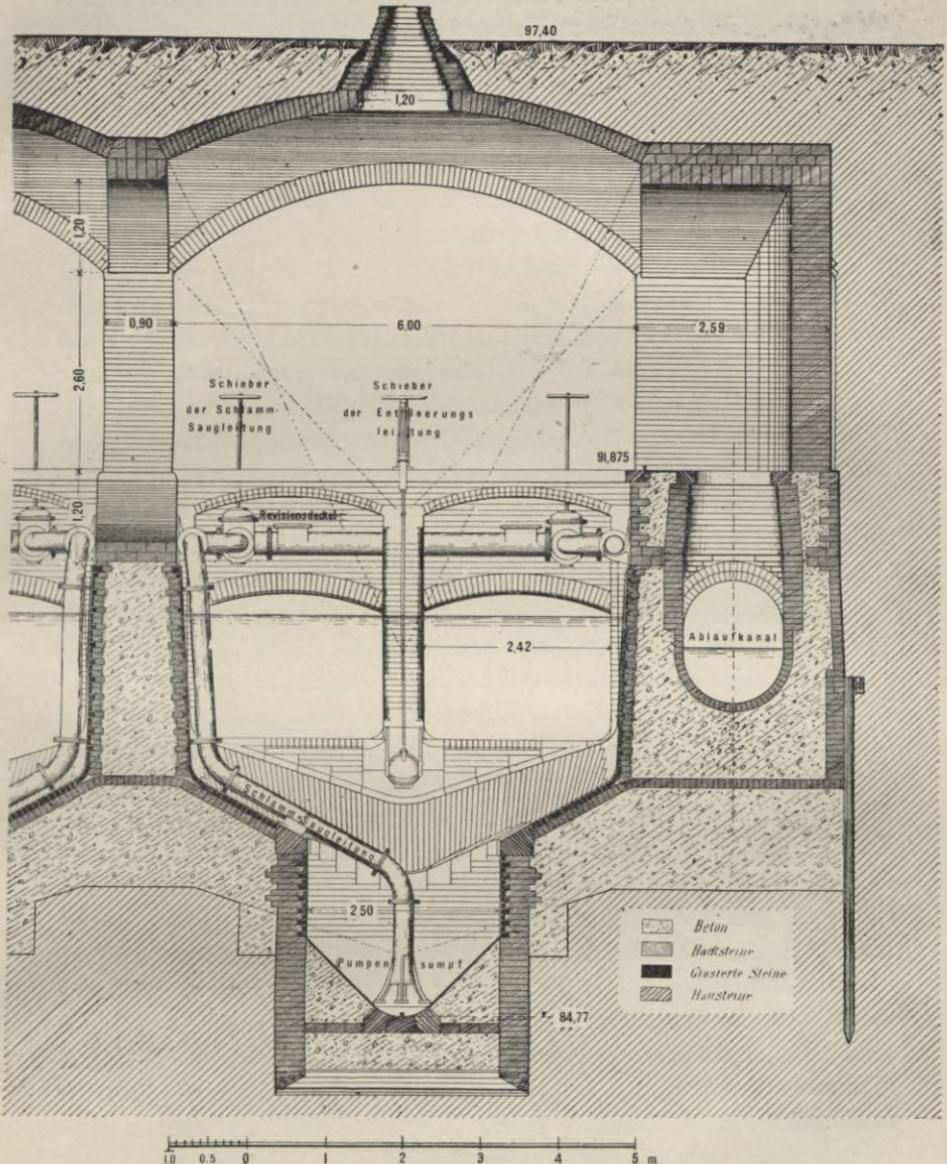


Fig. 17. Frankfurter Klärbecken (Querschnitt).

als 12 mm in der Sekunde erhielten wir aber erhebliche Verkleinerungen des Kläreffektes, so daß man also die Ergebnisse der Kölner Versuche nicht ohne weiteres verallgemeinern kann. Nach Schiele

hält man übrigens in England ganz allgemein noch an den geringen Klärgeschwindigkeiten von 2 bis 4 mm fest.

Auf den Klärbecken scheiden sich auch eine Anzahl Schwimmstoffe ab, die einmal den Fettstoffen des Abwassers entstammen, dann auch besonders, wenn die Klärbecken schon eine Zeitlang in Betrieb sind, infolge von Gärungen aufsteigende Schlamnteilchen darstellen. Um zu vermeiden, daß diese schwimmenden Stoffe mit in den Ablauf gelangen, taucht man meist kurz vor dem Ablauf schräg eingestellte Eintauchbretter in das Wasser ein, vor denen sich diese Schwimmstoffe ansammeln.

Die Schlammbeseitigung geschieht meist in der Weise, daß das Wasser bei abgestelltem Zulauf zunächst ganz abgelassen wird. Der Schlamm wird dann durch Pumpen aus den Sümpfen abgepumpt. In einigen Kläranlagen soll sich auch das Schlammabpumpen unter Wasser bewährt haben, was natürlich den Vorzug hätte, daß die Schlammbeseitigung während des Klärbetriebes erfolgen könnte, ohne daß die zu reinigende Kammer ausgeschaltet werden müßte. Allgemein scheint sich jedoch dieses Schlammabpumpen unter Wasser nicht bewährt zu haben. Die Hauptschwierigkeit liegt darin, daß der Schlamm nicht immer zu den Sümpfen genügend nachrutscht, vielmehr, wenn ein Schlammtrichter ausgesaugt ist, plötzlich das Abwasser statt des weiteren Schlammes nachfließt.

Der Sedimentationsprozeß wird vielfach unterstützt durch Zusatz von Chemikalien. Es werden Aluminiumsulfat und Kalk oder Eisensulfat und Kalk und andere Stoffe verwendet. Das Prinzip der Anwendung dieser Stoffe beruht darin, daß die Chemikalien schleimige, voluminöse Niederschläge bilden (Aluminiumsulfat und Kalk = Gips und Tonerdehydrat), die beim Niedersinken die suspendierten Stoffe mit zu Boden reißen sollen. Den Chemikalien soll auch eine geringe Wirkung auf die Ausscheidung der gelösten organischen Stoffe zukommen. Diese Wirkung soll nach anderer Ansicht jedoch sehr geringfügiger Natur sein, die Hauptwirkung der Chemikalien soll die Unterstützung des Absitzens der suspendierten Stoffe sein. Bei häuslichen Abwässern wird den Chemikalien die Wirkung vielfach abgesprochen. So sind von Lepsius und später Freund in Frankfurt a. M. Parallelversuche mit chemischer und rein mechanischer Klärung angestellt worden, bei denen sich ergeben hat, daß die Wirkung der Chemikalien auf den Kläreffekt gegenüber der rein mechanischen Klärung ohne Chemikalienzusatz außerordentlich geringfügig war. Im Gegensatz hierzu hält man jedoch nach Schiele in England auch bei häuslichen Abwässern am Chemikalienzusatz

fest. Nach Ansicht des Verfassers wirken die Chemikalien zwar auf die gelösten Stoffe so gut wie nicht ein, wohl aber auch bei häuslichem Abwasser in nicht unerheblichem Maße auf die pseudogelösten, die Kolloide. Tonerdehydrat und Ferrohydrat sind bekanntlich ebenfalls Kolloide und wirken adsorbierend auf die Kolloide des Abwassers. Nicht zu entbehren ist der Chemikalienzusatz vielfach bei gewerblichen Abwässern. Die Hauptnachteile des Chemikalienzusatzes liegen einmal in der erheblichen Verteuerung des Klärbetriebes, dann aber auch in der Erschwerung der Schlamm-beseitigung. Der mit Zusatz von Chemikalien erhaltene Schlamm ist einmal weit wässriger und nimmt daher einen beträchtlich größeren Raum ein, dann ist er aber auch durch den Gehalt an chemischen, für die Düngewirkung zum mindesten indifferenten Stoffen in seinem Düngewert erheblich herabgesetzt. Die Zusatzmenge an Chemikalien schwankt sehr nach der Zusammensetzung des zu reinigenden Abwassers. Sie schwankt etwa zwischen 43 und 950 g auf ein Kubikmeter des zu reinigenden Abwassers (Schiele). Man gibt die Chemikalien sowohl in flüssiger wie in fester Form zu. In flüssiger Form läßt man sie meist in dünnem Strahl in das Abwasser einfließen. Bei der Anwendung in fester Form setzt man die Chemikalien in Drahtkörben in das Wasser ein, so daß das durchfließende Wasser sich die Chemikalien selbst auflöst. Für eine gute Wirkung der Chemikalien ist es von größter Bedeutung, für eine gute Mischung der Chemikalien mit dem Abwasser zu sorgen. Wenn der Weg von der Zusatzstelle der Chemikalien bis zu den Klärbecken genügend lang ist, so sorgt das Wasser an sich schon für gute Mischung. Man wendet aber bisweilen auch noch Vorrichtungen an, um diese Mischung zu erreichen. So baut man Zungen in die Abwasserleitung ein, in denen sich das Wasser bricht usw.

Der Kläreffekt (d. i. die Menge der ausgeschiedenen suspendierten Stoffe, ausgedrückt in Prozenten des Gehaltes des Rohwassers an Schwebestoffen) gut arbeitender Klärbecken beträgt bei nicht zu hoher Geschwindigkeit (12 mm) des Abwassers in den Becken 60 bis 70 %.

Die Klärbrunnen und Türme haben meist eine runde Form und unterscheiden sich im wesentlichen dadurch von den Becken, daß das Wasser sie von unten nach oben, also in vertikaler Richtung durchfließt, wobei sich die suspendierten Stoffe nach unten absetzen. In diesen Klärbehältern ist die Wassergeschwindigkeit meist eine erheblich geringere als in den Klärbecken. Bei Klärbrunnen und -türmen läßt sich der Schlamm besser während des Betriebes entfernen als bei Becken, weil er hier besser räumlich vereinigt ist.

Gegen das Durchbrechen von Wasser (vergl. S. 70) sind verschiedene Konstruktionen vorgeschlagen worden, die darauf beruhen, daß der Wasserraum für die Zeit des Schlammabpumpens abgeschlossen werden kann.

### 5. Faulbecken

Die Faulbecken werden nur als Vorreinigung für biologische Kläranlagen verwendet, als selbständige Kläranlagen kommen sie nicht in Betracht. Sie werden gerade so betrieben wie die gewöhnlichen Klärbecken, mit dem Unterschiede, daß man den abgesetzten Schlamm lange Zeit liegen läßt. Dadurch gerät er in faule Gärung, die sich auch dem Abwasser mitteilt. Das Abwasser wird durch Schwefeleisen schwarz gefärbt und nimmt einen stark faulen Geruch an. Durch die Tätigkeit der Fäulnispilze wird ein Teil der organischen Substanz zersetzt. Auf den Faulbecken bildet sich nach kurzer Zeit eine Schwimmdecke, die aus Fett, vermischt mit durch Gärung hochgetriebenen Schlamnteilchen, besteht. Diese Decke bildet einen Luftabschluß für das Wasser und ist daher für die Fäulnisvorgänge, die ja durch anaerobe Bakterien bewirkt werden, von größter Bedeutung. In einigen Faulbecken englischer Kläranlagen soll die Schwimmschicht nach Schiele bisweilen so stark werden, daß man tatsächlich darauf spazieren gehen kann.

Im übrigen wirken diese Faulbecken in bezug auf die Abscheidung der suspendierten Stoffe ähnlich wie die Klärbecken. Beim langsamen Durchfließen des Wassers durch das Faulbecken setzen sich die suspendierten Stoffe ab. Es dauert stets eine gewisse Zeit, bis ein Faulbecken eingearbeitet ist, d. h. bis es gut durchgefaulte Abflüsse liefert. Man baut die Faulbecken überdeckt und nicht überdeckt. Die nicht überdeckten haben den Nachteil, daß sie starke Geruchsbelästigungen verursachen. Die Größe der Faulbecken muß nach Schiele mindestens so bemessen sein, daß sie den halben Tagesabfluß (Trockenwetter) fassen können. Kleinere Anlagen werden meist so groß gebaut, daß sie den drei- bis sechsfachen Trockenwetterabfluß zu fassen vermögen.

Die Entschlammung der Becken geschieht hier natürlich sehr viel seltener als beim gewöhnlichen Absitzbecken. Zweckmäßig ist es, nie den ganzen Schlamm zu entfernen, sondern immer noch etwas Schlamm liegen zu lassen; das Becken arbeitet sich dann schneller von neuem ein, dadurch, daß sich die Fäulnispilze aus dem durchfaulten Schlamm schneller dem Abwasser mitzuteilen vermögen.

Die Hauptvorteile der Faulbecken liegen darin, daß der Schlamm einmal nicht so oft beseitigt zu werden braucht, was natürlich einen

billigeren Betrieb bedeutet, zweitens aber ist der Schlamm aus Faulbecken, ganz besonders nach dem Ergebnis neuerer Arbeiten, bei weitem nicht so unangenehm wie der Schlamm aus gewöhnlichen Absitzbecken. Er entwässert sich leichter und hat an sich schon einen beträchtlich höheren Gehalt an Trockensubstanz. Auf diese Verhältnisse wird noch im Kapitel Schlamm näher eingegangen werden. Als einen weiteren Vorteil der Faulräume hat man die Zersetzung eines Teiles der organischen Substanz, die sowohl im Abwasser als auch im Schlamm nach den Befunden Dunbars und seiner Schüler vor sich geht, angesehen.

Ein Nachteil der Faulbecken ist der, daß die Abflüsse nicht so gut von den suspendierten Stoffen befreit sind wie die der Klärbecken. Durch die fortgesetzten Gärungen im Schlamm werden nämlich stets feine Schlammteilchen hochgetrieben, die auch in den Ablauf gelangen. Um diesem Übelstand nach Möglichkeit zu steuern, bringt man oft im Ablauf Siebe an, da auf den biologischen Körpern die suspendierten Stoffe außerordentlich stören und eine schnellere Verschlämzung bewirken.

#### 6. Travis- und Emscherbecken (-brunnen)

Diese Einrichtungen unterscheiden sich von den Klär- oder Faulbecken dadurch, daß der Schlammraum vom Klärraum getrennt ist. Das Travisbecken ist so ausgebildet, daß durch eingebaute Wände und die vertiefte Beckensohle ein Schlammraum entsteht. Die eingebauten Wände lassen am tiefsten Punkte Schlitze frei, durch die die suspendierten Stoffe des Abwassers in den Schlammraum hinabgleiten. Travis empfiehlt, den Schlamm öfter zu entfernen und nicht ausfaulen zu lassen. Nur wo landwirtschaftliche Verwertung nicht möglich ist, soll es zweckmäßig sein, die Ausmaße des Schlammraumes so groß zu wählen, daß eine Durchfaulung stattfinden kann. Die Travisbecken sind viel in Anwendung gekommen, insbesondere in England, und sollen sich vorzüglich bewährt haben. Der Hauptunterschied der Travisbecken gegenüber den Emscherbrunnen besteht darin, daß bei ersteren absichtlich von Zeit zu Zeit frisches Wasser durch den Schlammraum geführt wird, um die durch Ausfaulung verflüssigten Bestandteile des Schlammes fortzuführen, während beim Emscherbrunnen grundsätzlich jedes Durchfließen des Schlammraumes vermieden ist.

Die Emscherbrunnen (Fig. 18) bestehen nach Middeldorf im wesentlichen aus tiefen Brunnen, die zur Aufnahme des Schlammes bestimmt sind. In dem oberen Teil dieser Brunnen ist durch Zwischen-

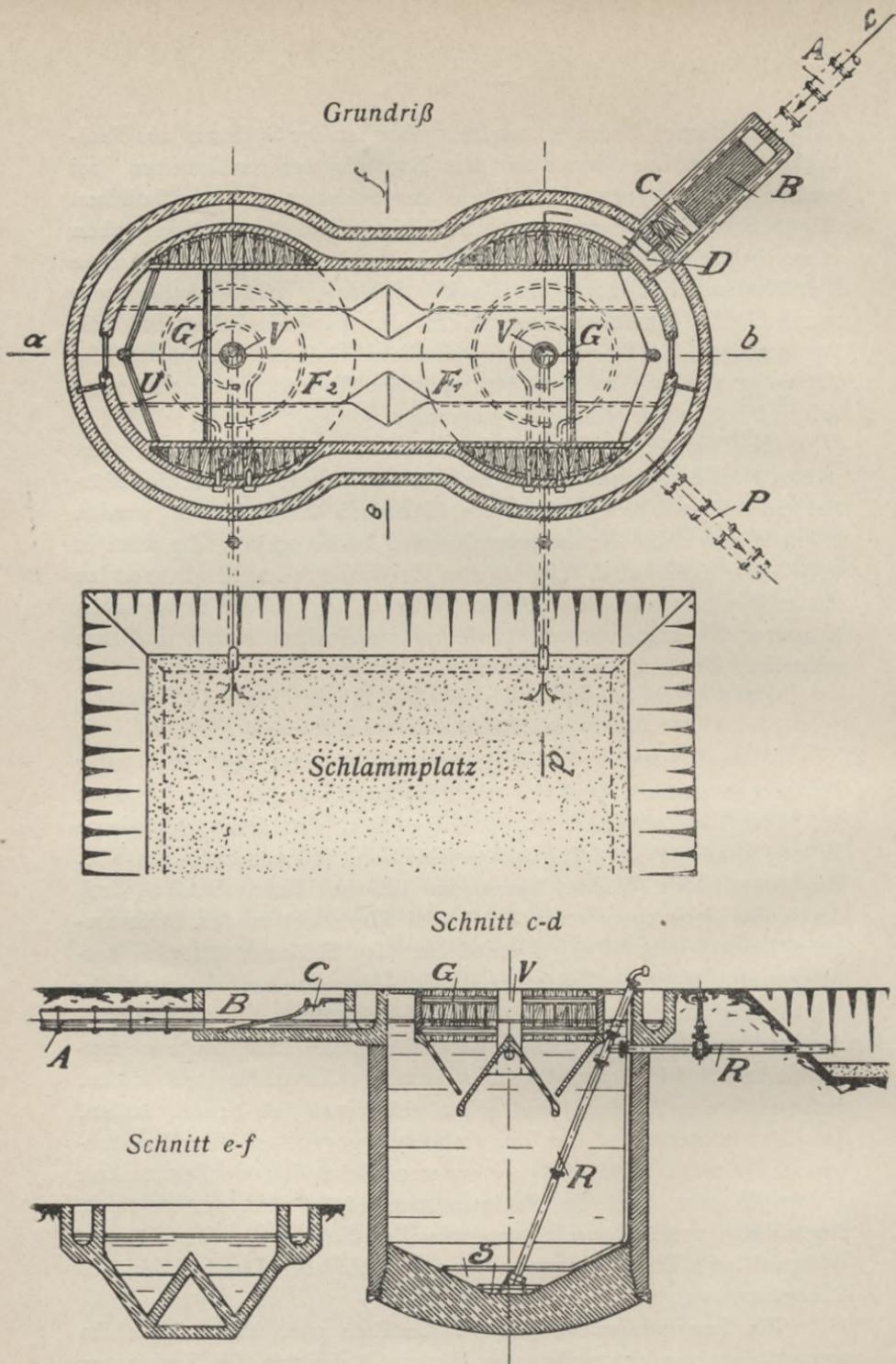


Fig. 18. Emscherbrunnen.

Anordnung mehrerer Brunnen mit gemeinschaftlicher gerader Absitzrinne.  
Schlammfernung durch Wasserüberdruck auf tiefliegende Schlammfelder.

Zeichenerklärung: A Zulaufkanal, B Vorschicht mit Rechen, C Abstreichrinne, U Umlaufrinne, P Ablaufkanal, D Dunsthauben, G Tauchwände, u Überfall, F<sub>1</sub> u. F<sub>2</sub> Faulräume, R Schlammleitung, S Spülleitung.

wände ein Absitzbecken oder Absitzbrunnen abgeteilt, der von dem Wasser durchflossen wird. Der Schlamm, der sich in dem Absitzraum abscheidet, fließt, sobald er den schrägen Boden des Absitzraumes berührt, selbsttätig durch Schlitze, die an den tiefsten Stellen der Sohle des Absitzraumes angebracht sind, in den Schlammbrunnen. Das Wasser fließt nur durch den Absitzraum, aber grundsätzlich nicht durch den Faulraum, damit die Fäulnis auf den Schlamm allein beschränkt wird, und das abfließende Wasser möglichst frisch erhalten und nicht mit fauligem Wasser vermischt wird. Das Faulwasser, das zum Abwasser Zutritt, soll etwa 1 : 1000 der Wassermenge betragen. Auch bei Temperaturschwankungen soll das Faulraumwasser wenig Neigung zeigen, in den Absitzraum des frischen Wassers aufzusteigen, weil es spezifisch schwerer ist als frisches Abwasser. Dadurch, daß der Schlamm aus dem Absitzbecken ununterbrochen selbsttätig austritt, ist Sicherheit vorhanden, daß der Schlamm immer rechtzeitig entfernt wird und nicht in den Absitzbecken liegen bleibt und durch seine Fäulnis die Klärwirkung beeinträchtigt. Die bei der Gärung im Schlamm hochgetriebenen Schlammfladen können nicht durch die Schlitze hindurchtreten, sondern werden gegen die untere Wand des Abwasserraumes geschleudert und sinken von hier wieder zu Boden. Die Absitzwirkung soll im Emscherbrunnen ebenso groß sein wie bei anderen guten Absitzanlagen bei gleicher Klärzeit. In den Schlammbrunnen fault der Schlamm aus. Er erhält dadurch eine für die Beseitigung weit günstigere Beschaffenheit (vergl. unter Schlamm). Daß der Faulraum nicht vom Wasser durchflossen wird, hat sich für das Ausfaulen des Schlammes nicht als hinderlich erwiesen, es ist damit sogar neben der Frischerhaltung des zu reinigenden Wassers noch ein anderer Vorteil verbunden. Im Gegensatz zu den anderen Faulräumen, die vom Wasser durchflossen werden, wird im Emscherbrunnen fast kein Schwefelwasserstoff entwickelt. Die Gase, die sowohl durch das Abwasser als auch rund um das Absitzbecken herum aus dem Schlammraum entweichen, bestehen nach den Untersuchungen Spillers in der Hauptsache aus Methan und Kohlensäure. Die Geruchlosigkeit des Schlammes soll bei rein häuslichem Abwasser ebenso gut erreicht werden, wie in Anlagen, die auch gewerbliche Abwässer aufnehmen. Aus dem Faulraum wird der Schlamm durch Rohrleitungen auf die Schlamm-trockenplätze herausgelassen. Das Ende der Rohrleitung reicht bis zur tiefsten Stelle der trichterförmigen Brunnensohle. Es wird aber stets nur der unterste, am besten ausgefaulte Schlamm herausgelassen. Wenn die Schlamm-trockenplätze etwa 1,5 bis 2 m tiefer gelegt werden

können als der Wasserspiegel im Brunnen, kann der Schlamm mit natürlichem Gefälle herausgelassen werden, da hierzu meist ein Wasserüberdruck von 1 m genügt. Ist dieses Gefälle nicht vorhanden, so wird der Schlamm entweder mit einem Wagnerschen Saugwagen, mit einer Hand- oder Luftdruckpumpe oder mit einem von der Luftdruckpumpe getriebenen Vakuumpessel herausbefördert. In allen Anlagen der Emscher-Genossenschaft soll der Schlamm ohne Schwierigkeit durch die Schlammleitung befördert werden. Die Ursache hierfür soll hauptsächlich darin liegen, daß der Schlamm durch das Ausfaulen seine filzige Beschaffenheit verliert und eine schwarze, breiartige, trotz des geringen Wassergehaltes von 70 bis 80 % leichtflüssige Masse bildet. Die Schlamm Entfernung geschieht vielleicht alle 2 bis 3 Monate. So groß muß der Schlammraum bemessen sein, daß er den anfallenden Schlamm für diese Zeit zu fassen vermag.

Der Hauptvorteil der Emscherbrunnen gegenüber den gewöhnlichen Absitzbecken liegt also darin, daß auf eine sehr einfache Weise und mit einfachen Mitteln die so schwierige Schlammfrage gelöst erscheint.

Indessen ist die Frage der Emscherbrunnen in den letzten Jahren in der Literatur lebhaft umstritten worden. Es werden hauptsächlich etwa folgende Punkte bestritten: daß die Anlage so gut wie geruchfrei sei; daß der Kläreffekt der Emscherbrunnen derselbe ist wie bei guten Absitzanlagen; daß der Schlamm wirklich ausfaule; daß das Wasser im Schlammraum in Ruhe bleibt, es soll vielmehr ebensoviel faules Wasser aus dem Schlammraum in den Sedimentierraum treten, wie Schlamm sich absetzt.

Es steht indessen fest, daß die Emscherbrunnen immer mehr in Anwendung kommen, sowohl als selbständige Kläranlage, wie auch als Vorreinigung für biologische Anlagen.

„Ein sämtlichen Anlagen mit selbsttätiger Schlammabscheidung gemeinsamer großer Vorteil ist der, daß man sehr kleine Klargeschwindigkeiten wählen kann, ohne daß der Betrieb durch die Beseitigung und Behandlung der dabei anfallenden großen Mengen dünnen, wasserhaltigen Schlammes erschwert wird“ (Schmidtman, Thumm und Reichle).

## II. Das Kohlebreiverfahren nach Degener.

Dieses Verfahren steht hinsichtlich seiner Wirkung etwa in der Mitte zwischen den mechanischen und biologischen Verfahren, da seine Hauptwirkung, wie bei jenen, in der Entfernung der suspen-

dierten Stoffe beruht, aber auch, wie bei diesen, eine deutliche Wirkung auf die gelösten Stoffe vorhanden ist.

Dem zu klärenden Abwasser werden auf 1 cbm 1 bis 2 kg gemahlene Braunkohle oder 2,5 bis 4 kg gemahlener Torf zugesetzt. Gleichzeitig werden Chemikalien (Aluminiumsulfat oder Eisensulfat) zugesetzt. Das Abwasser wird dann meistens in Klärtürmen gereinigt. Der Schlamm ist ziemlich wässrig, wird aber gewöhnlich in Filterpressen entwässert und ist in diesem Zustande nicht mehr fäulnisfähig. Der lufttrockene Schlamm ist wegen seines hohen Gehaltes an Kohle ein wertvolles Brennmaterial. Neuerdings wird er durch Vergasung noch besser verwertet. (Siehe unter Schlamm.)

Das ganze Verfahren soll ziemlich geruchlos arbeiten und ist dadurch, und weil die leidige Schlammfrage mit ihren Kalamitäten wegfällt, von großer Bedeutung. Auf den weiteren Vorteil auch der Reduktion der gelösten organischen Stoffe ist schon oben hingewiesen worden. Diesen Vorteilen stehen aber als Hauptnachteil die Kosten gegenüber, die recht erheblich sind. Dies ist auch der Grund, daß, trotzdem das Verfahren Vorzügliches leistet, die Anzahl der im großen ausgeführten Anlagen beschränkt geblieben ist.

### **III. Biologische Abwässerreinigung.**

Wie schon oben hervorgehoben wurde, sind bei einem mechanisch gereinigten Abwasser die gelösten organischen Stoffe nicht verändert. Läßt man ein derartiges Abwasser eine Zeitlang stehen, so gerät es infolge reichlicher Entwicklung von Fäulnisbakterien bald in stinkende Fäulnis.

Die Aufgabe der biologischen Abwässerreinigung ist es nun, auch die gelösten organischen Stoffe so weit aus dem Abwasser zu entfernen, daß Fäulnis mit ihren unangenehmen Begleiterscheinungen vermieden wird. Wie schon der Name sagt, spielen bei den biologischen Reinigungsverfahren biologische Kräfte mit.

Im einzelnen unterscheidet man das künstliche biologische Verfahren und die Landberieselung.

#### **1. Das künstliche biologische Verfahren**

Die künstliche biologische Abwässerreinigung beruht darauf, daß man das Abwasser nach geeigneter Vorreinigung durch die unter I. genannten mechanischen Verfahren auf große Körper aus Schlacke, Koks und ähnlichem Material aufleitet. Die organischen Stoffe werden dabei so weit aus dem Abwasser entfernt, daß die Abflüsse aus dem Körper nicht mehr nachfaulen.

Die biologischen Verfahren der Abwässerreinigung stammen aus England, wo sie zuerst im Großbetriebe angewandt und durchprobiert sind. Daß man zuerst in England diese Verfahren ausgebaut hat, hat seine guten Gründe darin, daß England das klassische Land der Abwässerbeseitigung ist, das infolge der dort vorliegenden eigenartigen Verhältnisse als erstes Land der Welt gezwungen war, gute Methoden für die Abwässerreinigung auszuarbeiten. Die größten englischen Flüsse erreichen an Wassermenge und Wassergeschwindigkeit noch nicht unsere Spree oder Havel. Mit dem Aufblühen der Industrie in der Mitte des vorigen Jahrhunderts ging deshalb eine erschreckende Verunreinigung sämtlicher Wasserläufe in England Hand in Hand.

Eine durchgreifende Vorreinigung ist für die dauernde Wirksamkeit der biologischen Körper von ausschlaggebender Bedeutung, es kommt Vorreinigung durch Sandfänge, Rechen und daran anschließende mechanische Reinigung in Absitz- oder Faulbecken oder chemische Behandlung in Betracht. Für häusliches Abwasser wird meist das Abwasser in Klärbecken oder Faulbecken vorgereinigt. Enthält ein häusliches Abwasser viele gewerbliche Abwässer beigemischt, so ist meist chemische Behandlung unerläßlich. Im übrigen ist es ratsam, die für ein Abwasser zweckmäßigste Vorreinigung in jedem Falle durch besondere Versuche auszuprobieren.

Als Material für die biologischen Körper verwendet man Müllverbrennungsschlacke, Schmelzkoks, Gaskoks, Töpferscherben, Steine, Steinkohlen, Schieferstücke und ähnliche Materialien. Die Hauptanforderungen, die an das Material der Körper zu stellen sind, sind nach Schiele große Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Abwasser, ferner Rauigkeit und Festigkeit.

