



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298435

x
1369

DIE STÄDTISCHE
WASSERVERSORGUNG.

x
1369

h.

DIE STÄDTISCHE WASSERVERSORGUNG.

UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

DER HYGIENISCHEN UND WIRTHSCHAFTLICHEN
GESICHTSPUNKTE

BEARBEITET

FÜR WEITERE KREISE, BESONDERS MITGLIEDER STÄDTISCHER
VERWALTUNGEN, AERZTE UND TECHNIKER,

VON

E. ROSENBOOM,
INGENIEUR IN KIEL.

(ERWEITERTER SONDERABDRUCK AUS DER WOCHENSCHRIFT „PROMETHEUS“.)

MIT ACHT ABBILDUNGEN.

F. Nr. 19295



BERLIN.

VERLAG VON RUDOLF MÜCKENBERGER.

1893.

VIII C. 5.



II 31673

DRUCK VON B. G. TEUBNER IN LEIPZIG.

Akc. Nr. 2948/50

Vorwort.

Das vorliegende Werkchen ist in erster Linie nicht für Wasserfachtechniker geschrieben, sondern für weitere Kreise, welche sich für die Frage der städtischen Wasserversorgung interessiren, besonders für Personen, welche, ohne selbst Fachleute zu sein, vermöge ihrer Stellung sich mit dieser Frage berathend oder beschliessend zu befassen haben. Es sind demnach alle Details, sowohl technischer wie chemischer und medicinischer Art, vermieden, so dass das Werkchen nicht etwa ein Hülfsbuch für den projectirenden, ausführenden oder betriebsleitenden Wasserfachingenieur darstellt. Der erfahrene Fachmann wird wohl mit dem Inhalt schon längst vertraut sein, aber vielleicht ist doch auch dem einen oder andern diese kurze Darstellung der allgemeinen Grundzüge der städtischen Wasserversorgung willkommen, vielleicht bietet sie auch manchem Fachtechniker das eine oder andere Neue.

Für den Nichtfachmann giebt es bis jetzt, soviel dem Verfasser bekannt, in unserer Litteratur kein Buch, aus welchem derselbe sich über diese wichtige Angelegenheit allgemein informiren könnte. Bei dem gerade in letzter Zeit wieder sehr gestiegenen Interesse für die Frage der städtischen Wasserversorgung war das die Veranlassung zu einem Aufsatz, welchen Verfasser vor kurzem in der Wochenschrift *Prometheus* veröffentlichte. Eine erweiterte Bearbeitung dieses dem Charakter einer Wochenschrift entsprechend etwas kurzen Aufsatzes ist dieses Werkchen.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
Beschaffenheit des Wassers	I
Verschiedene Arten der Wasserversorgung	7
Quell- und Grundwasser	7
Erforderliche Wassermenge	15
Wahl der Bezugsquelle des Wassers	16
Versorgung mit Oberflächenwasser	17
Filtration	18
Sandfilter	19
ANDERSONS Reinigungsverfahren (Revolving purifier)	25
Neues Filter für Grossbetrieb (System FISCHER-PETERS)	27
Verwendung eisenhaltigen Grundwassers	33
Getrennte Wasserleitungen für „Trinkwasser“ und „Brauchwasser“	39
Andere Versorgungsarten	41
Art der Wasserabgabe. Wassermesserfrage	41
Wirtschaftliche Rücksichten bei Errichtung eines Wasserwerkes	44

Beschaffenheit des Wassers. Die Frage der städtischen Wasserversorgung, deren ausserordentliche Wichtigkeit für die gesundheitlichen und wirthschaftlichen Verhältnisse der Städte schon seit langer Zeit erkannt ist, hat in den letzten Jahren vielfach wieder Behörden, Hygieniker und Techniker, welche in erster Linie sich mit dieser Frage zu befassen haben, sowie auch weitere Kreise in höherem Maasse als gewöhnlich beschäftigt. Eine Ursache hierzu liegt in der sehr veränderten Grundlage für die Beurtheilung und Beschaffenheit eines Wassers in hygienischer Hinsicht, welche durch die Entwicklung der jungen Wissenschaft der Bacteriologie geschaffen worden ist und wodurch wichtige neue Principien in die Wasserversorgungstechnik hineingetragen worden sind. Ganz besonders aber hat die vorjährige schwere Choleraepidemie in Hamburg, bei welcher unwiderleglich ein Zusammenhang zwischen der Ausbreitung der Seuche und der Trinkwasserversorgung nachgewiesen ist, allgemein eine erregte Aufmerksamkeit auf die Frage der städtischen Wasserversorgung hervorgerufen, besonders in solchen Städten, welche durch Flusswasser versorgt werden.

Die Anforderungen, welche im allgemeinen an Trinkwasser gestellt werden, sind, dass es klar, wohlschmeckend und gesund sein soll. Die erste Anforderung ist fast ohne Ausnahme überall durch geeignete Mittel zu erfüllen; wenn nicht von Natur klares Quellwasser oder Grundwasser zur Verfügung steht, so ist Wasser aus Flüssen oder Süsswasser-

seen, auch wenn es zunächst sehr trübe ist, meist ohne besondere Schwierigkeiten künstlich durch Filtration vollkommen klar zu machen.

Der Begriff des Wohlgeschmacks ist, weil mehr oder weniger individuell, nicht so leicht zu bestimmen. Allgemein wird für wohlschmeckendes Wasser eine nicht zu hohe Temperatur gewünscht, etwa 8 bis 10⁰ C.; sonst gut schmeckendes Wasser verliert, wenn es 15⁰ und wärmer wird, seine erfrischende Eigenschaft. Bezüglich anderer Eigenschaften spielt aber die Gewohnheit eine grosse Rolle; Leute, welche seit langer Zeit an hartes Wasser gewöhnt sind, z. B. die Bewohner der Alpenländer, finden weiches Wasser, besonders filtrirtes Flusswasser, fade, während umgekehrt viele Menschen weiches Wasser vorziehen und sich an härteres nicht leicht gewöhnen. Wohl nur ausnahmsweise wird Jemand das Karlsbader oder Aachener Wasser anfangs nicht mit Ueberwindung oder gar Widerwillen trinken, während die an dieses Wasser gewöhnten Trinker es wohlschmeckend finden. Im allgemeinen ist für Trinkwasser ein geringer Gehalt von gelösten Salzen erwünscht; destillirtes, also chemisch reines Wasser, und ebenso auch Regenwasser, welches nur sehr geringe Beimengungen aus der Luft absorbiert hat, ist nicht wohlschmeckend, sondern matt und fade. Insbesondere ist auch ein gewisser Gehalt an Kohlensäure angenehm, da letztere dem Wasser einen erfrischenden Geschmack verleiht; dieselbe ist häufig im Quell- und Grundwasser vorhanden, während Flusswasser keine freie Kohlensäure hat. Die wichtigste Anforderung an ein Trinkwasser ist jedenfalls, dass es gesund sei.

Vor der rapiden Entwicklung der bacteriologischen Wissenschaft, welche fast ganz in die letzten beiden Decennien fällt, also bevor man die Bacterien als Erzeuger mancher epidemischer Krankheiten erkannt hatte, wurde ein Wasser, abgesehen von den genannten Eigenschaften, Aussehen, Temperatur, Geschmack, nur nach dem Ergebniss der chemischen Untersuchung beurtheilt. Es sind auf Sanitätsconferenzen von Commissionen, sowie Hygienikern und Chemikern sehr verschiedene Normen aufgestellt worden für

die Beimengungen eines Wassers, welche nicht überschritten werden dürften, damit das Wasser noch als Trinkwasser brauchbar sei. Solche Grenzwerte sind z. B. nach

	Prof. FERD. FISCHER	Prof. E. REICHARDT u. Brüsseler u. Wiener Sanitätscongress	Prof. KUBEL u. Prof. TIEMANN
Abdampfrückstand	—	100—500	500
Org. Substanz	40	10—50	50
Salpetersäure	27	4	5—15
Chlor	35	2—8	20—30
Schwefelsäure	80	2—60	80—100
Kalk	112	—	112
Magnesia	40	—	40
Gesamthärte*)	16	18	16

(in deutschen Graden)

Solche bestimmte Grenzwerte haben aber etwas Missliches; in verschiedenen Gegenden muss das natürlich vorkommende Wasser, sei es Quell- oder Grund- oder Flusswasser, nothwendig verschiedene Zusammensetzung haben in Folge der verschiedenen Beschaffenheit der Boden- und Mineralarten, durch welche dasselbe ursprünglich als atmosphärischer Niederschlag eingesickert ist. Die verschiedenen Verunreinigungen eines Wassers haben nun eine sehr verschiedene Wichtigkeit; direct gesundheitsgefährlich oder auch nur der Gesundheit unzutraglich ist bei den ausserordentlich geringen Mengen, in denen dieselben fast stets im Wasser enthalten sind, im allgemeinen keine derselben, auch nicht bei einer die vorgenannten Grenzwerte übersteigenden Menge. Gewisse Substanzen machen aber das

*) Die Härte eines Wassers wird durch seinen Gehalt an Calcium- und Magnesiumsalzen bedingt; je einem Theil Kalk (Calciumoxyd) oder der äquivalenten Menge Magnesia auf 100 000 Theile Wasser entspricht 1 deutscher Härtegrad. Wenn man Wasser kocht, so fällt der grösste Theil des gelösten doppelkohlensauren Kalkes und Magnesiums aus, das gekochte Wasser hat also weniger Härtegrade und man bezeichnet diese als permanente oder bleibende Härte im Gegensatz zur Gesamthärte.

Wasser deshalb verdächtig, weil sie für gewöhnlich von noch frischer fauliger Zersetzung organischer Substanzen herrühren, z. B. Salpetersäure, salpetrige Säure und besonders Ammoniak, oder auch ein besonders hoher Gehalt an organischer Substanz; andere, wie Chlor als Chlornatrium oder Kochsalz, deuten auf Verunreinigung durch Fäkalien hin, indem sonst Chlor nur in besonderen Fällen in grösseren Mengen in der Natur vorkommt; ebenso wie nun diese Verunreinigungen in das Wasser gelangt sind, so können unter Umständen auch direct krankheiterzeugende Agentien in dasselbe hineinkommen. Die chemischen Verunreinigungen eines Wassers sind also unter gewissen Umständen, auch wenn sie selbst ein Wasser nicht zum Genusszwecke untauglich machen, gleichsam die Anzeiger für die Möglichkeit gefährlicher Verunreinigung. Da also die absoluten Mengen der in einem Wasser enthaltenen Substanzen an sich nicht das Wichtigste sind, so hat man in letzter Zeit vielfach bestimmte Grenzzahlen für die Bestandtheile von Trinkwasser fallen gelassen und beobachtet jetzt bei der chemischen Untersuchung eines Wassers in erster Linie, ob dasselbe mit der allgemeinen Beschaffenheit anderer nicht verunreinigter Wässer in derselben Gegend übereinstimmt. Wenn dieses der Fall ist, so braucht z. B. wegen eines geringen Ammoniakgehalts das Wasser nicht unbrauchbar zu sein, da in manchen Bodenarten das aus pflanzlichen organischen Zersetzungen entstehende Ammoniak sich nicht weiter zu salpetriger Säure oder Salpetersäure oxydirt, also nicht aus einer kurz vorher erfolgten Verunreinigung durch faulende thierische Substanzen in das Wasser gelangt zu sein braucht. Ebenso kann ein erheblich höherer Gehalt an Chlor, wenn auch andere Wässer in derselben Gegend denselben aufweisen, auf Kochsalzlager, nicht auf Abwässer menschlicher Wohnstätten hindeuten.

Mit der chemischen Untersuchung des Wassers sollte regelmässig — und wird jetzt auch ziemlich allgemein — die bacteriologische Untersuchung verbunden werden.

Es ist bekanntlich in neuerer Zeit eine Anzahl Krankheiten, und darunter manche der gefährlichsten und ver-

heerendsten, auf die Thätigkeit von Mikroorganismen, Bacterien, zurückgeführt worden; während für einzelne Krankheiten der Zusammenhang derselben mit diesen kleinsten mikroskopischen Organismen als sicher festgestellt gelten kann, indem man die speciellen krankheiterzeugenden Bacterienarten erkannt und bestimmt hat, ist man bei anderen noch auf die Vermuthung beschränkt. Solche krankheiterregende, pathogene Bacterien können unter Umständen durch das Wasser auf weite Entfernungen übertragen werden; manche Bacterienarten können in Wasser, welches nach Aussehen und chemischer Untersuchung für gut gehalten werden kann, lange Zeit lebensfähig bleiben, sich entwickeln und vermehren, da sie nur sehr geringer Mengen organischer Substanz bedürfen, welche sie auch in nach gewöhnlichen Begriffen reinem Wasser genügend finden; andere Arten brauchen zum Leben grössere Mengen organischer Substanz und bestimmte Temperaturen, so dass sie in reinem Wasser oder in Wasser von niedriger Temperatur bald zu Grunde gehen.

Die bacteriologische Wasseruntersuchung sucht nun direct die im Wasser enthaltenen Bacterien und zwar besonders die krankheiterzeugenden oder verdächtigen Keime zu bestimmen.

Wie für die Wasserbeschaffenheit in chemischer Beziehung, so sind vor einigen Jahren mehrfach in Deutschland von hervorragenden Hygienikern auch für die Bacterien bestimmte Grenzwerte bezüglich der Anzahl, welche in einem ccm eines Wassers zulässig sein sollten, aufgestellt worden. So galten nach Professor KOCH 300 Keime im ccm als die höchste zulässige Zahl; jetzt hält man aber an diesen Zahlen nicht mehr allgemein fest; es ist einleuchtend, dass solche Bestimmungen keine allgemeine Gültigkeit haben können; in Bonn wurde noch vor nicht langer Zeit die zulässige Zahl von Keimen im ccm auf 1200 festgestellt; auf diese Weise käme man schliesslich dazu, eine Grenzzahl so festzusetzen, wie sie Einem gerade passt; wenn ein Wasser, welches man für gut hält, gewöhnlich vielleicht unter 500 Keime hat, dann setzt man einfach 500 als Grenzzahl fest;

wenn aber dann zufällig bei diesem Wasser einmal 501 Keime gezählt würden, sollte dann das Wasser als unbrauchbar ausgeschlossen werden?

Auf die Anzahl der einzelnen Keime kommt es weniger an, als auf die Arten; das Wichtigste ist, zu bestimmen, ob unter den vorhandenen Bacterien krankheiterregende vorhanden sind. Dies ist allerdings schwierig; manche der pathogenen Arten sind im makroskopischen Bilde auf der Gelatineplatte anderen harmlosen Arten sehr ähnlich, und die sichere Bestimmung ist nur durch sorgfältige mikroskopische Untersuchung möglich. Aber das allgemeine Bild der bacteriologischen Untersuchung giebt auch schon gute Anhaltspunkte für die Beurtheilung eines Wassers; wenn viele verschiedene Arten, über 4 bis 5, und besonders, wenn unter diesen sog. Fäulnissbacterien vorhanden sind, so ist das Wasser als verdächtig zu betrachten. Wenn auch keine dieser Arten ein specifischer Krankheitserreger ist, so deuten dieselben doch auf eine bedenkliche Verunreinigung organischen Charakters hin, und auf demselben Wege, auf welchem diese Bacterien in das Wasser gelangt sind, können unter besonderen Umständen auch krankheiterregende Keime in dasselbe gelangen und die Verbreitung einer epidemischen Krankheit bewirken.

Man kann also durch die bacteriologische Untersuchung den Nachweis liefern, ob ein Wasser auf seinem Wege bis zur Entnahmestelle Verunreinigungen aufgenommen hat, durch welche die Gefahr der Uebertragung von Krankheitskeimen gegeben ist; bei ausgebrochenen Epidemien lassen sich nur in seltenen Fällen die erzeugenden pathogenen Keime im Wasser noch nachweisen, da bei einer örtlich und zeitlich begrenzten Infection des Wassers dieselben dann längst wieder verschwunden sind.

Die chemische und die bacteriologische Wasseruntersuchung unterstützen und ergänzen sich also; meist wird ein Wasser, welches in chemischer Hinsicht bedenklich verunreinigt ist, auch ein bacteriologisch ungünstiges Bild geben; andererseits kann aber auch ein gut aussehendes, klares, wohlschmeckendes Wasser, dessen chemische Untersuchung

keine unzulässige Verunreinigung ergibt, durch die bacteriologische Untersuchung als sehr verunreinigt und zu Genusszwecken untauglich erwiesen werden.

Der Hygieniker verlangt von einem Trinkwasser, dass es, abgesehen von gutem Aussehen und Geschmack, in erster Linie unbedingt gegen das Hineingelangen von Krankheitskeimen geschützt ist, dass es unverdächtig ist. In der Praxis ist aber der Techniker, der mit dem technisch Möglichen zu rechnen und auch noch wirthschaftliche Erwägungen zu berücksichtigen hat, nicht immer in der Lage, diese Bedingung zu erfüllen.

Verschiedene Arten der Wasserversorgung. Für eine Wasserversorgung kommen drei Hauptarten der Wassergewinnung in Betracht: die Gewinnung aus Quellwasser, Grundwasser und Oberflächenwasser (Wasser aus einem Fluss, See oder einem natürlichen oder künstlichen Sammelbecken).

Jedes Oberflächenwasser ist in hygienischer Beziehung von vornherein verdächtig, weil die Möglichkeit vorhanden ist, dass einmal mit den Abwässern menschlicher Ansiedelungen ansteckende Krankheitsstoffe in das Wasser gelangen können; es muss also unter allen Umständen, ehe es als Trinkwasser verwendet wird, einer weitgehenden Reinigung unterzogen werden. Dagegen gilt Quell- und Grundwasser für gewöhnlich als unverdächtig oder hygienisch einwandfrei.

Quell- und Grundwasser. Es wurde früher, besonders von Hygienikern, und wird auch theilweise jetzt noch ein principieller Unterschied zwischen Quellwasser und Grundwasser gemacht und ersteres als das unbedingt vorzüglichere, letzteres als minderwerthig bezeichnet. So wurden beispielsweise auf dem Brüsseler und dem Wiener Sanitätscongress reine Quellen als allein tauglich für Trinkwasser gehalten. Auf der Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege (1874) zu Danzig wurde folgende Resolution gefasst: „Für Anlage von Wasserversorgungen sind in erster Linie geeignete Quellen — natürlich oder künstlich erschlossen — in Aussicht zu nehmen, und es erscheint

nicht eher zulässig, sich mit minder gutem Wasser zu begnügen, bis die Erstellung einer Quellwasserversorgung als unmöglich nachgewiesen ist.“ — Auch später ist noch von hervorragenden wissenschaftlichen Autoritäten, z. B. von Professor REICHARDT, die Ansicht vertheidigt worden, dass Quellwasser unbedingt dem Grundwasser vorzuziehen sei, dass letzteres den Anforderungen, welche in gesundheitlicher Beziehung an eine Trinkwasserleitung zu stellen sind, nicht genügen könne, vielmehr in hygienischer Beziehung genügende Wasserleitungen nur mit laufenden, gut gefassten Quellen erreicht werden könnten.

Dem Ursprung und der Entstehung nach besteht zwischen Quell- und Grundwasser — abgesehen von einer Entstehungsart des letzteren, welche weiter unten besprochen ist — kein Unterschied. Beide entstehen durch die in den Boden infiltrirenden atmosphärischen Niederschläge*). Dieselben versinken zum Theil im Boden, wenn derselbe an der Oberfläche durchlässig ist, und zwar um so mehr und so schneller, je mehr nicht capillare Zwischenräume oder Poren der Boden besitzt, während ein anderer Antheil, und zwar im allgemeinen der weitaus grössere, wieder verdunstet, oberflächlich abläuft, den Oberflächenwassern, Gerinnen, Bächen, Flüssen zufließt, und durch die Pflanzenvegetation zu ihrem Aufbau verwendet wird. Das in den Boden eindringende oder „infiltrirende“ Wasser sinkt, der Schwere folgend, so tief, bis es auf eine wasserundurchlässige Schicht kommt oder bis zur Oberfläche des schon vorhandenen Grundwassers, welches seinerseits auf undurchlässiger Unterlage ruht. Beim Durchsickern durch den Boden von der Oberfläche bis zum Grundwasserspiegel erfährt das Wasser mannigfache, theilweise sehr complicirte Veränderungen in

*) Eine andere zuweilen angeführte Theorie, von VOLGER, will die Entstehung des Grundwassers lediglich der Condensation der Luftfeuchtigkeit in der Erde zuschreiben. Diese Ansicht hat aus triftigen Gründen keinen Anhang gefunden; wenn auch zweifellos in den Poren der Erde durch Condensation aus der Grundluft sich Wasser bildet, so kann die Menge desselben doch nur einen sehr geringen Antheil des Grundwassers und der Quellen ausmachen.

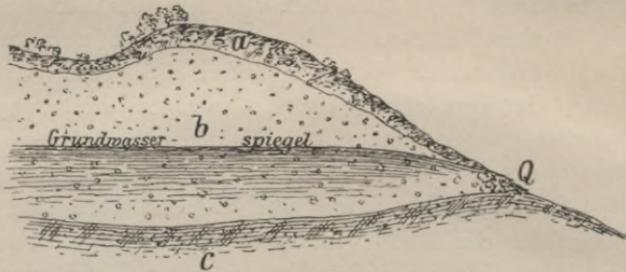
seiner ganzen Beschaffenheit. Wasser vermag in höherem oder geringerem Maasse alle Salze aufzulösen; das in die Erdoberfläche eindringende Wasser ist schon nicht mehr chemisch rein, sondern hat aus der Luft Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure absorbiert, wodurch es in erhöhtem Maasse befähigt ist, auf sehr viele Mineralien auflösend, zersetzend, oxydirend einzuwirken. Je nach der Beschaffenheit, besonders dem Culturzustande der Erdoberfläche, nimmt es aus der obersten Bodenschicht schon neue Bestandtheile auf, z. B. Humussäure, während ihm andererseits die Pflanzenvegetation gewisse Bestandtheile entzieht, welche sie zu ihrer Ernährung braucht. Beim tieferen Einsinken findet dann eine Filtration, d. i. Abscheidung der mechanisch suspendirten Theilchen statt, also auch der aus der Luft und der obersten Bodenschicht mitgeführten Bacterien, und zwar in um so vollkommenerer Weise, je feiner die Poren der Erde bzw. des Gebirges sind, also je weniger nicht capillare Zwischenräume vorhanden sind. Weiterhin findet eine langsame Oxydation der organischen Substanz, also Umwandlung derselben in salpetrige Säure und Salpetersäure statt, wodurch ebenfalls die Mikroorganismen vernichtet werden.

Alle diese Vorgänge können um so vollkommener vor sich gehen, je längere Zeit dazu vorhanden ist, je langsamer also das Wasser niedersinkt, je längere Zeit also zwischen dem Eindringen des Wassers in die Erdoberfläche und dem Wiederaustreten aus der Erde liegt. Im allgemeinen ist daher Grundwasser und Quellwasser um so reiner, je tiefer die wasserführende Schicht, aus welcher dasselbe stammt, unter der Erdoberfläche liegt. Wenn das Niederschlagswasser Gelegenheit hat, in grösseren Gebirgsklüften, Gängen oder im groben Gerölle einzusinken, und in Material mit solchen weiten Poren und Kanälen sich weiter zu bewegen, so findet keine oder nur unvollkommene Reinigung statt.

Alles in den Untergrund eingedrungene Wasser kommt nun irgendwo wieder an die Erdoberfläche, und zwar entweder in Form von Quellen, oder indem es als Grundwasser seitlich oder von unten durch die kiesige Sohle von Flüssen oder Binnenseen diese speist, oder schliesslich, wenn

zu diesen beiden Arten des Austritts keine Gelegenheit ist, aus dem Grunde des Meeres. Letzteres kann auf weiten Entfernungen vom Ufer geschehen; es sind mehrfach im Meere, weitab von der Küste, Süßwasserquellen bekannt. Es kann also kein principieller Unterschied zwischen Quellwasser und Grundwasser gemacht werden, indem eine Quelle nichts anderes als natürlich zu Tage tretendes Grundwasser ist. Nach der Beschaffenheit der wasserführenden Schichten, des „Grundwasserträgers“, kann man zwei Hauptarten des Vorkommens von Grundwasser unterscheiden: dasselbe findet sich in zerklüfteten und gespaltenen Gebirgsformationen, wie

Abb. 1.



a Humus; *b* Wasserführende Kiesschicht; *c* Wasserdichter Thon.

Buntsandstein, Kalk u. s. w., was vorzugsweise in den Mittel- und Hochgebirgen der Fall ist, oder die wasserführenden Schichten bestehen aus Sanden, Kiesen und Granden; in dieser Art findet sich das Wasser in den Tiefebenen, den Alluvionen der Flüsse und im Diluvium; die untere wasserhaltende Schicht besteht dann meistens aus Thon oder Mergel. Wenn das im Boden versickerte Wasser sich auf einer geneigten wasserundurchlässigen Schicht gesammelt hat und die wasserführende Schicht natürlich, durch einen Thal-
abhäng, oder künstlich, durch einen Einschnitt, angeschnitten ist, so entsteht eine Schichtquelle, bezw. eine Reihe von kleineren Quellen (s. Abb. 1).

Ist die undurchlässige, wasserhaltende Schicht, auf welcher die wasserführende Schicht aufgelagert ist, mulden-

förmig ausgebildet, so kann an einer niedrigen Stelle des Randes dieser Mulde eine Ueberlaufquelle erscheinen (Abb. 2); oder auch es kann eine Boden- oder Gebirgsspalte in dem Boden über der wasserführenden Schicht bis unter den

Abb. 2.



a Gebirgsdetritus; *b* Zerklüftetes wasserführendes Gestein;
c Compacte dichter Fels.

Grundwasserspiegel reichen, wodurch eine „Spaltquelle“ auftritt (Abb. 3); oder schliesslich kann eine „artesisische Quelle“ über Terrain aufsteigen, wenn die wasserführende Schicht zwischen zwei geneigten wasserdichten Schichten eingelagert

Abb. 3.

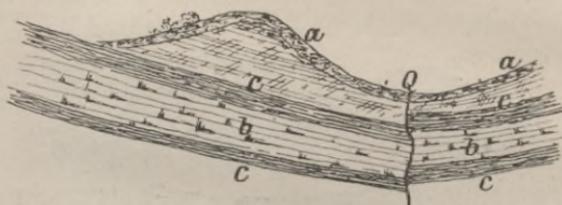


a Gebirgsdetritus oder Humus; *b* Zerklüftetes Gebirge;
c Compactes Gebirge.

ist; wenn dann in Folge Verwerfung ein Spalt (Abb. 4), oder aus sonstigen natürlichen oder auch künstlichen Ursachen, z. B. ein Brunnenrohr (Abb. 5), in der oberen abschliessenden Schicht eine Oeffnung sich befindet, so steigt in dieser das Wasser nach dem Gesetz der communicirenden Röhren auf und fliesst unter Umständen mehr oder weniger stark über der Erdoberfläche, zuweilen bis zu beträchtlicher Höhe, je nach dem Druck, unter welchem das Grundwasser in der ab-

geschlossenen Schicht steht, also nach der Höhe, bis zu welcher die geneigte Kiesschicht mit Wasser angefüllt ist.