Aus diesen Materialien werden große Körper durch loses Zusammenlegen einzelner Stücke hergestellt. Man unterscheidet zwischen Füllkörpern und Tropfkörpern. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Körpern liegen in der Art ihrer Beschickung mit Abwasser. Die Füllkörper werden mit Abwasser angefüllt; das Abwasser bleibt eine Zeitlang in ihnen stehen und wird dann wieder abgelassen, wobei Luft in den Körper eingesaugt wird. Durch die Tropfkörper tropft das Abwasser ständig hindurch. Die Korngröße des Materials soll bei Füllkörpern etwa 3 bis 8 mm betragen, bei Tropfkörpern ist sie beträchtlich größer und beträgt 15 bis 75 mm, doch sind auch noch größere in Gebrauch (Schiele). Bei Füllkörpern besonders unterscheidet man zwischen einstufigem und zweistufigem Betrieb. Bei dem einstufigen Betrieb wird das aus dem Füllkörper

abfließende Wasser dem Vorfluter übergeben. Bei dem zweistufigen dagegen wird dieses Abwasser nochmals auf andere Füllkörper aufgeführt und erst dann in den Fluß geschickt. Bei zweistufigen Füllkörperanlagen haben die Körper der ersten Stufe eine größere Korngröße als die der zweiten Stufe. Tropfkörper werden meist nur einstufig betrieben. Ähnlich wie bei den Faulräumen müssen sich biologische Körper auch erst einarbeiten, d. h. sie liefern erst nach und nach nicht mehr fäulnisfähige Abflüsse. Diese Einarbeitungszeit kann einige Monate betragen. Sie ist bei Tropfkörpern meist kürzer als bei Füllkörpern und hängt zusammen mit der allmählichen Bildung einer schleimigen Haut auf jedem Teilchen des biologischen Körpers, auf die unten bei Besprechung des Wesens des biologischen Verfahrens (S. 82) noch einzugehen ist. Die Füllkörper werden so betrieben, daß man sie mit Abwasser füllt, dann eine Zeitlang das Abwasser in den Körpern stehen und dann austreten läßt. Die Zuleitung des Abwassers auf die Füllkörper erfolgt meist von oben, während das Abwasser von unten abgezogen wird. Nach jeder Beschickung muß der Füllkörper eine Zeitlang stehen, um die aufgenommenen Abwasserstoffe zu verarbeiten. Man hat in England gute Erfahrungen mit zweistündigem Vollstehen der Körper und vierstündigem Leerstehen gemacht (Schiele). Praktisch kann man auf die Dauer einstufige Füllkörper zweimal, zweistufige dreimal am Tage beschicken; danach kann 1 cbm einstufigen Füllkörpermaterials höchstens mit 0,66 cbm, 1 cbm zweistufigen Materials höchstens mit 0,5 cbm Abwasser täglich belastet werden.

Tropfkörper können im allgemeinen dauernd mit Abwasser beschickt werden, ohne daß die Reinigungswirkung abnimmt.

Die biologischen Körper baut man entweder in den Boden ein oder setzt sie auf den Boden auf. Wichtig für die gute Wirkung ist, daß sie eine gleichmäßige Temperatur besitzen; deshalb sind sie unter Umständen durch Ummauerung gegen Winterkälte zu schützen.

Die Füllkörper werden meist viereckig gebaut, Tropfkörper rechteckig, achteckig oder kreisrund.

Die Verteilung des Wassers auf die Körper geschieht bei den Füllkörpern in einfacher Weise durch Verteilungsfugen, gelochte Ton- oder Steinzeugröhren, offene, gelochte Rinnen, gelochte Halbröhre und andere Vorrichtungen. Bei Füllkörpern ist die gleichmäßige, gute Verteilung lange nicht so wichtig wie bei den Tropfkörpern. Bei Füllkörpern ist die Hauptsache die möglichst schnelle Füllung. Das Füllen und Leeren wird meist durch Schützen oder

Schieber, die von der Hand bedient werden, ausgeführt. Vielfach hat man aber auch selbsttätige Einrichtungen zum Füllen und Entleeren. Von ganz besonderer Wichtigkeit ist aber die gleichmäßige Verteilung des Abwassers auf die Tropfkörper. Die Zahl der zu diesem Zweck erfundenen Einrichtungen ist nahezu Legion. Man unterscheidet Streudüsen, bewegliche Drehsprenger, Kipprinnen, feststehende durchlochte Rinnen, Wandersprenger usw. In Fig. 19 sind Tropfkörper mit Verteilungseinrichtung durch Streudüsen, und im Hintergrunde Drehsprenger abgebildet.

Allgemein läßt sich nach Schiele über die Verteilungseinrichtungen für Tropfkörper folgendes sagen: Das angewendete System



Fig. 19. Wasserverteilungseinrichtungen für Tropfkörper (nach Schiele).

muß stets den örtlichen Verhältnissen angepaßt sein. Zweckmäßig sind vorher Versuche anzustellen. In Birmingham stellt man an eine gute Verteilungseinrichtung folgende Anforderungen:

1. Gleichmäßige Verteilung, so daß jeder Teil der Körperoberfläche genau gleich viel Wasser erhält,
2. Verteilung in Tropfenform,
3. absolute Kontrolle über die Verteilungseinrichtung,
4. angemessene Anlagekosten,
5. geringe Betriebskosten,
6. möglichst wenig bewegliche Teile,
7. geringer Kraftaufwand für die Verteilung.

Hinsichtlich des zum Betriebe nötigen Wasserüberdruckes sind die Streudüsen gegenüber den selbsttätigen Drehsprengern im Nach-

teil. Die Anwendbarkeit selbsttätiger Drehsprenger scheint sich nach den englischen Erfahrungen auf Körperdurchmesser bis zu 30 m, höchstens 35 m zu beschränken. Wenn maschineller Betrieb gewählt werden muß, erweisen sich große, rechteckige Körper mit Wandersprengern oder Streudüsenverteilung gegenüber kreisrunden Körpern mit Drehsprengern als zweckmäßiger und vorteilhafter. In Deutschland haben sich selbsttätige Röhrendrehsprenger für 20 m Körperdurchmesser mit 10 mm Lochungen auch bei strenger Winterkälte bestens bewährt. In England erfreuen sich zurzeit die Streudüsen, insbesondere die Fiddian-Streudüsen, wachsender Verbreitung.

Füllkörper und Tropfkörper sind im grossen und ganzen als gleichwertig anzusehen. Sie haben beide ihre Vorzüge und Nachteile. Die Vorzüge der Füllkörper sind: Einfache Wasserverteilung auf die Körper, geringe Geruchbelästigung, keine Fliegenplage, wenig Schwebestoffe im Abfluß, geringer Bedarf an Gefälle wegen der geringen Körperhöhe, größere Betriebssicherheit bei Winterkälte. Demgegenüber sind die Hauptvorzüge der Tropfkörper: größere Leistungsfähigkeit als Füllkörper; da die Körper höher gebaut werden können, so ist weniger Platz erforderlich; grobkörniges, billiges Material, weniger Bedienung. Während Füllkörper stets nach und nach verschlammten und deshalb öfter gereinigt werden müssen, verschlammten Tropfkörper nicht oder doch nur viel weniger. Tropfkörper vertragen ferner besser eine Überlastung mit Wasser bei Regenwetter, da der Luftzutritt niemals ganz abgeschnitten ist. Dagegen enthalten die Tropfkörper stets viele Schwebestoffe und müssen daher nachgereinigt werden. An den Tropfkörpern siedeln sich ferner in außerordentlich großer Zahl kleine Fliegen an. Insbesondere ist die Psychoda (Schmetterlingsmücke) zu nennen; ferner sind bei der Abwasserbehandlung auf Tropfkörpern Gerüche nie ganz zu vermeiden. Nach Erfindung der Tropfkörper hörte man oft die Ansicht aussprechen, daß die Füllkörper bald verschwinden würden. Diese Ansicht hat sich nicht bewahrheitet. Für die Reinigung des Abwassers größerer Städte haben sich zwar die Tropfkörper den Füllkörpern immer mehr überlegen gezeigt, da alle oben genannten Vorzüge der Tropfkörper billigere Bau- und Betriebskosten bedeuten. Für zentrale Kläranlagen von Städten baut man daher meistens jetzt Tropfkörperanlagen, doch sind auch noch in neuester Zeit in England für große Städte, z. B. Manchester, Füllkörperanlagen ausgeführt, die sich vorzüglich bewähren. Füllkörperanlagen sind überall da zweckmäßig, wo die Nähe von Wohnstätten, z. B. bei kleinen häus-

lichen oder Fabrikkläranlagen zu der Forderung zwingt, daß Gerüche und Fliegenbildung vermieden werden.

Wie schon erwähnt wurde, enthalten die Tropfkörperabflüsse stets reichliche Mengen von Schwebestoffen, die aus den Körpern ausgewaschen sind. Von den suspendierten Stoffen des Rohwassers unterscheiden sich diese Substanzen aber erheblich dadurch, daß sie nicht fäulnisfähig sind. Sie verleihen aber dem gereinigten Wasser ein häßliches Aussehen und würden im Vorfluter zu Schlammablagerungen führen; daher werden Tropfkörperabflüsse stets nachgeklärt. In England geschieht dies vielfach durch Landberieselung (auf 2500 Einwohner 1 ha). Meistens werden aber die Abflüsse in einfachen Klärbecken oder -brunnen nachbehandelt. Da der Schlamm nicht mehr fäulnisfähig ist, bietet seine Entwässerung und Beseitigung keine Schwierigkeiten.

Die Kosten der Abwässerreinigung mit dem biologischen Verfahren sind außerordentlich verschieden. Die Preise für biologisches Körpermaterial betragen nach Schiele von 3 bis 12 Mk. für 1 cbm, während 1 cbm fertiggestellten Körpermaterials etwa auf 6,5 bis 44 Mk. zu stehen kommt. Die Anlagekosten sollen in England im allgemeinen nicht unter 20 Mk. für den Kopf betragen.

Über das Wesen der biologischen Abwässerreinigung sind zwei Anschauungen vorhanden. Nach der einen, die vom Baurat Bretschneider, Charlottenburg, aufgestellt ist, und die sich auch im wesentlichen mit der von Travis verfochtenen sogen. Hampton-Doktrine deckt, soll die ganze sogen. biologische Abwässerreinigung in nichts weiterem als einer Abfiltrierung der organischen Schmutzstoffe, die in der Hauptsache in kolloidaler Form (auch die Hauptmasse der sogen. gelösten Stoffe) im Abwasser vorhanden sein sollen, bestehen. Dieser Theorie steht die von Dunbar und seinen Schülern gegenüber, wonach die biologische Abwässerreinigung folgendermaßen zu erklären ist: Jedes einzelne Teilchen des biologischen Körpers überzieht sich nach und nach mit einem schleimigen Rasen von Bakterien und anderen Organismen. Durch diesen Rasen werden während der Beschickung der größte Teil der organischen Stoffe adsorbiert. Das Benetzungshäutchen des Rasens absorbiert ferner in großen Mengen Sauerstoff. Mit Hilfe dieses Sauerstoffes und des sonstigen, in die Körper eintretenden Sauerstoffes werden die adsorbierten Stoffe in den zwischen den Beschickungen liegenden Ruhepausen durch die Organismen zersetzt. Diese Theorie ist durch zahlreiche, durchaus beweiskräftige Versuche gestützt, so daß an ihrer Richtigkeit kein Zweifel bestehen kann.

## 2. Die Landberieselung.

Die Abwasserbehandlung auf Land ist die älteste Art der Abwasserbehandlung. Seit Menschengedenken ist es bekannt, daß der Erdboden die Eigenschaft hat, üble Gerüche zu binden und aus einem trüben, faulen Wasser ein reines zu machen.

Man unterscheidet hauptsächlich zwei Arten der Abwasserbehandlung auf Land, nämlich die Rieselfelder und die intermittierende Sandfiltration nach Frankland.

### a) Rieselfelder.

Das Rieselverfahren ist ebenfalls in England zuerst praktisch erprobt worden. Es gibt dort noch heute ein Rieselfeld, das schon 200 Jahre im Betriebe sein soll. Bekanntlich enthalten die Abwässer eine Anzahl von Substanzen, die für die Pflanzen wertvolle Nährstoffe sind (Stickstoff, Phosphorsäure, Kali). Das Rieselverfahren nutzt diesen Umstand aus, indem auf den Rieselfeldern allerhand Nutzpflanzen angebaut werden. Auf diese Weise wird bei diesem Verfahren der Abwässerbeseitigung mit der Reinigung des Abwassers eine Ausnutzung der in ihm vorhandenen Nährstoffe verbunden.

Als beste Bodenart für Landberieselung sieht man in England die über Hochwasser liegenden Alluvionen in den meisten Flußtälern an, und zwar gilt sandiger Lehm über Kies und kiesigem Sand oder kiesiger, sandiger Untergrund mit leichtem oder mittlerem Mutterboden von etwa 40 cm Höhe darüber, der das Abwasser etwas zurückhält, als besonders geeignet. Kiesboden ohne feinere deckende Schicht gilt für allzu durchlässig (Schiele). Der schlechteste Boden ist Clay-, Lehm- oder Tonboden, ferner auch Torf. Tonboden läßt sich, da er nicht durchlässig ist, nur für die sogen. Oberflächen- oder wilde Berieselung verwenden.

Nach Dunbar gibt es hauptsächlich zwei Arten des Rieselbetriebes, nämlich die Hang- bzw. Rückenberieselung und den Beetbau. Bei der ersten Art tritt das Wasser am höchsten Punkte des Geländes aus. Nach Herabrieseln über ein Stück Land wird es in einem Graben aufgefangen, von dem aus es wieder gleichmäßig über das nächste Feld verteilt wird. Bei stark geneigtem Gelände muß man Gräben ziehen oder Dämme aufwerfen, die den Lauf des Abwassers aufhalten und es von neuem verteilen. Bei weniger abschüssigem Gelände wird der Rückenbau folgendermaßen ausgeführt: Das Abwasser fließt aus dem quer von der Rieselanlage herführenden Verteilungsgraben in senkrecht dazu angelegte kleinere Zuleitungsgräben. Diese sind am Ende abgedämmt, so daß das Abwasser

aus den Zuleitungskanälen seitlich übertreten muß. Es läuft dann über geneigte Wiesenflächen in tiefer liegende Gräben, die mit einem zweiten Verteilungsgraben in Verbindung stehen. Von diesem zweiten Verteilungsgraben aus wird das Wasser dann in genau derselben Weise nochmals über eine zweite Reihe von Wiesenstücken verteilt. Man wendet den Hangbau im allgemeinen nur für die Oberflächenberieselung und da an, wo das Gelände so tief liegt, daß es nicht trockengelegt werden kann, und die Anlage einer guten Drainage demnach nicht zugänglich ist.

Bei uns in Deutschland und auch in Frankreich sucht man nach Möglichkeit die Rieselfelder nach dem Prinzip des Beetbaues anzulegen. Hierbei fällt ein oberflächliches Abfließen des Abwassers weg, das Wasser tritt durch den Boden hindurch, es ist also das Verfahren für den eigentlichen Rieselbetrieb. Das Abwasser wird durch Gräben eingeführt, man läßt aber die Verteilungsgräben sich nur so weit mit Abwasser füllen, daß es nur von der Seite her und unter der Oberfläche in die bebauten Beete eintreten kann. Eine Benetzung der Stengel und Blätter der Pflanzen wird auf diese Weise vermieden. Die Beete pflegt man nur 1 m breit und 20 bis 40 m lang zu machen, da sonst die gleichmäßige Wasserverteilung nicht zu erreichen ist. Beetanlagen bedingen viele Zuleitungsgräben und auch Wege, von denen aus die Beete gepflegt werden können. Sie bedingen also einen großen Verlust an Betriebsfläche.

Im Anschluß hieran sei noch eines Verfahrens kurz gedacht, das zwar bis jetzt noch keine große Verbreitung gefunden hat, aber überall da gute Dienste zu leisten vermag, wo in der Nähe von Städten und Fabriken keine geeigneten Rieselflächen zu haben sind. Das Verfahren besteht darin, das Abwasser Gutswirtschaften zuzuleiten und hier mittels Schläuchen auf die Äcker zu verspritzen. Im Jahre 1897 ist es zuerst von Nöbel in Eduardsfelde bei Posen mit jährlich 25 000 cbm Abwasser der Stadt Posen angewandt worden. Es wird nach dem Erfinder „Benöbelung“ oder „Eduardsfelder Verfahren“ oder auch „Schlauchberieselung“ genannt.

In den meisten Fällen ist der Untergrund drainiert. Durch Sammeldrains wird das gereinigte Abwasser dem Vorfluter zugeführt. Unter Lehm- oder Tonboden fehlt natürlich die Drainage, da sie hier keinen Zweck hätte. Die Wirkung der Rieselung ist einmal eine filtrierende, indem alle Schwebestoffe, die die Größe der Bodenporen übersteigen, zurückgehalten werden. Ferner wird auch ein großer Teil der Bakterien abfiltriert. Dann werden aber auch, in ähnlicher Weise wie bei dem künstlichen biologischen Verfahren, aber

noch weitgehender, die gelösten organischen Stoffe durch die Mikroorganismen des Bodens zersetzt. Das aus den Sammeldrains abfließende Abwasser unterscheidet sich von dem Rohwasser dadurch, daß es vollkommen klar und nicht mehr fäulnisfähig ist. Die Oxydierbarkeit ist beträchtlich herabgesetzt, die Stickstoffverbindungen werden weitgehend abgebaut und zum Teil in Salpetersäure und salpeterige Säure verwandelt.

Die Wirkung der Oberflächenrieselung ist bedeutend schlechter als die des eigentlichen Rieselbetriebes.

Es empfiehlt sich unter allen Umständen, die Abwässer vor der Verrieselung vorzureinigen, da man dann die Landflächen mit größeren Abwassermengen belasten kann. Für Vorreinigung kommt sowohl Rechen- und Sandfangreinigung, als auch Faulbecken-, sowie Absitzbetrieb mit und ohne chemische Behandlung in Betracht. Ja, in einzelnen Fällen wird das Wasser zunächst auf biologischen Körpern vorbehandelt und dann erst verrieselt.

Bei richtigem Betrieb ist die Reinigungswirkung der Rieselfelder unbegrenzt, Mißerfolge sind meistens auf falsche Betriebsführung oder Fehler in der ersten Anlage zurückzuführen. Körnerfrüchte und Kartoffeln eignen sich nach englischer Auffassung (Schiele) nicht zur Anpflanzung, dagegen sind Gras, Rüben und Kohl sehr geeignet; über Weidenpflanzen sind die Ansichten geteilt.

Die Hauptsache muß bei den Rieselfeldern immer die Abwässerreinigung bleiben; der Betriebsgewinn darf nicht auf Kosten der guten Reinigungswirkung erhöht werden. Es ist deshalb auch unratsam, daß Städte ihre Rieselfelder an Landwirte verpachten, da diese immer den Gewinn in erster Linie im Auge haben werden. Große Rieselfelder können im allgemeinen besser und rationeller betrieben werden als kleine. In England rät man daher kleinen Gemeinden dazu, sich lieber zu mehreren zusammenzutun und ein großes Rieselfeld gemeinsam anzulegen, als mehrere kleine Anlagen zu errichten. Gegen das Halten von Milchkühen und Ochsen auf den Rieselfeldern bestehen in England keine Bedenken.

Von sehr nachteiligem Einfluß auf die Aufnahmefähigkeit der Rieselfelder sind natürlich starke Regenfälle.

Im Grunde genommen können nach Schiele die Rieselfelder als Tropfkörper angesehen werden; ihr feines Korn erfordert aber einen Betrieb wie bei Füllkörpern, d. h. regelmäßige Ruhepausen. Das Rieselfeld muß also so groß gewählt werden, daß ein Teil stets der Ruhe überlassen bleiben kann. Die letzte englische königliche Abwasserkommission hält für das zweckmäßigste Verhältnis von Betriebs-

fläche zu Ruhefläche bei Oberflächenberieselung das Verhältnis von 1:5, für Filtrationsrieselung das von 1:3. Dieselbe königliche Abwasserkommission hat im letzten Band ihres IV. Berichtes eingehende Versuche über Abwasserbehandlung auf Land angestellt. Die Versuche sind mit für deutsche Verhältnisse sehr dünnem Abwasser angestellt. Schiele hat deshalb die Resultate der Kommission auf deutsches Abwasser mittlerer Konzentration umgerechnet. Dabei ergibt sich folgende zulässige Belastung von Rieselland nach mechanischer oder chemischer Vorbehandlung.

Auf 1 ha ist zulässig:

Bodenart	Für eine bestimmte Zeit		Auf ganze Rieselfläche und ganze Jahre gerechnet		Betriebsweise des Rieselfeldes:
	cbm	Einwohnerzahl (90 Liter Abwasser täglich auf den Kopf)	cbm	Einwohnerzahl (90 Liter Abwasser täglich auf den Kopf)	
Bester Rieselboden (sandiger Lehm über Kies und Sand)	260—340	2900—3800	80—120	900—1300	Eigentlicher Rieselbetrieb
Weniger guter Rieselboden (sandiger und teilweise torfiger Boden über Sand und Kies)	140—260	1500—2900	48—80	500—900	Eigentlicher Rieselbetrieb
Schlechter Boden (vom sandigen Lehm bis Lehm und Ton)	30—100	300—1100	10—30	100—350	Wilde oder Oberflächenrieselung oder gemischter Betrieb aus wilder Rieselei und Filtration

Die Rentabilität der Rieselfelder ist außerordentlich verschieden. Während manche Rieselfelder große Summen zusetzen, decken andere nicht nur die gesamten Betriebskosten, sondern machen auch noch Überschüsse. Das erklärt sich daraus, daß die Anlagekosten, insbesondere die Kosten für den Grunderwerb, außerordentlich verschieden sind. Dazu kommt ferner, daß die Rieselfelder, die Überschüsse machen, meist verpachtet sind, wobei aber oft, wie schon oben erwähnt, die Reinigungswirkung eine ungenügende wird, da in erster Linie auf den Gewinn losgewirtschaftet wird.

Die Kosten der Landberieselung betragen abzüglich der Überschüsse nach Frühling für 1 cbm zu reinigenden Abwassers in

Berlin 2,2, in Breslau 0,68, in Braunschweig 1,6, in Magdeburg 0,46, in Dortmund 1,5, und in Freiburg 0,73 Pf.

b) Die intermittierende Sandfiltration nach Frankland.

Im Jahre 1871 wies Frankland nach, daß ein häusliches Abwasser sich ebenso gut wie durch Verrieselung reinigen läßt, wenn man es durch eine genügend große Sandschicht filtriert. Eine Verstopfung der Filter läßt sich vermeiden, wenn man dem Sandfilter das Wasser nicht ununterbrochen zuführt, sondern nach jeder Beschickung eine Ruhepause eintreten läßt. Die aufgenommenen Schmutzstoffe werden dann, ähnlich wie bei dem künstlichen biologischen Verfahren und den Rieselfeldern, durch Organismen zer setzt. Wegen dieser Ruhepausen in den Beschickungen nannte Frankland sein Verfahren intermittierende Sandfiltration.

Die intermittierende Sandfiltration unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von dem Rieselfahren, daß die Filtration in besonders vorbereiteten Sandflächen vorgenommen wird, die mit weit mehr Abwasser beschickt werden dürfen als Rieselfelder, und trotzdem eine gute Reinigungswirkung erzielen, bei denen dann aber auf landwirtschaftliche Ausnutzung der Pflanzennährstoffe, also Bebauung der Flächen, verzichtet werden muß.

Das Verfahren wurde zunächst mehrfach in England angewendet. Da es aber falsch gehandhabt wurde, ergaben sich Mißstände, wie Verstopfungen des Sandes, üble Gerüche und ähnliches, so daß das Verfahren in Mißkredit geriet und eine ganze Zeitlang nicht angewendet wurde.

Erst der nordamerikanische Staat Massachusetts begründete mit eingehenden Versuchen in einer Versuchsanlage zu Lawrence und daraufhin angelegten großen Anlagen den guten Ruf, den das Verfahren heute genießt.

Henneking hat die Anlagen im Staate Massachusetts eingehend studiert und berichtet in den Mitteilungen der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung über seine an Ort und Stelle gemachten Erfahrungen und die erhaltenen Ergebnisse. Die nunmehr achtzehnjährigen Erfahrungen in Massachusetts zeigen, daß es unter den dortigen Verhältnissen am zweckmäßigsten ist, das Abwasser einer Vorbehandlung vor Aufleitung auf die Filterbetten nicht zu unterziehen. Das amerikanische Abwasser ist allerdings sehr dünn, etwa halb so dünn wie mittleres deutsches Abwasser häuslicher Herkunft und enthält auch keine nennenswerten Mengen von gewerblichem Abwasser. Der Reinigungseffekt wird um so

günstiger, in je früherem Zustande die Abwässer auf die Filterbetten geleitet werden. Die zurückbleibenden Schwebestoffe schlagen sich auf den Oberflächen der Betten nieder und lassen sich in billiger und bequemer Weise nach genügendem Trocknen abkratzen. Bei dieser Art des Betriebes lassen sich auf eine unbeschränkte Reihe von Jahren dauernd gute Reinigungserfolge mit Beschickungen von 500 bis 1000 cbm (250 bis 500 cbm deutschen Abwassers) für 1 ha 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.

Der geeignetste Boden für die Filterbetten ist ein von organischen Stoffen freier, poröser Sand und Kies von 0,04 bis 0,75 mm Korngröße. Er soll in der ganzen Höhe von einheitlicher Beschaffenheit sein, d. h. das ganze Bett muß in der Kubikeinheit annähernd die gleiche Anzahl von Sandkörnern der verschiedenen Größen enthalten. Lehmige Ober- und Zwischenschichten sind zu entfernen. Die Filteroberfläche muß wagerecht sein oder eine geringe Neigung von 1 : 200 oder 1 : 500 haben; die Höhe der Filterschicht soll mindestens 1,20 m oder durchschnittlich 1,50 m betragen. Die hauptsächlichste Reinigung des Abwassers vollzieht sich in der oberen Schicht bis 60 und 90 cm Tiefe. Eine quadratische Form der Felder von etwa 0,4 ha Flächeninhalt hat sich als die zweckmäßigste Anordnung erwiesen. Die Felder müssen gut drainiert werden, so daß das gereinigte Wasser leicht abfließen kann. Es ist dringend erstrebenswert, das Kanalnetz nach dem Trennsystem zu entwerfen.

Eine Nachbehandlung des gereinigten Wassers ist nicht notwendig.

Die Ruhepausen, die man nach jeder Beschickung gibt, sind sehr verschieden. Sie schwanken zwischen einigen Stunden und 3 Tagen und betragen meist 24 Stunden, so daß die Filter gewöhnlich im Tage einmal beschickt werden. Da, wie schon erwähnt, die Filterbetten viel stärker mit Abwasser belastet werden als Rieselfelder, so sind die Kosten bei der intermittierenden Sandfiltration erheblich geringer. Während nämlich die Filterbetten mit dem Abwasser von 300 Personen auf 1 ha täglich beschickt werden können, kann man auf 1 ha Rieselland die Abwässer von nur 275 Personen reinigen. Die Bodenfiltration erfordert daher nur etwa ein Elftel der gesamten beim Rieselbetrieb erforderlichen Fläche. Die Kosten der intermittierenden Sandfiltration schwanken dementsprechend zwischen 0,69 bis 24,60 Mk. für 1000 cbm Abwasser und sollen nach Henne-

king nur etwa 8,2 0/0 von den Kosten des Rieselbetriebs betragen. Die reinigende Wirkung der Sandfilter ist allerdings auch nicht so weitgehend wie die der Rieselfelder. In Deutschland ist das Verfahren bisher nicht in praktische Anwendung gekommen.

### 3. Abwässerreinigung durch Fischteiche.

Mehrfach ist vorgeschlagen worden, die Abwässer dadurch zu reinigen, daß man sie in Fischteiche einleitet. Die Schmutzstoffe setzen sich dabei gemäß den im Kapitel „Selbstreinigung der Flüsse“ gemachten Ausführungen in Organismen der verschiedensten Art um, von denen immer die größeren die kleineren verzehren, so daß die in das Wasser eingeschwemmten organischen Schmutzstoffe schließlich in Fischfleisch umgesetzt werden. Natürlich muß dabei eine solche Verdünnung des Abwassers vorgenommen werden, daß einmal direkte Schädigungen des Fischlebens vermieden werden, die durch den Schwefelwasserstoff und andere schädigend wirkende Stoffe des Abwassers bei zu hoher Konzentration vor sich gehen würden, andererseits die Selbstreinigung in normaler Weise verlaufen kann.

Cronheim hat in dieser Richtung Versuche angestellt, die das wichtige Ergebnis hatten, daß wenig sauerstoffbedürftige Fische, wie Karpfen und Schleien, das Einleiten von Abwasser bis zu 10 0/0 des gesamten Teichinhaltes anstandslos vertrugen. Fäulniserscheinungen im Wasser und Schlammansammlungen auf dem Teichboden kamen nicht vor.

Bei späteren Versuchen leitete Cronheim 1 0/0 Abwasser alle 4 bzw. 8 Tage einem Teiche zu, der außer Karpfen und Schleien auch Forellen und Zander enthielt. Auch bei diesen Versuchen zeigten sich auch bei den in hohem Grade sauerstoffbedürftigen Fischen, wie Forellen, keine Schädigung. Während 1 ha Rieselland nur die Abwässer von 200 Personen aufnehmen kann, soll 0,2 ha Karpfenteich nach Hofer dauernd die Abwässer von 300 Personen ohne Eintreten umfangreicherer Fäulniserscheinungen bewältigen. Diese Methode eignet sich besonders für das flache Land, für Einzelgehöfte, Krankenanstalten usw., doch hält Hofer sie auch für Großstädte, wie beispielsweise München, für anwendbar.

Nach Schick ist das Verfahren für die Kreisirrenanstalt Kutzenberg in Oberfranken (300 Personen) mit einem 0,2 ha großen Teiche mit bestem Erfolge in Gebrauch. Im Bau sollen nach demselben Autor zurzeit Anlagen für die südbayerischen Städtchen Weinding und Ichenhausen mit je 3000 Einwohnern sein. Weitere Erfahrungen über die Kosten und den Betrieb bleiben abzuwarten.

#### IV. Beseitigung und Verwertung der anfallenden Rückstände.

##### 1. Sandfang-, Rechenrückstände, Klärschlamm.

Die bei der Abwasserreinigung anfallenden Rückstände sind: Sandfangrückstände, Rechenrückstände, Klärbeckenschlamm und Schlamm aus Nachreinigungsbecken von biologischen Tropfkörperanlagen. Mit Ausnahme der letzteren sind sie alle mehr oder weniger fäulnisfähig. Die Schlammabeseitigung ist die schwierigste und bedeutungsvollste Frage der ganzen Abwässerabeseitigung. Eine für alle Fälle befriedigende Lösung der Schlammfrage kennt man auch heute noch nicht.

Die Menge der Sandfang- und Rechenrückstände ist nicht groß. Meist werden nicht mehr als 15 bis 20 % aller im Abwasser vorhandenen ungelösten Stoffe durch diese Reinigungsapparate beseitigt. Die Sandfangrückstände bestehen in der Hauptsache aus Sand, Lumpen, Knochen, Kaffeesatz und ähnlichen Substanzen. Sie besitzen gewöhnlich einen Wassergehalt von 60 bis 70 %; die Trockensubstanz besteht etwa zu zwei Dritteln aus mineralischen und zu einem Drittel aus organischen Stoffen. In Frankfurt fallen bei etwa 400 000 Einwohnern und 100 000 cbm täglichem Trockenwetterabfluß ungefähr 10 bis 15 cbm Sandfangrückstände innerhalb 24 Stunden an. Die Beseitigung der Sandfangrückstände bereitet meist keine großen Schwierigkeiten. Die Massen sind bei diesem Wassergehalt völlig stichfest; sie werden durch Aufbringen auf Landflächen getrocknet. Für die Lagerung beanspruchen sie keine größeren Räume; auch trocknen sie ziemlich schnell aus. Die trocknen Rückstände werden an Landwirte als Düngemittel abgegeben. Die Frankfurter Sandfangrückstände enthalten etwa 0,12 % Stickstoff, 1,01 % Phosphorsäure ( $P_2O_5$ ) und 0,12 % Kali ( $K_2O$ ) in der Trockensubstanz. Die Menge der täglich anfallenden Rechenrückstände einer Feinrechenanlage ist etwa ebenso groß wie die der Sandfangrückstände. Sie bestehen in der Hauptsache aus Fäkalien und Papier. Ihr Wassergehalt beträgt gewöhnlich rund 80 %. Die Trockensubstanz besteht fast nur aus organischen Stoffen. Sie werden ebenfalls in Lager gebracht, hier an der Luft getrocknet und in diesem oder auch in nassem Zustande als Düngemittel verwertet. Obwohl auch diese Rückstände für ihre Lagerung nicht viel Platz beanspruchen, können sie doch infolge ihres Gehaltes an Fäkalien durch Geruchsbelästigungen sehr unangenehm werden. Die Rechenrückstände der Frankfurter Kläranlage enthalten in der Trockensubstanz etwa 0,82 % Stickstoff, 1,57 % Phosphorsäure ( $P_2O_5$ ) und 0,40 % Kali ( $K_2O$ ).

Der weitaus bedeutendste Teil der anfallenden Rückstände ist der Klärschlamm. Er setzt sich beim Klärprozeß in den Klärbecken, Klärbrunnen usw. zu Boden und bildet eine stets in Fäulnis begriffene schwarze Masse, die breiig bis wässerig ist und immer einen äußerst belästigenden Geruch verbreitet. Der Klärschlamm besteht in der Hauptsache aus zerriebenen Fäkalien, Papierfasern, Kaffeesatz, Sand usw. Seine schwarze Farbe rührt von geringen Mengen von Schwefeleisen her, das sich aus dem bei der Fäulnis entstandenen Schwefelwasserstoff und den Eisensalzen des Abwassers gebildet hat. Sein Wassergehalt ist gewöhnlich 90 bis 95  $\frac{0}{100}$ . Die Zusammensetzung der Trockensubstanz ist abhängig von örtlichen Verhältnissen und dem angewendeten Klärverfahren. Mechanisch und ohne Zusatz von Chemikalien abgesetzter Klärschlamm enthält in der Trockensubstanz etwa 50  $\frac{0}{100}$  organische und etwa 50  $\frac{0}{100}$  mineralische Stoffe. Er enthält an Pflanzennährstoffen ferner ungefähr 2 bis 3  $\frac{0}{100}$  Stickstoff, ebenso viel Phosphorsäure ( $P_2O_5$ ) und etwa 0,5  $\frac{0}{100}$  Kali ( $K_2O$ ) in der Trockensubstanz. Bemerkenswert ist ferner der hohe Gehalt des Klärbeckenschlammes an Fett. Frankfurter Klärschlamm enthält im Mittel etwa 18  $\frac{0}{100}$  Fett in der Trockensubstanz. Dieses Fett entstammt einesteils den Schmierölen der Fabriken, den Küchenabwässern und Fäkalien, in der Hauptsache aber den beim Waschen verwandten Seifen. Die Alkaliseifen setzen sich mit den Kalksalzen des Abwassers zu unlöslichen Kalkseifen um, die in Flocken ausgefällt werden und sich beim Klärprozeß in den Becken und Brunnen mit zu Boden setzen. Das aus dem mit Schwefelsäure leicht angesäuerten Klärschlamm abgeschiedene Fett hat folgende Zusammensetzung: 68 bis 73  $\frac{0}{100}$  freie Fettsäuren (aus den Seifen stammend); 18 bis 20  $\frac{0}{100}$  Neutralfett (Fäkalienfett, Fett aus Küchenabwässern); 7 bis 14  $\frac{0}{100}$  unverseifbare Anteile (Schmieröle). Selbstverständlich können sich diese Zahlen bei Schlamm aus Kläranlagen, die eine größere Menge von gewerblichen Abwässern verarbeiten, als dies in Frankfurt der Fall ist, sehr verschieben.

Die Hauptschwierigkeit der Schlammabeseitigung liegt in dem außerordentlich hohen Wassergehalt, da der 90  $\frac{0}{100}$  und mehr Wasser enthaltende Schlamm nicht nur einen sehr bedeutenden Raum einnimmt, sondern auch bei diesem hohen Wassergehalt ein sehr schnell in stinkende Fäulnis geratendes Nährsubstrat für Fäulnispilze der verschiedensten Art darstellt.

Im Grunde genommen fällt die ganze Frage der Beseitigung des Schlammes mit der Frage der Entwässerung zusammen.

## 2. Trocknung des Schlammes.

Diejenige Art der Trocknung des Schlammes, die am weitesten verbreitet und am längsten im Gebrauch ist, ist das Aufbringen des Schlammes auf Land. Dabei versickert ein Teil des Wassers in den Boden, und ein anderer Teil verdunstet. Das Entwässern geht aber infolge der schleimigen Beschaffenheit des Schlammes außerordentlich langsam vor sich. Bis der Schlamm vollkommen trocken ist, vergehen Monate und Jahre. Die Folge davon ist, daß die Schlamm-lager, ganz besonders in der warmen Jahreszeit, sich durch einen äußerst unangenehmen Geruch bemerkbar machen. Man bekämpft die aus den Schlamm-lagern aufsteigenden Gärungsgase durch Bedecken der Lager mit Bedeckungsmitteln wie Torf, Teer usw. und hemmt wohl auch die Gärung durch Bedecken der obersten Schlamm-schicht mit Desinfektionsmitteln (Saprol, Teer, Chlorkalk usw.). Da man den Schlamm übrigens, wenn er nicht gar zu lange Zeit zu seiner Trocknung gebrauchen soll, in nicht zu hoher Schicht in die Lager bringen darf, so stellt sich der Schlamm-lagerbetrieb dadurch ziemlich teuer, daß man erhebliche Aufwendungen für Grunderwerb zu machen hat. Diese unangenehmen Eigenschaften beim Ausbreiten auf Land zeigt vor allem der frische Schlamm aus Klärbecken oder Brunnen, während der ausgefaulte Schlamm aus Faulbecken viel günstigere Eigenschaften zeigt. Er hat zunächst an sich eine höhere Trockensubstanz als der frische, sein Geruch ist weniger unangenehm, vor allem aber gibt er beim Aufbringen auf Land sein Wasser viel besser ab.

Nach Spillner soll der Emscherbrunnenschlamm alle guten Eigenschaften des Faulraumschlammes in erhöhtem Maße aufweisen. Sein Wassergesalt ist noch erheblich niedriger als der des Faulraum-schlammes. Mit 70% Wasser ist er noch breiig und vollkommen beweglich; auch hat er keinen unangenehmen Geruch. Spillner führte vergleichende Entwässerungsversuche mit frischem und Emscher-brunnenschlamm aus. Die Versuche zeigten, daß der frische Schlamm viel längere Zeit zum Erreichen der Stichtfestigkeit braucht als der zersetzte, und daß der frische Schlamm viel weniger Drainwasser abgibt als der zersetzte.

Die günstigen Ergebnisse für den ausgefaulten Schlamm beruhen nach Spillner sowie Imhoff in dem an sich schon höheren Trocken-substanzgehalte des Faulraumschlammes, in dem hohen Gehalt an Gasen, den der ausgefaulte Schlamm besitzt, und darin, daß beim ausgefaulten Schlamm die Kolloide, die die Hauptursache für das zähe Festhalten des Wassers beim frischen Schlamm sind, durch das Faulen zerstört sind.

Die Schlamm-trocknung durch Drainierung ist bei Emscherbrunnen im großen bisher in den Anlagen Essen-N.W., Bochum und Recklinghausen-Ost im Betrieb. Die bisherigen Ergebnisse sind nach Spillner äußerst günstig.

Eine Trockenmethode, die in England viel in Gebrauch ist, besteht darin, den Schlamm in frisch ausgehobene Gräben zu bringen. Dabei soll das Wasser von dem aufgelockerten Erdreich schneller aufgesogen werden. Sobald der Schlamm so weit eingetrocknet ist, daß er aufgeworfene Erde tragen kann, wird die vorher ausgehobene Erde ausgefüllt. Bei frischem Schlamm soll aber auch hier die Trocknung eine sehr langwierige sein.

In Göttingen und Kassel wird der Schlamm mit Müll kompostiert.

Es ist selbstverständlich, daß man sich von jeher bemüht hat, das Verfahren der Trocknung von Schlamm auf Land durch ein Verfahren zu ersetzen, das eine schnelle Trocknung gestattet. In erster Linie ist dabei an Filtrieren gedacht worden. Man hat damit aber an vielen Orten schlechte Erfahrungen gemacht. Die Kolloide des Schlammes machen ein Entwässern mit Filterpressen unmöglich, indem sie die Filtertücher sehr bald verstopfen. Preßt man den Schlamm heiß oder setzt ihm Chemikalien zu, so sind die Ergebnisse besser, das Verfahren gestaltet sich dann aber sehr teuer. In Deutschland werden daher meines Wissens Filterpressen nirgends angewendet. In England werden sie jedoch nicht selten für die Schlamm-entwässerung gebraucht. In den Fällen entstammt der Schlamm dann aber stets der Chemikalienklärung, so daß er erhebliche Mengen von Kalk enthält.

Erheblich bessere Resultate hat man in neuester Zeit durch Anwendung von Zentrifugen erzielt. In Frankfurt a. M., Harburg und Hannover wird der Klärschlamm durch Zentrifugen nach System Schäfer-ter Mer entwässert. Dieser Apparat ist in maschineller und hygienischer Beziehung der vollkommenste Apparat zur Entwässerung des Schlammes mit Hilfe von Zentrifugen. Er arbeitet vollkommen automatisch, und die Arbeiter kommen mit den Rückständen nicht in Berührung (Fig. 20a u. b). Der Schlamm fließt aus einem Füllbehälter durch eine senkrechte Rotationsachse so in die Zentrifuge, daß er sich auf sechs Kasten verteilt, welche radial zu der Achse, räumlich voneinander getrennt, angeordnet sind. Diese Kasten sind durch ein senkrecht stehendes Sieb in einen Schlamm- und einen Abwasserraum getrennt. Der Schlamm tritt in den Schlammraum ein, in dem die gröberen Schlammteile durch die Zentrifugalkraft (etwa 750 Umdrehungen in der Minute) an die Peri-

perie geschleudert werden, während das Abwasser durch die Siebe in den nebenliegenden Abwasserraum geführt wird. Das Verstopfen der Siebe wird durch eine automatische Reinigungsvorrichtung verhütet. Nach einer Schleuderzeit von 1 bis 2 Minuten sind die Schlammkästen vollständig mit Schlamm angefüllt. Die Schlammzufuhr wird alsdann durch einen Ringschieber automatisch abgesperrt. Unmittelbar darauf öffnet sich am Umfang der Maschine ein anderer Ringschieber, welcher den Verschluß der Kästen nach außen bildet, und der ausgepreßte Schlamm wird aus den Kästen herausgeschleudert.

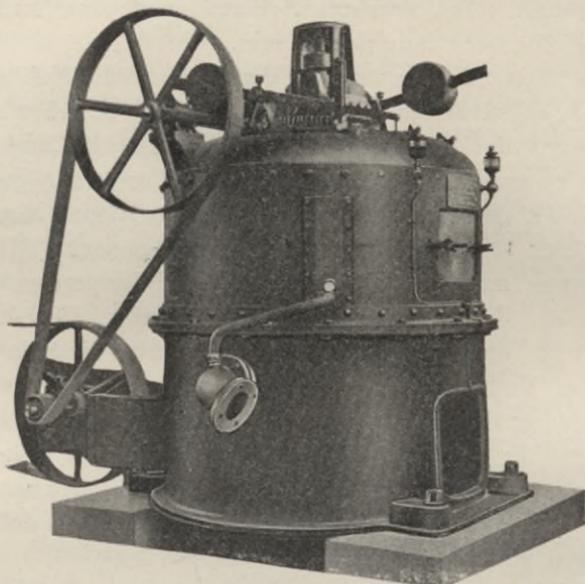


Fig. 20a. Schlamm Schleuderapparat System Schäfer-ter Mer.

Nachdem sich der Ringschieber von selbst wieder geschlossen hat, öffnet sich der Schlammzulaufschieber, und die Schleuderperiode beginnt von neuem. Die Maschine arbeitet ohne jede Unterbrechung. Das Öffnen und Schließen der Schieber wird automatisch durch Öldruck mit Hilfe eines besonderen Mechanismus betätigt. Die Maschine bedarf außer zum Abölen keinerlei Bedienung. Die Kosten sind ziemlich beträchtlich; sie betragen nach Reichle und Thiesing für 1 cbm trocknen Schlamm 3,42 Mk., während das Entwässern mit Filterpressen nur etwa 2,31 Mk. betragen soll. Ein weiterer Nachteil des Verfahrens ist der, daß das aus den Zentrifugen abfließende Abwasser noch sehr viel Trockensubstanz hat. Diese Nachteile ändern aber nichts an der Tatsache, daß das Verfahren zurzeit das einzige ist, das eine schnelle Entwässerung des Schlammes in

hygienisch einwandfreier und verhältnismäßig einfacher Weise gestattet.

In Frankfurt im kleinen von uns ausgeführte Versuche, den Schlamm auf elektroosmotischem Wege zu entwässern, sind bisher im großen noch nicht nachgeprüft worden.

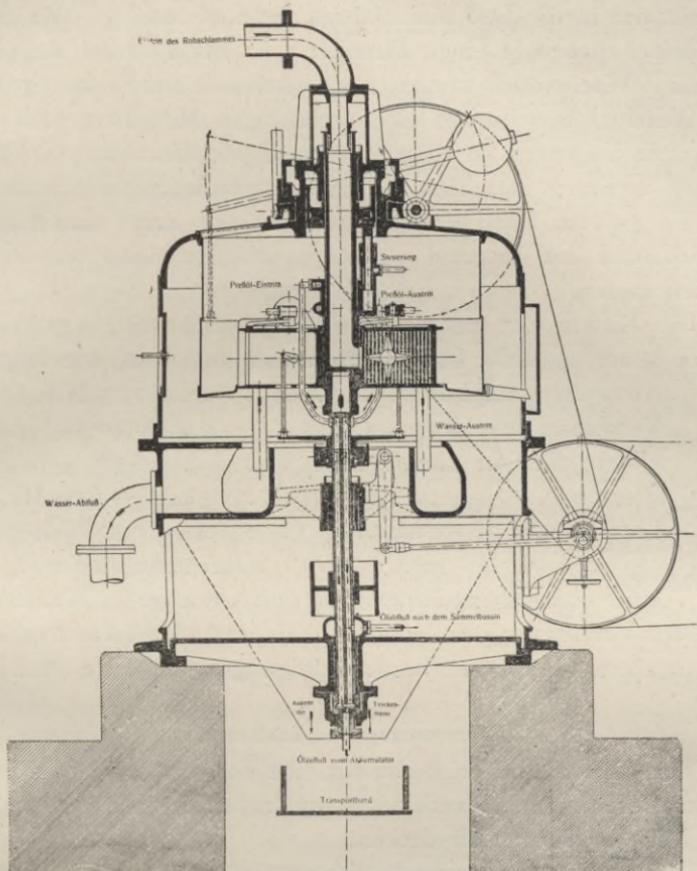


Fig. 20 b. Schlamm Schleuderapparat System Schäfer-ter Mer.

Städte, die an der See liegen, entledigen sich ihres Schlammes oft auf die naheliegende Weise, ihn ins Meer zu versenken. Wenn auch das Verfahren wohl eines der billigsten ist, so ist es doch nicht das billigste, wie man auf den ersten Blick glauben möchte, denn die Schlammschiffe müssen schon weit in die See hineinfahren, wenn die Flut den Schlamm nicht wieder ans Land werfen soll. Nach Spillner wird die Methode unter anderem in London, Manchester und Salford angewendet und ist für mehrere andere Orte

vorgeschlagen, z. B. für Belfast. London besitzt eine ganze Flottille von Schlamm dampfern, von denen jeder 1000 Tonnen faßt und 600 000 Mk. kostet, außerdem große eiserne Tanks auf der Anlage, in denen der Schlamm jedesmal bis zur Wiederankunft der Dampfer aufbewahrt wird. Die Entfernung, welche die Dampfer von London aus jedesmal in die See hineinfahren, beträgt 100 km. Manchester und Salford haben je einen Dampfer, der etwa 80 km weit in die See fährt. Wöchentlich werden durchschnittlich drei Fahrten gemacht.

Weldert berichtet in einer vorläufigen Mitteilung, daß durch Zusatz von Salpeter Klärschlamm sowohl, wie Abwasser die Fäulnisfähigkeit verlieren. Da aber die faule Beschaffenheit des Schlammes eine der größten Unannehmlichkeiten ist, so kann man vielleicht den Schlamm mit Nitraten versetzen und ihn dann an der Luft trocknen lassen.

Die Kosten der verschiedenen Schlamm beseitigungsverfahren gibt die letzte englische königl. Abwasserkommission, wie folgt, an:

Ausbreiten auf Land . . . . .	etwa 0,15 Mk.,
Versenken ins Meer . . . . .	„ 0,40 „
Untergraben in Landfurchen . . . . .	„ 0,40 „
Pressen . . . . .	0,50—1,00 Mk.,
Pressen und Verbrennen . . . . .	etwa 1,50 Mk.

(schätzungsweise)

für 1 Tonne wässrigen Schlammes (mit etwa 90  $\frac{0}{10}$  Wasser) einschließlich Verzinsung des Anlagekapitals und aller Unkosten, Lasten und Abgaben, aber ohne Berücksichtigung des Düng- und Heizwertes.

### 3. Verwertung des Schlammes.

Von jeher hat man sich bemüht, eine Verwertung des Schlammes mit der Beseitigung zu verbinden, um auf diese Weise wenigstens einen Teil der Kosten zu decken.

Diejenige Verwertungsart, die am allgemeinsten in Anwendung gekommen ist, ist die Verwertung für landwirtschaftliche Düngezwecke. Oben wurde schon angegeben, daß der Gehalt des Schlammes an Pflanzennährstoffen, insbesondere an Stickstoff, nicht unbedeutend ist (meist 2 bis 3  $\frac{0}{10}$  in der Trockensubstanz).

Den nassen Schlamm in unentwässertem Zustande als Düngemittel zu verwenden, geht nur da an, wo in der Nähe der Kläranlage landwirtschaftliche Betriebe sind, an die er abgegeben werden kann. Die Kosten eines Transportes in weitere Entfernungen trägt der feuchte Schlamm nicht, weil dazu sein Düngewert in keinem Verhältnis stände, ganz abgesehen davon, daß dies infolge der

Geruchsbelästigung gar nicht durchführbar wäre. In Frankfurt wurde bis vor kurzem der frische Schlamm zum Teil den umliegenden landwirtschaftlichen Betrieben direkt auf die Felder gerieselt. Zu dem Zwecke waren lange Leitungen vorhanden, an die bewegliche Rohre angesetzt werden konnten.

Mehrfach sind Versuche ausgeführt worden, den durch die oben erwähnten Hilfsmittel vorentwässerten Schlamm weiter zu trocknen und das getrocknete Produkt als Poudrette (Kunstdünger) zu verkaufen. So wurde vor etwa 10 Jahren in Frankfurt eine derartige Anlage betrieben. Der in den Schlammlagern bis zur Stichtfestigkeit entwässerte Schlamm wurde in einem Trockenapparat bis auf 10 bis 20 % Wasser weiter getrocknet. Die erhaltene Poudrette enthielt etwa 1,7 % Stickstoff und 2 % Phosphorsäure. Der Rückgang an Stickstoff gegenüber den oben genannten Zahlen erklärt sich daraus, daß ein Teil des Stickstoffes in Form von Ammoniak vorhanden ist, das sich beim Trocknen verflüchtigt. Das Verfahren erwies sich aber als unrationell; an 100 kg trockner Poudrette wurden etwa 2 Mk. zugesetzt. Ähnlich ist es auch anderen Städten, die die Herstellung von künstlichem Dünger aus Schlamm versucht haben, ergangen, so daß diese Art der Verwertung wohl allgemein als aufgegeben gelten kann.

Der hohe Fettgehalt des Klärschlammes hat immer wieder von neuem Veranlassung gegeben, zu versuchen, das Fett auf rationelle Weise zu gewinnen. Wenn nicht besondere Verhältnisse vorliegen, die eine Fettgewinnung notwendig machen, oder der Schlamm einen abnorm hohen Fettgehalt besitzt, hat sich die Fettgewinnung für Schlamm aus normalen, häuslichen Abwässern als unrationell herausgestellt.

Die Fettgewinnung wird dadurch ziemlich schwierig, daß das Fett mit den übrigen Schlamnteilen so innig vermischt ist, daß ein Aufsteigen der spezifisch leichteren Fettsubstanzen in einem der Ruhe überlassenen Schlamm nicht oder kaum erfolgt. Durch die oben beschriebenen Fettfänger könnte eine Trennung in fettreichen und fettarmen Schlamm erfolgen. Der fettreiche Schlamm könnte dann durch Extraktion nach den weiter unten genannten Extraktionsverfahren verarbeitet werden. Praktisch ist dieses Verfahren jedoch meines Wissens nicht in Anwendung gekommen.

Ferner könnte der mit Fettfängern erhaltene Fettschlamm bei Schlachthaus-, Hotelküchen- oder ähnlichen Abwässern deshalb, weil er in der Hauptsache aus Fett besteht, wohl mit Aussicht auf Erfolg auf Fett verarbeitet werden. Ob das in der Praxis auch geschieht, ist mir nicht bekannt.

Nach Schiele gewinnt die Kläranlage in Bradford (England) die außerordentlich fettreiche Abwässer aus Wollwäschereien verarbeitet, einen Teil des Fettes aus dem Klärschlamm in folgender Weise: Nach Zusatz von Schwefelsäure wird der Schlamm auf  $100^{\circ}$  erhitzt und in heizbaren Filterpressen gepreßt. Dabei wird ihm der größte Teil des Wassers und Fettes entzogen. Die Preßkuchen enthalten noch 30 bis  $40\%$  Wasser und  $25\%$  Fett. Aus dem Filtrat scheidet sich das Fett nach oben ab und wird nach Waschen und Desodorisieren verkauft, meist nach Amerika. In der Bradforder Anlage muß das gesamte Abwasser zur Zersetzung der gelösten Seifen mit Schwefelsäure versetzt werden. Der Erlös aus dem Fettverkauf deckt etwa die Hälfte der Kosten für die Schwefelsäure. Die übrigbleibenden Fettkuchen werden unter Beimengung von  $\frac{1}{8}$  Kohle verbrannt, da sie ihres hohen Fettgehaltes wegen als Dünger nicht verkäuflich sind. In einer Versuchsanlage wird versucht, auch das in den Preßkuchen noch enthaltene Fett zu gewinnen. Die Kuchen werden in Retorten erhitzt, wobei das Fett überdestilliert. Der in den Retorten verbleibende Rückstand soll sich dann zur Beimengung zu künstlichem Dünger eignen, da er etwas Phosphorsäure und etwa  $1,5\%$  Stickstoff enthält.

Die Stadt Kassel hat durch eine Maschinenfabrik auf ihrer Kläranlage 2 bis 3 Jahre lang eine Fettgewinnungsanlage betreiben lassen. Der Schlamm wurde mit Schwefelsäure angesäuert, in Filterpressen gepreßt und dann mit Benzin extrahiert. Die Berichte lauteten zunächst günstig, der Betrieb wurde aber bald eingestellt, da die ausführende Firma viel Geld zusetzen mußte. Der Grund für diesen Mißerfolg lag einmal in den hohen Kosten der Trocknung des Schlammes, dann auch darin, daß die Ausbeute an Reinfett beträchtlich hinter den Erwartungen zurückblieb.

In Frankfurt ist von einer Maschinenfabrik in einer kleinen Versuchsanlage die Extraktion des nassen Schlammes mit Benzin versucht worden. Eine praktische Anwendung im großen hat jedoch auch dieses Verfahren bisher nicht gefunden.

Das Problem der Fettgewinnung aus normalem Klärschlamm zu lösen, muß daher meines Erachtens als aussichtslos angesehen werden. Man läßt sich leicht von den in der Tat gewaltigen Werten, die in diesen Rückständen in Form von Fett vorhanden sind, blenden. So bedeutet der Fettgehalt des Frankfurter Klärschlammes, der im Jahr erhalten wird, einen Wert von 500 000 Mk. Wenn aber, um diese 500 000 Mk. zu gewinnen, 1 000 000 Mk. ausgegeben werden muß, so ist das ein schlechtes Geschäft. Nach Schiele ant-

wortete ein englischer Fabrikant, den die königl. Abwasserkommission darauf aufmerksam machte, daß in seinen Abwässern noch so viele wertvolle Stoffe enthalten wären: „Ein Goldstück auf dem Meeresgrunde ist mir nicht viel wert; es kostet mich zu viel, es heraufzuholen.“ Diese Antwort paßt auch prächtig auf alle Versuche zur Fettgewinnung aus gewöhnlichem Klärschlamm. Dazu möchte ich noch auf ein Moment aufmerksam machen, worauf bisher meines Wissens noch nicht hingewiesen ist. Es ist für den Kenner der Verhältnisse von vornherein wahrscheinlich — und die Anlage in Kassel hat das in der Tat ergeben —, daß die Benzinextraktion, die Fettdestillation (zur Gewinnung von Reinfett aus Rohfett) und andere Operationen nicht geruchfrei auszuführen sind; vielmehr entwickelt sich dabei ein sehr belästigender Gestank, der weit im Umkreis wahrzunehmen ist. Nun liegen durchaus nicht alle städtischen Kläranlagen weit ab von der Stadt, so daß die Gefahr vorliegt, daß man mit dem Zurückgehen der Mietpreise den Stadtteil, in dem die Kläranlage liegt, entwertet. Diesen Verlust dürfte aber, ganz abgesehen von den ästhetischen und hygienischen Bedenken, die gegen einen derartigen dauernden Gestank mit Rücksicht auf die Angestellten der Anlage und die Anwohner geltend gemacht werden müssen, ein etwaiger Gewinn aus dem Fettverkauf nicht einholen. Man kann also Städten, die etwa mit dem Gedanken der Fettgewinnung aus ihren Abwässern umgehen, nur ein „videant consules“ zurufen.

Eine Verwertungsart, die neuerdings mehrfach ausgeführt wird, ist die Vernichtung des Schlammes durch Feuer, sei es durch einfache Verbrennung, sei es durch Vergasung, wobei die gewonnene Wärme oder die Gase zur Erzeugung anderer Energie ausgenutzt werden. Wenn der Schlamm an sich nicht verbrennt, müssen brennbare Stoffe (Torf, Kohle, Braunkohle) zugesetzt werden. Wenn auch dabei keine Überschüsse erzielt, oder die Kosten der Beseitigung auch nur zum Teil gedeckt werden würden, so ist doch diese Art der Beseitigung und Verwertung dieser Rückstände schon deshalb die beste, weil sie in hygienischer Hinsicht am meisten empfehlenswert ist.

Die Stadt Frankfurt beseitigt heute ihren Schlamm in folgender Weise: Er wird zunächst aus den Klärbecken in große Behälter gepumpt, die sich über den Zentrifugen nach dem System Schäferter Mer (vergl. S. 93) befinden. In diesen Behältern setzt sich noch ein Teil Wasser ab, der abgezogen und in die Klärbecken zurückgeleitet wird. Der Schlamm wird dann in den Zentrifugen geschleudert. Der selbsttätig ausgeschleuderte Schlamm wird maschinell in eine Trockentrommel befördert, in welcher das Zentrifugengut

mit etwa 70 % Wasser durch die heißen Abgase der Müllverbrennungsanstalt weiter getrocknet wird. Der aus der Trockentrommel kommende Schlamm hat noch etwa 25 % Wasser und wird nun in den Müllöfen verbrannt. Ein Zusatz von anderem Brennmaterial ist unnötig, da der getrocknete Schlamm als solcher brennt. Dabei wird aus 1 kg Schlamm etwa 1 kg Dampf gewonnen. Hier ist also die Schlammverbrennung mit der Müllverbrennung vereinigt, die auf dem Gelände der Kläranlage erbaut ist. Der durch die Verbrennung des Schlammes und des Mülls in Dampfmaschinen erzeugte Strom beleuchtet nicht nur die gesamte Anlage und liefert die Kraft für die Anlage, es wird auch noch ein erheblicher Teil durch Hochspannungskabel zu einer Pumpstation im Stadtwald fortgeleitet, wo mit Hilfe des Stromes die zur Hebung des Trinkwassers dienenden Elektromotorenumpen angetrieben werden. Außerdem wird noch ein erhebliches Stromquantum an das Stadtnetz abgegeben.

In Bury (England) wird Schlamm mit Müll gemengt und verbrannt (Schiele).

Für Pforzheim ist ebenfalls die Schlammverbrennung zusammen mit der Müllverbrennung vorgesehen.

Von Bujard sind in den Jahren 1902 und 1903 Vergasungsversuche mit Frankfurter Schlamm ausgeführt worden. Er fand im Mittel zweier Versuche bei einer vierstündigen Vergasungsdauer für 50 kg trockenen Schlamm in Volumprozenten:

Ausbeute aus 100 kg Schlamm . . . . .	19,6 cbm,
Kohlensäure . . . . .	16,1 $\frac{0}{10}$ ,
Schwere Kohlenwasserstoffe . . . . .	5,8 „
Kohlenoxyd . . . . .	22,8 „
Methan . . . . .	13,2 „
Wasserstoff . . . . .	35,8 „
Stickstoff (Rest) . . . . .	6,3 „
Heizwert für 1 cbm . . . . .	3620—4072 W.-E.

Reichle und Dost berichten über Vergasungsversuche mit Kohlebreischlamm: Seine Vergasung ist nur bei einem bestimmten Wassergehalt, der nicht über 58 % betragen darf, möglich; das Gas ergab im Mittel in Volumprozenten:

Methan . . . . .	0 $\frac{0}{10}$ ,
Kohlensäure . . . . .	11,0 $\frac{0}{10}$ ,
Stickstoff . . . . .	62,6 „
Kohlenoxyd . . . . .	14,2 „
Sauerstoff . . . . .	1,0 „
Wasserstoff . . . . .	11,2 „

Der Heizwert betrug nur 800 W.-E.; die Vergasung von 2,5 kg Schlamm mit etwa 51<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Wasser lieferte etwa 1 P.S. in 1 Stunde. Bei der Vergasung destillierte ein fettartiger Körper über; das Gaswasser im Staubsack enthielt 2208 mg Gesamtstickstoff in 1 Liter, wovon 1494 mg Ammoniakstickstoff war. Reichle und Dost glauben, daß die Einführung der Schlammvergasung bei Degeners Kohlebreiverfahren die hohen Betriebskosten, die der allgemeineren Einführung des sonst vorzüglichen Verfahrens bisher hinderlich waren (vergl. S. 77), beträchtlich herabsetzen würde.

In der Stadt Köpenick bei Berlin wird der Kohlebreischlamm im großen vergast. Das gewonnene Kraftgas wird in elektrische Energie umgesetzt.