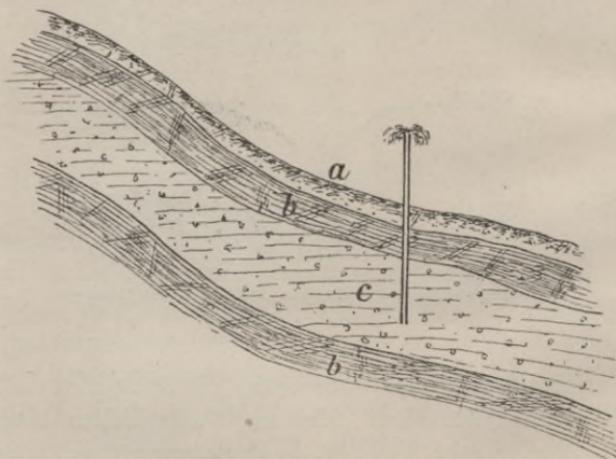
Abb. 4.



aa Humus; *bb* Zerklüftete wasserführende Gebirgsschicht;
cc Wasserdichte Schichten.

In allen diesen Fällen könnte das als Quelle erscheinende Wasser auch künstlich aus der wasserführenden Schicht als Grundwasser entnommen werden.

Abb. 5.



a Humus; *bb* Mergel oder Thon; *c* Sand, Kies und Grand.

Wenn durch die Gebirgstektonik keine Gelegenheit zur Quellenbildung gegeben ist, dann bildet sich ein Grundwasserstrom, welcher meist mit sehr geringem Gefälle einem

Flussthal zu sich bewegt, um schliesslich in den Fluss einzutreten; die weitaus grösste Menge des Grundwassers hat diesen Verlauf; fast alle Flüsse werden zum erheblichen Theile durch seitlich eintretende Grundwasserströme gespeist. In den Flussthälern kann aber auch der umgekehrte Fall eintreten, dass ein Grundwasserstrom durch einen offenen Flusslauf gespeist wird. Wenn bei Hochwasser der Flusswasserspiegel erheblich über seinem natürlichen Niveau liegt, dann hat das Grundwasser kein Gefälle mehr nach seinem gewöhnlichen Ausfluss; es wird sich zunächst stauen und schliesslich wird Flusswasser durch die durchlässige Flusssohle hindurch in die sonst Grundwasser führende Schicht eintreten und das Grundwasser mehr oder weniger weit zurückdrängen. Man hat es dann also nicht mehr mit reinem eigentlichen Grundwasser zu thun, bezw., wenn man es doch so nennen will, weil es sich in der Erde, nicht in einem offenen Wasserlaufe befindet, hat man den oben erwähnten Fall, dass Grundwasser seinem Ursprung nach vom Quellwasser verschieden ist. Wenn dieses von einem Flusse eintretende Wasser eine ziemlich lange Strecke in feinporigen Bodenschichten zurücklegt, so kann es mehr oder weniger die Eigenschaften des eigentlichen Grundwassers annehmen, indem es durch Filtration geklärt wird, seine organische Substanz und seine Bacterien verliert und auch die Bodentemperatur annimmt; wenn dagegen die Schichten aus grobem Gerölle bestehen, dann behält es fast ganz seine früheren Eigenschaften.

Die Beschaffenheit von Grund- und Quellwasser hängt nach Obigem wesentlich von der Art der Boden- oder Gebirgsschichten ab, in welchen das Wasser einsickert und sich fortbewegt; beide Wasserarten können unter ungünstigen Verhältnissen in chemischer wie bacteriologischer Hinsicht sehr verunreinigt sein. Im allgemeinen wird aber Quellwasser und Grundwasser als hygienisch einwandfrei und „keimfrei“ betrachtet; besonders in letzter Zeit ist überwiegend von hygienischer, sowie wohl allgemein von technischer Seite die Ueberzeugung zur Geltung gekommen, dass auch Grundwasser zur Wasserversorgung durchaus geeignet

und im allgemeinen ebenso gut wie Wasser von laufenden Quellen ist.

Hierbei gilt die Voraussetzung, dass das Grundwasser an geeigneter Stelle gewonnen wird, also nicht in dem verjauchten Untergrunde von Städten ohne oder mit mangelhafter Kanalisation, oder in der Nähe von industriellen Etablissements, welche ihre Abwässer in den Untergrund laufen lassen, oder in directer Nähe von verunreinigten Flüssen mit durchlässiger, kiesiger Sohle, ferner, dass man es mit richtigem, fließendem Grundwasser, nicht mit Sickerwasser aus den oberen verunreinigten Bodenschichten zu thun hat, wie es allerdings bei sehr vielen mangelhaften sog. Flachbrunnen und Kesselbrunnen in kleineren Städten und besonders auf dem Lande der Fall ist.

Da Grund- bezw. Quellwasser auch in seiner angenehmen, gewöhnlich fast constanten Jahrestemperatur und seinem frischeren Geschmack Vorzüge vor Oberflächenwasser hat, so ist dasselbe im allgemeinen, was die Qualität betrifft, letzterem für Wasserversorgungszwecke vorzuziehen: wie schon in alten Zeiten, so ist auch heute noch Quellwasser in erster Linie als Trinkwasser bevorzugt.

Die Wassergewinnungs- oder -Fassungsanlagen für Quell- und besonders für Grundwasser müssen natürlich in sorgfältiger Weise ausgeführt werden. Bei den ersteren müssen die Brunnenstuben oder Quellenkammern gegen das Hineingelangen von Oberflächenwasser sicher geschützt sein. Für Grundwasserfassung hat man hauptsächlich drei Arten: Schachtbrunnen, Röhrenbrunnen und Sammelgalerien. Schachtbrunnen müssen in ihren oberen Theilen vollständig dicht ausgeführt werden, um das Eintreten von Wasser aus den oberen Bodenschichten zu verhindern, und nur unten dem reinen Grundwasser den Eintritt gestatten; Röhrenbrunnen bieten in dieser Hinsicht grössere Sicherheit, indem sie ihrer Construction nach in ihren oberen Theilen unbedingt dicht sind; Sicker galerien sind Rohrleitungen aus gelochten oder geschlitzten Röhren, welche in die wasserführende Kiesschicht eingebettet werden; sie führen das durch die Oeffnungen eintretende Grundwasser mit Gefälle zu einem Sammelbrunnen oder einer

Brunnenkammer, aus welcher es entnommen wird, und sind auch, wenn sie genügend tief unter Terrain eingelegt sind, gegen Eindringen von verunreinigtem Oberflächenwasser vollständig geschützt. Durch solche zweckmässige Gestaltung der Wassergewinnungsanlage können die guten Eigenschaften des Grundwassers vollständig bewahrt bleiben.

Erforderliche Wassermenge. Bei grösseren und Grossstädten entsteht aber die Schwierigkeit der Beschaffung genügend grosser Wassermengen. Während man sich früher in den Städten mit einer beschränkten Anzahl von öffentlichen Laufbrunnen auf den Plätzen und in den Strassen oder bestenfalls mit Schöpf- oder Pumpenbrunnen bei jedem Hause begnügte, verlangen heute die mit dem allgemeinen Stande der Cultur gestiegenen Ansprüche an Bequemlichkeit, besonders aber die berechtigten Ansprüche der Hygiene, dass möglichst in jedem Hause zu jeder Zeit und auch möglichst in unbeschränktem Maasse gutes Wasser zur Verfügung steht. Die meisten der Privatbrunnen in Städten vermögen diese Ansprüche nicht zu erfüllen. Man ist deshalb schon seit längerer Zeit mehr und mehr zur centralen städtischen Wasserversorgung übergegangen, so dass heute in den europäischen Culturländern nur noch wenige grössere Städte einer solchen entbehren. Für den gewöhnlichen Hausgebrauch und zum Genuss würde pro Kopf täglich eine Wassermenge von etwa 30 Liter genügen. Durch die übrige ausgedehnte Verwendung des Wassers steigt aber, ganz abgesehen von grösserem Bedarf industrieller Etablissements, der Wasserverbrauch in Städten mit centraler Wasserversorgung in Deutschland auf 90 bis 150 Liter pro Tag und Kopf der Einwohnerzahl, so dass man bei einer Stadt von 100 000 Einwohnern mit einer täglichen Wassermenge von etwa 12 000 cbm rechnen muss. Für kleinere und mittlere Städte wird sich wohl meistens eine ausreichende Quell- oder Grundwassermenge beschaffen lassen; für sehr grosse Städte aber, welche täglich 50 000 cbm und mehr Wasser brauchen, kann dies grosse Schwierigkeiten bieten, wenn nicht wirthschaftlich unmöglich sein; eine technische Unmöglichkeit liegt ja schliesslich

niemals vor, da man bei unbeschränkten Geldmitteln gutes Grundwasser in genügender Menge ein paar hundert Kilometer weit herleiten kann, wie sich z. B. die Stadt Paris ihr Wasser aus der Schweiz zuzuleiten beabsichtigt.

Wahl der Bezugsquelle des Wassers. In der Praxis haben nach Vorstehendem die Fragen nach Quantität und Qualität gleiche Wichtigkeit. Dieses ist im Gegensatz zu dem vorerwähnten Beschluss der Danziger Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege von demselben Verein in Gemeinschaft mit hervorragenden Wasserfachmännern auf der Jahresversammlung zu Düsseldorf 1876 anerkannt worden, indem der erwähnte Beschluss wieder aufgehoben wurde und an dessen Stelle folgende Thesen angenommen wurden: „Quellwasser, Grundwasser, filtrirtes Flusswasser vermögen die gestellte Aufgabe zu erfüllen; welche Art von Wasserversorgung im einzelnen Falle den Vorzug verdient, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab. Unter sonst gleichen Qualitäts- und Quantitätsverhältnissen ist dem Wasser der Vorzug zu geben, welches

- a) durch Sicherheit und Einfachheit der Anlage die grösste Garantie für den ungestörten Bezug bietet;
- b) den geringsten Aufwand der Anlage und capitalisirten Betriebskosten erfordert.

Bei der Vergleichung verschiedener Möglichkeiten der Art einer Wasserversorgung entsteht eine besondere Schwierigkeit daraus, dass der Werth einer besseren Qualität des Wassers sich nicht in Zahlen ausdrücken lässt. Dies ist wohl der Hauptgrund, weshalb noch manche Ingenieure sich von vornherein für die eine oder andere Art der Versorgung und nicht selten für eine Quellwasserleitung erklären.

In den letzten Jahren ist unverkennbar wieder vielfach das Streben in den Vordergrund getreten, mehr als bisher das unterirdische Grundwasser für städtische Wasserversorgungen heranzuziehen; dass dies aber nicht unter allen Umständen möglich ist, zeigt das Beispiel unserer beiden grössten deutschen Städte, Berlin und Hamburg. Nach jahrelangen, umfangreichen und sorgfältigen Studien, Vor-

arbeiten und Versuchen sind die Verwaltungen beider Städte zu der Ueberzeugung gekommen, dass eine ausreichende Quell- oder Grundwasserversorgung nicht möglich sei, und haben demnach ihre grossartigen Wasserversorgungsanlagen für die Verwendung von Oberflächenwasser eingerichtet; die Verwendung von solchem hat gegenüber seinen hygienischen Bedenken den einen grossen Vorzug, dass es fast überall leicht und mit Sicherheit in genügend grossen Mengen zu erhalten ist.

Versorgung mit Oberflächenwasser. Bei der Flusswasserversorgung sind die Anforderungen, welche an ein gutes Trinkwasser gestellt werden, wie schon vorher angedeutet, kaum jemals zu erreichen. Die Temperatur des Flusswassers richtet sich nach derjenigen der Luft, ist also gerade im Sommer, wo eine kühle Beschaffenheit des Wassers den höchsten Werth hat, sehr hoch, während sie im Winter oft an den Gefrierpunkt streift. Auch bleibt die Härte des Flusswassers fast immer hinter derjenigen zurück, welche für Trinkwasser des guten Geschmacks wegen wünschenswerth ist. Endlich enthält jedes offen fliessende Wasser, namentlich aber dasjenige von Flüssen, immer mehr oder weniger aufs feinste zertheilte pflanzliche oder thierische Substanzen und die Zersetzungsproducte von allerlei Abfällen, welche ihm von den anliegenden Ortschaften und Fabriken in seinem oberen Laufe zugeführt wurden. Es ist deshalb in erster Linie nothwendig, die Entnahme oberhalb der Stadt zu bewirken, damit nicht der Leitung das durch die eigenen städtischen Abfälle noch mehr verunreinigte Wasser zugeführt werde.

Der Flusswasserversorgung am nächsten kommt die Versorgung aus Sammelteichen oder Stauweihern oder Thalsperren, welche, ausser in grossartigem Maassstabe in Indien, in Nordamerika und England ausgebildet ist. Man schliesst Thäler, welche an ihren Abhängen zahlreiche Quellen haben oder von einem genügend wasserreichen Bache oder Flüschen durchflossen werden, durch einen Querdamm ab und wandelt sie so zu grossen Reservoirien um. Das aus solchen Sammel-

teichen entnommene Wasser hat mit dem Flusswasser, jedoch in geringerem Maasse, den Gehalt an pflanzlichen und thierischen Stoffen, sowie die Gefahr von Verunreinigungen gemeinsam; bei Thalsperren mit tiefem Wasserinhalt, besonders wenn dieselben in Niederschlagsgebieten mit geringer Feldcultur und spärlicher Besiedelung angelegt sind, wie es von vornherein zu erstreben, ist dieser Gehalt meist viel geringer als bei Flusswasser. Das aus grösserer Tiefe entnommene Wasser solcher Sammelreservoirs ist oft durch die bekannte Selbstreinigung des Wassers von grosser Reinheit und fast bakterienfrei. Der Gehalt an Sinkstoffen, welcher bei hohen Wasserständen in einem Flusse oft eine beträchtliche Höhe hat, ist in Folge der in Sammelbassins erfolgenden Ablagerung fast gleich Null. Bei tiefen Stauweihern ist die Temperatur des in grösserer Tiefe entnommenen Wassers eine ziemlich constante, sich der mittleren Jahrestemperatur nähernde.

Filtration. Jedes Oberflächenwasser muss zu seiner Verwendung für Wasserversorgung einer Reinigung unterzogen werden. Diese Reinigung erfolgt fast ausschliesslich durch Filtration; Versuche zur Reinigung von Trinkwasser durch Chemikalien haben keine Erfolge für die grosse Praxis gehabt. Die Reinigung kann geschehen durch centrale Filtration im Grossen oder an jeder Verwendungsstelle durch sogen. Hausfilter. Letzteres System ist in Deutschland von bedeutenderen Städten bis jetzt wohl nur noch in Hamburg in Benutzung, und auch dort wird es voraussichtlich, nachdem vor kurzem die neuen centralen Sandfilteranlagen in Betrieb genommen sind, bald ganz abgeschafft werden. Zahlreiche Untersuchungen haben die ungenügende, ja vielfach geradezu schädliche Wirkung von Hausfiltern in hygienischer Hinsicht bewiesen. Meist ist eine leichte, gründliche, regelmässige Reinigung des Apparates nicht möglich, und auch wo solche durch die besondere Construction des Filters bewirkt werden könnte, wird sie häufig vernachlässigt. Das Filter hält zwar, bis es vollständig verstopft ist, gröbere Unreinigkeit zurück, lässt aber die gefährlichen Bacterienkeime durchgehen; in dem Filter, an den Wänden, im Füllmaterial, besonders auf dem

bereits ausgeschiedenen Schmutz und Schlamm bilden sich wahre Brutstätten für die Bacterien, in denen dieselben sich in Unmengen vermehren und von Zeit zu Zeit, durch das durchströmende Wasser losgerissen, zu Tausenden mit dem Trinkwasser ausfliessen. Wirklich zuverlässig arbeitende Kleinfilter müssen so enge Poren haben, wie z. B. Porcellanfilter, dass sich nur sehr geringe Wassermengen mit demselben gewinnen lassen. In bacteriologischer Hinsicht sind also fast alle Hausfilter zu verwerfen; dagegen leisten sie unter Umständen ganz gute Dienste, wenn sie Wasser nur klären, von mechanisch suspendirten Schmutztheilchen befreien sollen, z. B. um aus eisenhaltigem Grundwasser das ausgeschiedene Eisenoxydhydrat zurückzuhalten.

Sandfilter. Die Filtration von Oberflächenwasser im Grossen geschieht durch Sand; es sind in England, Belgien und Amerika Versuche mit anderen Filtermaterialien gemacht worden, welche aber in weiteren Kreisen bis jetzt wenig Eingang gefunden haben. Bei den üblichen Sandfiltern wird in grossen gemauerten Bassins das Filtermaterial eingefüllt, so dass oben eine 60 bis 100 cm starke Schicht feiner Sand sich befindet, darunter Kies von nach unten zunehmender Korngrösse und schliesslich unten Steine. Das eigentliche filtrirende Material ist nur der obere Sand; die unteren Schichten dienen nur dazu, den Sand zu halten und das durch diesen durchsickernde Wasser zu sammeln und durch Sohlenkanäle abzuleiten.

Das Rohwasser wird von den Pumpen oder aus einem Rohwasserbassin auf die Filter gefördert, und das Reinwasser oder Filtrat sammelt sich unter diesen durch Röhren oder Kanäle in Reinwassersammelbassins, von welchen aus es dann seiner Verwendung zugeführt wird. Die Wirksamkeit der Sandfiltration hängt in erster Linie von der Filtrationsgeschwindigkeit ab; man giebt allgemein als „stündliche Filtrationsgeschwindigkeit“ an, eine wie hohe Wassersäule in einer Stunde in dem Filtersande versickert, oder auch, wieviel cbm Wasser in 24 Stunden pro 1 qm Sandfläche filtrirt werden. Die Wirkung der Sandfilter hielt man früher für

eine rein mechanische Oberflächenattraction der Sandkörner auf die im Wasser suspendirten Verunreinigungen, wodurch diese von dem Sand festgehalten werden. Neuere Untersuchungen haben aber ergeben, dass auch chemische Vorgänge im Filter stattfinden, und zwar besonders eine Oxydation, also theilweise Vernichtung der organischen Substanz. Schliesslich sind auch noch wichtige biologische Vorgänge nachgewiesen worden. In dem Sande entwickeln sich unendlich viele Spaltpilze, welche allmählich die Sandkörner mit einer feinen gallertartigen Haut überziehen und welche zu ihrer Entwicklung dem Wasser seine organische Substanz entziehen und hierbei im Kampf ums Dasein andere im Wasser enthaltene, weniger lebenskräftige Bacterienarten vernichten. Ein Filter mit vollständig frischem sterilisirten Sande besitzt eine erheblich geringere bacterienzurückhaltende Wirkung als ein solches mit lange benutztem, altem Sande unter sonst gleichen Umständen. Zweifellos ist diese Wirksamkeit von Bacterien im Filter selbst von hoher Wichtigkeit, und es wurden bereits, z. B. vom verstorbenen Director KÜMMEL des Altonaer Wasserwerkes, Versuche und Untersuchungen angestellt, ob es möglich ist, durch massenhafte Reinculturen bestimmter unschädlicher, besonders geeigneter, lebenskräftiger Bacterienarten dem Filtersand eine erhöhte Wirksamkeit zu verleihen. Die Hauptwirksamkeit eines Filters im Zurückhalten von Keimen liegt aber doch an der Oberfläche des Filtersandes; hier bildet sich einige Zeit nach Beginn des Filterns eine dünne Schlammsschicht, und diese ist es besonders, welche die feinsten, im Wasser schwebenden Theilchen, besonders Bacterien, zurückhält; bis sich diese Haut gebildet hat, ist die Filtration eine unvollkommene, und manche Wasserwerksverwaltungen lassen, wenn die Betriebsverhältnisse dies gestatten, zuerst nach Beginn des Filterns mit einer frischen Sanddecke einige Zeit — 1, 2 bis 3 Tage — lang das Filtrat unbenutzt fortlaufen.

Bei der Prüfung der Wirksamkeit von Sandfiltern durch regelmässige bacteriologische Untersuchungen kommen in so fern andere Gesichtspunkte, als oben bei der allgemeinen Besprechung der bacteriologischen Wasseruntersuchung dar-

gelegt, in Betracht, als hier die Anzahl der Keime wichtig ist. Die Leistungsfähigkeit des Filters kann nur danach festgestellt werden, in welchem Maasse die Keime des Rohwassers zurückgehalten werden; hier kommt es also nicht auf die Anzahl der Arten, sondern nur auf die Zahl der Kolonien im Filtrat an.

Vielfach lässt man bei Filterbetrieben das Rohwasser vor dem Filtriren einige Zeit in Absetzbassins oder Klärbassins verweilen; hier setzen sich die gröberen mechanischen Suspense ab, so dass die Filter entlastet werden und länger betriebsfähig bleiben.

Ueber die Wirksamkeit solcher Klärbassins in bacteriologischer Hinsicht sind die Ansichten noch getheilt; vielleicht lassen sich auch darüber keine allgemeinen Sätze feststellen, indem es hauptsächlich von der Beschaffenheit des Wassers abhängt, ob die Bacterien sich weiter entwickeln und vermehren oder zu Grunde gehen. Bekannt ist die selbstreinigende Kraft der Flüsse und Seebecken unter dem Einflusse der Luft und des Sonnenlichtes; wie schon erwähnt, hat das Wasser tiefer Sammelweiher meist nur wenige Keime. Nach Untersuchungen, welche PERCY FRANKLAND bei dem Grand Junction-Wasserwerke zu London ausgeführt hat, ist die Sedimentirung des Themsewassers vor der Filtration von sehr günstiger Wirkung. In einem Sammelreservoir, in welchem das Wasser etwa sechs Monate gestanden hatte, fand er 464 und 368 Kolonien in 1 ccm, während es beim Eintritt aus dem Flusse mehrere Tausende enthielt. In einem andern Beispiele, beim West Middlesex-Wasserwerke, wo das Themsewasser vor der Filtration einige Tage in zwei grossen Bassins verweilt, wurden im zufließenden Wasser 1473, nach dem Verweilen im ersten Bassin 318 und beim Verlassen des zweiten Bassins nur noch 177 Kolonien nachgewiesen.

Die Wirksamkeit der Sandfiltration ist im allgemeinen eine um so bessere, je langsamer man filtrirt; bis vor einigen Jahren galt eine Filtrationsgeschwindigkeit von 100 bis 125 und 150 mm stündlich für normal; jetzt herrscht allgemein das Bestreben, mit geringerer Filtrationsgeschwindigkeit zu arbeiten, letztere, wenn möglich, bis 50 mm stündlich oder

1,2 cbm Leistung pro 1 qm Filter in 24 Stunden herabzudrücken.

Da die erforderliche Filterfläche im umgekehrten Verhältniss zur Filtrationsgeschwindigkeit steht, so werden durch die Bedingung möglichst langsamer Filtration die Anlagekosten eines Filtrirwerkes ungeheuer vergrössert; hierdurch wird denn auch eine noch weiter gehende Verlangsamung der Filtrationsgeschwindigkeit begrenzt. Um über die wichtige Frage der Wirksamkeit von Sandfiltern in bacteriologischer Beziehung exacte Aufschlüsse zu erhalten, führten im Jahre 1889 Professor Dr. FRÄNKEL und Ingenieur C. PIEFKE beim Berliner Wasserwerke eingehende Versuche aus. Diese kamen auf der XVI. Versammlung des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege zu Braunschweig, 1890, zur Verhandlung. Die beiden Herren, welche über ihre Versuche eingehend referirten, waren durch dieselben zu dem Resultat gekommen, dass Sandfilter nicht im Stande sind, ein keimfreies, hygienisch nicht zu beanstandendes Trinkwasser zu liefern, dass vielmehr auch beim regelmässigen Betrieb, nicht nur während der „gefährlichen Periode“ der ersten Betriebstage mit einem frischen Filter, Keime aus dem Rohwasser in das Filtrat gelangen können; andererseits hatten die Versuche auch ergeben, dass unter sorgfältiger Leitung rationell betriebene Sandfilter ganz Bedeutendes in der Zurückhaltung von Bacterien und der Reinigung von Oberflächenwasser leisten. Es wurden als erforderlich hingestellt die Verwendung von gutem, möglichst wenig verunreinigtem Rohwasser, geringe Filtrationsgeschwindigkeit, gleichmässige Thätigkeit der Filter, Verzicht auf die im Anfange einer jeden Filterperiode gelieferten Wassermengen.

Die PIEFKE-FRÄNKELSchen Versuche sind auf der genannten Versammlung und später von hervorragenden Wasserfachtechnikern stark angegriffen worden, und zwar wurden sowohl die Art und Weise, wie dieselben angestellt worden waren, als nicht den praktischen Verhältnissen im Grossbetriebe entsprechend, wie die Folgerungen als unrichtig hingestellt. Mehrjährige Erfahrungen aus der grossen Praxis, z. B. bei den grossen Filteranlagen in Zürich und in Altona,

haben ergeben, dass Sandfilter auch bei Rohwasser von ausserordentlich hohem Bacteriengehalt ein Filtrat mit sehr geringer und wenig schwankender Keimzahl liefern; die im Filtrat noch vorhandenen wenigen Bacterien sind durchaus unvermeidlich, indem sie von den Rohrwandungen, den Bassinwänden etc. herkommen können, so dass wohl die Ansicht begründet ist, dass in der Praxis die Sandfilter als völlig ausreichendes Mittel zur Reinigung von Oberflächenwasser angesehen werden können. Eine glänzende Probe haben ja bei der vorjährigen grossen Choleraepidemie in Hamburg die Sandfilter der Altonaer Wasserwerke geliefert, indem innerhalb des Versorgungsgebietes der Altonaer Wasserleitung die Cholera nicht epidemisch aufgetreten ist, obwohl Hamburg und Altona für ihre Wasserversorgung bekanntlich dasselbe Elbwasser verwenden, nur Hamburg unfiltrirt, Altona durch sorgfältige Sandfiltration gereinigt.