## **B) Die Reinigung des gewerblichen Abwassers.**

### **I. Allgemeines.**

Die meisten Städte nehmen gewerbliche Abwässer gegen Zahlung einer Gebühr in ihre Kanalisation auf; sie verlangen dann allerdings, daß die Abwässer keine die Kanäle schädigenden Stoffe (Säuren, Laugen, brennbare Stoffe usw.) enthalten und die Reinigung der gesamten Abwässer durch ihre Zusammensetzung nicht erheblich erschweren. Es gibt infolgedessen schon viele Städte mit größerer Industrie, deren Abwässer ganz erhebliche Beimengungen von gewerblichem Abwasser enthalten. Bei der Reinigung derartiger städtischer Abwässer empfiehlt sich für mechanische Kläranlagen dann im allgemeinen der Zusatz von Chemikalien. Bei biologischen Anlagen muß die Anlage größer dimensioniert werden, als es für die entsprechende rein häusliche Abwassermenge notwendig wäre. Die Beimischung von gewerblichem Abwasser verteuert also allgemein den Betrieb der Abwässerreinigung von städtischen Anlagen. Dennoch ist das Bestreben, auch die gewerblichen Abwässer der Kanalisation zuzuführen, zu begrüßen und zu befürworten, da sonst selbständige Fabrikkläranlagen in größerem Umfange entstehen müssen. Einmal aber können größere Anlagen aus Gründen, die schon an anderen Orten mehrfach erwähnt sind, rationeller und sicherer betrieben werden als kleine Anlagen, dann aber läuft die Errichtung selbstständiger Kläranlagen auch dem Grundgedanken der Kanalisation zuwider, wonach alle Abfälle möglichst umgehend aus der Stadt herausgeschafft werden sollen. Bei Fabrikkläranlagen müssen aber die Rückstände auf den Fabrikgrundstücken sich anhäufen.

Wenn es also auch erstrebenswert erscheint, die gewerblichen Abwässer möglichst der Kanalisation zuzuführen, so gibt es doch

sehr viele Fälle, in denen eine Reinigung der gewerblichen Abwässer für sich notwendig ist. Wo die Städte die Aufnahme der Abwässer verweigern oder erst eine wenigstens oberflächliche Reinigung des Abwassers fordern; wo keine Kanalisation vorhanden ist, wie bei Fabriken in isolierter Lage, müssen, wenn der Vorfluter durch die betreffenden Abwässer geschädigt werden würde, die gewerblichen Abwässer für sich gereinigt werden. Daher ist die Reinigung von gewerblichem Abwasser ein Kapitel, das immer größere Bedeutung gewonnen hat.

Die Abwässer, die die Fabriken liefern, lassen sich in drei Gruppen unterscheiden:

1. Abort-, Küchen-, Wasch-, Badewässer,
2. Kondens-, Kühl-, Waschwässer usw.,
3. die eigentlichen Fabrikationsabwässer.

Die erste Gruppe sind Abwässer vollkommen häuslichen Charakters, deren Reinigung im vorigen Abschnitt geschildert wurde.

Die unter 2 genannten Abwasserarten sind meist sehr rein. Es empfiehlt sich stets, sie für sich abzuleiten und nicht mit den eigentlichen Fabrikabwässern der dritten Gruppe zu vermischen, da dadurch nur die Wassermenge vermehrt wird, die dann erheblich größere Schwierigkeit für die Reinigung bereitet, und zwar um so mehr, als oft die Wässer der zweiten Klasse gegenüber denen der dritten an Menge sehr erheblich überwiegen. Die Spül- und Kondenswässer sind auch vielfach so rein, daß sie ohne weiteres oder nach einer Reinigung in einem Absitzbecken dem Vorfluter übergeben werden können.

Eine allgemeine Zusammensetzung für die eigentlichen Fabrikabwässer anzugeben, ist natürlich unmöglich, da diese ganz von der Art des Fabrikationsbetriebes abhängt. Es ist deshalb auch nicht möglich, allgemeine Regeln für die Reinigung des gewerblichen Abwassers aufzustellen. Nur so viel läßt sich sagen, daß die allgemeinen Grundsätze der Reinigung dieselben sind wie beim häuslichen Abwasser. Also entweder mechanische Reinigung durch Absitzenlassen oder biologische Reinigung durch Landberieselung oder das künstliche biologische Verfahren. Beim Absitzbetrieb empfiehlt sich immer der Chemikalienzusatz, der zweckmäßig für die betreffende Abwasserart durch Versuche ausprobiert wird.

Überhaupt empfiehlt es sich, beim gewerblichen Abwasser in noch höherem Maße als beim häuslichen Abwasser, auf Grund der chemischen Untersuchung der Abwässer die zweckmäßigste Reinigung auszuprobieren.

Vielfach ist schon eine teilweise Reinigung dadurch zu erreichen, daß man verschiedene Abwasserarten des Betriebes zusammenleitet. So können saure Abwässer mit alkalischen vermischt sich schon teilweise neutralisieren. Kalkhaltige Abwässer fällen Schwermetalle oder Tonerde und ähnliches aus. Nicht selten genügt allein ein derartiges Zusammenleiten der verschiedenen Abwasserarten, um nach Absitzenlassen eine genügende Reinigung zu erzielen.

Eine Einrichtung, die für Fabrikkläranlagen allgemein empfohlen werden kann, ist die der Aufhaltebecken. Es liegt in der Art des Betriebes vieler Fabriken, daß zu manchen Zeiten stark verschmutzte und große Mengen von Abwässern, zu anderen Zeiten weniger und nur leicht verschmutzte Abwässer erzeugt werden. Wenn nun plötzlich große Mengen stark verschmutzten Abwassers dem Vorfluter zugeleitet werden, so bedeutet das für den Fluß eine viel größere Schädigung, als wenn die Ableitung des Gesamtabwassers von 24 Stunden, langsam und gleichmäßig über den ganzen Tag verteilt, vorgenommen wird. Zu diesem Zwecke müssen Becken angelegt werden, welche die innerhalb eines Betriebstages entstehende Abwassermenge aufzuspeichern vermögen. Bisweilen, wenn der Vorfluter die genügende Größe besitzt, und das Abwasser keine zu starke Verschmutzung aufweist, braucht eine weitergehende Reinigung, als sie durch diese Aufhaltebecken gewährleistet ist, gar nicht zu erfolgen.

Neuerdings hat man auch bei vielen industriellen Abwässern versucht, sie zur Staubbinding auf Straßen zu verwenden.

Nach Weldert kommen für diesen Zweck unter Umständen in Betracht die Abwässer der Ammoniakfabriken, Kaliwerke, Zellulosefabriken, Zuckerfabriken, der Kokereien, Spinnereien, Wollwäschereien, Walkwässer, Sodafabriken (Ammoniaksoda). Versuche Welderts mit Ammoniakabwasser ergaben günstige Resultate. Zum Teil wird bei den einzelnen Abwasserarten noch näher auf die Verwendung zur Staubbinding eingegangen werden.

Für die Reinigung von Fabrikabwässern bedient man sich auch vielfach der Filter. Unter „Filter“ sind hier keine biologischen Filter verstanden, sondern Apparate, die zwar aus ähnlichem Material wie diese aufgebaut sind, die aber ohne Unterbrechung betrieben werden. Ihre Wirkung liegt also in der rein mechanischen Seite des Abfangens der Schwebestoffe. Sie werden meist aus billigem, ungesiebttem Material, vorwiegend Kesselrostschlacke, hergestellt. Man benutzt diese Filter sowohl zur Nachreinigung von geklärten Fabrikabwässern, als auch zur Entwässerung von Schlamm (Magmafilter).

Auch zur Nachbehandlung von Tropfkörperabflüssen werden derartige Filter gebraucht.

## II. Die Reinigung des gewerblichen Abwassers im einzelnen.

Mit Fowler und Ardern kann man die gewerblichen Abwässer je nach dem Stoffe, durch den sie schädlich wirken, wie folgt, unterscheiden:

1. Abwässer mit großen Mengen von suspendierten Stoffen,
2. Abwässer mit fäulnisfähigen Stoffen,
3. Gefärbte Abwässer,
4. Abwässer, die Gifte enthalten,
5. Abwässer mit öligen Stoffen, Teeren, Fetten, Seifen usw.

Manche Abwässer können natürlich auch unter mehrere der genannten Rubriken fallen.

Abwässer der ersten Art sind meist einfach durch Absitzvorrichtungen, Siebe, Rechen, Filter usw. genügend zu reinigen. Zu nennen wären hier die Abwässer aus Kohlewäschen, Tuchfabriken usw.

Die Abwässer der zweiten Art sind weitaus unangenehmer; sie werden durch Fällung mit Chemikalien mit nachfolgendem Absitzbetrieb oder durch Verrieseln auf Land oder durch das künstliche biologische Verfahren in der Weise, wie es im vorigen Abschnitt geschildert wurde, gereinigt. Die allermeisten und wichtigsten gewerblichen Abwässer gehören in diese Rubrik, so die Gerberei-, Zellulose-, Brauerei-, Zuckerfabrikabwässer usw.

Die Reinigung der Farbwässer ist noch eine ungelöste Frage. Man kennt auch heute noch kein Verfahren, das Farbstoffe in befriedigender Weise dauernd entfärbt. Im allgemeinen sind die Farbstoffe um so schwieriger zu entfärben, je echter sie sind. Man wendet chemische Fällung und die biologischen Methoden an. Bei dem künstlichen biologischen Verfahren absorbieren die Körper eine Zeitlang die Farbstoffe, nach einer gewissen Zeit geht der Farbstoff aber unverändert durch.

Die Reinigung der Abwässer mit Giftstoffen muß sich natürlich nach der chemischen Beschaffenheit des Giftes richten. Säuren werden meist mit Kalk, Laugen durch Schwefelsäure neutralisiert. Schwermetalle werden durch Kalk usw. ausgefällt. Zyan kann durch Eisensulfat und Natronlauge als Berlinerblau abgeschieden werden. Hierher gehören die Abwässer von Metallwerken, Gasanstalten, Chromgerbereien, Sulfitzellulosefabriken usw.

Die öl-, fett- und seifenhaltigen Abwässer endlich werden durch Abscheidung der Fettbestandteile, die seifenhaltigen nach Zusatz von Schwefelsäure gereinigt. Zu nennen wären die Abwässer aus Margarinefabriken, die Wollwäschereiabwässer, die Schlachthausabwässer, die übrigens alle auch zu den unter 2 genannten Abwässern zu rechnen sind, und manche andere.

Nach diesen allgemeinen Gesichtspunkten wird man ein gewerbliches Abwasser klassifizieren und die Richtung, in der sich das Reinigungsverfahren zu bewegen hat, angeben können. Die außerordentliche Verschiedenheit der einzelnen Abwässer innerhalb jeder der vier Gruppen aber läßt ein näheres Eingehen auf die einzelnen Abwasserarten wünschenswert erscheinen. Ich bemühe mich dabei, alle irgend in Betracht kommenden Abwasserarten zu erwähnen.

### **1. Abwässer von Tuchfabriken oder Fabriken, deren Abwasser viele Faserstoffe enthält.**

Reichle und Zahn beschreiben ein Trommelfilter von A. und A. Lehmann, das sehr geeignet ist, die Faserstoffe aus den Abwässern wiederzugewinnen. Der Apparat besteht aus einer beweglichen Trommel, die mit Messingdrahtnetz von 1 mm Maschenweite überzogen ist. Das Abwasser strömt durch die Trommel und läßt die Fasern im Innern zurück. Von der betreffenden Fabrik wurden in  $\frac{3}{4}$  Jahren 22 000 kg Wollabfälle abgefangen.

### **2. Abwässer von Kartonfabriken.**

Nach Laboratoriumsversuchen von Sjollemma eignet sich zur Reinigung dieser Abwässer der Zusatz von Monokalziumphosphat (Superphosphat), das mit dem im Abwasser vorhandenen freien Kalk Trikalziumphosphat bildet. Dieses fällt aus und schlägt die suspendierten, aber auch einen Teil der gelösten Stoffe nieder. Der Niederschlag kann nach Trocknung als Düngemittel Verwendung finden.

### **3. Abwässer von Strohappelfabriken.**

Diese Fabriken erzeugen außerordentlich große Abwassermengen, die viele feine Strohpartikel enthalten und mit Kalk gemischt sind.

Das Abwasser kann durch Absitzenlassen (Beckenkapazität = 1 Stundenquantum) und Filtration durch Schnellfilter ohne Zugabe eines Fällungsmittels (Belastung 95 cbm auf 1 qm und 24 Stunden) gereinigt werden. Das filtrierte Abwasser kann im Betriebe von neuem verwendet werden. Nach Kimberley kann das so gereinigte Abwasser ohne Schaden für den Vorfluter abgelassen werden, wenn

dieser die doppelte Wassermenge führt, als die Abwassermenge beträgt. Sjollema empfiehlt auch für diese Abwässer seine oben erwähnte Fällungsmethode mit Superphosphat.

#### 4. Zechenabwässer (Kohlewäschen).

Die Zechenabwässer bestehen aus Kohlenwaschwasser und Koks-löschwasser. Es empfiehlt sich nicht, diese Abwässer zusammen mit häuslichem Abwasser zu reinigen, da dann die Klärbecken außerordentlich groß gebaut werden müssen. Bei der Kohlenwäsche wird das Wasser immer wieder von neuem verwendet; von Zeit zu Zeit muß es aber dem Kreislauf entzogen und gereinigt werden. Es geschieht das meist in Absitzbecken. Ein für diesen Zweck besonders geeignetes ist das nach Patent Imhoff-Lagemann. Die Sohle dieser Becken ist drainiert. Die Drains endigen außerhalb des Absitzbeckens und sind während des Absitzbetriebes geschlossen. Sie werden nur zur Trocknung des Schlammes geöffnet.

Zuweilen läßt man das Abwasser vor dem Eintritt in die Flüsse noch durch Filter aus Kesselrostschlacke laufen. Der erhaltene Kohlschlamm wird entweder verfeuert oder auf Koks verarbeitet.

Nach Versuchen der agrikultur-chemischen Versuchsstation zu Halle eignet sich das Schwelwasser aus Braunkohlenkokereien zu Dünge zwecken, da es eine erhebliche Stickstoffwirkung zu entfalten vermag, ohne daß bei Kopfdüngung eine Schädigung der Pflanzen zu befürchten ist. In erster Linie wird es zur Wiesendüngung empfohlen.

#### 5. Abwässer von Granulationswerken für Schlacken.

Manche Betriebe, z. B. Hochöfen, haben Granulationswerke für Schlacken. Man läßt die flüssige Schlacke in Wasser einfließen, wobei sie in kleine Stücke zerspringt. Die dabei entstehenden Abwässer sind heiß und enthalten große Mengen feinen Schlackensandes, wovon ein Teil untersinkt, ein anderer Teil an der Oberfläche schwimmt.

Laut privater Mitteilung hat die Firma „Städtereinigung und Ingenieurbau-A.-G., Berlin-Wiesbaden“ Einrichtungen zur Reinigung derartiger Abwässer gebaut, die vollkommen zufriedenstellend funktionieren sollen. Das Wesen dieser Einrichtungen besteht darin, daß das Abwasser mit ziemlich geringer Geschwindigkeit durch ein Klärbecken geleitet wird, wobei sich die Sinkstoffe absetzen. Die Schwimmstoffe werden mit Hilfe mehrerer, quer in die Durchflußrichtung eingebauter Rinnen, die mit verschiedenen zweckentsprechenden Einrichtungen versehen sind, abgefangen. Die abgeschöpfte schwimmende

Schlacke wird einem zweiten Becken zugeführt, das in Ruhe ist, und in dem die schwimmenden Stoffe so lange aufgespeichert werden, bis die Schwimmschicht eine bestimmte Stärke erreicht hat. Darauf wird das unter der Schwimmschicht stehende Wasser abgelassen, so daß die schwimmende Schlacke sich auf den Boden senkt. Aus beiden Becken wird die Schlacke durch Bagger ausgebagert.

#### **6. Abwässer von Papier- und Zellulosefabriken.**

Zur Papierfabrikation dienen Lumpen, Hanf, Jute, Espartogras, Stroh und Holzstoff.

Das Hauptabwasser ist bei allen diesen Rohstoffen die alkalische Kocherlauge. Dazu gesellt sich das Wasser zum Spülen und Waschen der Rohstoffe nach dem Kochen und aus den Holländern, das chlor- und säurehaltige Abwasser vom Bleichen, das Abwasser von den Papiermaschinen und vom Färben.

Empfehlenswert ist eine getrennte Behandlung der einzelnen Abwasserarten. Das von der Papiermaschine kommende Abwasser erlaubt, in entsprechend gebauten Absitzanlagen behandelt, die Zurückgewinnung von Faserstoff, der Abfluß kann dann wieder von neuem verwendet werden. Die übrigen Abwässer können je nach der zu fordernden Reinheit durch chemische Fällung und Absitzbecken oder Sandfilter gereinigt werden.

Von großer Bedeutung sind die Abwässer der Holzstoff- oder Zellulosefabriken. Die Zellulose wird bei uns in Deutschland fast nur nach dem Sulfitverfahren hergestellt. Tannen- und Fichtenholz wird in sogen. Kochern bei hoher Temperatur und unter Druck mit Kalziumbisulfit behandelt. Dabei werden die Ligninsubstanzen gelöst und die Fasern isoliert. Die Zellulosemasse wird dann von den Kocherlaugen abgepreßt und ausgewaschen. An Abwässern fallen dabei an: Die Kocherlaugen und Waschlaugen, die Sieb- und Preßwässer aus den Zelluloseentwässerungsmaschinen und Kondenswässer. Am gefährlichsten sind die Kocherlaugen, die etwa 100 g organische Stoffe in 1 Liter enthalten und dabei, wenn sie ohne weiteres den Flüssen übergeben werden, durch Faulen und vor allem Pilzbildungen (*Sphaerotilus*) zu schweren Mißständen führen.

In den meisten Fabriken werden die Abwässer einer oberflächlichen Reinigung unterzogen, die sich darauf erstreckt, nach teilweiser Wiedergewinnung der schwefligen Säure die suspendierten Stoffe zurückzuhalten, die Laugen abzukühlen und durch Kalk zu neutralisieren, woran sich dann eine Nachbehandlung in Klärbecken schließt. Die gelösten Stoffe werden bei diesem Verfahren jedoch

kaum beeinflußt; sie sind es aber gerade, die den schädlichen Einfluß auf die Vorflut ausüben. Die Reinigung der Laugen nach dem biologischen Verfahren ist selbst nach großer Verdünnung der Abwässer unmöglich, einmal wegen der schweren Zersetzbarkeit der Laugen, dann auch wegen der schädigenden Wirkung der in den Laugen vorhandenen schwefligen Säure auf die Mikroorganismen.

Man hat also nach anderen Verwertungsmöglichkeiten gesucht, und die in dieser Richtung gemachten sehr zahlreichen Vorschläge haben nur zum Teil zu praktischen Ergebnissen geführt. Das Eindampfen und Verbrennen ist sehr kostspielig und kann die Rentabilität der Fabrik in Frage stellen. Versickernlassen ist nur in seltenen Fällen wegen der örtlichen Verhältnisse durchführbar.

Versuche zur Wiedergewinnung des Schwefels, zur Benutzung der organischen Substanz der Laugen als Brennmaterial, sei es unmittelbar oder nach Brikettieren mit Kohle, Koks oder Gichtstaub, haben bis jetzt noch keine praktischen Erfolge gezeitigt. Es ist ferner vorgeschlagen, nach Beseitigung der schädlichen Stoffe, insbesondere der schwefligen Säure, die Laugen auf Futtermittel zu verarbeiten; auch diese Vorschläge haben bisher keine praktischen Ergebnisse gehabt. Dahingegen haben die Laugen nach gewissen Zusätzen schon als Klebemittel Verwendung gefunden und sind in neuester Zeit auch mit Erfolg als Entstaubungsmittel auf Straßen verwendet worden. Die Verwertung als Düngemittel, als Zusatz zu Thomasmehl und die Verwendung in der Gerberei sind noch unentschiedene Fragen. Die Vergärung der in den Rückständen enthaltenen Zuckerarten und die Gewinnung von Spiritus ist in Schweden schon mit Erfolg in der Praxis ausgeführt, die Einführung dieses Verfahrens bei uns wird durch die hohen Abgaben, die nach dem neuen Branntweinsteuergesetz auf Spiritus ruhen, ein unrentables Unternehmen. Die Gewinnung von Farbstoffen aus den Kocherlaugen soll bereits gelungen sein, das Problem bedarf jedoch noch weiterer Durcharbeitung (Pritzko).

Außer nach dem Sulfitverfahren wird Zellulose auch noch hergestellt nach dem Natronverfahren, bei dem das Holz mit Natronlauge statt mit Kalziumsulfid ausgekocht wird. Das Verfahren hat bei weitem nicht die Bedeutung wie das Sulfitverfahren. Die natronlaugehaltigen Kocherlaugen sind hier die schlimmsten Abwässer, die gerade so zu beurteilen sind wie die Sulfitkocherlaugen.

Logau dickt die Rückstände ein und zündet sie an; die beim Verbrennen erzeugte Wärme wird zum Eindampfen immer weiterer Laugemengen verwandt. Nur zu Beginn der Operation muß Feuer

zur Entzündung der Masse unterhalten werden. Aus der Asche wird das Alkali als Soda wiedergewonnen.

Rimman sättigt die auf ein bestimmtes spezifisches Gewicht gebrachten Laugen (durch Zusatz löslicher Salze) mit Kohlensäure, dabei fällt ein Teil der organischen Stoffe aus.

#### **7. Abwässer von Brauereien.**

Die Hauptmenge der Abwässer der Brauereien bilden die Spül- und Scheuerwässer. Diese Abwässer sind verhältnismäßig wenig verschmutzt. Stark verschmutzt sind dagegen die Abwässer des eigentlichen Betriebes, hauptsächlich die der Mälzerei, die der Hopfen- und Trebertrocknung und die der Behandlung der Hefe. Diese Abwässer sind infolge ihres hohen Gehaltes an organischen Stoffen stark fäulnisfähig. Sie neigen auch zur Bildung von Milchsäure.

Eine oberflächliche Reinigung besteht in chemischer Fällung mit nachfolgendem Absatzbetrieb.

Diese Reinigungsart ist aber im allgemeinen unzulänglich.

Wo weitergehende Reinigung nicht möglich ist, ist daher Anschluß an das Kanalnetz zu erstreben.

Die beste Reinigung der Brauereiabwässer ist die Behandlung auf Rieselfeldern.

Nach Zusatz von Kalk (Abstumpfung der Milchsäure) können diese Abwässer auch auf biologischen Körpern, am besten Tropfkörpern, gereinigt werden.

#### **8. Gerbereiabwässer.**

In den Gerbereien entstehen hauptsächlich drei Abwasserarten, nämlich die Äscherabwässer, die Farbbrühen und die Gerbbrühen.

Die Äscherabwässer, die von der Enthaarung der Häute stammen, enthalten vor allem Kalk, Schwefelnatrium und viele fäulnisfähige organische Substanzen (Hautfetten, Haare). Unter Umständen, wenn ausländische Häute verarbeitet werden, kann auch Naphthalin, das zum Konservieren der Felle dient, vorhanden sein.

Die Gerbbrühen sind entweder Lohe oder Chromsalze. Die Abwässer von der Gerberei enthalten also diese Substanzen. Vielfach sind auch noch andere chemische Verbindungen, wie Natriumthiosulfat, Arsensalze u. a. vorhanden.

Die Farbbrühen dienen zum Färben von Leder; die in diesem Teil der Fabrikation entstehenden Abwässer sind also gefärbt.

Alle Gerbereiabwässer sind meist in außergewöhnlich hohem Maße fäulnisfähig; sie wirken daher bei direkter Ableitung oder

ungenügender Reinigung außerordentlich ungünstig auf den Vorfluter ein.

Am besten leitet man daher die durch Absitzbetrieb vorgereinigten Abwässer der Kanalisation zu. Nach Schmidtman, Thumm und Reichle sollen sich doch auch dabei nicht selten Schwierigkeiten ergeben, wenn nämlich schwefelnatriumhaltige Gerbereiabwässer mit sauren Abwässern, etwa solchen von Bierbrauereien, zusammenkommen, indem durch Schwefelwasserstoffentwicklung Geruchsbelästigungen auf den Straßen entstehen.

Ist die Ableitung in die Kanalisation nicht möglich, so ist die Anlage eines großen Aufhaltebeckens zu empfehlen.

Eine oberflächliche Reinigung kann man bisweilen schon durch Zusammenleiten der einzelnen Abwässerarten erzielen. Der Kalk der Äscherabwässer wirkt fällend auf Chromsalze ein, dann wird in Absitzbecken geklärt. Unter Umständen kann also auch ein Chemikalienzusatz entbehrlich sein. Zweckmäßiger ist es aber, Chemikalien in auszubprobierender Menge zuzusetzen.

Bei notwendiger, weitergehender Reinigung ist die Landberieselung nach chemischer Vorbehandlung in Faulräumen die zweckmäßigste Reinigungsart. Bei Anwendung des künstlichen biologischen Verfahrens scheinen zweistufige Füllkörper vor den Tropfkörpern den Vorzug zu verdienen. Arsen und andere giftige Stoffe müssen vor der biologischen Behandlung entfernt werden.

### **9. Molkereiabwässer und Margarinefabrikabwässer.**

Diese Abwässer enthalten sämtliche Milchbestandteile, also in erster Linie Eiweißstoffe, Kohlenhydrate, Fett, Milchsäure usw. Sie sind stark fäulnisfähig.

Kimberley hat im Auftrage des Staates Ohio eingehende Versuche mit Molkereiabwasser vorgenommen. Wenn die Wasserführung des Vorfluters dreißigmal so groß ist wie die Menge des abzuleitenden Wassers, kann nach diesem Autor das Molkereiabwasser nach Klärung in Absitzbecken, welche etwa das doppelte Tagesquantum des Abwassers zu fassen vermögen, abgelassen werden.

Im anderen Falle kann das Molkereiabwasser auf intermittierenden Sandfiltern bis zur Fäulnisunfähigkeit gereinigt werden (250 cbm auf 1 ha Filterfläche).

In Deutschland wird das Molkereiabwasser vielfach durch gewöhnliche Landberieselung gereinigt. Dabei wird meist in gemauerten Becken vorgeklärt. Gegen Geruchsbelästigungen werden den Vorklärbecken Desinfektionsmittel (Chlorkalk) zugesetzt. Nach Guth

darf die Belastung eines guten Bodens nicht mehr als 30 Liter auf 1 qm betragen. Auf den Rieselwiesen gedeihen Gras, Klee und Bäume sehr üppig. Nach Dunbar können die nicht zu konzentrierten Molkereiabwässer auch nach dem biologischen Verfahren, und zwar am erfolgreichsten auf Tropfkörpern mit kontinuierlichem Betrieb gereinigt werden. Für die biologische Reinigung muß mit Chemikalien vorgeklärt werden, um die Milchsäure zu neutralisieren, da sonst die Wirkung eine ungenügende ist. Die Belastung soll nach Guth nicht mehr als 1 cbm auf 1 qm Körperoberfläche bezw. 0,5 cbm Körpermaterials betragen.

Harm fällt Molkereiabwässer mit sauren Silikaten (Abfälle der Alaunfabrikation) und Kalk. Er will in längeren Versuchen günstige Ergebnisse erhalten haben. Angaben über die Kosten und die entstehenden Schlammengen fehlen.

Eine oberflächliche Reinigung kann durch Fällung mit Ferro-sulfat und Kalk und nachfolgenden Absitzbetrieb erfolgen.

#### **10. Schlachthausabwässer und Abwässer von Abdeckereien und Leimfabriken.**

Die Schlachthausabwässer sind gewöhnlich sehr konzentriert, stark fäulnisfähig und wirken daher äußerst ungünstig auf den Vorfluter ein. Sie enthalten Blut, Fett, Fleisch, Kotteile und Schlachthausabfälle aller Art.

Eine oberflächliche Klärung kann durch Zusatz von Ferro- oder Aluminiumsulfat mit nachfolgendem Absitzbetrieb erreicht werden.

Für die mechanische Klärung hat man sich auch des automatisch arbeitenden Klärkessels von Mertens-Berlin bedient (Swinemünde, Paderborn i. W.).

In Kiel ist 1905 eine Versuchsanlage zur Reinigung von Schlachthausabwasser mit Hilfe des biologischen Verfahrens eingerichtet worden. Mittlerweile ist aber in vielen Städten das biologische Verfahren für Reinigung der Schlachthofabwässer in Gebrauch und hat sich ausgezeichnet bewährt. Zweckmäßig dürfte dabei die Vorreinigung in Faulräumen sein.

Thiesing studierte die Abwässer der thermischen Abdeckereien und ihre Beseitigung. Es entstehen Schlachtraumpülwässer, Leimbrühen, Kadaverdampf-abwässer, Leimkondenswässer und Mischungen dieser Abwässerarten. Alle diese Abwässerarten sind sehr konzentriert und fäulnisfähig. Die Abwässerbeseitigung ist nach Thiesing bei den Abdeckereien bisher fast immer unzureichend. Gefordert werden muß grundsätzlich, daß die Meteorwässer nicht mit durch

die Reinigungsanlage gehen. Dagegen können etwa vorhandene Hausabwässer mit gereinigt werden. Die Landberieselung und das biologische Verfahren sollen für die Reinigung dieser Abwässer sehr geeignet sein, wobei sich eine Vorreinigung durch Faulräume, denen ein Fettfang vorgeschaltet ist, empfiehlt.

### 11. Abwässer von Zuckerfabriken.

Das Abwasser von Zuckerfabriken besteht neben Kühl- und Kondenswasser, die harmlos sind, aus den Schwemm- und Waschwässern der Rüben, den Diffusions- und Preßwässern.

Die verschiedenen Abwässerarten müssen getrennt behandelt werden. Die Rübenwaschwässer werden in Klärbecken gereinigt und dann wieder verwendet. Die Preß- und Diffusionswässer will Markwart ohne weitere Behandlung den Diffuseuren wieder zuführen, wobei es notwendig ist, das Eintreten der Gärung zu verhindern. Nach Herzfeld ist die wesentliche Vorbedingung für die Rücknahme der Abwässer in die Fabrikation die gute Abscheidung der Pülpeteile durch Klärbecken.

Hoyermann und Wellensiek empfehlen ein von ihnen hergestelltes Präparat, das aus Humussäuren besteht, die mit Alkalien aufgeschlossen sind, für die Reinigung von Zuckerfabrikabwässern. Durch den Aufschließungsprozeß soll die Löslichkeit der Huminstoffe ganz bedeutend erhöht werden. Das zu reinigende Abwasser wird mit in Wasser aufgeschwemmtem Humin versetzt, und darauf Kalk bis zur schwach alkalischen Reaktion zugegeben. Dadurch tritt ein Ausflocken ein, das Wasser wird vollständig blank und klar; der Niederschlag setzt sich schnell ab. Nach Schöne soll der Stickstoffgehalt des Schnitzelpresswassers um 69% zurückgehen bei der Klärung nach Hoyermann-Wellensiek. Es soll auch Fäulnisunfähigkeit erzielt werden. Nach dem Bericht über die Verhandlungen des Technischen Vereins für Zuckerfabrikanten mit dem Sitz in Magdeburg vom 21. März 1911 äußern sich Direktor Gehrke (Alleringersleben), Direktor Thiel, Direktor Grünanger (Niederodeleben) und Direktor Dr. Dietrich (Gehrden), die alle das Verfahren zur Reinigung ihrer Abwässer angewendet haben, recht günstig.

Ein Ministerialerlaß vom 4. Juli 1910 an die Regierungspräsidenten erklärt, daß die Frage der Rücknahme der Diffusions- und Schnitzelpreßwässer in den Betrieb technisch so weit ausreichend erprobt sei, daß sich da, wo sich aus der Ableitung dieser Abwässer in ungeklärtem Zustande in den Vorfluter Mißstände ergäben, ein

polizeiliches Verbot der Einleitung dieser Abwässer in den Fluß wohl rechtfertigen ließe.