Wenn es nicht möglich ist, hinreichende Mengen guten Quell- oder Grundwassers für eine Stadt zu erlangen, so wäre es durchaus falsch, ein Wasserwerk mit zu geringer Leistungsfähigkeit anzulegen und den Wasserconsum zu beschränken; eine reichliche Versorgung mit gut gereinigtem Flusswasser ist jedenfalls einer quantitativ ungenügenden Versorgung mit besser schmeckendem und frischerem Quellwasser vorzuziehen, auch in hygienischer Beziehung.

Anlässlich der vorjährigen Choleraepidemie in Hamburg sind im Kaiserlichen Gesundheitsamte Berathungen gepflogen worden, um bei Verwendung von filtrirtem Flusswasser für die Versorgung von Städten die Infectionsgefahr möglichst auszuschliessen. Das Ergebniss dieser Berathung ist in einer Anzahl von Sätzen zusammengefasst worden; deren Hauptinhalt folgender ist: Es ist dafür Sorge zu tragen, dass das zur Entnahme dienende Gewässer so viel als möglich vor Unreinigkeiten geschützt wird; da Sandfilter ein vollkommen keimfreies Filtrat nicht liefern, so darf der Anspruch an die Filter nicht über ein bestimmtes Maass hinausgehen, und soll die Filtrationsgeschwindigkeit 100 mm in der Stunde nicht überschreiten. Wo bisher diese zulässige Filtergeschwindigkeit überschritten wird, soll alsbald durch geeignete Maass-

regeln Abhülfe geschaffen werden. Das erste von einem frisch in Betrieb genommenen Filter gelieferte Wasser darf nicht verwendet werden. Die Wirksamkeit der Filter, und zwar jedes einzelnen, soll täglich durch bacteriologische Untersuchung überwacht werden; erscheinen im Filtrat grössere Mengen von Mikroorganismen, so ist das Wasser vom Verbrauch auszuschliessen und Abhülfe zu schaffen.

Den Anforderungen, welche nach diesen Sätzen an den Filterbetrieb städtischer Wasserwerke gestellt werden, vermögen wohl die meisten grösseren und neueren Filteranlagen zu entsprechen; manche ältere und besonders kleinere Anlagen werden dieselben aber wohl nicht erfüllen können; hier entsteht also wieder der Widerstreit zwischen dem vom hygienischen Standpunkt Wünschenswerthen und dem unter gegebenen Umständen Möglichen. Wenn obige Sätze nur in dem Sinne angewendet werden, dass die Medicinalbehörden sie als Anhaltspunkte benutzen, nach welchen sie ihre Thätigkeit in Zeiten von Epidemien einrichten, so ist nichts gegen dieselben einzuwenden; wenn dieselben aber als Unterlagen für die Polizeibehörden dienen sollen für den Erlass von Verordnungen über Beschaffenheit und Grösse von Filteranlagen, dann können dieselben Veranlassung zu sehr vielen nutzlosen Plackereien und Streitigkeiten geben. Es würde jedenfalls nicht berechtigt sein, ohne sorgfältige Prüfung jedes Einzelfalles — eine Aufgabe, welche nicht einfach und auch nicht in einigen Tagen abgemacht ist — die Verwaltung solcher Filteranlagen, welche den Sätzen nicht entsprechen, zwingen zu wollen, alsbald sich den neuen Normen anzupassen. Die ausserordentlichen Verschiedenheiten, welche Wasserbeschaffenheit, Jahreszeit, die übrigen Betriebsanlagen, wie Klärbassins, bieten, haben den grössten Einfluss auf die zulässige Filtergeschwindigkeit; während das eine Wasser bei 150 mm Filtrationsgeschwindigkeit ein durchaus gutes Filtrat ergibt, kann bei einem andern, besonders stark verunreinigten, selbst 100 mm Filtrationsgeschwindigkeit noch zu hoch sein; selbst bei demselben Werke können in ganz kurzer Zeit die Verhältnisse, besonders die Beschaffenheit des Rohwassers, sich so ändern, dass eine andere Betriebs-

weise nothwendig wird. Hier kann weder der Verwaltungsbeamte an Hand von Verordnungen, noch der Bacteriologe allein entscheidende Anordnungen treffen; vielmehr muss es dem einsichtigen und erfahrenen Techniker hauptsächlich überlassen bleiben, den Betrieb nach den gegebenen Verhältnissen einzurichten.

Von grösseren Filteranlagen arbeiten beispielsweise die Altonaer Werke mit maximal 65 mm Filtrationsgeschwindigkeit; die grosse Hamburger Filtrationsanlage ist auf 60 mm und die neue Berliner Anlage am Müggelsee auf 100 mm stündliche Filtrationsgeschwindigkeit berechnet; die grosse Mehrzahl der deutschen städtischen Sandfilteranlagen arbeitet mit durchschnittlich 50 bis 60 mm Filtrationsgeschwindigkeit.

ANDERSONS Reinigungsverfahren (Revolving purifier). Die üblichen Sandfilter werden schon seit langer Zeit in derselben Weise wie jetzt verwendet; nur in der constructiven Gestaltung der Bassins, der Zu- und Abflüsse und besonders der Regulirapparate, welche eine dauernde gleichmässige Filtrirgeschwindigkeit bei mehreren gleichzeitig in Betrieb befindlichen Filtern bewirken, ist verändert und in mancher Weise verbessert worden. Neue Filtrationssysteme haben sich bis vor kurzem in Deutschland nicht für grössere Wassermengen, speciell städtische Wasserwerke einzuführen vermocht; die PIEFKESCHEN Schnellfilter, die BREYERSCHEN Cellulosefilter, die GERSONSCHEN Schwammfilter, die BERKEFELD-Filter und andere werden wohl für kleinere Wassermengen, besonders in Fabriketablissemments, sowie als Hausfilter angewendet, sie eignen sich aber nicht für grosse centrale Filteranlagen.

Vor einigen Jahren ist von einer englischen Gesellschaft (REVOLVING PURIFIER COMPANY L^d., London) ein von dem englischen Ingenieur ANDERSON erfundenes Verfahren, sehr verunreinigtes, besonders durch gewerbliche Abwässer gefärbtes und trübes Flusswasser im grossen Maassstabe zu reinigen, eingeführt worden. Das Princip des Reinigungsapparates besteht in der Erzeugung einer innigen Berührung zwischen metallischem Eisen und dem zu reinigenden Wasser

durch fortwährendes Niederfallen von fein vertheiltem Eisen durch das durchfliessende Wasser. Nach Versuchen einer in Gent nach diesem Verfahren ausgeführten Anlage soll von gewöhnlichem Flusswasser 1,44 mg Eisen per Liter gelöst werden. Das Wasser strömt von einer Seite in einen horizontalen Blechcylinder, welcher an seiner innern Wand eine Anzahl schaufelförmiger Blechansätze hat; in dem Cylinder befindet sich eine Menge 10 bis 13 mm grosser Körner von Schmiedeeisen oder Gusseisen. Der ganze Cylinder wird von aussen durch maschinelle Kraft in langsame Rötation versetzt; hierdurch fallen jedesmal die auf den einzelnen Schaufeln liegenden Eisenstücke, wenn die Schaufeln bei der Drehung nach oben kommen, herab; auf der dem Wasserzuzfluss entgegengesetzten Seite ist der Abfluss. Das Wasser soll beim langsamen Durchströmen dieses Apparates durch die innige Berührung mit den Eisenstückchen Eisen in Form von löslichem Oxydul aufnehmen; nach Verlassen des Apparates wird das Wasser „gelüftet“; bei gewöhnlichem Wasser soll hierzu das Fliessen in einem offenen Gerinne genügen, bei stark gefärbtem Wasser und besonders solchem mit viel organischer Substanz erfolgt die Lüftung durch cascadenartiges Herabfallen desselben oder durch Einblasen von Luft. Hierdurch wird das gelöste Eisenoxydul in unlösliches Oxydhydrat verwandelt, welches ausfällt; dasselbe soll eine weitgehende Vernichtung aller organischen Substanzen bewirken; dies liesse sich durch die bekannte Eigenthümlichkeit des Eisens erklären, besonders im *status nascendi* organische Substanzen kräftig zu oxydiren, wobei es selbst zu Oxydul reducirt wird, welches aber mit dem Sauerstoff der Luft gleich wieder in Oxyd sich verwandelt. Durch diese Wechselwirkung dient also das Eisen als Sauerstoffüberträger, indem der Sauerstoff der Luft direct nur sehr unvollkommen und langsam organische Substanz oxydirt. Mittelst Schnellfiltration durch gewöhnliche Sandfilter werden dann die im Wasser nur noch mechanisch suspendirten Verunreinigungen abfiltrirt. Um ökonomisch zu arbeiten, lässt man das Wasser vor der Filtration einige Stunden in Klärbassins verweilen, wodurch sich ein Theil der Verunreinigungen absetzt, so dass die

Filter nicht so schnell verstopft werden. Die dem Verfahren zugeschriebenen Vortheile sind: Einfache und schnelle Reinigung; grosse Schnelligkeit der Sandfiltration, welche nach der Vorbehandlung zulässig ist, wodurch die Anlage- und die Betriebskosten gegen gewöhnliche Sandfilter erheblich geringer werden.

In Deutschland ist eine grössere Anlage dieser Art, soviel bekannt, bis jetzt nicht ausgeführt; in Belgien und Holland sind aber mehrere grössere Reinigungsanlagen nach dem Verfahren errichtet worden.

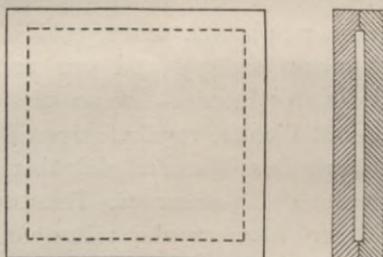
In Antwerpen wird das sehr schmutzige Nethewasser durch Behandlung nach dem ANDERSONSchen Verfahren vollkommen klar, und es soll einen reinen, angenehmen Geschmack erhalten. Nach vielen Untersuchungen, zum Theil von namhaften belgischen Universitätsprofessoren, wird der Gehalt an organischer Substanz um 45% bis 90%, der Bacteriengehalt von 50000 auf 75 und von 100000 auf 5 im ccm reducirt, was in der Praxis — wenn dies wirklich Ergebnisse aus dem gewöhnlichen, regelmässigen Betriebe sind — fast einer Sterilisirung des Wassers gleichkäme.

Versuche, welche Ingenieur C. PIEFKE vor mehreren Jahren beim Berliner Wasserwerke mit dem Verfahren anstellte, hatten jedoch anfangs ein schlechtes Resultat. Erst nachdem die Einrichtung so getroffen wurde, dass dem Wasser schon in dem rotirenden Apparate, also bei der Berührung mit den Eisenstückchen, durch Einblasen von Luft genügend Sauerstoff zugeführt wurde, ergab sich eine bessere Wirkung. Das Rohwasser wurde bei 5 bis 15 Minuten langem Contact mit dem Eisen, 1 bis 2 Stunden Sedimentiren und nachheriger Filtration mit 500 mm stündlicher Filtrationsgeschwindigkeit vollkommen klar; die organische Substanz war auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der anfänglichen Menge reducirt.

Neues Filter für Grossbetrieb (System FISCHER-PETERS.) Im vorigen Jahre ist ein neues Filtersystem erfunden worden, welches vor den bisherigen Sandfiltern wichtige Vorzüge zu besitzen scheint und welches bereits in einer grösseren Anlage seine Probe besteht: das Steinplatten-

filter-System FISCHER-PETERS. Die Erfinder haben als Filtermaterial den bewährten Sand beibehalten und zwar denselben in feste Form gebracht. Sie brennen reinen gewaschenen Flusssand von bestimmter Korngrösse in besonders construirten Oefen in hoher Hitze mit Natron-Kalksilicat als Bindemittel zu 1 qm grossen festen Platten. Diese bleiben nach dem Brennen sehr porös und wasserdurchlässig und vermöge ihres Materials gegen irgend welche äusseren Einflüsse ebenso indifferent wie Sand. Diese Platten werden zu zweien so an einer ringsherum vorspringenden Leiste dicht zusammen verkittet, dass in der Mitte ein schlitzförmiger Hohlraum verbleibt (s. Abb. 6).

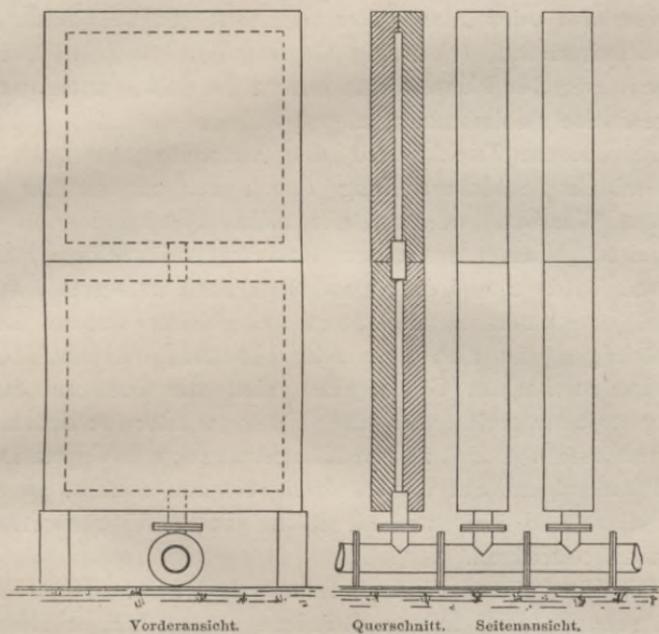
Abb. 6.



Diese einzelnen Steinplatten oder Filterelemente können nun entweder zu mehreren auf einander oder zu beliebig vielen neben einander durch Röhren oder kurze Verbindungsstücke so mit einander verbunden werden, dass die inneren Hohlräume mit einem gemeinschaftlichen Sammelrohr communiciren (s. Abb. 7). Stellt man diese Filterelemente in Wasser, so dringt dasselbe von beiden Seiten durch die porösen Wandungen in das Innere und kann durch das Sammelrohr abgeleitet werden. Beim Durchdringen durch den Stein, und zwar hauptsächlich an der äusseren Fläche, filtriren sich die Verunreinigungen des Wassers ähnlich wie bei gewöhnlichen Sandfiltern ab. Dies geschieht ohne erhöhten Druck; der „Filterdruck“ ist derselbe wie bei Sandfiltern, d. h. zuerst bei frischen Steinen geht das Wasser

ohne grossen Widerstand durch dieselben hindurch; in dem Maasse, wie sich durch den abgesetzten Schmutz die Poren verstopfen, steigt, wie auch bei Sandfiltern, der Filterdruck, bis bei etwa 1 m Differenz zwischen dem äusseren Rohwasser- und dem inneren Reinwasserspiegel, also 1 m Filterdruck, der Betrieb unterbrochen wird.

Abb. 7.



Steinplattenfilter, System FISCHER-PETERS.

Die hervorragenden Vortheile dieser Steinfilter gegenüber den Sandfiltern sind folgende. Man kann, indem man die Elemente senkrecht zu zweien auf einander und zu beliebig vielen in Reihen oder Gruppen neben einander in einem Bassin aufstellt, auf einem bestimmten Raume eine ganz bedeutend grössere Filterfläche, und zwar die 6- bis 8fache, unterbringen als bei horizontalem Sandfilter. Durch die geringere Platzbeanspruchung und die bedeutend kleineren Filterbassins stellen sich die Kosten einer Anlage mit den

festen Filterelementen erheblich niedriger als bei einer gewöhnlichen Sandfilteranlage von gleich grosser Filterfläche. Der zweite Hauptvorteil ist die leichte Reinigung der SteinfILTER; die im Wasser enthaltenen Verunreinigungen setzen sich zum allergrössten Theil an den äusseren Flächen, nur zum sehr geringen Theile weiter innerhalb der Steine ab; wenn nun nach einer gewissen Dauer des Filterns, nach einer „Filterperiode“, wie auch bei Sandfiltern, die Oberfläche sich verstopft oder „das Filter sich todt gearbeitet hat“, so kann durch einfaches kräftiges Gegenspülen, d. h. Rückwärtsströmenlassen des Wassers vom Innern der Steine nach aussen, die gebildete Schlammhaut abgespült werden.

Zu diesem Zweck wird die Anordnung so getroffen, dass mittelst Schieberstellung durch das Sammelrohr des filtrirten Wassers, welches mit allen Filterelementen verbunden ist, Wasser aus einem Reservoir oder einem Standrohr mit 1 bis 2 m Ueberdruck über dem äusseren Wasserspiegel von unten in die Steine eingeleitet werden kann. Die Reinigung ist also eine sehr einfache, und nach etwa 15 Minuten langem Gegenspülen sind die äusseren Steinflächen wieder rein und die Filter wieder betriebsfähig. Wenn sich mit der Zeit festere Ablagerungen, wie Vegetationen von Wasseralgen, auf den Steinen absetzen sollten, so sind auch diese von Zeit zu Zeit leicht durch Abscheuern mit Besen zu beseitigen.

Die Vortheile des neuen Filters sind also: Billigere Anlage, schnelle und leichte Reinigung, also billiger Betrieb. (Die Reinigungskosten bilden den Hauptantheil der Betriebskosten bei Sandfiltern.)

Ein Nachtheil der Plattenfilter gegen die Sandfilter liegt vielleicht in der geringen Dicke der Filterschicht. Wie schon gesagt, liegt zwar auch bei Sandfiltern die Hauptfilterwirksamkeit an der Oberfläche, aber es findet bei einer dicken Sandschicht auch innerhalb des Filters noch eine weitere Verbesserung des Wassers statt durch theilweise Vernichtung der gelösten organischen Verunreinigungen, und zwar in je höherem Maasse, je mächtiger die Sandschicht ist; eine derartige Wirkung kann natürlich bei den dünnen

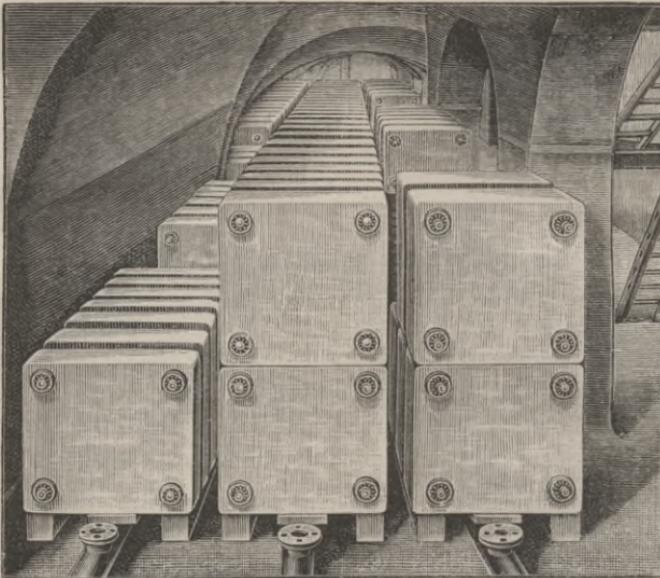
Plattenfiltern nur in geringem Maasse stattfinden; hier beschränkt sich vielmehr die Wirksamkeit auf die Oberfläche. Dieser Nachtheil lässt sich natürlich nicht einfach allgemein zahlenmässig feststellen; in manchen Fällen, wo man gezwungen ist, sehr mangelhaftes Rohwasser zu verwenden, wird man vielleicht auf die Anwendung möglichst starker filtrirender Sandschichten nicht verzichten wollen, um die denkbar beste Reinigung zu erzielen; unter gewöhnlichen Verhältnissen, bei nicht zu sehr verunreinigtem Rohwasser, dürfte aber die Wirkung der neuen Filter als eine vollkommen genügende erachtet werden können. Dieselbe ist, wie eine Anzahl von sorgfältigen Untersuchungen ergeben hat, eine besonders in bacteriologischer Hinsicht sehr weitgehende und vollkommene.

Eine Filteranlage nach dem neuen System ist bereits seit September vorigen Jahres beim städtischen Wasserwerk zu Worms für Rheinwasser in Betrieb und hat sich gut bewährt. Nach einer grossen Anzahl von Untersuchungen an der dortigen neuen Filteranlage und an einem Sandfilter mit demselben Rohwasser hat Professor Dr. BESSEL-Hagen in einem Bericht sich dahin geäussert, dass die Wasserfiltration mit dem SteinfILTER im durchschnittlichen Betrieb eine mindestens ebenso gute ist wie mit dem Sandfilter, und eine weitaus bessere als bei hoher Inanspruchnahme des letzteren.

Die Wormser Anlage enthält vorläufig 978 Filtersteine, welche also eine Filterfläche von 1956 qm repräsentiren; dieselben sind in ein altes Filterbassin eingebaut worden; das Wasserwerk besass früher gewöhnliche Sandfilter von 1360 qm Fläche; diese erwies sich mit der Zeit zu klein, und es wurde im vergangenen Jahre auf den Vorschlag des Leiters des Wormser Wasserwerkes und Miterfinders der SteinfILTERplatten, Director FISCHER, von einem überwölbten Filterbassin eine Fläche von 272 qm durch eine Betonwand abgetrennt. In diesem kleinen Bassin ist die neue Anlage mit beinahe 2000 qm Filterfläche ausgeführt worden. Aus der gesammten alten Filterfläche von 1360 qm liessen sich bequem 10000 qm, also nahezu das Achtfache, nach dem neuen System schaffen.

Nachstehende Abbildung 8 zeigt eine Ansicht eines Theiles dieser Filteranlage, in der Fertigstellung begriffen. Das Bassin steht bis etwas über die Oberkante der Filterplatten voll Rohwasser; durch einen Regulirmechanismus kann der Ablauf des filtrirten Wassers, also der Wasserspiegel im Innern der Filtersteine, auf bestimmte Höhe eingestellt

Abb. 8.



Ansicht eines Theils der Wormser Filteranlage.

werden; hierdurch bestimmt sich der Filterdruck (Differenz zwischen äusserem und innerem Wasserspiegel der Filter) und davon ist die filtrirte Wassermenge, also die Filtrirgeschwindigkeit abhängig; letztere wird wie bei Sandfiltern maximal zu 100 bis 125 mm stündlich gehalten; dies entspricht einer täglichen Wasserlieferung von 2,4 bis 3 cbm pro 1 qm Filterfläche oder 4,8 bis 6 cbm pro Filterelement. Durch erhöhten Filterdruck kann die Leistung eines Elementes auf 16 bis 18 cbm täglich gesteigert werden.

Der ganze Betrieb und besonders die Reinigung gestalten sich sehr einfach und zufriedenstellend und vor allem recht billig. Es ist also wohl anzunehmen, dass dieses neue Filtersystem FISCHER-PETERS sich für städtische Wasserversorgungen weiteren Eingang verschaffen wird.

Verwendung eisenhaltigen Grundwassers. Eine in Nord- und Nordwestdeutschland bis nach Mitteldeutschland hin sehr verbreitete Eigenthümlichkeit des Grundwassers ist der Eisengehalt desselben. Das Eisen rührt von den in ganz Norddeutschland massenhaft abgelagerten Trümmern krystallinischer Mineralien von nordischen Geschieben her, welche als Grundmoräne von dem zur Eiszeit von Skandinavien aus über Nordeuropa vorgedrungenen Inlandeis transportirt und beim späteren Abschmelzen und Verschwinden dieser Vergletscherung mit Thonen und Sanden abgelagert worden sind und das norddeutsche Diluvium bilden. Viele dieser nordischen krystallinischen Felstrümmer bestehen aus eisenoxydulhaltigen Mineralien; aus diesen kann kohlen säurehaltiges, besonders aber humussäurehaltiges Wasser Eisenoxydul in Lösung bringen. Man findet deshalb stark eisenhaltiges Wasser besonders dort, wo auf ausgedehnten Mooren oder in trocken gelegten Binnenseebecken durch faulende oder absterbende Pflanzenvegetationen Gelegenheit zur Bildung von Humussäuren gegeben ist. Aber auch aus dem anstehenden Gebirge, z. B. aus Hypersthenfelsen, kann kohlen säurehaltiges Wasser Eisenoxydul lösen, wie es an manchen Stellen in Mitteldeutschland, welche ausserhalb des diluvialen Vereisungsgebietes liegen, der Fall ist. Der Eisengehalt des Grundwassers, welcher stellenweise bis über 5 Milligramm Eisenoxydul im Liter beträgt, hat für die Verwendung des Wassers bedeutende Unzuträglichkeiten, ja hat in manchen Fällen die Verwendung solchen Grundwassers zur Wasserversorgung unmöglich gemacht.

In hygienischer Hinsicht ist der Eisengehalt durchaus unbedenklich; auch der eigenthümliche schwach tintenartige Beigeschmack solchen Wassers liesse sich ertragen; der Hauptübelstand liegt darin, dass die gelösten Eisenoxydul-

salze alsbald, nachdem das Wasser mit der Luft in Berührung gekommen, sich als unlösliches Eisenoxydhydrat ausscheiden; je nach der Menge des gelösten Eisens bildet sich eine feine milchige bis starke schmutzig graugelbe Trübung, welche sich nach einiger Zeit als voluminöser flockiger gelber bis brauner Bodensatz abscheidet. Hierdurch entstehen in Rohrleitungen und Reservoirien dicke Eisenschlammablagerungen, welche zeitweilig von dem durchfließenden Leitungswasser aufgewühlt werden, wodurch dieses ein höchst unappetitliches Aussehen erhält und in Gefäßen, in der Wäsche etc. gelbe oder rothe bis braune Absonderungen bezw. Flecke bildet. Eine direct mit dem Eisengehalt zusammenhängende und durch diesen bedingte zweite Calamität bildet die *Crenothrix polyspora* oder der Brunnenfaden; dieser Fadenpilz, welcher vereinzelt in vielen Gewässern vorkommt, findet in eisenhaltigem Wasser günstige Entwicklungsbedingungen und bildet in demselben in Rohrleitungen und Reservoirien üppig wuchernde Vegetationen. Durch Absterben und immer neue Entwicklung derselben werden die Ablagerungen noch stärker und mit fauligen organischen Substanzen durchsetzt. Bis vor einigen Jahren hielt man die *Crenothrix* für das Hauptübel und glaubte die Eisenausscheidung und Schlammabsonderung durch die Lebensthätigkeit dieser Alge bedingt; seit einigen Jahren hat sich aber als unzweifelhaft herausgestellt, dass das Eisen die Ursache des Uebels, die *Crenothrix* eine lästige, aber sekundäre Nebenerscheinung ist; wenn eisenhaltiges Wasser von seinem Eisengehalt befreit wird, so findet keine weitere Entwicklung derselben statt.