Oft werden die Preßwässer auch in der Weise gereinigt, daß sie erst in Gärbecken behandelt, dann neutralisiert, danach einem Rieselpreß auf Feldern unterworfen und zwecks Wiederverwendung gesammelt werden.

de Plato versetzt die filtrierte Wasser zunächst mit Kalkmilch von 15<sup>0</sup> Bé bis zur vollständigen Fällung und dann nach dem Absitzen mit einer fünfprozentigen Kalziumhypochloritlösung. Nach dem Dekantieren wird das Wasser über fünf mit Koksstücken gefüllte Zylinder geleitet. Die Analyse ergab, daß rund 50% der organischen Stoffe durch diese Reinigung beseitigt waren; die Abwässer sollen für das Fischleben im Flusse unschädlich sein.

## 12. Abwässer von Stärkefabriken.

Es gibt Weizen-, Mais-, Reis- und Kartoffelstärkefabriken. Das Abwasser ist je nach der Art der Rohstoffe verschieden. Reis- und Maisstärkefabrikabwasser enthält etwas freies Alkali und bisweilen auch schweflige Säure.

Im allgemeinen sind die Abwässer der Stärkefabriken denen der Zuckerfabriken ähnlich. Sie enthalten sehr viel organische Stoffe und gehen leicht in saure Gärung und Fäulnis über. Bei uns kommt als Rohstoff für die Stärkefabrikation hauptsächlich die Kartoffel in Betracht. Auf 1 Zentner Kartoffeln entfallen etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  cbm Abwasser, das aus Kartoffelwaschwasser, Frucht- und Stärkewaschwasser und Abgängen der Pülpepressen besteht.

Die Abwässer werden durch Absitzbecken geklärt. Die sauer reagierenden Abwässer werden vielfach nach dieser einfachen Klärung abgelassen. Der Schlamm aus den Absitzbecken kann von Zeit zu Zeit auf Stärke verarbeitet werden.

Mit dem bei den Zuckerfabrikabwässern erwähnten Hoyer-Wellensiekschen Verfahren soll es gelingen, 75% der organischen Stoffe aus Stärkefabrikabwasser auszuscheiden.

C. Zahn hat eingehende Versuche über die Reinigungsmöglichkeiten von Stärkefabrikabwässern durch das biologische Verfahren gemacht. Statt des Absitzverfahrens das Faulverfahren zur Reinigung anzuwenden, empfiehlt sich nicht. Der Reinigungseffekt auf den Körpern war um so besser, je feiner das Material war, so daß für Stärkefabrikabwasser Füllkörper den Tropfkörpern überlegen sind. Auch hier ist es zweckmäßig, die Abwässer vor der Behandlung auf den Körpern zu neutralisieren. Zahn erreichte diese Neutralisation

durch Vermischen von saurem Abwasser mit alkalisch reagierendem gefaulten, oder dadurch, daß er in die biologischen Körper Schichten von Marmor einlegte. Für die Herstellung der biologischen Körper empfiehlt es sich, eisenfreies Material zu verwenden. Bei einer Abnahme der Oxydierbarkeit von 80<sup>0</sup>/<sub>0</sub> faulte das Abwasser dennoch nach, so daß Zahn zur Vorsicht mahnt in der Übertragung der für häusliches Abwasser geltenden Anschauungen auf gewerbliche Abwässer.

### **13. Abwässer von Brennereien und Hefefabriken.**

Diese Abwässer enthalten sehr viel organische gelöste und suspendierte Stoffe. Sie sind daher stark fäulnisfähig. Hauptsächlich kommen in Betracht die Abwässer von der Hefepresse und die Abwässer vom Abbrennen der Würze.

Die beste Beseitigungsart dieser Abwässer ist die, sie auf Viehfutter zu verarbeiten. Eine grobe Reinigung ist die Fällung mit Chemikalien (Eisenalaun und Kalk) und Klärung in Absitzbecken.

Eine durchgreifende Reinigung ist nur durch Landberieselung oder das künstliche biologische Verfahren möglich; bei dem letzteren Verfahren empfehlen sich zweistufige Anlagen.

Abfallhefe soll nach Dibbin in Schieferplattenkörpern gut zersetzt werden.

### **14. Abwässer von Sauerkrautfabriken.**

Bei diesen Betrieben entstehen Abwässer, die große Mengen fäulnisfähiger Stoffe enthalten, welche infolge des Schwefelgehaltes des Kohles sich unter sehr starkem Geruch zersetzen.

Die Einleitung dieser Abwässer in die städtische Kanalisation erscheint gewagt, da dadurch die gute Reinigung des städtischen Abwassers in Frage gestellt wird.

Über die direkte Reinigung des Abwassers liegen noch keine Beobachtungen vor, doch dürften die Abwässer nach meiner Ansicht in ihrem Charakter denen der Molkereien ähnlich sein und sich demnach in entsprechender Weise reinigen lassen.

An einzelnen Stellen wird das Abwasser erfolgreich durch tiefe Versickerungsgruben gereinigt.

### **15. Abwässer aus Färbereien (Zeugdruckereien).**

Diese Abwässer enthalten stets mehr oder weniger große Mengen von organischen Farbstoffen, so daß sie stets gefärbt erscheinen. Man war bisher der Ansicht, daß die Farbe der Abwässer weniger schädlich für den Vorfluter sei, daß vielmehr in der Hauptsache die

Farbabwässer ein ästhetisches Moment bedeuten, indem sie das Wasser der Vorfluter oft auf weite Strecken in allen Farben des Regenbogens schillern lassen.

Eine Arbeit von Tienemann aus der neuesten Zeit jedoch läßt erkennen, daß diese Ansicht nicht ganz richtig ist, daß vielmehr viele Farbstoffe, die bei der Papierfabrikation verwendet werden, trotzdem sie für den Menschen ganz ungiftig sind, schon in sehr großen Verdünnungen auf die verschiedensten Wasserbewohner stark giftig wirken. Besonders Viktoriablau, Methylviolett, Kohlschwarz und Diamantgrün B erwiesen sich auch in so starker Verdünnung für die Süßwasserorganismen noch tödlich, daß Abwässer, die diese Farben enthalten, sehr wohl die Fischerei in den Vorflutern schädigen können, sei es, daß sie direkt Fischsterben verursachen, sei es, daß sie die niederen Tiere des Wassers und damit die Nahrungsquelle der Fische vernichten oder vermindern. Neben den Farben enthalten diese Abwässer oft Beizen (Aluminium-, Ferri- und Zinnsalze in der Hauptsache).

Die Beseitigung von Farbstoffen aus Abwässern ist noch eine ungelöste Frage. Die Entfärbung ist um so schwieriger, je echter die Farbstoffe sind. Auch auf biologischem Wege, sei es Landberieselung, sei es das künstliche biologische Verfahren, gelingt die Entfärbung nur unvollständig. Die Rieselflächen bzw. die Körpersättigen sich nämlich allmählich mit den Farbstoffen und lassen dann weiteren Farbstoff unverändert durchtreten.

Eine oberflächliche Entfärbung läßt sich bei manchen Farbstoffen durch Zusatz von Eisensulfat und Kalk erzielen. Nach dieser Fällung wird dann in Absatzbecken geklärt oder durch Schnellfilter filtriert.

Eine Methode der Entfärbung, die wohl geübt worden ist, besteht darin, die Farbstoffe zu Leukobasen zu reduzieren und dann die ungefärbten Abwässer abzulassen. Das Verfahren kann jedoch nicht empfohlen werden. Die Leukobasen oxydieren sich nämlich im Flusse wieder zu den gefärbten Verbindungen, wobei sie den zur Oxydation erforderlichen Sauerstoff dem Flußwasser entziehen. Auf diese Weise erscheinen also die Farben nicht nur im Flusse wieder, sondern der Entzug von Sauerstoff aus dem Flußwasser bewirkt überdies, daß die Schädigung des Flusses durch Sauerstoffentzug eine noch viel erheblichere und bedenklichere wird.

Am besten dürfte es sein, derartige Abwässer eingehend zu verdünnen und den städtischen Kanalisationen zuzuleiten.

### 16. Abwässer aus chemischen Fabriken.

Die Abwässer der chemischen Fabriken sind je nach der Art des Betriebes so außerordentlich verschieden, daß es unmöglich ist, eine bestimmte Reinigungsart anzugeben, und zwar um so mehr, als die Methoden der Fabrikation vielfach streng geheim gehalten werden. Allgemein läßt sich über diese Abwässer angeben, daß suspendierte Stoffe durch Klärbecken ausgeschieden werden können. Stoffe, die leichter als Wasser sind (Teere, Öle usw.), können mit Hilfe von Fettfängern aus dem Abwasser entfernt werden.

Fast alle chemischen Betriebe gebrauchen Säuren oder Alkalien. Durch Zusammenleiten von Säuren oder alkalischen Abwässern kann schon eine unter Umständen ausreichende Neutralisation derartiger Abwässer erfolgen. Die Abstumpfung von Säuren geschieht im übrigen allgemein durch Kalk.

Bei derartigen Neutralisationen entstehen oft große Mengen von Glaubersalz. Die Abwässer organischer Farbenfabriken sind oft sehr reich an diesem Salz. Für das Leben im Fluß dürften diese Salze im allgemeinen unbedenklich sein, doch möchte ich darauf aufmerksam machen, daß derartige Wässer nach meinen Befunden Klärbecken, die aus Zementbeton hergestellt sind, äußerst schnell zu zerstören im stande sind. Diese von mir bei ganz anderen Untersuchungen gefundene Tatsache wurde mir von dem Direktor einer großen Farbenfabrik bestätigt. Die Zerstörung besteht darin, daß das Glaubersalz den freien Kalk des Zementes in Gips verwandelt, womit ein breiiger Zerfall des Betons Hand in Hand geht.

Sehr viele chemische Betriebe führen auch gefärbte Abwässer ab. Bezüglich ihrer Reinigung kann auf das oben Ausgeführte verwiesen werden.

Sehr empfehlenswert ist für diese Betriebe auch die Anlage von Aufhaltebecken, da die Abwässer oft stärker verschmutzt und in großen Mengen oft weniger verschmutzt und in geringerer Quantität entstehen.

Mitunter kann es empfehlenswert sein, die Abwässer der einzelnen Betriebe für sich abzuführen und zu reinigen. In anderen Fällen wieder wird ein Vermischen zweckmäßiger sein, da dadurch die gelösten Stoffe sich gegenseitig ausfällen. Alle diese Verhältnisse, wie überhaupt die beste Reinigung der Abwässer chemischer Betriebe wird zweckmäßig durch Versuche festgestellt.

### 17. Bleichereiabwässer.

In der Bleicherei bilden sich alkalische Kocherlaugen und saure, sowie chlorkalkhaltige Abwässer. Die schädlichsten sind die stark

alkalischen Kocherlaugen. Nach Schiele ist eine oberflächliche Reinigung in der Weise zu erzielen, daß man die alkalischen Laugen in Aufhaltebecken aufspeichert, die sauren nach und nach zumischt und dann in Absitzbecken klärt. Das so gereinigte Abwasser kann dann auch in biologischen Anlagen weiter gereinigt werden. Nach einem patentierten Verfahren macht Keller (Stuttgart) die alkalische Kocherlauge wieder verwendbar, indem er unter ständigem Rühren gelöschten oder ungelöschten Kalk zusetzt, wobei die Flüssigkeit eine hellere Farbe annimmt. Die vom Kalk abdekantierte Flüssigkeit wird dann wieder für sich oder auf irgend eine Weise verstärkt, zum Abkochen verwandt.

### 18. Abwasser aus Gasfabriken.

Das Abwasser der Gasanstalten ist gewöhnlich schokoladebraun, übelriechend und enthält freies Alkali, Rhodan, Phenol, Zyan, teerige Produkte usw. Die Beseitigung dieses Abwassers bereitet große Schwierigkeiten, um so mehr, als die Beimischung zum städtischen Abwasser infolge der giftigen Stoffe die Reinigung dieses Abwassers erheblich erschwert, wenn die Menge irgend erheblich ist.

Eine sehr wenig durchgreifende Behandlungsart ist die Versetzung mit Chemikalien mit nachfolgendem Absitzbetrieb.

Radcliffe hat ein Verfahren ausgearbeitet und erprobt, das folgendermaßen vorgeht: Zunächst wird der suspendierte Kalk in Absitzbecken entfernt, dann wird das Wasser auf einen Fraktionierapparat gepumpt, rieselt über Platten herab, während von unten ein Gemisch von kohlenstoffhaltigen heißen Abgasen und Luft eingeblasen wird. Dadurch wird gelöster Kalk ausgefällt, und die Phenole werden zerstört. Der Kalk setzt sich in einem Tank ab, und die Flüssigkeit wird wieder auf einen Fraktionierapparat, der als Untersatz für den ersten dient, gedrückt. Ein starker Luftstrom soll hier die Phenole und andere Stoffe entfernen. Sie werden in eine Feuerung geleitet und verbrannt. Durch Eintropfen von Schwefelsäure lassen sich noch die Rhodanverbindungen zerlegen. Nach Passieren eines zweiten Absitzbeckens und Filtration durch Koks soll das Wasser ganz klar sein. In St. Albans in England ist eine derartige Anlage ausgeführt. Mehrere bedeutende englische Abwasserfachleute haben das Verfahren geprüft und äußern sich sehr günstig.

Soll Gasabwasser nach dem biologischen Verfahren gereinigt werden, so muß es stark verdünnt werden, aber auch bei starker Verdünnung oder Beimischung zu häuslichem Abwasser dürfen die Körper nur sehr wenig belastet werden, wenn eine genügende Reinigung erzielt werden soll.

### 19. Abwasser von Ammoniakfabriken.

Die Abwässer zeichnen sich durch einen hohen Gehalt an mineralischen und organischen Substanzen aus. Sie enthalten Kalziumchlorid und freien Kalk, unter Umständen auch Kalziumsulfhydrat und freien Schwefel; an organischen Stoffen sind vorhanden Teerprodukte, Rhodanate, Pyridinbasen, Phenol u. a.

Den freien Ätzkalk kann man entfernen, indem man die Abwässer über geneigte Flächen hinabrieseln läßt, wobei er sich in kohlsauren Kalk verwandelt.

Durch Zusatz von Ätznatron (1 bis 2 kg auf 100 cbm Abwasser) soll auch der Schwefel, der oft in feiner Verteilung vorhanden ist, durch den ausfallenden kohlsauren Kalk mit niedergeschlagen werden. Rhodan ist meist in geringen Mengen vorhanden, doch kann bis 1 0/0 vorkommen. Bei derartig hohen Gehalten kann das Rhodan mit Kupfersalzen ausgefällt und wieder gewonnen werden.

### 20. Abwässer aus Kaliwerken.

Die Abwässer der Kalifabriken enthalten in großer Menge anorganische Salze, vor allem Chlormagnesium und Chlorkalzium. Diese Abwässer können mit den gewöhnlichen Verfahren nicht gereinigt werden. Sie werden gewöhnlich direkt in die Flüsse abgelassen und erhöhen deren Salzgehalt und Härte oft erheblich, was besonders dann gesundheitlich unangenehm werden kann, wenn unterhalb liegende Städte ihr Trinkwasser dem betreffenden Flusse entnehmen.

Der Reichsgesundheitsrat hat sich mit diesen Abwässern befaßt. Er empfiehlt, eine Erhöhung der Härte auf 50° im Flußwasser als Grenze zu setzen. Ferner wurden folgende Maßnahmen empfohlen, damit die Versalzung des Flußwassers keinen unerträglichen Umfang annimmt:

1. Einrichtung zweckmäßiger Verteilungseinrichtungen und Ablaufregeln für die Endlaugen,
2. Schaffung von Aufhaltebecken von genügender Größe für die Endlaugen der einzelnen Fabriken,
3. eine Anzahl von Kontrollen durch eine zu schaffende Zentraluntersuchungsstelle.

Neuerdings werden diese Abwässer zur Staubbinding auf Straßen verwendet. Durch ihren Gehalt an Chlormagnesium und Chlorkalzium, die stark hygroskopische Salze sind, halten die Abwässer die Straßen feucht und binden auf diese Weise den Staub. In Frankfurt mit diesen Laugen ausgeführte Versuche haben ergeben, daß sie besonders im Winter bei trockenem Frost vorzügliche Dienste zu leisten ver-

mögen. An derartigen Tagen ist ein Sprengen mit Wasser nicht möglich, da die Straße sofort vereisen würde. Jede Kehrmachine aber, die auf der nicht angefeuchteten Straße in Bewegung gesetzt wird, wirbelt große Staubwolken auf. Sprengt man aber mit diesen Laugen, so kann infolge des erheblich niedrigeren Gefrierpunktes dieser Laugen sich nicht nur kein Eis bilden, sondern die Flächen (Asphalt) blieben hier auch 8 Tage lang ohne erneutes Sprengen feucht.

#### **21. Abwässer von Metallwerken und Beizereien.**

Diese Abwässer sind meist sauer und enthalten Metallsalze. Sie schädigen, direkt abgeleitet, die Flüsse sehr. Außerdem machen sie durch Ausscheidungen von Eisen- oder anderen Metallsalzen das Flußwasser mißfarbig.

Die Reinigung kann geschehen durch Neutralisation mit Kalk und nachfolgende Behandlung in Absitzbecken. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist der, daß sehr große Schlammmassen anfallen.

Besser ist es daher, die Abwässer einzudampfen und die Metallsalze zu gewinnen. In England soll dieses Verfahren nach Schiele lohnend sein.

#### **22. Abwässer von Fabriken zur Herstellung photographischer Papiere und Bilder.**

Die Abwässer derartiger Betriebe sind ebenfalls zu trennen in konzentrierte Abwässer und Waschabwässer. Die konzentrierten Abwässer enthalten die verschiedensten Chemikalien (Säuren, Laugen usw.), wie sie naturgemäß in derartigen Betrieben entstehen müssen.

Pritzko w empfiehlt entweder Ableiten der konzentrierten Abwässer in die Kanalisation, wobei sich Schwierigkeiten nicht ergeben dürften, oder besondere Behandlung dieser Wässer. Für die Art der Reinigung der konzentrierten Abwässer empfiehlt Pritzko w folgendes: Die stark konzentrierten Abwässer (Färbemaschinen, Rückständeaufarbeitung) werden durch im einzelnen auszuprobierende Behandlung von den Säuren, Laugen, schädlichen Salzen befreit. Für einige, z. B. die thiosulfathaltigen Wässer, lohnt sich wahrscheinlich eine Wiedergewinnung der wertvollen Stoffe. Die resultierenden Wässer und diejenigen konzentrierten Wässer, bei denen eine derartige Behandlung nicht möglich ist, werden in ein Sammelbecken geleitet. Hier können die einzelnen Wasserarten sich mischen, umsetzen und so weit als möglich neutralisieren. Die hier ablaufenden Abwässer würden mit den in einem besonderen Klärbecken von den suspendierten Stoffen zu befreienden Washwässern gemischt werden und können dann der Vorflut überantwortet werden.

### 23. Zyanhaltige Abwässer.

Diese Abwässer sind Gegenstand eines Gutachtens des Reichsgesundheitsrates (Rubner und von Buchka) gewesen. Manche Zuckerraffinerien verarbeiten ihre Melasse auf Zyan. Hochofengase werden oft durch Waschen mit Wasser von ihren Verunreinigungen befreit und dann wieder im Betriebe verwendet. Die bei diesem Waschprozeß entstehenden Abwässer sind gewöhnlich stark zyanhaltig. In der Dessauer Zuckerraffinerie wird nach den Schilderungen des Reichsgesundheitsrates das Zyan in folgender Weise aus dem Abwasser entfernt: Die zyanhaltigen Abwässer sammeln sich in Gruben. In das Wasser werden Säcke mit Eisensulfat eingehängt, das von dem heißen Abwasser gelöst wird. Dann wird Natronlauge zugegeben, später mit Schwefelsäure schwach sauer gemacht und die Mischung durch starkes Luftenblasen kräftig durchgerührt. Der Zusatz von Natronlauge und Schwefelsäure erfolgt in berechneten Mengen entsprechend den analytischen Ergebnissen bei der Prüfung des Grubeninhaltes. Der Grubeninhalt wird dann durch Filterpressen gedrückt. Läuft das Abwasser nicht klar von den Pressen ab, oder ergibt die qualitative Prüfung (Berlinerblau-Reaktion) noch die Anwesenheit von Zyan, so geht es noch einmal in die Reinigungsgrube und von da wieder auf die Presse zurück. Der Blauschlamm, der mit etwa 70% Wasser aus den Pressen kommt, wird in Pfannen getrocknet und enthält dann etwa 45% Ferrozyankalium.

### 24. Abwässer aus Wollwäschereien und -kämmereien, Appreturanstalten usw.

Das konzentrierteste und unangenehmste Abwasser dieser Betriebe ist das seifenhaltige Wollwaschwasser. Es empfiehlt sich unter allen Umständen, dieses Wasser für sich zu verarbeiten. Es wird meist durch Rechen, Siebe oder ähnliche Apparate von den Fasern befreit und dann zur Zersetzung der Seife mit Schwefelsäure angesäuert, wobei zur guten Mischung oft Luft oder Dampf eingeblasen wird. Die angesäuerten Abwässer bleiben dann in großen Absz Becken eine Zeitlang stehen. Der fettreiche Schlamm wird auf Fett verarbeitet (siehe S. 98). Das Abwasser kann durch intermittierende Bodenfiltration oder durch das künstliche biologische Verfahren (am besten Tropfkörper oder zweistufige Füllkörper) weiter gereinigt werden. Die geringe Menge freier Schwefelsäure soll bei der biologischen Behandlung nichts schaden. In einigen Anlagen wird jedoch das saure Abwasser auch mit Kalk neutralisiert vor der biologischen Behandlung. Vielfach werden die durch Schwefelsäure und

Absitzenlassen vorgereinigten Abwässer auch direkt ohne weitere biologische Behandlung in die Flüsse abgelassen.

### **25. Abwässer aus Petroleumraffinerien.**

Die entstehenden Abwässer sind Abfallsäure, saure Waschwässer, Natronlauge und Laugenwaschwässer. Nach behördlicher Verfügung in Österreich soll sich die Beseitigung dieser Abwässer ungefähr folgendermaßen gestalten:

Die Abfallsäure läßt man eine Zeitlang stehen, dabei scheidet sich der Goudron oben ab, der abgeschöpft und verbrannt werden kann (Vermischen mit Sägespänen) oder auf Asphalt verarbeitet wird. Die verdünnte schmutzige Säure kann an Kunstdüngerfabriken verkauft werden. Läßt sich die Säure nicht verwerten, so wird sie mit Kalk neutralisiert; das dabei sich ausscheidende Harz wird abgeschöpft, das neutralisierte Abwasser in Absitzbecken und Filtern (aus Putzwolle oder Torf usw.) von den Schwebestoffe und öligen, teerigen oder sonstigen Stoffen befreit.

Die Säure- und Laugewaschwässer werden zusammengeleitet; reichen die sauren Waschwässer zur Neutralisation nicht aus, so wird noch ein Teil der obigen Schmutzsäure (nach dem Entharzen) hinzugenommen. Die Mischung soll noch eine deutlich saure Reaktion behalten; sie wird dann zur Zersetzung der Petrolseifen gekocht. Nach dem Abschöpfen der oberen Ölschicht wird die untere wässerige, noch immer saure Flüssigkeit ebenfalls in den oben genannten Absitzbecken und Filtern gereinigt.

Für größere Fabriken ist eine besondere Kläranlage für die Laugenabwässer und Säureabwässer zu empfehlen.

### **26. Seifenhaltige Abwässer.**

Wenn es sich um reines Seifenabwasser ohne Zusatz von anderem Schmutzwasser handelt, wie es viele Wäschereien liefern, so kann es nach Heyd gut in Klärbrunnen mit großen Reibungsflächen und sehr geringer Durchflußgeschwindigkeit gereinigt werden. Der Abwassermenge entsprechend wird automatisch Kalkmilch im Einlauf des Brunnen zugesetzt. Die Kalkmilchmenge muß in Versuchen für das betreffende Abwasser bestimmt werden. Nach dem Passieren eines Sandfilters von geringer Höhe sind die Abflüsse in einem Grade gereinigt, daß sie unbeanstandet selbst kleinen Vorflutern zugeführt werden können. Wichtig ist es, dafür zu sorgen, daß die sich bildenden Schwimmteilchen in der Kläranlage zurückgehalten werden und nicht auf das Filter gelangen. Vorteilhaft ist es, wenn man die Abwässer, ehe sie auf das Filter kommen, gehörig lüftet.

(Kohlensäureaufnahme) und einen Behälter oder einen zweiten Klärbrunnen zwischenschaltet.

Die Anwendung des Faulverfahrens hält Heyd für diese Abwässer für bedenklich und eine biologische Anlage nur bei sehr großer Oberfläche für wirksam. Auch Lübbert hält das biologische Verfahren für die Reinigung von Wäschereiabwässern für unzuweckmäßig und empfiehlt ebenfalls Fällung mit Kalk.

Nach Ansicht des Verfassers müßte es möglich sein, derartige Seifenlaugen durch Zusatz von Schwefelsäure bis zur ganz schwach sauren Reaktion und Abscheidung der sich ausscheidenden Fettsäuren, die wiedergewonnen werden könnten, in irgend einem Fettfänger zu reinigen. Die Fettsäuren dürften sich um so leichter ausscheiden lassen, als ja derartige Seifenabwässer meist warm zum Abfluß gelangen.

### 27. Abwässer aus Ölfabriken

Die Abwässer sind wegen ihres hohen Gehaltes an organischen Stoffen in Südfrankreich als Wiesendüngemittel verwendet worden. Der Erfolg war jedoch ein sehr geringer. Die Ursache dafür soll in dem hohen Säuregehalt liegen. Nach Ventre soll nun das Abwasser durch Stehen an der Luft die Säure verlieren und dann nach Vermischung mit Superphosphat oder tierischem Dünger ein gutes Düngemittel ergeben.

## C) Die Desinfektion des Abwassers.

Die Abwässer enthalten meist eine Keimzahl von einer bis mehreren Millionen. Wie Spitta nachgewiesen hat, sind die meisten Bakterien mit den ungelösten Substanzen verbunden, so daß durch Ausscheidung der suspendierten Stoffe auch eine erhebliche Keimreduktion vor sich geht. Die allermeisten dieser Bakterien sind harmloser Natur, doch sind zweifellos auch unter ihnen manche Krankheitserreger.

Da diese Krankheitserreger unter gewöhnlichen Verhältnissen sich nur beschränkte Zeit im Vorfluter unter den veränderten Lebensbedingungen und den vielen ihnen nachstellenden Feinden zu halten vermögen, so braucht im allgemeinen eine Desinfektion des Abwassers nicht zu erfolgen, um so mehr, als heute unbehandeltes Flußwasser von keiner Gemeinde mehr für die Wasserversorgung verwandt wird.

Zweckmäßig ist es bei diesem Stande der Dinge natürlich, daß die Abgänge aller an Infektionskrankheiten, insbesondere Typhus, Erkrankten am Krankenbett desinfiziert werden. Diesem Umstande trägt das preußische Gesetz Rechnung, indem es eine Desinfektion

aller Abgänge von Kranken, die an anzeigepflichtigen Krankheiten leiden, vorschreibt.

Am besten werden die Krankenhausabwässer, bevor sie der städtischen Kanalisation einverleibt werden, ebenfalls desinfiziert.

Notwendig wird die Desinfektion in Epidemiezeiten, weil sonst durch die vielen Krankheitserreger, die in die Flüsse eingeschwemmt würden, die Verbreitung der Seuche sehr begünstigt werden würde. In den meisten Kläranlagen sind für diese Fälle Einrichtungen vorgesehen, die eine Desinfektion des gesamten Abwassers gestatten. Als Desinfektionsmittel hat sich Chlorkalk am besten bewährt, doch entfaltet dieser nur dann eine genügende Wirkung, wenn alle suspendierten Stoffe über 1 mm Größe entfernt werden. Eine Gefahr bilden in Epidemiezeiten nach Schmidmann, Thumm und Reichle besonders die Notauslässe der Städte.

Gewerbliche Abwässer brauchen im allgemeinen nicht desinfiziert zu werden. Nur bei Schlachthaus- und Abdeckereiabwässern können Krankheitserreger vorhanden sein. Gerbereiabwässer können ferner Milzbrandsporen enthalten. Auch für die Desinfektion solcher Abwässer ist Chlorkalk das beste Mittel.

Nash Kurpjuweit lassen sich allgemein gültige Regeln für die Menge des erforderlichen Chlorkalks nicht angeben. Eine Einwirkungsdauer von 2 Stunden genügt im allgemeinen. Bei einer Chlorkalkkonzentration von 1:5000 und zweistündiger Einwirkungszeit vermochte Kurpjuweit Charlottenburger Abwasser in genügender Weise zu desinfizieren.

Dagegen gibt Kranepuhl an, daß, wenn man sicher gehen wolle, man unter eine Konzentration von 1:1000 nicht heruntergehen dürfe oder die Konzentration 1:2000 4 Stunden einwirken lassen müsse.

KRAKÓW  
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

## Anhang.

### Literaturverzeichnis.

#### Lehrbücher, größere Werke und zusammenfassende Arbeiten.

- J. König, Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen usw., Berlin, J. Springer, 2. Aufl. 1899.
- Flügge, Grundriß der Hygiene, 6. Aufl., Leipzig, Veit & Co., 1908.
- von Esmarch, Hygienisches Taschenbuch, Berlin, J. Springer, 1908.
- A. Schiele, Abwässerbeseitigung von Gewerben und gewerbe-reichen Städten, unter hauptsächlicher Berücksichtigung Englands, Berlin, August Hirschwald, 1909.
- Frühling, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1910.
- Dunbar, Leitfaden der Abwässerreinigung, Berlin und München, R. Oldenbourg, 1907.
- Rubner, Gruber, Ficker, Lehrbuch der Hygiene, II. Teil: Spitta, Schmidtman, Thumm, Reichle, Kolkwitz, Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, Leipzig, S. Hirzel, 1911.
- Das Städtische Tiefbauwesen in Frankfurt a. M., herausgegeben vom Städt. Tiefbauamt, Frankfurt a. M., Schirmer & Mahlau, 1903.
- Gärtner, Leitfaden der Hygiene, 5. Aufl., Berlin, S. Karger, 1909.
- Salomon, Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland, 2 Bände und 1 Ergänzungsband, Jena, Gustav Fischer, 1906, 1907, 1911.
- Wasser (Zusammenfassender Bericht über neuere Erfahrungen). Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege, 1911, 41, 460.
- Heidepriem, Die Reinigung des Kesselspeisewassers, 2. Aufl. Neu bearbeit. von J. Brach und G. Hausdorf, Berlin, A. Seydel, 1909.
- Wehrenpfennig, Über die Untersuchung und das Weichmachen des Kesselspeisewassers, Wiesbaden, Kreidel, 1910.