Mit der Eisencalamität des Wassers haben mehrere Städte lange Zeit gekämpft, und zwar bekämpfte man, von obiger falschen Voraussetzung ausgehend, in erster Linie die *Crenothrix*. Beim Berliner Wasserwerk am Tegeler See z. B., welches ursprünglich auf die Versorgung mit Grundwasser angelegt ist und auch sechs Jahre Grundwasser zur Stadt gepumpt hat, ist man durch diese in dem eisenhaltigen Wasser sich schnell vermehrende Alge dazu bewogen worden, die Grundwasserversorgung ganz aufzugeben und filtrirtes

Seewasser nach Berlin zu pumpen, nachdem eine Anzahl von Versuchen, welche in erster Linie bezweckten, die Keime und Sporen der *Crenothrix* durch Filtration zurückzuhalten, ein praktisch brauchbares Verfahren nicht ergeben hatte. Weitere bei den Berliner Wasserwerken bis zum Jahre 1885 angestellte Versuche zur Reinigung des eisenhaltigen Grundwassers hatten ebenfalls nicht den gewünschten Erfolg.

In den letzten Jahren ist aber durch erneute, von verschiedenen Seiten ausgeführte Versuche ein Verfahren gefunden worden, nach welchem auf einfache und sichere Weise auf rein mechanischem Wege, also ohne Verwendung irgend welcher Zusätze, eisenhaltiges Grundwasser in grossem Maassstabe von seinem Eisengehalt befreit werden kann.

Das Princip dieses Verfahrens liegt darin, das in Form von Oxydulsalzen im Wasser gelöste Eisen durch Oxydation schnell und möglichst vollkommen in unlösliche Oxydverbindungen überzuführen und diese, welche, wenn auch fein vertheilt, nur noch mechanisch im Wasser suspendirt sind, durch Filtration zu entfernen. Die ersten erfolgreichen Versuche, welche in weiteren Kreisen bekannt geworden sind, wurden von Dr. PROSKAUER und Ingenieur OESTEN in Berlin ausgeführt. Dieselben liessen das eisenhaltige Brunnenwasser durch ein Sieb in feinen Strahlen regenartig 1,5 bis 2 m hoch durch die Luft fallen; hierbei nahm dasselbe aus der Luft genügend Sauerstoff auf, um das Eisenoxydul zu oxydiren. Unter dieser Rieselungs- oder Lüftungseinrichtung befand sich ein Kiesfilter, welches das „gelüftete“ Wasser mit ziemlich hoher Filtrationsgeschwindigkeit passirte. Versuche, welche mit diesem Verfahren in grösserem Maassstabe unter Mitwirkung des Verfassers bei den Kieler Wasserwerken ausgeführt worden sind, haben ergeben, dass hierdurch stark eisenhaltiges Wasser — von 2 bis 3 mg Eisenoxydul im Liter — bis auf geringe Reste von seinem Eisen befreit wird. Das filtrirte Wasser ist vollkommen klar, von reinem Geschmack und trübt bei tagelangem Stehen nicht nach. Das Verfahren hatte jedoch den Nachtheil, dass das Kiesfilter sich verhältnissmässig schnell bis zu erheblicher Tiefe vollständig mit dem ausgeschiedenen und zurückgehaltenen

flockigen und schlammigen Eisenoxydhydrat verstopfte und betriebsunfähig wurde. Dies hierdurch bedingte häufige Herausnehmen und Reinigen grosser Mengen des Filterkieses aus dem Filterbassin musste das Verfahren für den Grossbetrieb erschweren und sehr vertheuern.

Durch weitere im Auftrage des Directors der Kieler Wasserwerke, R. PIPPIG, vom Verfasser ausgeführte Versuche wurde festgestellt, dass dieser Uebelstand erheblich vermindert wurde, wenn man das „gelüftete“, also das herabrieselnde Wasser nicht direct in das Filterbassin gelangen, sondern erst eine Vorkammer, ein „Absetzbassin“ passiren liess; in diesem setzte sich bei zweckmässiger Anordnung schon ein erheblicher Theil des ausgeschiedenen Eisens ab; weiterhin wurde statt des Filterkieses scharfer Sand als Filtermaterial verwendet, hierbei setzte sich das in dem Wasser noch enthaltene Eisen nur auf der Oberfläche der Sandschicht ab, ohne tiefer in das Filter einzudringen; das Filter arbeitete sich hierbei allerdings schneller „todt“, d. h. die Sandoberfläche verstopfte sich schneller als Kies, aber man braucht jedesmal nur eine dünne Schicht von der verschlammten Sandoberfläche abzunehmen, um das Filter wieder betriebsfähig zu machen. Hierdurch sind die Kosten der Reinigung bedeutend verringert worden. Noch eine weitere Modificirung des Enteisungsverfahrens ist von Ingenieur PIEFKE in Berlin eingeführt worden; derselbe bewirkt die „Lüftung“ des Rohwassers durch Rieseln über ca. 2 m hohe Koksschichten; hierbei scheidet sich das Eisenoxydul ausserordentlich schnell aus, und zwar nicht in sehr fein vertheilter Form wie bei dem Lüften durch blosses regenartiges Herabfallen, sondern in rothen Pünktchen und voluminösen Flocken; der grösste Theil desselben bleibt schon in dem „Koksrieseler“ zurück, indem er auf der rauhen Oberfläche der Koksstücke haftet; das unten aus der Koksschicht herausrieselnde Wasser enthält nur noch geringe Mengen Eisen, welche durch Filtration leicht zu entfernen sind. Dieses Verfahren hat den entschiedenen Vortheil, dass die eigentlichen Filter lange betriebsfähig bleiben, indem nur noch die in dem Kokslüfter nicht zurück-

gehaltenen Reste des Eisens abfiltrirt werden; hierdurch kann man bedeutende Wassermengen auf 1 qm Filterfläche filtriren, ehe die Oberfläche verstopft ist; die Kosten der Auswechslung und Reinigung des Filtermaterials, welche den Hauptantheil der gesammten Betriebskosten der Wasserreinigung bilden, werden hierdurch geringer. Die Kokrieseler bleiben sehr lange betriebsfähig und können, wenn sich einmal grössere Eisenschlammablagerungen auf und zwischen den Koksstücken gebildet haben, durch verstärkte Wasserzuleitung leicht ausgespült werden.

Das Verfahren ist bereits für Wasserversorgung in der Praxis mit bestem Erfolge angewendet worden. Abgesehen von mehreren kleineren Einzelanlagen, hat die Stadt Charlottenburg, welche seit Jahren unter der Eisencalamität des vom Wasserwerk gepumpten Grundwassers gelitten hat, jetzt eine Enteisungsanlage, welche diesen schweren Uebelstand beseitigt.

Die vorbeschriebenen Verfahren erfüllen nun zwar qualitativ in vollkommener Weise ihren Zweck; es sind aber mit denselben bei einer Anlage für grosse Wassermengen, wie bei städtischen Wasserversorgungen, erhebliche Betriebskosten durch die in regelmässigen Perioden nothwendige Reinigung des Filtersandes verbunden, wenn dieselben auch durch die PIEFKESchen Kokslüfter und event. noch Absetzbassins verringert sind. Ein Betrieb mit ganz geringen Betriebskosten wird aber erreicht, wenn man bei dem Enteisungsverfahren statt Kies- oder Sandfilter die oben beschriebenen neuen Wormser Plattenfilter anwendet. Durch sorgfältige und ausgedehnte Versuche in grösserem Maassstabe, welche Verfasser im Anschluss an die schon oben erwähnten Versuche beim Kieler Wasserwerk im Auftrage der Direction desselben ausführte, ist nachgewiesen, dass diese Sandstein-Filterplatten sich sehr gut für dieses Enteisungsverfahren eignen. Bei den Versuchen, welche mit verschiedenen Grundwassern von 1 bis 3 mg Eisenoxydul im Liter angestellt wurden, enthielt das aus den Filterelementen abfliessende Wasser entweder gar kein oder nur eben nachweisbare, aber nicht quantitativ bestimmbare „Spuren“ Eisen; es blieb bei wochenlangem Stehen an der Luft vollkommen

klar und farblos. Hierbei war die quantitative Leistung der Filterelemente eine recht bedeutende; bei einer Leistung von 0,5 cbm stündlich oder 12 cbm in 24 Stunden pro Filterelement blieben die Steine 15 Tage, bei ununterbrochenem Tag- und Nachtbetriebe, betriebsfähig; die Reinigung durch Gegenspülung, wie weiter oben dargestellt, erfolgte leicht in sehr kurzer Zeit, so dass die Filter nach einer ganz kurzen Betriebsunterbrechung wieder in Benutzung genommen werden konnten. Die „Lüftung“ erfolgte mit dem PIEFKESchen „Kokslüfter“; die Wassermengen, welche bei ca. 2 m Höhe der Koksschicht pro qm Grundfläche desselben gerieselt werden können, sind sehr bedeutend, bis zu 5 cbm stündlich oder 120 cbm in 24 Stunden pro 1 qm Lüfter.

Bei der Enteisung von Grundwasser kommt es auf die bacteriologische Wirkung der Filter, welche bei Oberflächenwasser die Hauptrolle spielt, gar nicht an, da ja Grundwasser, wenn die Fassung in der richtigen Weise angelegt ist und betrieben wird, in hygienisch-bacteriologischer Hinsicht einwandfrei ist. Aus diesem Grunde ist auch die Verwendung von Koks in dem „Lüfter“ unbedenklich; wenn auch das Wasser bei der Rieselung durch den letzteren, wie bei den erwähnten Versuchen mehrfach festgestellt worden ist, sich mit einer sehr hohen Keimzahl beladet, indem die Bacterienkolonien auf den Koksstücken sich schnell entwickeln und vermehren, so kann es sich doch, wenn der Lüfter in geeigneter Weise, z. B. durch Ueberbauung, gegen das Hineingelangen schädlicher Keime von aussen geschützt ist, nur um Vermehrung der wenigen harmlosen Arten von sog. Wasserbakterien handeln. Es brauchen also an Grundwasserenteisungs-Filter nicht die Anforderungen gestellt zu werden wie an Sandfilter für Oberflächenwasser, welche, wie weiter oben dargelegt, eine möglichst geringe Filtrirgeschwindigkeit bedingen; es kann vielmehr mit ganz bedeutend höherer Filtrirgeschwindigkeit gearbeitet werden, mit 300, 500 bis 1000 mm und mehr pro Stunde gegenüber im allgemeinen höchstens 100 mm bei den Sandfiltern für Flusswasser; aus demselben Grunde können auch die mit Koks gefüllten Lüfter nicht mit den vielfach noch in Ge-

brauch befindlichen, aber verwerflichen Kohlefiltern verglichen werden.

Es unterliegt kaum einem Zweifel, dass bei der jetzt in den weitesten Kreisen vorherrschenden Neigung, wenn eben möglich, Quell- oder Grundwasser für Wasserversorgung zu verwenden, in nächster Zeit manche Stadt, welche bisher leicht und in ausreichender Menge gewinnbares Grundwasser wegen des Fehlers seines Eisengehaltes für ihre Versorgung ausgeschlossen hat, dieses nun heranziehen und durch das Enteisungsverfahren verwendbar machen wird. Die Erfindung und praktische Ausbildung dieses Verfahrens ist also ein wichtiger Fortschritt in der Wasserversorgungstechnik.

Getrennte Wasserleitungen für „Trinkwasser“ und „Brauchwasser“. Bei der für grosse Städte oft vorliegenden Unmöglichkeit oder Schwierigkeit, vollkommen reines Quell- oder Grundwasser in genügender Menge für die vollständige Versorgung der Stadt zu beschaffen, liegt der Gedanke nahe, zwei getrennte Wasserleitungen anzulegen, eine „Trinkwasserleitung“ mit Grund- oder Quellwasser nur für Genusszwecke, und eine „Brauchwasserleitung“ mit rohem oder filtrirtem Flusswasser für alle übrigen Verwendungsarten. Eine solche Anordnung ist aber, abgesehen von den bedeutenden Mehrkosten und den Unzuträglichkeiten, welche ein vollständig doppeltes Röhrensystem in Strassen und Häusern verursacht, auch in hygienischer Hinsicht im allgemeinen keineswegs empfehlenswerth. Man wird naturgemäss das „Brauchwasser“ nicht mit der Sorgfalt reinigen, als wenn es für alle Zwecke verwendet werden sollte; wenn das Gebrauchswasser krankheitserregende Mikroorganismen enthält und man wäscht den Körper, die Wäsche, die Küchengeräthe, den Fussboden mit diesem Wasser, so ist die Ansteckungsgefahr kaum geringer, als wenn man das Wasser trinkt. Wenn dieses gebrauchte Wasser fortgespült wird, dann ist demselben eine Unmenge von Stoffen beigefügt, welche erst recht den Nährboden für jene Mikroben abgeben, und diese werden nun um so lustiger in demselben wuchern können, werden mit demselben in den Erdboden eindringen, dort gelegentlich

auch in mangelhafte Brunnen gelangen, oder, massenhaft vermehrt, auf anderen Wegen aus dem Boden heraus und in die Menschen einwandern können, wenn nicht alles Gebrauchswasser durch eine vollkommene Kanalisation genügend weit fortgeführt und unschädlich gemacht wird. Solche Doppelwasserleitungen für Trinkwasser und Gebrauchswasser sind auch in Deutschland nicht in grösserem Maasse eingeführt.