#### Sandfilter.

- Piefke, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1887, 30, 604.
- Fränkel und Piefke, Zeitschrift für Hygiene, 1890, 8, 1.
- Bideault des Chaumes, Eine Sandfilteranlage für Trinkwasser nach dem System Puech, Gesundheits-Ingenieur, 1906, 29, 566.
- Kruse, Beiträge zur Hygiene des Wassers, Zeitschr. f. Hygiene, 1908, 59, 6.
- Götze, Neuerungen auf dem Gebiete der Trinkwasserfiltrationstechnik, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 380.
- Peters, Die Verbesserung der Sandfilterung durch Vorfilter nach Puechschem Verfahren zum Zwecke der Wasserversorgung von Städten, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 557.

- Baudet, Die Reinigung des Trinkwassers durch nicht überstaute Sandfilter, Wasser und Abwasser, 1909, 1, 460.
- John, Die Filtration und Reinigung der Wässer für die Zwecke der Wasserversorgung, Surveyor, 1909, 35, 86.
- Fuller, Wasserreinigung durch Sandfiltration, Contr. Soc. Civil Eng., 1909, 1 bis 18; Wasser und Abwasser, 1909, 1, 570.
- Oesten, Neuerungen in der Konstruktion offener Sandfilter zur Wasserversorgung, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1909, 52, 453.
- Oesten, Eine Neuerung in der Bauart offener Sandfilter zur Wasserversorgung, Zentralblatt d. Bauverwalt., 1909, 285; Wasser und Abwasser, 1909, 1, 493.
- Marboutin, Beiträge zum Studium der gewöhnlichen, offenen Sandfilter, Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 536.
- Vincey, Typhus und langsame Sandfiltration im Pariser Gebiet. Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 243.
- Roch, Beurteilung der Verfahren zur Reinigung des Talsperrenwassers für Wasserversorgungszwecke, Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 101.
- Dieckmann, Die Wasserversorgung Magdeburgs, Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 205.
- Nichols, Sandwäscheeinrichtungen bei der langsamen Sandfiltration, Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 213.
- Schertel, Neuerungen in der Wasserversorgung Hamburgs, Wasser und Abwasser, 1909/10, 6, 476.
- Die Betriebsergebnisse und Kosten der Wasserfiltrationsanlage in Torresdale (Philadelphia), Eng. Record, 1909, 60, 127; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 480.
- Haura, Trinkwasserversorgung und Entwässerung einer Arbeiterstadt, Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 415.
- Gaultier, Eine besondere Art geschlossener, nicht überstauter Sandfilter, Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 46.
- Über Trockensandfilter, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 162.
- Erlaß über die Einführung der Trockensandfilter in die französische Armee, Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 242.

#### **Schnellfilter.**

- Hilgermann, Sand- und Schnellfilter, Vierteljahrsschrift für gerichtl. Medizin und öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, 32, 2.
- Gieseler, Versuche mit Jewell Filtern am Posener Wasserwerk, Eng. Record, 1907; Gesundheits-Ingenieur, 1906, 29, 842.
- Schreiber, Bericht über die Versuche an einer Versuchsanlage der Jewell Export Filter Co., Mitteilungen aus der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw., 1906, 6, 88.
- Friedberger, Versuche über die Verwendbarkeit der amerikanischen Schnellfiltration für die Königsberger Wasserversorgung, Zeitschrift f. Hygiene, 1908, 61, 355.
- Bitter und Gottschlich, Über Anwendung chemischer Fällungsmittel bei der Sandfiltration, mit besonderer Berücksichti-

- gung der amerikanischen Schnellfilter, Zeitschrift f. Hygiene, 1908, 59, 379.
- Don, Die Filtration und Reinigung des Wassers für die Zwecke der Wasserversorgung, Surveyor, 1909, 35; Wasser und Abwasser, 1909, 1, 369.
- Erfahrungen mit Schnellfiltern, Eng. Record, 1908; Wasser und Abwasser, 1909, 1, 167.
- Rammul, Die Wasserversorgungsverhältnisse der Stadt Moskau, Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege, 1909, 266.
- Humphreys, Über Schnellfilter, Surveyor, 1910, 37, 796.
- Gieseler, Die Schnellfilteranlage der Stadt Helsingfors, ausgeführt 1908/09 von der Jewell Export Filter Co., Gesundheits-Ingenieur, 1910, 33, 863.
- Denk, Versuche über Klärung des Königsberger Trinkwassers mit schwefelsaurer Tonerde, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1910, 53, 631.
- Gottschlich und Bitter, Kontrolle der Trinkwasserversorgung Alexandriens (Jewell-Schnellfilteranlage) in den Jahren 1907 bis 1910, Gesundheits-Ingenieur, 1911, 34, Nr. 43.

#### Künstliches Grundwasser.

- Kruse, Beiträge zur Hygiene des Wassers, Zeitschrift f. Hygiene, 1908, 59, 6.
- Prausnitz, Über natürliche Filtration des Bodens, Zeitschrift für Hygiene, 1908, 59, 161.
- Prausnitz, Wasserversorgung durch natürliche Filtration, Zentralblatt f. allgem. Gesundheitspflege, 1908, 9/10.
- Die Sickeranlage in Ironto, Ohio (U. S. A.), Eng. Record, 1908, 58, 444.
- Reichle, Über künstliches Grundwasser, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1910, 53, 699.
- Nau, Künstliches Grundwasser, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, 54, 87.
- Scheelhaase, Beitrag zur Frage der Erzeugung künstlichen Grundwassers aus Flußwasser, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, 54, 665.
- Braikowitz, Zeitschrift d. Vereins d. Gas- u. Wasserfachmänner in Österreich-Ungarn, 1911, 51, 368.
- Richert, Die Grundwasser, Berlin und München, R. Oldenbourg, 1911.

#### Ozonverfahren.

- Erlwein, Gesundheits-Ingenieur, 1903, 18, 546; Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1909, 32, Nr. 30/31.
- Ohlmüller und Prall, Arbeiten a. d. Kais. Gesundheitsamt, 1902/03.
- Proskauer und Schuder, Zeitschr. f. Hygiene, 1902, 41; 1903, 42.
- Schreiber, Zur Beurteilung des Ozonverfahrens für die Sterilisation des Trinkwassers, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung, 1906, 6, 88.
- Halbertsma und Doletschaleck, Mitteilung über das Ozonwerk zur Trinkwassersterilisierung in Schierstein a. Rh., Broschüre.

- Neues aus der Ozonliteratur, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 403.
- Halbertsma, Ozon zur Sterilisierung von Trinkwasser, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 561.
- Proskauer, Entgegnung auf vorstehende Arbeit, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 562.
- Die Einrichtung von Ozonsterilisatoren für Trinkwasser in St. Maur, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 655.
- Kershaw, Die Herstellung und die Kosten ozonisierter Luft zur Sterilisation von Trinkwasser, Surveyor, 1906.
- Anwendung von Ozon für die Wasserreinigung, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 799.
- Courmont und Lacomme, Ozonisierung des Wassers für Städte, Gesundheits-Ingenieur, 1908, **31**, 380.
- Erlwein, Über Ozonwasserwerke, Gesundheits-Ingenieur, 1908, **31**, 357.
- M. Neißer, Über zwei Hausapparate zur Ozonisierung von Wasser, Arbeiten aus dem Königl. Institut f. experimentelle Therapie zu Frankfurt a. M., 1908, **4**.
- Erlwein, Einzelanlagen zur Sterilisation von Trink- und Industrierwasser durch Ozon, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 106.
- Bruère, Die Trinkwassersterilisationsversuche der Stadt Paris im Wasserwerk zu St. Maur, Wasser und Abwasser, 1909, **1**, 379.
- Rideal, Trinkwasserreinigung durch Ozon, Vortrag im Royal Sanitary Institut, Wasser und Abwasser, 1909, **1**, 256.
- Chlopin und Dobrowolski, Über die Verbesserung des Trinkwassers durch Ozon für die Wasserversorgung St. Petersburgs, Chemiker-Zeitung, 1908, **32**, Repert. S. 23.
- Wilke, Städtische Ozonwasserreinigungsanlage in Lindsay-Ontario, Kanada, Gesundheits-Ingenieur, 1909, **32**, 446.
- Klärungs- und Ozonisationsanlagen im Wasserwerk der Stadt Chartres, Le mois scientifique et industriel, Paris, Februar 1909; Gesundheits-Ingenieur, 1909, **32**, 478.
- Daske, Die Reinigung des Trinkwassers durch Ozon, Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege, 1909, **41**.
- Sauna, Die Sterilisation von Trinkwasser durch Ozon, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 260.
- Dale, Versuche mit einem Hausozonisierungsapparat für Trinkwasser, Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 457.
- Bruère, Die Sterilisation der Trinkwässer, Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 48.
- Erlwein, Das Ozonwasserwerk Hermannstadt in Siebenbürgen, Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 457.
- Trinkwasserreinigung durch Ozon, The Sanitary Record, 1909, **43**, 517; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 23.
- Fessard, Die Verwendung des Ozons zur Trinkwassersterilisation in Chartres, Revue d'Hyg., 1909, **31**, 288; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 24.
- E. Wiener, Über einen tragbaren Apparat zur Ozonisierung des Wassers, Wiener klin. Wochenschrift, 1909, **22**, 495; Chem. Zentrabl., 1909, **2**, 85; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 92.

- Erb, Zur Sterilisation des Trinkwassers durch Ozon, Dinglers Polytechnisches Journal, 1909, 586; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 405.
- Über die Bedingungen der Trinkwassersterilisation mittels Ozon, Revue d'Hygiene, 1909, 31, 605. 702. 1033; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 406.
- Erlwein, Das Ozonwasserwerk in St. Petersburg, Gesundheits-Ingenieur, 1911, 34, 200.
- Gärtner, Der heutige Stand der Wasserversorgungsfrage, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, 54, 877, 908.

#### **Ferrochlorverfahren.**

- Thumm und Schiele, Die Sterilisierung und Filtrierung von Trinkwasser durch das Ferrochlorverfahren Duyk, System Howatson, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw. 1907, 8, 1.

#### **Chlorkalkbehandlung.**

- Johnson, Die Anwendbarkeit der Hypochloritbehandlung in zentralen Wasserversorgungen und die Grenzen der Leistungsfähigkeit des Verfahrens, Wasser und Abwasser, 1911, 4 [4], 49.
- Imhoff und Saville, Die Desinfektion von Trinkwasser mit Chlorkalk in Nordamerika, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1910, 53, 1911.
- Reyer, Der Gebrauch von Aluminiumsulfat und Kalziumhypochlorit in Verbindung mit Schnellfiltern in Harrisburg, Pa., Eng. News, 1910, 63, 393; Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 471.
- W. P. Mason, Reinigung des Wassers in den Wasserwerken durch Hypochlorite, La Technique Sanitaire, 1909, 4. Jahrg., 178; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 269.
- Walden, Die Wirkung des Chlorkalkzusatzes auf Filter, Eng. Record, 1909, 59, 773; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 403.
- Unterchlorigsaurer Kalk zur Wasserreinigung, Eng. Record, 1909, 60 [21]; Gesundheits-Ingenieur, 1910, 33, 281.
- Fuller, Der Sterilisationsvorgang und die Anlage zur Wassersterilisation des Boonton Reservoirs, Eng. Record, 1909, 59, 771; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 373.
- Tresh, Über die Reinigung von Trinkwasser mit Chlor oder Hypochloriten, Zeitschrift f. ang. Chemie, 1909, 22, 1257.
- Clark, Desinfektion als Zubehör zur Wasserreinigung, Eng. Record, 1909, 60, 333; Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 115.
- Rideal, Die Reinigung von Trinkwasser und Abwässern mittels unterchlorigsaurer Salzes, Eng. Record, 1909, 6. März; Gesundheits-Ingenieur, 1907, 32, 310.
- Die Wasserreinigung durch Chlorkalk, Eng. Record, 1909, 60, 561; Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 74.
- Newlands, Die Sterilisation des Connecticut-Flußwassers, Eng. Record, 1910, 61, 193; Wasser und Abwasser, 1910/11, 160.

- West, Der Gebrauch von Hypochloriten in Verbindung mit Vorfiltern, Eng. Record, 1910, **61**, S. 818; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 412.
- Die Anwendung von Kalziumhypochlorit zum Reinigen von Trinkwasser und zum Desinfizieren von Abwasser, The Sanitary Record, 1910, 313; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 470.
- Jensen, Desinfektionsanlage in Minneapolis, Eng. News, 1910, **63**, 391; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 470.
- Jennings, Betriebsergebnisse bei der Verwendung von Chlorkalk zur Reinigung stark verschmutzter Wasser; Eng. Record, 1910, 340, 496; Gesundheits-Ingenieur, 1911, **34**, 226, 466.
- Walker, Die Wirkung des Chlorgehaltes auf die Bakterien des Flußwassers, Gesundheits-Ingenieur, 1911, 481.
- Craven, Chlorkalkbehandlung des Wassers von Ohama, Gesundheits-Ingenieur, 1911, 499.
- Aus der Praxis der Chlorkalkbehandlung, Gesundheits-Ingenieur, 1911, **34**, 522.

#### Ultraviolette Strahlen.

- Courmont und Nogier, Trinkwassersterilisation mittels der Quecksilberquarzlampe, Comptes rendus de l'Acad. Sc. Paris, **148**, Nr. 8, 22. Februar 1909; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 21; Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, 675.
- Courmont und Nogier, Trinkwassersterilisation durch ultraviolette Strahlen, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 481.
- Courmont und Nogier, Die ultravioletten Strahlen, La Technique sanitaire, 1910, 5. Jahrg., 127 bis 132; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 303.
- Entkeimung von Wasser durch ultraviolette Strahlen, Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 396.
- Grimm und Weldert, Sterilisation von Wasser mittels ultravioletter Strahlen, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1910, **14**, 85.
- Deelemann, Trinkwassersterilisation mittels ultravioletter Strahlen und ein neuer fahrbarer Trinkwasserbereiter für den Feldgebrauch, Deutsche Militärärztl. Zeitschrift, 1910, **39**, 409; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 240.
- Vallet, Sterilisation großer Wassermengen mittels ultravioletter Strahlen, Académie des Sciences, Paris, 25. April 1910; Chemiker-Zeitung, 1910, 509, 525; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 472.
- Recklinghausen, Sterilisation von Wasser mit Hilfe der Quarzlampe, Journal of the Royal Sanitary Institut, 1910, **31**, 172; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 472.
- Sterilisation von Trinkwasser mit ultravioletten Strahlen, Sanitary Record, 1910, **45**, 112; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 239.
- Erlwein, Über Wassersterilisierung mittels ultravioletter Strahlen, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, **39**, 955.
- Bujwid, Über die Einwirkungen der ultravioletten Strahlen auf Bakterien, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, 853.
- Tillmans, Wasserreinigung.

- Recklinghausen, Industrielle Wassersterilisation mit ultraviolettem Licht, Gesundheits-Ingenieur, 1911, 34, 166.  
Schwarz und Aumann, Über Trinkwasserbehandlung mit ultravioletten Strahlen, Gesundheits-Ingenieur, 1911, 34, 654.  
Verhandlungen des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, 27, 28.

#### Enteisung.

- Schreiber, Enteisung bei Einzelbrunnen nach dem Verfahren der Firma Deseniß & Jacobi, Hamburg, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1906, 6, 52.  
Geißler, Über moderne Enteisungsanlagen, Gesundheits-Ingenieur, 1906, 86.  
Östen, Grundwasserenteisung und neuere Einrichtungen hierzu, Zeitschrift d. Vereins Deutscher Ingenieure, 1906, 1114.  
Wernicke und Weldert, Untersuchungen über das von Wernicke angegebene Verfahren der gegenseitigen Enteisung und Entbräunung von eisenhaltigen und durch Huminstoffe braun gefärbten Grundwässern, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw., 1907, 8, 176.  
Schlegel und Merkel, Zum Vorgang der Wasserenteisung, Chemiker-Zeitung, 1907, 31, 1709.  
Mertens, Mitteilungen über Verhalten von stark eisenhaltigem Wasser zu dunkelbraun gefärbtem Tiefenwasser, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, August 1907.  
Fischer, Rasche spontane Entbräunung und Enteisung bei einem Grundwasser, Hygienische Rundschau, 1907, 17 [18].  
Többen, Über die besten Verfahren der Reinigung des Grundwassers von Eisen und Mangan, Gesundheits-Ingenieur, 1907, 30, 745, 761.  
Östen, Enteisung und Wiedervereisung des Wassers, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 263, 317, 379, 411.  
Herzberg, Enteisung und Wiedervereisung des Wassers, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 317, 337.  
Noll, Beitrag zur Frage der Enteisung und Wiedervereisung des Wassers, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 410.  
Peters, Enteisung von Einzelbrunnen, Zeitschrift für Hygiene, 1908, 61 [2].  
Schwers, Enteisung des Trinkwassers in Deutschland und in den Niederlanden, Revue d'Hygiene, 1908, 30, 643, 756, 846; Wasser und Abwasser, 1909, 1, 116; 1909/10, 2, 374; 1910/11, 3, 72.  
Weston und Spurr, Die Reinigung von eisen- und manganhaltigen Grundwässern, Wasser und Abwasser, 1909, 1, 463.  
Prigge, Über neuere Enteisungssysteme, Hygienische Rundschau, 1909, 19, 1161.  
Bamberg, Über Grundwasserenteisung, Chemiker-Zeitung, 1909, 33, 399.  
Gans, Die hygienische Bedeutung der Wasserreinigung durch Permutite, Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege, 1910, 4, 545.

- Bamberg, Über Grundwasserenteisungen mit spezieller Berücksichtigung des geschlossenen Systems, Gesundheits-Ingenieur 1910, **33**, 147, 217, 240.
- Bock, Über Grundwasserenteisungen mit spezieller Berücksichtigung des geschlossenen Systems, Gesundheits-Ingenieur 1910, **33**, 332.
- Gartzweiler, Über Grundwasserenteisungen mit spezieller Berücksichtigung des geschlossenen Systems, Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 462, 496.
- Thiem, Offene und geschlossene Enteisungsanlagen und der Enteisungsbetrieb in Leipzig, Meerane i. S. und Vegesack, Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 622.
- Fortschritte auf dem Gebiete der Wasser- und Trinkwasserreinigung, Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 309.
- Kleine Enteisungsanlagen, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, 876.
- Enteisungsanlagen für kleine Trinkwasser-Versorgungen, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, 414.

#### **Entmanganung.**

- H. Lührig, Über die Ursachen der Grundwasserverschlechterung in Breslau, Zeitschrift f. Untersuchungen d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1907, **13**, 441.
- Lührig und Blasky, Mangan im Grundwasser der Breslauer Wasserleitung und die Frage der Abscheidung des Mangansulfats aus demselben, Chemiker-Zeitung, 1907, **31**, 255.
- Hajek, Gelungene Ausscheidung der Manganverbindungen aus Tiefbrunnenwasser, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1907, **50**, 767.
- Öttinger, Die Ursache des Einbruchs von Eisen- und Mangansalzen in das Breslauer Grundwasser, mit besonderer Berücksichtigung der Bodendurchlässigkeit in der Oderniederung, Klin. Jahrb., 1908, **19**, 305.
- Lührig, Gedanken über die Sanierung der Breslauer Wassergewinnungsanlagen, Gesundheits-Ingenieur, 1908, **31**, 629, 645.
- Noll, Reinigung des Trinkwassers von Mangan durch Aluminatsilikate, Gesundheits-Ingenieur, 1908, **31**, 533.
- Lührig und Becker, Über das Verhalten künstlicher und natürlicher zeolithartiger Körper gegen wässerige Lösungen von Mangansulfat, Chemiker-Zeitung, 1909, **33**, 514, 531.
- Über die künstlichen Zeolithe, Wasser und Abwasser, 1909, **1**, 493.
- Erfahrungen über künstliche Zeolithe, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 305.
- Weiß, Das Auftreten des Mangans im Grundwasser und seine Beseitigung, Der städtische Tiefbau, 1910, **15**, 18.

#### **Entfernung von freier Kohlensäure.**

- Heyer, Ursache und Beseitigung des Bleiangriffs durch Leitungswasser, Dessau 1888, Paul Baumann.

- Paul, Ohlmüller, Heise und Auerbach, Untersuchung über die Beschaffenheit des zur Versorgung der Haupt- und Residenzstadt Dessau benutzten Wassers, besonders über dessen Bleilösungsfähigkeit, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1906, 23 [2].
- Wehner, Die Sauerkeit der Gebrauchswässer, Frankfurt a. M. 1904, Röhm.
- Klut, Die Bedeutung der freien Kohlensäure im Wasserversorgungswesen, Gesundheits-Ingenieur, 1907, 30, 517, 574.
- Wehner, Bleilösung und Eisenlösung bei Wasserversorgungswässern und die Vakuumrieselung, Gesundheit, 1908, 747.
- Die Wasserversorgung von Frankfurt a. Main, Nachtrag, herausgegeben vom städtischen Tiefbauamte.
- Scheelhaase, Die Entsäuerung des Frankfurter Stadtwaldwassers, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1909, 52, 38.
- Klut, Die Einwirkung der Trink- und Brauchwässer auf Leitungsröhren, insbesondere auf Bleileitungen, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsamt f. Wasserversorgung usw., 1910, 13, 121.
- Klut, Bleiröhren und Trinkwasser, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1911, 54, 17.

#### Haus- und Kleinfilter.

- Craw, Über das Filterkorn und das Durchwachsen von Bakterien durch Filter, Journal of Hygiene, 1908; Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 511.
- Klut, Sterilisation und Filtration des Trinkwassers, Pharmazeutische Zeitung, 1909, 18.
- Wolters, Das Sucofilter, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1909, 22, 865.
- Wunschheim, Untersuchungen über die Brauchbarkeit einer neuen Konstruktion von Berkefeldfiltern, Desinfektion, 1909, 2, 474.
- Villers, Metallische Filter mit regelmäßigen Poren mikroskopischer Größe, Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 257.
- Barr, Versuche mit einem Sucofilter, Gesundheits-Ingenieur, 1910, 33, 461.
- Bulloch und Craw, Über Berkefeldfilter, Journal of Hygiene, 9 [1]; Gesundheits-Ingenieur, 1910, 33, 119.
- Wilson, Erwiderung auf vorstehende Arbeit, Journal of Hygiene, 9 [1]; Gesundheits-Ingenieur, 1910, 33, 119.
- Schmidt, Über den Mechanismus der Bakterienfiltration mit Berkefeldfiltern, Zeitschrift für Hygiene, 1910, 65, 423.

#### Technische Wasserreinigung.

- Gans, Verbesserung von Trinkwasser und Gebrauchswasser für häusliche und gewerbliche Zwecke durch Aluminatsilikate oder künstliche Zeolithe, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1907, 8, 103.
- Wittels und Welwart, Permutit als Wasserreinigungsmittel, Zeitschrift d. Dampfkesseluntersuchungs- u. Versicherungsgesellschaft, 1908, 8, 102; Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 795.

- Siedler, Über die künstlichen Zeolithe, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1909, 22, 1019.
- Hundeshagen, Über die Bestimmung der Kalk- oder Sodazusätze zum Kesselspeisewasser, Chemiker-Zeitung, 1909, 33, 901.
- Basch, Dampfesselchemie, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1909, 22, 1933.
- Klut, Wasserenthärtung, Pharmazeutische Zeitung, 1909, 18.
- Bilger, Über die Bestimmung der Kalk- und Sodazusätze zum Kesselspeisewasser, Chemiker-Zeitung, 1909, 33, 757.
- Über die künstlichen Zeolithe, Riedels Berichte, 53. Aufl., Berlin 1909; Wasser und Abwasser, 1909, 1, 493.
- Cario, Rost- und Kesselsteinbekämpfung, Zeitschrift f. Dampfessel- u. Maschinenbetrieb, 1909, 3, 25.
- Bartow, Das Kesselspeisewasser, Eng. Record, 1909, 59, 775.
- Aufhäuser, Das Wasser im Lichte der neueren Theorien, mit besonderer Berücksichtigung des Dampfesselbetriebes, 1909, 2. Aufl., Selbstverlag d. Verfassers.
- Vermehren, Permutite und Speisewasser, Deutsche Zuckerindustrie, 1909, 461.
- Lange, Über den Einfluß chlormagnesiumhaltiger Speisewässer auf Dampfesselwände, Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 445.
- Blacher, Die Wasserreinigung im Kesselbetriebe und eine rationelle chemische Kontrolle derselben, Zeitschrift f. Dampfessel- u. Maschinenbetrieb, 1910, Nr. 28, 29, 30; Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 562.
- Permutit-Filter-Co., Erfahrungen über das Permutitwasserreinigungsverfahren für Enthärtung, Enteisung und Entmanganung, Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 500.
- Gans, Die hygienische Bedeutung der Wasserreinigung durch Permutite, Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege, 1910, 4, 545.
- Drawé, Die Zusätze für die Wasserreinigung, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1910, 23, 52.
- Noll, Über die Enthärtung des Wassers, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1910, 23, 1462.
- Zschimmer, Die Wasserreinigungsverfahren mit Kalksoda und Permutit, Zeitschrift d. Bayr. Revisionsvereins, 1910, Nr. 16, 17, 18, 19; Gesundheits-Ingenieur, 1911, 34, 209.
- Massacin, Erwiderung auf den Artikel des Herrn Diplomingenieur A. Zschimmer: Die Wasserreinigungsverfahren mit Kalksoda und Permutit, Gesundheits-Ingenieur, 1911, 34, 210.
- Hilliger, Welche Erfahrungen sind mit dem Permutitverfahren gemacht worden, Zeitschrift f. Dampfessel- u. Maschinenbetrieb, 34, 767.

#### **Flußverunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse.**

- Spitta, Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse, Archiv f. Hygiene, 1900, 38, 160.
- Hofer, Über die Vorgänge der Selbstreinigung im Wasser, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1906, 49, 881.

- Fischvernichtung durch Fabrikabwässer, Gesundheits-Ingenieur, 1906, 29, 699.
- Weigelt, Die Schwankungen im Gehalt der Begleitstoffe unserer natürlichen Gewässer, Wasser und Abwasser, 1909, 1, 23.
- Große-Bohle, Über den Sauerstoffgehalt des Rheinwassers, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1906 7, 173.
- Marsson, Bericht über die Ergebnisse der vierten biologischen Untersuchung des Rheines auf der Strecke von Mainz bis Koblenz, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1907, 28, 549.
- Steuernagel und Große-Bohle, Untersuchungen über den Einfluß der Niederschläge und der Abwässer auf die Zusammensetzung des Rheinwassers bei Köln, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1907, 8, 58.
- Über den Einfluß geklärter Abwässer auf die Beschaffenheit der Flüsse, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 200.
- Kruse, Beiträge zur Hygiene des Wassers, Zeitschrift f. Hygiene, 1908, 59, 6.
- Kolkwitz und Marsson, Ökologie der pflanzlichen Saprobien, Bericht d. Deutschen Botanischen Gesellschaft, 1908, 26 a, 505.
- Die Gefahren des Badens in verschmutztem Wasser, The Sanitary Record, 1909, 1023, 25; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 317.
- Volk, Mitteilungen über die biologische Elbuntersuchung des naturhistorischen Museums zu Hamburg, Wasser und Abwasser 1909, 1, 327.
- Tillmans, Über den Gehalt des Mainwassers an freiem, gelöstem Sauerstoff, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1909, 12, 195.
- Marsson, Fünfte biologische Untersuchung des Rheins, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1909, 39, 543.
- Marsson, Sechste biologische Untersuchung des Rheins, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1909, 32, 59.
- Lauterborn, Bericht über die Ergebnisse der fünften biologischen Untersuchung des Oberrheins (Basel bis Mainz), Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1909, 30, 523.
- Lauterborn, Sechste biologische Untersuchung des Oberrheins, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1909, 32, 35.
- Egger, Beiträge zur hydrochemischen Untersuchung des Rheins und seiner hauptsächlichsten Nebenflüsse, Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 366.
- Marsson, Die Bedeutung der Flora und Fauna für die Reinhaltung der natürlichen Gewässer, sowie ihre Beeinflussung durch Abgänge von Wohnstätten und Gewerben, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1911, 14, 1.

#### **Mechanische Abwässerreinigung.**

- Steuernagel, Die Probekläranlage in Cöln-Niel, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1904, 4, 1.

- Geusen und Loock, Beitrag zur mechanischen Reinigung von Kanalwasser, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1902, 2, 99.
- Schönfelder, Die städtische Abwässerkläranlage von Elberfeld-Barmen, Mitteilung. a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1907, 8, 20.
- Tillmans, Die Abwässerkläranlage in Frankfurt a. M. und die dort bezüglich der Abwässerreinigung, Beseitigung und Verwertung der Rückstände gemachten Erfahrungen, Zeitschrift f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1907, 14, 121.
- Uhlfelder und Tillmans, Die Frankfurter Kläranlage, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1908, 10, 211.
- Tillmans, Die Kläranlage in Frankfurt a. M., Wasser und Abwasser, 1909, 1, 305.
- Lübbert, Einführung in die Frage der Abwässerreinigung, Zeitschrift d. Vereins Deutscher Ingenieure, 1909, 53, 26, 57, 135.
- Königl. englische Kommission für Abwässerreinigung, 5. Bericht, vergl. Schiele, Abwässerbeseitigung von Gewerben und gewerblichen Städten, Berlin, Aug. Hirschwald, 1909.
- Wurl, Die Separatorscheibe, Patent Riensch, Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 559.
- Schiele, Abwässerreinigung durch Rechen und Siebe, Wasser und Abwasser, 1909, 1, 1.
- Schmeitzner, Grundzüge der mechanischen Abwässerklärung, Wasser und Abwasser, 1909, 1, 189.
- Grimm, Ein neues System einer mechanischen Flachbeckenanlage, D. R. G.-M. 340056.
- Lübbert, Zur Theorie der Sedimentierung an der Grimmschen Flachbeckenanlage, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 80.
- Mierisch, Klärschlammgewinnung unter Wasser und die Grimmsche Flachbeckenkläranlage, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 366.
- Grimm, Erwiderung auf vorstehende Arbeit, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 591.
- Lübbert, Bemerkungen zur Arbeit des Diplomingenieurs Mierisch-Wiesbaden: Klärschlammgewinnung unter Wasser und die Grimmsche Flachbeckenkläranlage, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 368.
- Lübbert, Die Abwässerreinigung im Kleinbetriebe, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 141, 265, 306, 398, 453.
- Ashton, Fällungsmittel (Chemikalien für die Abwässerklärung), The Sanitary Record, 1909, 524; Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 17.
- Ashton, Neuerungen auf dem Gebiete der chemischen Wasser- und Abwasserreinigung, Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 103.

#### **Fettfänge.**

- Zahn und Reichle, Untersuchungen über die Wirkungsweise des Kremerschen Apparates, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1908, 10, 1.

- Vogelsang, Versuche mit dem Kremerapparat und mit verschiedenen Tropfkörpermaterialien, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1909, 12, 229.
- Hensel, Fettfänge für Hauskanalisationen, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 268.
- Müllenbach, Fettfänger nach dem Trennsystem für Fett und Schlamm, Haustechnische Rundschau, 16. Jahrg., Heft 8.
- Thumm, Bericht über die 8. Versammlung der Tuberkuloseärzte, Berlin 1911.

#### **Emscher- und Travisbrunnen.**

- Kurgaß, Der Emscherbrunnen, ein neues Verfahren der Abwässerreinigung, Zeitschrift d. Vereins Deutscher Ingenieure, 1908, 52, 1713.
- Kurgaß, Anwendung des Emscherbrunnens für die Vorreinigung und Nachreinigung bei biologischen Kläranlagen, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, Nr. 44.
- Middeldorf, Die Arbeiten der Emschergenossenschaft, Deutsche Bauzeitung, 1909, 43, Nr. 78, 79, 81.
- Kajet, Die Anwendung der Emscherbrunnen für die Vorreinigung und Nachreinigung bei biologischen Kläranlagen, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 62.
- Heyd, Beitrag zur neueren Klärtechnik, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 64.
- Middeldorf und Imhoff, P. Kurgaß, Kajet, Heydt, Angriffe gegen Emscherbrunnen, Gesundheits-Ingenieur, 1909, 32, 210, 272, 325.
- Imhoff, Die Schlammbehandlung in Emscherbrunnen, Technisches Gemeindeblatt, 1910, 13, 13.
- Scheven, Abwasserreinigungsanlage für das Königl. Kadettenhaus Bensberg, Gesundheits-Ingenieur, 1910, 33, 73.
- Collins, Über die Kläranlage in Norwich nach dem hydrolytischen System von Travis, Surveyor, 1909, 35, 650; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 70.
- Travis, Imhoff, Hampton Doktrine und Abwässerreinigung, Gesundheits-Ingenieur, 1910, 33, 55, 56, 60, 61.

#### **Rothe-Degeners Kohlebreiverfahren.**

- Schury und Bujard, Der Torfbreiklärversuch der Stadt Stuttgart in der Kohlebreianlage zu Tegel bei Berlin, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw., 1907, 8, 115.
- Das Abwasserklärwerk der Stadt Elbing, Rothe-Degeners Kohlebreiverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Schlammvergasung, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, 1911, 54 [10], 231.

#### **Künstliches biologisches Verfahren.**

- Dunbar und Thumm, Beitrag zum derzeitigen Stand der Abwässerreinigungsfrage, München und Berlin 1902.
- Emmerling, Beitrag zur Kenntnis der Reinigungseffekte in den Filtern beim biologischen Abwässerreinigungsverfahren,

- Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1902, 1, 73.
- Emmerling, Untersuchung über die Bestandteile der Schwimmschicht und ihr Entstehen auf den Abwässern in den Faulbassins biologischer Anlagen, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1902, 1, 81.
- Thumm, Beitrag zur Kenntnis des sogen. biologischen Verfahrens, insbesondere der bei der Herstellung und dem Betrieb biologischer Abwasserreinigungsanlagen zu beachtenden allgemeinen Gesichtspunkte, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1902, 1, 86.
- Thumm und Pritzkow, Versuche über die Reinigung der Abwässer von Tempelhof bei Berlin durch das biologische Verfahren, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1903, 2, 127.
- Zahn, Weitere Versuche über die Reinigung des Charlottenburger Abwassers auf der Pumpstation Westend durch das biologische Verfahren, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1903, 2, 164.
- Dunbar, Zur Beurteilung der biologischen Abwasserreinigungsmethoden, Gesundheits-Ingenieur, 1903, 26, 33 u. 34.
- Dunbar, Beitrag zur Kenntnis des Oxydationsverfahrens zur Reinigung von Abwässern, Vierteljahresschrift f. gerichtl. Medizin u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, 19. Supplementsheft.
- Kattein und Lübbert, Zur Bedeutung der Absorptionsvorgänge bei der biologischen Abwasserreinigung, Gesundheits-Ingenieur, 1903, 26, 25.
- Thumm, Augenblicklicher Stand der Abwasserreinigung nach dem sogen. biologischen Verfahren, Gesundheits-Ingenieur, 1905, 28, 446.
- Schury, Die biologische Versuchskläranlage der Stadt Stuttgart auf der Prag, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1905, 5, 1.
- Bredtschneider, Städtische Kläranlagen und ihre Rückstände, Gesundheits-Ingenieur, 1905, 28, Nr. 8, 9 u. 11.
- Dunbar, Ist die Wirkung der Oxydationskörper eine rein mechanische? Gesundheits-Ingenieur, 1905, 28, 15.
- Bredtschneider, Die Reinigung des städtischen Abwassers im Brockenkörper ist eine rein mechanische, Gesundheits-Ingenieur, 1905, 28, 15.
- Bredtschneider, Städtisches Abwasser und seine Reinigung, Gesundheits-Ingenieur, 1906, 29, 11 u. 13.
- Ein Winterbesuch von Abwasserreinigungsanlagen in Ohio, Wisconsin und Illinois, Gesundheits-Ingenieur, 1906, 29, 268.
- Imhoff, Die biologische Abwasserreinigung in Deutschland, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1906, 7, 1
- Lübbert, Biologische Abwasserreinigung, über die Wirkungsweise der Oxydationskörper, Gesundheits-Ingenieur, 1906, 29 [35], 553; [37], 585, 594.

- Bredtschneider, Erwiderungen auf vorstehende Arbeit, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29** [37]; 591, 596.
- Weldert, Versuche über die Brauchbarkeit verschiedenartigen Materials zum Aufbau von Tropfkörpern, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1906, **7**, 173.
- Dzierzgowsky, Zur Theorie künstlicher biologischer Filter, Gesundheits-Ingenieur, 1907, **30**, 1 u. 27.
- Reid George, Oxydationskörper, ihr Aufbau und ihre Wirkung, Surveyor, 1907, **797**; Gesundheits-Ingenieur, 1908, **31**, 364.
- Biltz und Kröhnke, Über die Adsorption von kolloidalen Abwasserstoffen, Gesundheits-Ingenieur, 1907, **30**, 350.
- Lübbert, Biologische Abwasserreinigung, Zeitschrift f. Hygiene, 1908, **59**, 241.
- Die Abwasserreinigungsanlagen der Stadt Wilmersdorf, Gesundheits-Ingenieur, 1908, **31**, 105.
- Lübbert, The Hampton Doctrine, Gesundheits-Ingenieur, 1909, **32**, 6, 58.
- Travis, Die Hampton-Doktrine in Beziehung zur Abwasserreinigung, Gesundheits-Ingenieur, 1909, **32**, 523, 554, 561.
- Lübbert, Über die Beweisführung der Hampton-Doktrine, Gesundheits-Ingenieur, 1909, **32**, 562, 573.
- Davis, Der Betrieb zweier Tropfkörper zur Winterszeit, Eng Record, 1909, **60**, 77.
- Vogelsang, Versuche mit dem Kremerapparat und mit verschiedenen Tropfkörpermaterialien, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1909, **12**, 229.
- Der vierte Bericht der Königl. englischen Kommission für Abwasserbeseitigung, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 658.
- Der fünfte Bericht der Königl. englischen Kommission für Abwasserbeseitigung, Journal Society Chemical Industry, 1909, **27**, 72; Wasser und Abwasser, 1909, **1**, 226.
- Der sechste Bericht der Königl. englischen Kommission für Abwasserbeseitigung, Wasser und Abwasser, 1909, **1**, 394.
- Schiele, Neuartige Bau- und Betriebsweise einer biologischen Kläranlage in Skegness (England), Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 49.
- Clifford, Die Abwasserreinigung in Tropfkörpern, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 52.
- Schiele, Biologische Abwasserreinigungsanlage in Biskupitz (Oberschlesien), Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 375.
- Schau, Neuerungen auf dem Gebiete der biologischen Abwasserreinigung, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 415.
- Pritzkow, Beobachtungen und chemisch-physikalische Untersuchungen an der biologischen Reinigungsanlage der Gemeinde Wilmersdorf, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw., 1910, **13**, 1.
- Kolkwitz, Zur Biologie der Wilmersdorfer Kläranlage bei Stahnsdorf, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1910, **13**, 48.

Lübbert, Johnston und die Absorptionstheorie, Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 151.

Reicher, Über Verteilungseinrichtungen bei kleinen biologischen Tropfkörpern, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1910, **13**, 103.

#### **Rieselfelder.**

Beseler, Erörterung über die Zweckmäßigkeit einer Düngung der Äcker und Wiesen des Klostergutes Weende mit Wasserfäkalien der Stadt Göttingen, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1904, **4**, 167.

Backhaus, Landwirtschaftliche Versuche auf den Rieselgütern der Stadt Berlin im Jahre 1904, Gesundheits-Ingenieur, 1905, **28**, 399.

Landwirtschaftliche Verwertung der städtischen Abwässer nach dem sogen. Eduardsfelder Verfahren, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 271.

Peters, Die Kosten der Abwässerbeseitigung durch das Rieselfeldverfahren, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 386.

Der fünfte Bericht der Königl. englischen Kommission für Abwässerbeseitigung, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 350.

Die Bewirtschaftung der Rieselgüter der Stadt Berlin, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 133.

Kanalisation und Rieselfelder von Breslau, Wasser und Abwasser, 1909, **1**, 95.

Hauptner, Herstellung und Betrieb von Rieselfeldern, Technische Blätter, Prag 1910, **32** [3]; Gesundheits-Ingenieur, 1911, **34**, 299.

#### **Intermittierende Sandfiltration.**

Dunbar, Reinigung von Abwässern mittels intermittierender Bodenfiltration, Gesundheits-Ingenieur, 1905, **28**, 53, 77, 94, 109.

Dunbar, Untersuchungen über die Abwässerreinigung mittels intermittierender Filtration in der Versuchsstation zu Lawrence, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 145, 222.

Kammann und Carnwath, Über intermittierende Bodenfiltration, Gesundheits-Ingenieur, 1906, **29**, 665.

Weldert, 36. Jahresbericht des Gesundheitsamtes von Massachusetts (U. S. A.), Ref. Technisches Gemeindeblatt, 1906, 187.

C. Henneking, Die Abwässerreinigung mittels intermittierender Bodenfiltration in Nordamerika, insbesondere im Staate Massachusetts, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1909, **12**, 1.

Winslow, Abwässerreinigung in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 149.

#### **Fischteiche.**

Cronheim, Reinigung von Abwässern durch Fischteiche, Gesundheits-Ingenieur, 1908, **31**, 113.

Hofer, Fischteiche im Dienste der Reinhaltung unserer Gewässer, Gesundheit, 1909, 200.

- Schick, Die Reinigung städtischer Abwässer durch Fischteiche  
Technisches Gemeindeblatt, 1909, 12, 276.
- Kuhnert, Über Teichdüngung, Fischereizeitung, 12 [44], 701.
- Miller, Die Kanalisation der Stadt Wemding in der Schweiz, Gesundheits-Ingenieur, 1910, 33, 237.
- Fischteich aus gereinigtem Abwasser, Eng. Record, 1910, 17, 562;  
Gesundheits-Ingenieur, 1910, 33, 594.

#### Schlamm.

- Bechhold, Untersuchungen an dem Klärbeckenschlamm zu Frankfurt a. Main, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1889, 8.
- Höpfner und Paulmann, Über die Verarbeitung der Rückstände aus der Schmutzwasserreinigungsanlage der Stadt Kassel, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1902, 1, 146.
- Bredtschneider, Städtische Kläranlagen und ihre Rückstände, Gesundheits-Ingenieur, 1905, 28, 126, 146, 182.
- Proskauer, Städtische Kläranlagen und ihre Rückstände, Gesundheits-Ingenieur, 1905, 28, 236, 339, 355.
- Reichle und Dost, Über Schlammverwertung durch Vergasung, insbesondere beim Rothe-Degenerschen Kohlebreiverfahren, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1907, 8, 146.
- Frank, Vergasung von Abwasserklärslamm, Gesundheits-Ingenieur, 1907, 30, 465.
- Herzberger und Morave, Projekt einer Müllverbrennungsanstalt mit Schlammrocknungsanlage für die Stadt Pforzheim, Gesundheits-Ingenieur, 1907, 30, 649.
- Favre, Zur Frage der Schlammverzehrung in der Faulkammer, Gesundheits-Ingenieur, 1907, 30, 809.
- Schury und Bujard, Der Torfbreiklärversuch der Stadt Stuttgart in der Kohlebreianlage zu Tegel bei Berlin, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1907, 8, 115.
- Metzger, Verwertung und Beseitigung des Klärschlammes aus Reinigungsanlagen städtischer Abwässer, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 49.
- Haack, Verwertung und Beseitigung des Klärschlammes aus Reinigungsanlagen städtischer Abwässer, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 53.
- Bechhold und Voß, Zur Fettgewinnung aus Abwässern, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1908, 21, 1315.
- J. Tillmans, Zur Abwehr, Zeitschr. f. angew. Chemie, 1908, 21, 2371.
- Bechhold und Voß, Abwasserfett und Abwasserschlamm, Gesundheits-Ingenieur, 1908, 31, 742.
- Reichle und Thiesing, Versuche mit dem Schlamm Schleuderapparat Schäfer-ter Mer, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1908, 10, 174.
- J. Tillmans, Die Kläranlage in Frankfurt a. M., Wasser und Abwasser, 1909, 1, 305.

- Spillner, Zur Frage der Schlammverzehrung in der Faulkammer, Gesundheits-Ingenieur, 1909, **32**, 825.
- Fünfter Bericht der Königl. englischen Kommission für Abwässerbeseitigung, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 350.
- Calmette und Rohland, Über die Rolle des Faulwassers bei der biologischen Abwässerreinigung, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 510.
- Hönig, Über Gewinnung und Verwertung von städtischem Klärschlamm, Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 11, 25.
- Imhoff, Die Bedeutung des Gasgehaltes bei der Zersetzung und Trocknung von Schlamm, Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 880 und 1911, **34**, 357.
- Imhoff, Die Schlammbehandlung in Emscherbrunnen, Technisches Gemeindeblatt, 1910, **13**, 13.
- Weldert, Die Behandlung des Abwassers und Schlammes mit Nitraten, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1910, **13**, 96.
- Schäfer, Die Reinigung der städtischen Abwässer und die Frankfurter Schlamm Trocknungsanlage, Zeitschrift d. Vereins Deutscher Ingenieure, 1910, **2**.
- ter Mer, Selbsttätig wirkende Schleudermaschine zur Trocknung der Rückstände städtischer Kanalisationswässer, Dissertation, Hannover 1910, 48; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 454.
- Valentine, Versuche zur Nutzbarmachung und Beseitigung von Klärschlamm, Sanitary Record, 1910, **45**, 304 bis 306; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 517.
- Spillner, Die Trocknung des Klärschlammes, Mitteilungen aus der Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1911, **14**, 27.
- Guth und Spillner, Zur Frage der Schlammverzehrung in Faulkammern und Emscherbrunnen, Gesundheits-Ingenieur, 1911, **34**, 153.
- Steuer, Behandlung von Abwasserklärschlamm, Gesundheits-Ingenieur, 1911, **34**, 217, 357.
- Elsner, Die Behandlung und Verwertung von Klärschlamm, Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 515.

#### **Gewerbliche Abwässer.**

- Wilson, Beseitigung gewerblicher Abwässer, Wasser und Abwasser 1909, **1**, 529.
- v. Buchka und Renk, Gutachten des Reichsgesundheitsrates, betreffend die Verunreinigung der Orla und Kötschau durch gewerbliche Abwässer, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte, 1908, **28** [2].
- Schiele, Beseitigung von gewerblichem Abwasser innerhalb des bebauten Stadtgebietes, Technisches Gemeindeblatt, **12**, 114.
- Fowler und Ardern, Gewerbliches Abwasser, VII. internationaler Kongreß f. ang. Chemie, London, Mai 1909; Surveyor, 1909, **35**, 687, 731; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 260.
- Weldert, Über Staubbindung auf Straßen durch gewerbliches Abwasser, Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medizin u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, **38** [1], 180; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 146.

- Barbour, Die Reinigung des gewerblichen Abwassers, Eng. Record, 1909, 59, 803; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 348.
- Gewerbliche Abwässer, Zeitschrift f. Polizei- u. Verwaltungsbeamte, 1909, 27 [36]; Sonderbeilage: Technische Gemeindeaufgaben, bearbeitet von H. Metzger, Stadtrat in Bromberg, 12, 89; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 557.
- Weston, Die Beitigung gewerblicher Abwässer, Eng. Record, 1910, 62, 233; Wasser und Abwasser, 1910/11, 3, 533.
- J. König, Neuere Erfahrungen über die Behandlung und Beseitigung der gewerblichen Abwässer, Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege, 1910.
- Kimberley, Bericht über Flußverunreinigung, Minutes of thirtieth annual meeting of the Ohio Engineering Society, 1909, 32; Wasser und Abwasser, 1910, 3, 89.
- Einige von der Aufsichtsbehörde für öffentliche Straßen ausgeführte Versuche über Staubbildung durch Abfallstoffe, Eng. Record, 1909, 59, 666; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 531.
- Sjolema, Reinigung des Abwassers der Strohstofffabriken, Chem. Weekblad, 1908, 3, 6.
- Reichle und Zahn, Bericht über die Prüfung des Trommelfilters von A. und A. Lehmann, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1908, 10, 102.
- Phelps, Die Verhütung der Flußverunreinigung durch Abwässer der Strohstofffabriken, Contributions from the Sanitary Research Laboratory and Sewage Experiment Station, Boston, Mass., 1908, 4, 292, 324; Wasser und Abwasser, 1909, 1, 397.
- Kolkwitz und Pritzkow, Abwasser- und Vorflutverhältnisse der Zellulosefabrik Czulow bei Kattowitz, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1908, 10, 116.
- Kolkwitz, Pritzkow und Schiemenz, Zweite gutachtliche Äußerung der Königl. Prüfungsanstalt betr. Abwasser- und Vorflutverhältnisse der Zellulosefabrik Czulow usw., Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1908, 10, 156.
- Vogel, Abwässer der Zellstoffindustrie, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1909, 22, 49.
- Logau, Apparat zur Wiedergewinnung von Alkali, Chemiker-Zeitung, 1909, 33, 164.
- Bericht über die Arbeiten der staatlichen Kommission zur Prüfung der Reinigungsverfahren von Zuckerfabrikabwässern in der Kampagne 1908/09 nebst den Protokollen über die in den Zuckerfabriken Schottwitz und Wendessen vorgenommenen Besichtigungen, Zeitschrift d. Vereins Deutscher Zuckerindustrieller, 1909, 644. Lieferung, S. 417; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 343.
- Stutzer, Untersuchung über die Ablauge aus Zellulosefabriken, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1909, 22, 1999.
- Abwasser der Sulfitzellulosefabriken als Mittel zur Bindung des Straßenstaubes, Surveyor, 1909, 36, 642; Wasser und Abwasser, 1909/10, 2, 531.

- Kupfmiller, Reinigen von Sulfitzellulose-lauge, Chemiker-Zeitung, 1909, **33**, 627.
- Pritzkow, Der augenblickliche Stand der Abwasserfrage in Sulfitzellulosefabriken, Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medizin u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, 1910, **10** [3], 145.
- Reinigen der Ablaugen von Natronzellstoffabriken, Papierzeitung, 1910, **35**, 221; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 539.
- Alkohol aus Sulfitablauge, Papierzeitung, 35. Jahrg., 1910, **16**, 569; **18**, 649, und **19**, 690; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 539.
- Sulfitzelluloseabwasser zur Staubbekämpfung, Eng. Record, 1910, **62**, 251; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 539.
- Freese, Über ein neues Verfahren zur Reinigung von Fabrikabwässern, Die deutsche Zuckerindustrie, 1909, 313; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 166.
- Hat sich der Zusatz von Chemikalien, insbesondere der Zusatz von Humin für die Reinigung der Abwässer bewährt? Verhandlungen d. techn. Vereins f. Zuckerfabrikanten mit dem Sitz in Magdeburg, Die deutsche Zuckerindustrie, 1911, **13**, 243.
- Thein, Über das Hoyer-mann-Wellensieksche Abwasserreinigungsverfahren, Die deutsche Zuckerindustrie, 1911, **15**, 286.
- Aulard, Die Reinigung der Abwässer von Zuckerfabriken, Brennerien und verwandter Industrien, Bulletin de l'Association des Chim. de Sucr. et Dist., 1910, **27**, 1158; Ref. im Chemischen Zentralblatt, 1910, 693; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 361.
- Sima, Reinigung der Zuckerfabrikabwässer im Kontaktaëerator, Zeitschrift f. d. Zuckerindustrie Böhmens, **34**, 365, Ref. in der Bautechn. Auskunft, Juni 1910, S. 339; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 362.
- Abwasser aus Rohrzuckerfabriken, Ministerialerlaß, Ministerialblatt d. Handels- u. Gewerbeverwaltung, Berlin, 4. Juli 1910; Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 717.
- Hederich, Neue Verfahren zur Reinigung von Abwässern (Klärverfahren Harm), Zeitschrift f. Gewerbehygiene, Unfallverhütung usw., 1909, **14**, 272; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 252.
- Zahn, Versuche über die Reinigungsmöglichkeit von Stärkefabrikabwässern, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw., 1908, **10**, 42.
- Dibbin, Die biologische Beseitigung von Abfallhefe, The Sanitary Record, **46**, 601; Gesundheits-Ingenieur, 1911, **34**, 502.
- Kimberley, Klärung von Molkereiabflüssen, Eng. Record, 1910, **61**, 50; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 558.
- Kimberley, Die Reinigung von Molkereiabwasser, Quarterly Bull., Ohio State Board of Health, 1909, **1** [3], 151; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 95.
- Reinigung von Molkereiabwasser durch Berieselung, Molkerei-zeitung, 24. Jahrg., Hildesheim 1910, **9** und **11**; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 362.
- Guth, Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung in Molke-reien, Gesundheits-Ingenieur, 1911, **11**.

- Thiesing, Die Abwässer der thermischen Abdeckereien, Arbeiten d. Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, 1908, **139**, 71.
- Keller, Wiederverwendbarmachen der zum Abkochen von Baumwolle und Baumwollwaren in der Baumwollbleicherei benutzten alkalischen Flüssigkeiten, D. R. P. 215 127 vom 1. Nov. 1906, Chemiker-Zeitung, 1909, Chem.-techn. Repert., S. 627; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 558.
- Miller, Klärung von Zechenabwasser im Emschergebiet, Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift „Glückauf“, 1910, **40**, 1571; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 348.
- Köhne, Klärung von Zechenabwässern im Emschergebiet, „Glückauf“, 1909, 1907; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 347.
- Untersuchungen über den Düngewert des Schwelwassers, Chemiker-Zeitung, Chem.-techn. Repert., 1909, 442; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 345.
- Wilson, Kläranlage der Wollwarenfabrik Hopton Mills in Mirfield, Wasser und Abwasser, 1909, **1**, 549.
- Lübbert, Neue Einrichtungen zur Reinigung von Abwässern aus Färbereien, Wollwäschen usw. mit besonderer Berücksichtigung der Wiedergewinnung des Fettes und anderer Produkte, Gesundheits-Ingenieur, 1909, **32**, 640.
- Mackey, Reinigung von Färbereiabwässern, Journal Soc. Dyers, **2**, 38; Referat in Zeitschrift f. angew. Chemie, 1909, 694; Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 41.
- Wilson, Reinigung von Fabrikabwasser in der Bowling-Färberei zu Bradford, Wasser und Abwasser, 1909/10, **2**, 335.
- Rohland, Über ein neues Reinigungsverfahren von Fabrik- und städtischen Abwässern durch die Kolloidstoffe der Tone, Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 932.
- Guth, Erwiderung auf vorstehende Arbeit, Gesundheits-Ingenieur, 1910, **33**, 932.
- Thienemann, Die Einwirkung von bei der Papierfabrikation verwendeten Farbstoffen auf die Tierwelt des Wassers, Zeitschrift f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1911, 465.
- Radcliffe, Reinigung des Abwassers von Gasanstalten und chemischen Fabriken, Sanitary Record, 1910, **45**, 235; Wasser und Abwasser, 1910/11, **3**, 94.
- Rubner und Buchka, Gutachten des Reichsgesundheitsrates über die Ableitung zyanhaltiger Abwässer der Zuckerfabrik Dessau in die Elbe, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1908, **28**, 338.
- Dr. Bueb, Deutsches Reichspatent 112 459, Klasse 26 d, K.
- Ost, Die Verwertung der Zuckerrübenschlempe nach dem Dessauer Verfahren, Zeitschrift f. angew. Chemie, 1906, **19**, 609.
- Pritzkow, Abwässerbeseitigung einer Fabrik photographischer Papiere und Bilder, Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw., 1911, **14**, 103.
- Die Abwässer der Ammoniakfabriken, Zeitschrift f. d. gesamte Wasserwirtschaft, 1911, **2**; Gesundheits-Ingenieur, 1911, **34**, 482.

- Wielezynski, Zur Reinigung der Abwässer aus Petroleumraffinerien, *Petroleum*, 1910, 5, 1237; *Wasser und Abwasser*, 1910/11, 3, 535.
- Spitta, Gutachten des Reichsgesundheitsrats, betreffend die Versalzung des Wassers von Wipper und Unstrut durch Endlaugen aus Chlorkaliumfabriken, *Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte*, 1911, 38, 1.
- Ohlmüller, Fränkel, Gaffky, Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker und Aller, *Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte*, 1907, 25 [2].
- Lübbert, Reinigung von seifenhaltigen Abwässern, *Gesundheits-Ingenieur*, 1908, 31, 832.
- Heyd, Reinigung seifenhaltiger Abwässer, *Gesundheits-Ingenieur*, 1909, 32, 395.
- de Plato, Reinigung des Abwassers der Zuckerfabriken, *Staz. sperim. agrar. ital.*, 1908, 41, 704; *Ref. im Chem. Zentrabl.*, 1909, 1, 1048; *Wasser und Abwasser*, 1909, 1, 417.

#### **Desinfektion von Abwasser.**

- Dunbar und Korn, Zur Desinfektion von Abwässern mit gleichzeitiger Reinigung derselben, *Gesundheits-Ingenieur*, 1904, 27.
- Battige, Abwasserdesinfektion, *Gesundheits-Ingenieur*, 1905, 28, 154.
- Schuhmacher, Die Desinfektion von Krankenhausgruben, mit besonderer Berücksichtigung des Chlorkalks und ihre Kontrolle, *Gesundheits-Ingenieur*, 1905, 28, 361, 377, 393.
- Kranepuhl, Beiträge zur Frage der Abwasserdesinfektion mittels Chlorkalk, *Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw.*, 1907, 9, 149.
- Kurpjuweit, Zur Frage der Desinfektion ungereinigter und gereinigter städtischer Abwässer mit Chlorkalk, *Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw.*, 1907, 9, 162.
- Grimm, Antiformin zur Desinfektion von Abwässern, *Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung usw.*, 1910, 13, 91.
- Shenton, Die Desinfektion von Wasser und Abwasser mit Chlorkalk, *Surveyor*, 9. September 1910; *Gesundheits-Ingenieur*, 1910, 34, 339.

## Berichtigungen.

---

Seite 22 und 23. Zum Ferrochlor- und Chlorkalk-Wassersterilisationsverfahren ist folgendes nachzutragen:

Dem Ferrochlorverfahren sowohl wie dem Chlorkalkverfahren liegt natürlich dasselbe Prinzip, die Anwendung des freien Chlors zur Sterilisation des Wassers, zu Grunde.

Die amerikanischen Fachleute, die das Chlorkalkverfahren im großen angewendet haben, scheinen der Ansicht zu sein, daß die Methode von ihnen erfunden sei. Demgegenüber weist Dunbar in einem kürzlich publizierten, sehr interessanten Aufsatz: „Zum gegenwärtigen Stand der Oberflächenwasserversorgung“ (Gesundheits-Ingenieur 1912, 35, Nr. 11 und 12), darauf hin, daß Traube die Chlorkalkdesinfektion im Jahre 1894 zuerst empfohlen hat. Später ist das Verfahren wiederholt in Deutschland auch von Dunbar zur Bekämpfung von Typhusepidemien angewendet worden. Erst im Jahre 1908 ist das Verfahren in den Vereinigten Staaten eingeführt worden.

Seite 29, Zeile 25 von oben, lies das Eisen, statt das Wasser.

- „ 33, „ 8 „ unten, lies durch Permutit, statt des Permutits.  
„ 34, „ 16 „ oben, lies Heyer, Scheelhaase, statt Scheelhaase.  
„ 35, „ 11 „ unten, lies mit Natronlauge und Soda, statt mit Soda.  
„ 35, „ 21 „ unten, lies Natronlauge oder Natriumkarbonat, statt Natriumkarbonat.  
„ 49, „ 5 „ oben, lies  $CO_2$ , statt  $CO_3$ .  
„ 56, „ 17 „ oben, lies Kaliumstearat statt Kalziumstearat.  
„ 76, „ 16 „ oben, lies der Travis- und Emscherbrunnen, statt der Emscherbrunnen.  
„ 115, „ 2 „ unten, lies weitgehend, statt eingehend.
-

## Autorenregister.

- Abraham & Marmier** 19.  
**Agga** 30.  
**Ardern** 104.  
**Arnold & Schirmer** 38.  
  
**Baudet** 9.  
**Becker** 33.  
**Bell** 10.  
**Berkefeld** 39.  
**Bieske** 30.  
**Bischoff** 28.  
**Bitter** 13.  
**Blacher** 56.  
**Blume** 25.  
**Bock** 31.  
**Bollmann** 31.  
**Braikowitsch** 15.  
**Breda** 10. 31.  
**Brettschneider** 82.  
**Breyer** 38.  
**von Buchka** 120.  
**Bühning** 31.  
**Bujard** 100.  
**Büttner** 31.  
**Bujwid** 27.  
  
**Candy** 10.  
**Chamberland** 39.  
**Chemische Fabrik für  
 Laboratoriumsbedarf**  
 56.  
**Chlopin** 21.  
**Continentalgesellschaft,  
 deutsche** 40.  
**Courmont** 25. 26.  
**Craven** 24.  
**Cronheim** 89.  
  
**Degener** 76. 101.  
**Dehne** 31. 50.  
  
**Deseniss & Jacobi** 45.  
**Dibbin** 114.  
**Dietrich** 112.  
**Dobrowolski** 21.  
**Dolezalek** 21.  
**Dost** 8.  
**Downes** 25.  
**Dunbar** 45. 73. 82. 83.  
 III.  
**Duyk** 22.  
  
**Erlwein** 21. 27. 42.  
**von Esmarch** 37. 40.  
  
**Fiddian** 81.  
**Fischer** 30.  
**Flügge** 28.  
**Fowler** 104.  
**Fränkel** 8. 28.  
**Frankland** 83. 87.  
**Freund** 70.  
**Friedberger** 13.  
**Frühling** 63. 86.  
  
**Gärtner** 21. 38.  
**Gehrke** 112.  
**Gesellschaft für Ab-  
 wässerklärung** 67.  
**Gottschlich** 13.  
**Götze** 8.  
**Grimm** 26. 27. 28.  
**Große-Bohle** 68.  
**Grove** 40.  
**Grünanger** 112.  
**Guth** 110. 111.  
  
**Halbertsma** 21.  
**Halvor** 10.  
**Harm** III.  
**Helm** 31.  
**Henneking** 87. 88.  
  
**Herzfeld** 112.  
**Heß** 31.  
**Hesse** 38.  
**Heydt** 67. 121. 122.  
**Heyer** 34. 35.  
**Hilgermann** 13. 16. 17.  
**Hofer** 89.  
**Howatson** 19. 22. 23.  
**Hoyermann** 112. 113.  
**Humboldt** 50.  
  
**Imhoff** 23. 27. 92.  
**Imhoff-Lagemann** 106.  
  
**Jensen & Co.** 38.  
**Jewell** 10. 12. 13. 31.  
**Johnson** 24. 27.  
  
**Kaibel** 67.  
**Keller** 117.  
**Kimberley** 105. 110.  
**König** 6. 7. 9. 40.  
**Koerting** 30.  
**Kranepuhl** 123.  
**Kremer** 65. 66. 67.  
**Kremer-Schilling** 67.  
**Kressling** 43.  
**Kröhnke** 10. 30.  
**Kurpjuweit** 123.  
**Kurth** 30.  
  
**Lahmeyerwerke** 43.  
**Lanz** 50.  
**Lautenschläger** 39.  
**Lehmann** 105.  
**Lepsius** 70.  
**von der Linde** 31.  
**Logau** 108.  
**Lübbert** 122.  
**Lührig** 33.  
 10\*

- Markwart** 112.  
 ter Mer 93. 99.  
**Mertens** 111.  
**Mezger** 1.  
**Middeldorf** 73.  
**Miquel** 9.  
**Mouchet** 9.  
  
**Neißer** 28. 43.  
**Nöbel** 84.  
**Nogier** 25. 26.  
**Noll** 33.  
**Novak** 1.  
  
**Oesten** 30.  
**Ohlmüller** 21.  
**Olschewski** 38.  
**Otto** 20.  
**Otto & Vosmaer** 19.  
  
**Pape & Henneberg** 41.  
**Pasteur Institut** 21.  
**Permutit Filter Co.** 56.  
**Pfeiffer** 30.  
**Piefke** 8. 29. 30. 38.  
**de Plato** 113.  
**Prall** 21.  
**Pritzkow** 119.  
**Proskauer** 21. 43.  
**Puech** 10.  
**Puech-Chabal** 8.  
  
**Quarzlampengesellschaft** 26. 27.  
  
**Radcliffe** 117.  
**Reeves** 10.  
  
**Reichle** 76. 94. 100. 101.  
 105. 110. 123.  
**Reichling** 30.  
**Reisert** 31. 48. 50. 53.  
**Richert** 14. 16.  
**Rideal** 21. 22.  
**Rien** 64.  
**Rimman** 109.  
**Ritschel & Henneberg**  
 42.  
**Rubner** 120.  
  
**Sauna** 1.  
**Saville** 23. 27.  
**Schäfer** 93. 99.  
**Schäffer & Walcker** 41.  
**Scheelhaase** 14. 15. 34.  
**Schick** 89.  
**Schiele** 22. 23. 69. 70.  
 71. 72. 78. 79. 80. 82.  
 83. 85. 86. 98. 100. 117.  
 119.  
**Schmidt** 39.  
**Schmidtmann** 76. 110.  
 123.  
**Schmidt & Söhne** 42.  
**Schöne** 112.  
**Schreiber** 13. 21. 22. 46.  
**Schuder** 21.  
**Schwers** 30. 31.  
**Sellenscheidt** 31.  
**Siemens & Co.** 41.  
**Siemens & Halske** 19. 27.  
 42. 44.  
**Sjolemma** 105. 106.  
**Spillner** 75. 92. 93. 95.  
  
**Spitta** 122.  
**Städtereinigung und In-**  
**genieurbau** 67. 106.  
**Sucro** 10.  
  
**Taacks** 30.  
**Thiel** 112.  
**Thiem** 14. 30.  
**Thienemann** 115.  
**Thiesing** 94. 111.  
**Thumm** 22. 23. 76. 101.  
 123.  
**Travis** 73. 82  
**Trindall** 19.  
  
**Uhlfelder** 63. 64.  
**Ultraviolette** 27.  
  
**Ventre** 122.  
**Vincey** 16.  
**Vogelsang** 66.  
**Volger** 1.  
**Voran** 31. 50.  
  
**Walker** 24.  
**Warren** 10.  
**Wehner** 36.  
**Wehrenpfennig** 49.  
**Weldert** 26. 27. 28. 96.  
 103.  
**Wellensiek** 112. 113.  
**Westinghouse Cooper**  
**Hewitt Co.** 27.  
**Wingen** 8.  
  
**Zahn** 105. 113. 114.

## Ortsregister.

---

Alexandrien 14.  
Alleringsleben 112.  
Altona 8.

Belfast 96.  
Berlin 29. 38. 40. 41. 42.  
56. 67. 87. 106.  
Bochum 93.  
Braunschweig 15. 87.  
Breslau 32. 33. 87.  
Bury 100.

Celle 39.  
Charlottenburg 46. 128.  
Chateaudun 9.  
Chemnitz 16.

Darmstadt 67.  
Delitzsch 29.  
Dessau 35. 40. 120.  
Dortmund 87.  
Dresden 64.

Eduardsfelde 84.  
Elberfeld 64.  
Elbing 29.  
Essen NW. 93.

Frankfurt a. M. 15. 31. 34.  
43. 46. 50. 64. 67. 68.

69. 70. 90. 91. 93. 95.  
98. 99. 100. 118.  
Freiburg 87.

Gehrden 112.  
Gelsenkirchen 28.  
Göteborg 16.  
Göttingen 93.

Halle a. S. 50. 106.  
Hamburg 8. 16. 38. 41.  
42.  
Hanau 26. 27.  
Hannover 93.  
Harburg 93.  
Herrmannstadt 19.

Ichenhausen 89.

Kalk 50.  
Kassel 93. 98.  
Kiel III.  
Köln 50. 68. 69.  
Königsberg 8. 13.  
Konstantinopel 58.  
Köpenick 101.  
Kutzenberg 89.

Lawrence 87.  
London 95. 96.

Magdeburg 87. 112.  
Manchester 81. 95. 96.  
Middelkerke 23.  
Minneapolis 24.

Niederodeleben 112.  
Nizza 19.

Offenbach 15.  
Ohama 24.

Paderborn 19. 22. III.  
Paris 16. 19. 22. 27.  
Pforzheim 100.  
Posen 31. 84.

Recklinghausen 93.

Salford 95. 96.  
St. Albans 117.  
St. Mans 19.  
St. Petersburg 19. 22.  
Sternberg 29.  
Stuttgart 117.  
Swinemünde III.

Warschau 8.  
Weimar 29.  
Weinding 89.  
Wiesbaden 67. 106.

## Sachregister.

- Abdeckereien, Abwasser von — 111.  
123.  
—, —, oberflächliche Reinigung  
111.  
—, —, Reinigung durch das bio-  
logische Verfahren 112.  
—, —, Reinigung durch Land-  
berieselung 112.  
Abkochapparate für Trinkwasser 40.  
41. 42.  
Abkochen von Trinkwasser 40.  
— —, Vorteile, Nachteile 42.  
Absitzbecken 4. 68.  
—, Patent Imhoff-Lagemann 106.  
Abwässer, gewerbliche 101.  
—, häusliche 62.  
Abwässerbeseitigung 57.  
Abwässerreinigung durch Fischteiche  
89.  
Algen 59. 60.  
Alluvium 28.  
Ammoniakfabriken, Abwässer von —  
118.  
—, Reinigung durch Rieseln 118.  
—, — — Zusatz von Ätznatron 118.  
—, Wiedergewinnung von Rhodan 118.  
Appreturanstalten, Abwässer von —  
120.  
Arsen 109. 110.  
Asbestfilter 38.  
—, Reinigung 38.  
Äschereiabwässer 109.  
Assimilation 60.  
Aufhaltebecken 103. 110. 116. 118.  
**Bakterien** 2. 3. 17. 18. 21. 23. 26. 31.  
37. 38. 39. 40. 59. 122.  
—, anaerobe 72.  
—, pathogene 9. 21. 24. 26. 40. 84. 122.  
Bakterienabtötung 3.  
Bakterienfäulnis 60.  
Bacterium coli 26. 44.  
Barytverfahren der Wasserenthärtung  
53.  
— —, Vorzüge, Nachteile 54.  
Bastardpumpe von Deseniss und  
Jacobi 45.  
—, Reinigung 46.  
—, Untersuchung 46.  
Beetbau 83. 84.  
Beizen 115.  
Beizereien, Abwasser von — 119.  
—, —, Neutralisation mit Kalk 119.  
Benetzungshäutchen 82.  
Benöbelung 84.  
Berieselung, wilde 83. 84.  
—, Filtrations- 83. 84.  
Berlinerblau 104.  
Beseitigung und Verwertung der  
Rückstände 90.  
Biologische Abwässerreinigung 77.  
— Verfahren, künstliches 77.  
— —, —, Kosten 82.  
— —, —, Wesen 82.  
Bleichereiabwässer 116.  
—, oberflächliche Reinigung 117.  
—, Reinigung durch das biologische  
Verfahren 117.  
—, — nach Keller 117.  
Brauereiabwässer 104. 109. 110.  
—, Anschluß an Kanalnetz 109.  
—, Behandlung auf Rieselfeldern 109.  
—, Behandlung auf biologischen  
Körpern 109.  
—, oberflächliche Reinigung 109  
—, Scheuerwässer 109.  
—, Spülwässer 109.  
Brennereiabwässer 114.  
Breslauer Wasserkalamität 32.  
Brom 17.

- Cellulosefabriken, Abwässer von — 104.  
 Chamberlandfilter 38. 39.  
 —, Ergiebigkeit 39.  
 Chemikalienzusatz 10. 70.  
 —, Wirkung 70.  
 —, Zusatzart 71.  
 —, Zusatzmenge 71.  
 —, Nachteile 71.  
 Chemische Fabriken, Abwässer von — 116.  
 — —, —, Reinigung durch Neutralisation 116.  
 — —, —, Ausscheidung von Öl und Teer 116.  
 — —, —, Zerstörung von Zementbetonbecken 116.  
 Chlor 18.  
 Chlorkalk 17. 18. 123.  
 Chlorkalkbehandlung von Trinkwasser 23.  
 Cholera 2. 16. 21. 40. 58.  
 Chromeisensulfat 17.  
 Chromsalze 109 110.  
 Colibakterien 26. 44.  
  
**De Chlore-System** 24.  
 Desinfektion des Abwassers 122.  
 — — — am Krankenbett 122.  
 — — gewerblichen Abwassers 123.  
 — — Krankenhausabwassers 123.  
 — von Wasserleitungen und Brunnen 28.  
 Diffusionswässer 112.  
 Diluvium 28.  
 Doppelfiltration nach Götze 8.  
 Dosierungsapparate 35.  
 Drehsprenger 80. 81.  
 Dunbars Tauchfilter 45.  
 Düngemittel 90. 96. 97. 105. 122.  
  
**Eduardsfelder Verfahren** 84.  
 Eintauchbretter 70.  
 Eisenbakterien 29.  
 Eisenchlorid 19.  
 Eisen, kolloidal 29.  
 Eitererreger 2.  
 Elbewasser 16.  
 Emscherbrunnen 67.

- Emscherbrunnen, Angriffe gegen — 76.  
 —, Vorzüge 76.  
 —, Wesen der — 73.  
 Emulsöre 17.  
 Epidemie 16.  
 Endlaugen aus Kalifabriken 118.  
 England, Abwässerbeseitigung — 78.  
 Enteisenung 28.  
 — für industrielle Zwecke 30.  
 — von Einzelbrunnen 44.  
 —, Wirkung 32.  
 Enteisenungsanlagen, offen und geschlossen 31.  
 Enteisenungssysteme 30.  
 Enthärtung des Kesselspeisewassers 47.  
 — — —, Formeln zur Berechnung des Zusatzes 49.  
 — — — mit Baryt 53.  
 — — — mit Kalk-Soda 48.  
 — — — mit Kalk-Soda, Vorteile, Nachteile 53.  
 — — — mit Permutit 55.  
 Enthärtungsanlage, System „Voran“ 50.  
 Entlüftungskaskaden 20.  
 Entsäuerung von Trinkwasser 35.  
  
**Fabrikationsabwässer, eigentliche** 102.  
 Fabrikkläranlagen 82. 101.  
 Färbereiabwässer 114.  
 —, oberflächliche Reinigung 115.  
 —, Reinigung durch das biologische Verfahren 115.  
 —, — — Landberieselung 115.  
 —, — — Reduktion zu Leukobasen 115.  
 Farbstoffe, Wirkung von — auf Wasserbewohner 175.  
 Färbungen, Entfernung von — des Wassers 13. 17.  
 Farbwässer 104. 109.  
 Faserstoff, Zurückgewinnung 107.  
 Faßteisener 45.  
 Faulbecken 72.  
 —, Einarbeitung 72.  
 —, Entschlammung 72.  
 —, Schwimmdecke 72.

- Faulbecken, überdeckt und nicht überdeckt 72.  
—, Vorteile und Nachteile 72. 73.  
—, Wesen 72.  
Faulraum 75.  
Feinrechen 63.  
Ferrochlorverfahren 22.  
Fettfänge 66.  
Fettgehalt des Klärschlammes 91.  
Fett, Wiedergewinnung 97.  
Fiddian-Streudüsen 81.  
Filter 103. 106. 121.  
Filterdecke 6. 7. 10.  
Filtration 4.  
Filtrationsdruck 6.  
Filtrationsgeschwindigkeit 7. 8. 9. 10. 13.  
Fischteiche, Abwässerreinigung durch — 89.  
Fischzucht, Schädigung 58. 115.  
Fleischvergifter 2.  
Fliegenplage 81. 82.  
Flußbad 58.  
Flußboden, Verschlammung 60.  
Flußverunreinigung 57. 58.  
—, Nachteile der — 58.  
Flußwasser 3. 15. 57. 58. 60.  
—, Säurebindungsvermögen 60.  
—, Verwendung zu technischen Zwecken 58.  
Frankfurter Entsäuerungsanlage 34.  
— Klärbecken 68.  
Fruchtwaschwasser 113.  
Füllkörper 78.  
—, einstufig und zweistufig 78.  
—, Füllen und Leeren 79.  
—, Korngröße 79.  
—, Verschlammen 81.  
—, Verteilung des Wassers auf die — 79.  
—, Vorzüge, Nachteile 81.  
  
**G**asanstalten, Abwasser von — 104. 117.  
—, —, oberflächliche Reinigung 117.  
—, —, Reinigung durch das biologische Verfahren 117.  
—, —, Reinigung nach Radcliffe 117.  
  
Gaskoks 78.  
Gerbereiabwässer 104. 109. 110. 123.  
—, Anschluß an Kanalisation 110.  
—, oberflächliche Reinigung 110.  
—, Reinigung durch das biologische Verfahren 110.  
—, — Landberieselung 110.  
Geruchsbelästigung 81. 82. 90. 91. 97. 99. 110.  
Gewerbliches Abwasser, Reinigung des — — 101.  
— —, Aufhaltebecken 103.  
— —, Aufnahme in Kanalisation 101.  
— —, Einteilung 102. 104.  
— —, Reinigung durch Zusammenleitung verschiedener Abwässer des Betriebes 103.  
— —, —, Zusatz von Chemikalien 101.  
— — zur Staubbindung 103.  
Gitter 62.  
Gitterrechen 63.  
Goudron 121.  
Granulationswerk, Abwässer von — 106.  
Grobrechen 63.  
Grundwasser 1. 2. 3. 4. 14. 15. 28.  
  
**H**ampton Doktrine 82.  
Hangberieselung 83. 84.  
Härte des Wassers 47.  
— — —, bleibende 47. 48. 53.  
— — —, Chlorid 54.  
— — —, Gips 53. 54.  
— — —, Nitrat 54.  
— — —, vorübergehende 47. 48. 49. 53. 54.  
Härtegrade, deutsche 47.  
—, französische 47.  
Harz 121.  
Havel 78.  
Hausfilter 37.  
Hefefabrikabwässer 114.  
—, oberflächliche Reinigung 114.  
—, Reinigung durch das biologische Verfahren 114.  
—, — — Landberieselung 114.  
—, — in Schieferplattenkörpern 114.

Hochöfen, Abwasser von — 106. 120.  
 Hopfen- und Trebertrocknungsabwasser 109.  
 Howatsonfilter 19. 22.  
 Huminverfahren (Hoyer mann und Wellensiek) 112.

Infiltration 14.  
 Infusorien 59. 60.  
 Intermittierende Sandfiltration 87.  
 — —, Belastung 88.  
 — —, Drainage 88.  
 — —, Filterbecken 88.  
 — —, Filteroberfläche 88.  
 — —, geeignetster Boden 88.  
 — —, Größe der Beschickung 88.  
 — —, Höhe der Filterschicht 88.  
 — —, Kosten 88.  
 — —, Nachbehandlung 88.  
 — —, Reinigungswirkung 89.  
 — —, Ruhepausen 88.  
 — —, Vorbehandlung 87.

Jewell-Export-Schnellfilter 10.

Kadaverdampfwasser 111.  
 Kalk 17.  
 Kalkhydrat 49.  
 Kalk-Sodaenthärtung 48.  
 Kali 83. 90. 91.  
 Kaliwerke, Abwasser von — 118.  
 — — —, Grenze für die Verhärtung des Flußwassers 118.  
 — — —, zur Staubbindung 118.  
 Kalmannsche Formeln 49.  
 Kalziumpermanganat 17.  
 Kalziumsulfhydrat 118.  
 Karbolschwefelsäure 28.  
 Kartoffelwaschwasser 113.  
 Kartonfabriken, Abwasser von — 105.  
 — — —, Reinigung durch Superphosphatfällung 106.  
 Kesselkorrosionen 54. 56.  
 Kesselrostschlacke 103. 106.  
 Kesselschlamm 47.  
 Kesselstein 47.  
 Kesselsteinverhütungsmittel 56.  
 Kesselwasser, aggressives 53.  
 Kieselfurfilter 39.

Kieselfurfilter, Kosten 39.  
 —, Porengröße 39.  
 —, Sterilisation 39. 40.  
 Kipprinnen 80.  
 Klärbecken 4. 68. 70.  
 —, überdeckt und nicht überdeckt 68.  
 —, Sohlengestaltung 68.  
 Klärbrunnen 68. 71.  
 Kläreffekt 68. 69. 71.  
 Klärgeschwindigkeit 68. 70. 71.  
 Klärschlamm, siehe Schlamm.  
 Klärtürme 68. 71.  
 Kleinfilerter 37.  
 — für technische Zwecke 38.  
 Kocherlaugen 107. 116.  
 Kohlebreiverfahren (Degener) 76.  
 —, Kosten 77.  
 —, Schlammvergasung 100. 101.  
 —, Vorteile und Nachteile 77.  
 —, Wesen 77.  
 —, Wirkung 76.  
 Kohlefilter 37.  
 —, Kosten 37.  
 Kohlensäureentfernung 34.  
 Kohlensäure, freie 34. 48. 49.  
 — —, Nachteile von — im Wasser 34.  
 Kohlschlamm 106.  
 Kohlenwaschwasser 106.  
 Koks 77.  
 Kokslöschwasser 106.  
 Koksrieseler 30. 31.  
 Kondenswässer 102. 107. 112.  
 Körper, biologische 78.  
 —, —, Einarbeitung 79.  
 —, —, Material 78.  
 —, —, Schleimdecke 79. 82.  
 —, —, Ummauerung gegen Winterkälte 79.  
 —, —, Wasserverteilung 79. 80.  
 —, —, zulässige Belastung 79.  
 Kosten aller Wasserreinigungsverfahren (Zusammenstellung) 27.  
 — des biologischen Verfahrens 82.  
 —, Chlorkalkbehandlung 23.  
 —, Enteisenung 32.  
 —, Entmanganung 33.  
 —, intermittierende Sandfiltration 88.  
 —, Landberieselung 86.

Kosten, Ozonverfahren 22.  
 —, Sandfiltration 9.  
 —, Schlammabeseitigung 96.  
 —, Schnellfiltration 17.  
 —, Ultraviolettstrahlung 26. 27.  
 Krankheitserreger 2. 23. 58. 122.  
 Kremerapparat 66.  
 Kremerfaulbrunnen 67.  
 Kühlwasser 102. 112.  
 Kunstdünger 21.  
 Kupferchlorid 17.

Landberieselung 83.  
 Leimbrühen 111.  
 Leimfabriken, Abwasser von — 111.  
 —, — —, oberflächliche Reinigung 111.  
 —, — —, Reinigung durch das biologische Verfahren 112.  
 —, — —, Reinigung durch Rieslung 112.  
 Leimkondenswässer 111.

Magmafilter 103.  
 Mälzereiabwässer 109.  
 Mainwasser 15. 44. 60.  
 Manganentfernung 32.  
 Margarinefabrikabwässer 105. 110.  
 Mechanische Abwässerreinigung 62. 78.  
 Metallwerke, Abwasser von — 104. 119.  
 —, — —, Eindampfen 119.  
 —, — —, Neutralisation 119.  
 Milzbrandsporen 123.  
 Molkereiabwasser 110.  
 —, oberflächliche Reinigung 111.  
 —, Reinigung durch das biologische Verfahren 111.  
 —, — — Fällung mit sauren Silikaten 111.  
 —, — — intermittierende Sandfilter 110.  
 —, — — Landberieselung 110. 111.  
 —, Zusatz von Desinfektionsmitteln 110.  
 Müllverbrennung 100.  
 Müllverbrennungsschlacke 78.

Naphtalin 109.  
 Natriumhypochlorit 18.  
 Natriumthiosulfat 109.  
 Natronhydrat 49  
 Newa 19.

Oberflächenberieselung 83. 84.  
 Oberflächenwasser 1. 2. 3. 14. 15. 16. 57. 58.  
 Ölfabriken, Abwasser von — 122.  
 —, — —, Vermischung mit Superphosphat 122.  
 Ölhaltige Abwässer 105.  
 Ozon 17. 18. 19. 20. 24.  
 Ozonanlagen, fahrbare 42.  
 —, kleine 42. 43.  
 —, stationäre 42.  
 Ozonkonzentration 20.  
 Ozonverfahren 18.  
 Ozonwasserwerk St. Petersburg 19.

Papierfabriken, Abwässer von — 107. 115.  
 Permutit 33.  
 —, regenerieren 55.  
 Permutitverfahren, 48. 55.  
 —, Vorzüge, Nachteile 55.  
 Petroleumraffinerien, Abwässer von — 121.  
 —, alkalische Abwässer 121.  
 —, saure Abwässer 121.  
 Petrolseifen 121.  
 Pflanzennährstoffe 83. 96.  
 Phenol 117. 118.  
 Phosphorsäure 83. 90. 91. 97.  
 Photographische Papiere, Abwasser von der Herstellung — 119.  
 — —, —, Ableitung in Kanalisation 119.  
 — —, —, Reinigung der konzentrierten Abwässer 119.  
 Pilzbildung 107.  
 Plankton, künstliches 10.  
 Porzellanfilter 38. 55.  
 Poudrette 97.  
 Preßwässer 107. 112. 113.  
 Prüfungsanstalt, Königl., für Wasserversorgung und Abwässerabeseitigung 21. 26.  
 Pülpepreßwässer 113.

Pumpensümpfe 68.  
Pyridinbasen 118.

Quarzlampe 25. 26. 27.  
Quecksilberdampfampe 25. 26. 27.  
Quellwasser 1.

Radrechen 64.  
Rechen 62.  
—, bewegliche 63.  
—, feststehende 63.  
— mit Handbetrieb 64.  
— mit maschinellem Betrieb 64.  
Rechenrückstände 90.  
—, Trocknung 90.  
—, Wassergehalt 90.  
Reinigung des gewerblichen Abwassers 101.  
— — häuslichen Abwassers 62.  
— — Trinkwassers 2.  
— — — in anderer als gesundheitlicher Richtung 28.  
— — — im Großbetrieb 4.  
— — — im Kleinbetrieb 36.  
— — — Wassers für technische Zwecke 46.  
Rhodan 117. 118.  
Riensche Scheibe 64.  
Rinnen 80.  
Rieselfelder 83.  
—, Anpflanzung von Nutzpflanzen 85.  
—, Beetanlagen 84.  
—, Betriebsfläche 84.  
—, Betriebsgewinn 85.  
—, Drainage 84. 85.  
—, Kosten 86.  
—, Rentabilität 86.  
—, Rückenberieselung 83.  
—, Ruhepausen in der Beschickung 85.  
—, Verhältnis von Betriebsfläche zu Ruhefläche 85. 86.  
—, Vorreinigung 85.  
—, Wirkung der Rieselung 84. 85.  
—, zulässige Belastung 86.  
—, Zuleitungsgräben 84.  
Rieselung des Wassers zur Entfernung von freier Kohlensäure 35.  
Rotatorien 59. 60.

Rübenwaschwasser 112.  
Ruhr, Erreger der — 2. 21.  
Ruhrtalesperrenverein 15.

Sandfänge 67.  
Sandfangrückstände 90.  
—, Trocknung 90.  
—, Zusammensetzung 90.  
Sandfilter 5. 107.  
—, Laufzeit 7.  
—, nicht überstaut 9.  
—, Sandwäsche 7.  
—, Schleimschicht 7. 8.  
—, unbedeckt, überdeckt 6.  
Sandfiltration, Doppel— nach Götze 8.  
—, langsame 5. 16.  
—, natürliche 14.  
—, Vorfiltration nach Puëch-Chabal 8.  
Sauerkrautfabriken, Abwässer von — 114.  
—, — —, Anschluß an Kanalisation 114.  
—, — —, Reinigung durch Versickerungsgruben 114.  
Schiefer 78.  
Schlachthausabwässer 105. 111. 123.  
—, Klärkessel von Mertens 111.  
—, oberflächliche Reinigung 111.  
—, Reinigung durch das biologische Verfahren 111.  
Schlachtraumspülwasser 111.  
Schlammabpumpen unter Wasser 70.  
Schlambeseitigung 70. 71. 76. 90.  
— in Frankfurt 99.  
—, Versenken ins Meer 95.  
—, Zusatz von Salpeter 96.  
Schlamm, Emscherbrunnen — 75. 76. 92.  
Schlammmentwässerung auf Land 92.  
— durch Drainage 93.  
— — Elektrosmose 95.  
— — Filtration 93.  
— — Magmafilter 103.  
— — Mischen mit Müll 93.  
— — Untergraben 93.  
—, Kosten 96.  
Schlamm, Fettgehalt 91.  
—, Fettgewinnung 97.

- Schlamm, Fettgewinnung in Bradford 98.  
—, — in Kassel 98.  
—, —, Versuche über — in Frankfurt 98.  
—, Faulbecken — 92.  
—, frischer 92.  
—, Nachreinigungsbecken — von biologischen Anlagen 90.  
Schlamm lager 92.  
—, Bedeckungsmittel 92.  
—, Desinfektion 92.  
Schlamm schiffe 95. 96.  
Schlammverbrennung 99. 100.  
Schlammvergasung 99. 100.  
Schlammverwertung 90. 96.  
Schlammzentrifuge System Schäferter Mer 94. 95. 99.  
Schlammzusammensetzung 91.  
Schlauchberieselung 84.  
Schmelzkoks 78.  
Schnellfilter 10. 13. 16. 17. 105. 115.  
Schwefelnatrium 109.  
Schwefelwasser aus Braunkohlenkokereien 106.  
Schwimmdecke auf Faulbecken 72.  
Schwimmstoffe auf Klärbecken 70.  
Seifenhaltige Abwässer 105. 121.  
— —, Reinigung nach Ansäuern in Fettfängern 122.  
— —, — nach Zusatz von Kalk in Klärbecken 121.  
Selbstreinigung der Flüsse 59. 61.  
Siebe 62.  
Siebrechen 63. 64.  
Siebwasser 107.  
Spree 78.  
Stabrechen 63.  
Staphylokokken 40. 44.  
Stärkefabriken, Abwässer von 113.  
—, — —, Reinigung durch das biologische Verfahren 113.  
Stärkewaschwasser 113.  
Staubbindung durch Abwässer 103. 118.  
Steinfilter 38.  
Steinkohle 78.  
Sterilisation, Verfahren der Wasser— 17.  
Sterilisationstürme (Ozonverfahren) 19. 20.  
Stickstoff 83. 90. 91. 96. 97.  
Streudüsen 80. 81.  
Strohpappefabrik, Abwässer von — 105.  
—, — —, Superphosphatfällung 106.  
Sulfitzellulose, Abwasser von der Herstellung von — 107.  
Talsperren 3.  
Teerprodukte 118.  
Tonfilter 38.  
Töpferscherben 78.  
Travisbecken 74.  
Trinkwasserreinigung 2.  
— in anderer als gesundheitlicher Richtung 28.  
— im Großbetrieb 4.  
— im Kleinbetrieb 36.  
Trocknung von Schlamm, sielfe Schlamm, Entwässerung.  
Trommelfilter von A. und A. Lehmann 105.  
Tropfkörper 78.  
—, Nachreinigung 82.  
—, Vorzüge, Nachteile gegenüber Füllkörpern 82.  
—, Wasserverteilung auf die — 80.  
Trübungen, Entfernung von — im Wasser 13. 17. 37.  
Tuchfabriken, Abwasser von 105.  
Typhus 2. 21. 40. 122.  
Typhusbazillen 9.  
Typhusepidemie 28.  
Typhuserkrankungen 16.  
Typhussterblichkeit 16.  
Uferfiltration, natürliche 14.  
Uhlfelders Flügelrechen 64.  
Ultraviolettapparate, kleine 42. 44.  
Ultraviolettstrahlung 25.  
Vakuumrieselung 36.  
Verbrennung von Schlamm 99.  
Vergasung von Kohlebreischlamm 100. 101.  
— — Schlamm 99. 100.  
Verwertung des Schlammes 96.

- Vorfiltration nach Puëch-Chabal 8.  
Vorreinigung 78.
- Wagnerscher Saugwagen** zur  
Schlammfernung 76.
- Wandersprenger** 80. 81.
- Wasserdampf**, gespannt, zur Steri-  
lisation von Brunnen 28.
- Wasserfärbung**, Entfernung von —  
13. 17.
- Wasserflöhe** (-Krebse) 60.
- Wasserstoffsperoxyd** 17. 26.
- Weston-Controller** 12.
- Wollwäschereiabwasser** 105. 120.  
—, Fettgewinnung 98. 120.  
—, Reinigung durch das biologische  
Verfahren 120.  
—, — — intermittierende Filtration  
120.  
—, Wiedergewinnung von Fasern 120.
- Zechenabwasser** 106.
- Zellulosefabrikabwasser (Sulfit)** 104.  
107.  
—, Benutzung als Brennmaterial 108.  
—, Brikettieren 108.  
—, Eindampfen und Verbrennen 108.  
—, Entstaubung von Straßen 108.  
—, Erzeugung von Klebstoffen 108.
- Zellulosefabrikabwasser (Sulfit)**, Ge-  
winnung von Farbstoff 108.  
—, — — Spiritus 108.  
—, oberflächliche Reinigung 107.  
—, Reinigung durch das biologische  
Verfahren 103.  
—, Verarbeitung auf Futtermittel 108.  
—, Versickernlassen 108.  
—, Wiedergewinnung des Schwefels  
108.
- Zellulosefabrikabwasser (Natron)** 108.  
—, Reinigung nach Logau 108.  
—, — — Rimman 109.
- Zentrale Wasserversorgung** 36.
- Zentrifuge Schäfer-ter Mer** 93. 94. 95.
- Zeolith** 55.
- Zeugdruckereien**, Abwässer von —  
114.
- Ziliaten** 59. 60.
- Zuckerfabrikabwasser** 104. 112.  
—, Reinigung durch Rieseln 113.  
—, — mit Humin 112.  
—, — nach de Plato 113.
- Zyan** 104. 117.
- Zyanhaltige Abwässer** 120.  
— —, Reinigung durch Verarbeitung  
auf Berliner Blau 120.





96-8



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297480