Unter besonderen Umständen jedoch, wenn die Versorgung mit ausreichenden Mengen guten Trinkwassers nicht möglich ist, oder doch wegen der Kosten eine zu hohe Belastung der Bürger bedingen würde, kann eine derartige Trennung der Versorgung in zwei Theile angebracht sein. Dies kann z. B. der Fall sein, wenn in einiger Nähe gutes Quell- oder Grundwasser in genügender Menge nicht zu beschaffen ist, und auch das zur Verfügung stehende Flusswasser durch aussergewöhnlich starke Verunreinigung von so weit oberhalb der Stadt gelegenen Industrien, dass die Wasserentnahme oberhalb des Einflusses dieser Abwässer finanziell nicht möglich ist, von solcher Beschaffenheit ist, dass es auch durch sorgfältigste Filtration nicht genügend für Genusszwecke gereinigt werden kann. Ein Beispiel für letzteren Fall bietet ja die Wasserversorgung Magdeburgs, deren höchst missliche Lage Vielen aus den kürzlichen Verhandlungen des preussischen Abgeordnetenhauses bekannt sein wird. Das vom Magdeburger Wasserwerk bisher benutzte und durch Sandfiltration gereinigte Elbwasser ist seit längerer Zeit durch kolossale Mengen von salzigen Grubenwässern, welche die Mansfelder Gewerkschaft weit oberhalb der Stadt in die Elbe pumpt, derartig mit Kochsalzlösung verunreinigt, dass dasselbe auf keine Weise für Genusszwecke brauchbar gemacht werden kann. Für die Stadt Magdeburg würden ungeheure Geldopfer erforderlich sein, die Wasserentnahmestelle nach oberhalb des Einflusses der Verunreinigungen zu verlegen, während andererseits eine der Mansfelder Gewerkschaft aufzuerlegende Verpflichtung, ihre Abwässer durch einen Kanal bis unterhalb Magdeburgs zu leiten, vielleicht durch die ausserordentliche finanzielle Belastung eine grosse Industrie, welche Tausenden von Familien Brot giebt, lebensunfähig machen

würde. Unter solchen Umständen kann es richtig sein, von der im allgemeinen wünschenswerthen einheitlichen Wasserversorgung abzusehen und zwei getrennte Leitungen anzulegen. Zum Kanalspülen, für Springbrunnen, zum Gartenbewässern und Strassenspritzen ist es nicht nothwendig, durchaus reines Wasser zu verwenden, und der Verbrauch für diese Zwecke ist vielfach mehr als die Hälfte des gesammten Wasserconsums.

Andere Versorgungsarten. Ausser den besprochenen Versorgungen durch Quellwasser, Grundwasser, Oberflächenwasser und aus Sammelreservoirien ist noch zu erwähnen die Versorgung mittelst sogenannter „natürlicher Filtration“. Dieselbe beruht darauf, dass man in der Nähe von Flüssen Brunnen anlegt und Flusswasser durch die kiesige oder sandige Sohle des Flusses hindurch ansammelt und abpumpt. Hierdurch findet, wie schon weiter vorn dargestellt, beim Durchsickern des Wassers durch die Flusssohle und die Kies- oder Sandschichten zwischen dem Fluss und der Gewinnungsstelle eine mehr oder weniger vollständige natürliche Filtration statt, und je nach der Entfernung der Brunnen vom Flussufer, also der Mächtigkeit dieser filtrirenden Schicht und der Beschaffenheit derselben, nähert sich das gewonnene Wasser mehr dem richtigen Grundwasser oder dem Flusswasser. Solche Anlagen haben aber, wie die Erfahrungen gelehrt haben, leicht den Uebelstand, dass sie durch allmähliche Verstopfung der Flusssohle oder der filtrirenden Schicht auf die Dauer in ihrer Leistung sehr abnehmen. Schliesslich giebt es noch eine Wassergewinnungsart, welche bei besonderen geologischen Verhältnissen möglich ist, bei welcher das Wasser mittels bergmännisch getriebener vertikaler Schächte und horizontaler oder geneigter Stollen aus wasserführenden Gebirgsschichten erschlossen wird. Solches Wasser ist vollständig entsprechend dem Quellwasser, nur dass die Quelle nicht aus dem Gestein zu Tage tritt, sondern künstlich erschlossen ist.

Art der Wasserabgabe. Wassermesserfrage. Man unterscheidet hauptsächlich zwei Arten der Wasserabgabe: die continuirliche und die intermittirende; von diesen ist un-

bedingt überall die erstere vorzuziehen und anzustreben. Das Wasser soll zu jeder Tages- und Nachtzeit in unbeschränktem Maasse aus der Leitung mit Druck an allen Zapfstellen zur Verfügung stehen. Bei dem intermittirenden System, welches früher in England sehr gebräuchlich war und von dort auch vereinzelt auf den Continent herüber gekommen ist, wird nach einer bestimmten Stundeneintheilung bestimmt abgegrenzten Stadtbezirken nur während kurzer Perioden des Tages Wasser zugeführt. Jedes Haus muss also sein kleines, hochliegendes Wasserreservoir haben, welches zu dieser Zeit gefüllt wird und dessen Inhalt für den Gebrauch des ganzen Tages ausreicht. Die Nachteile dieses Systems liegen auf der Hand. Das Wasser wird durch so langes Stehen in einem Behälter unter allen Umständen in Bezug auf Geschmack und besonders in hygienischer Beziehung verschlechtert. Die wegen Raumersparniss meist an ziemlich unzugänglichen Orten aufgestellten Behälter werden die Brutstätten für Bacterien und andere niedere Organismen; im Winter hat man die Gefahr des Einfrierens, während im Sommer das Wasser durch seine Temperaturerhöhung ungeniessbar wird. Der wünschenswerthe Druck fehlt an den Zapfhähnen, und bei beginnenden Zimmerbränden, welche vielleicht noch ohne Schwierigkeit im Keime zu ersticken sind, wenn genügende Wassermengen aus einer Druckleitung zur Verfügung stehen, ist der verhältnissmässig geringe Reservoirinhalt oft nicht ausreichend zum Löschen. In Deutschland besteht dieses System in grösseren Städten wohl nur noch in Hamburg; auch in England sind die meisten Städte schon zur continuirlichen Wasserabgabe übergegangen. Bei dieser bietet der Modus, nach welchem die Wasserabnehmer zu den Kosten der Wasserleitung heranzuziehen sind, einige Schwierigkeit, und es ist wegen der verschiedenen Ansichten hierüber schon vielfach zu Streitigkeiten gekommen.

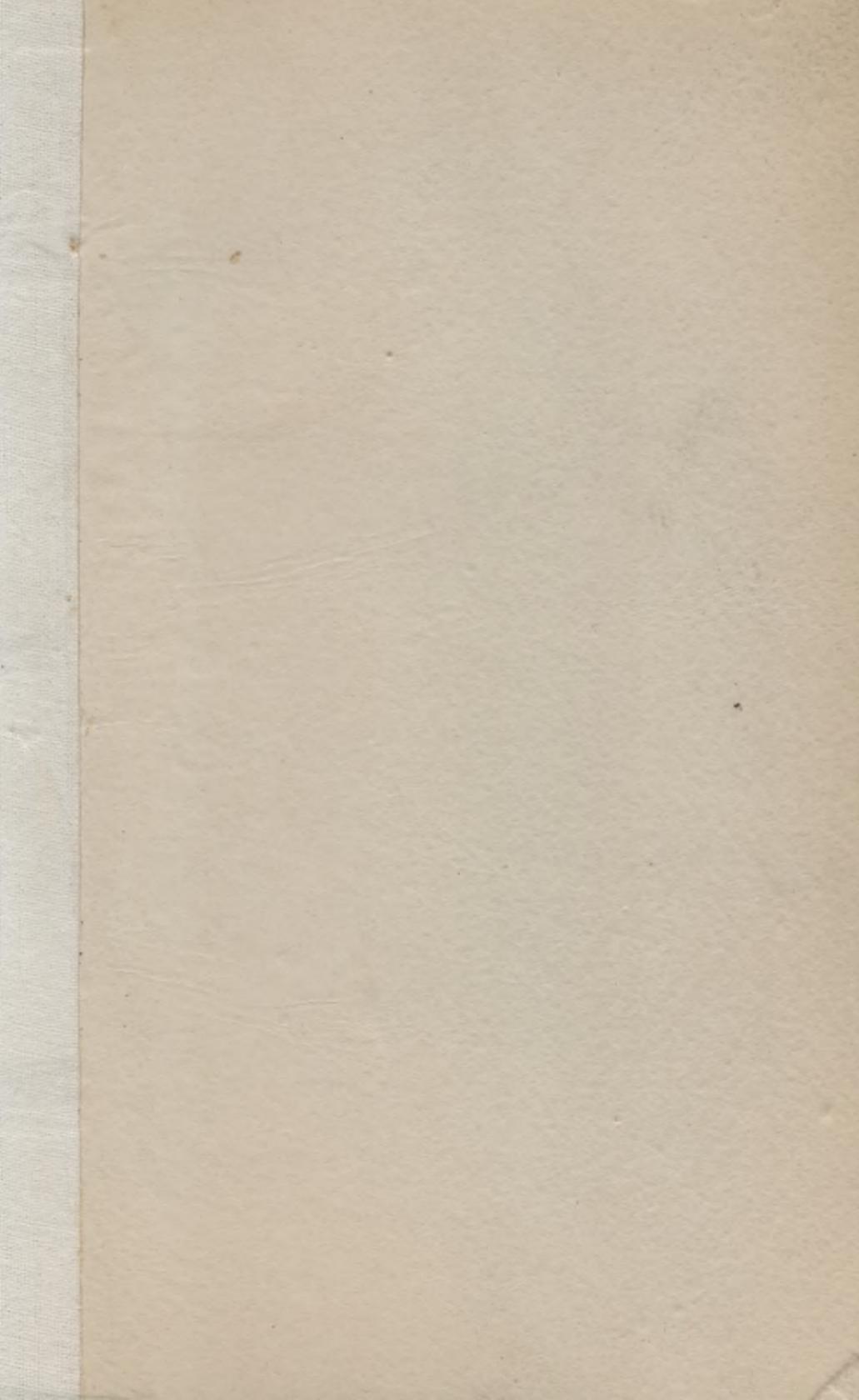
Vom hygienischen Standpunkt aus ist es wünschenswerth, dass überall recht viel Wasser gebraucht werde, dass nicht im Wasserverbrauch gespart werde, sondern eher Wasserverschwendung stattfinde. Hiernach dürfte keine Bezahlung nach der consumirten Wassermenge stattfinden, vielmehr müsste jedem Haus, jedem Einwohner, abgesehen von ge-

werblichen Betrieben, ein beliebig hoher Wasserverbrauch freistehen. Wo unter allen Umständen in der Leitung ausreichende Wassermengen zur Verfügung stehen, welche ohne maschinelle Kraft, also ohne oder mit geringen Betriebskosten beschafft werden, ist dies zweifellos auch in der Praxis durchführbar und richtig. Dies ist z. B. der Fall bei Wasserwerken, welche aus genügend hoch gelegenen Fassungsanlagen das Wasser mit natürlichem Druck zur Stadt führen. Wenn aber die zur Verfügung stehende Wassermenge knapp ist, oder das Wasser durch maschinelle Kraft gehoben und in die Leitung gedrückt wird, dann kann doch eine Beschränkung des Wasserverbrauches nothwendig werden. Im ersteren Falle könnten bei besonders starkem Consum die Reservoirs leer laufen und für einzelne Stadttheile oder die höheren Etagen der Häuser die Wasserzufuhr ganz unterbrochen werden; im letzteren Falle ist zu bedenken, dass bei unverhältnissmässig hohem Wasserverbrauch die Kosten des Pumpbetriebes zu gross werden können, wodurch eine zu hohe finanzielle Belastung des Wasserwerks entstehen würde. In diesem Falle ist — abgesehen von der Wasserverwendung für gewerbliche Zwecke — auch für den Privatverbrauch die Einführung von Wassermessern zweckmässig. Die Bürger und besonders die Hygieniker werden sich zwar manchmal sehr dagegen sträuben; wenn aber die Einrichtung so getroffen wird, dass jedem Hause eine gewisse, reichlich ausreichende Wassermenge für einen bestimmten, vom tatsächlichen Verbrauch unabhängigen Betrag gewährt wird, und nur der Mehrverbrauch nach dem Wassermesser berechnet wird, dann wird dem nützlichen, vernünftigen Wasserverbrauch kein Eintrag geschehen. Die bei unbeschränktem Wasserverbrauch durch achtloses Offenstehenlassen der Hähne, durch Lecke an den Hausleitungen u. s. w. entstehende Wasservergeudung, welche in manchen Städten ganz bedeutend ist, ist durchaus verwerflich. Es werden dadurch nur zweckloser Weise die Betriebskosten des Wasserwerkes und damit die nothwendigen Beiträge der Einwohner zum Stadtsäckel erhöht. Die Einführung von Wassermessern soll also erstreben, nur dieser übermässigen Wasservergeudung Einhalt zu thun.

Wirthschaftliche Rücksichten bei Errichtung eines Wasserwerkes. Auf die bei Anlage einer Wasserversorgung erforderlichen Vorarbeiten, die constructive Gestaltung der Fassungsanlage, der Leitungen und Reservoirs, die Anordnung der maschinellen Einrichtungen etc. einzugehen, würde über den Rahmen dieses Werkchens hinausgehen. Es sei nur kurz angedeutet, dass man die Mittel für Vorarbeiten nicht zu sehr beschränken sollte. Weil mit den für die Vorarbeiten aufgewendeten Geldern meist keine von dem oberflächlichen Beobachter wahrnehmbare Anlagen geschaffen werden, welche schon für die definitive Anlage des Werkes selbst verwendet werden können, hält der Laie leicht diese Summen für verloren. Meist aber ist es, wenigstens für grössere Anlagen, nur durch solche sorgfältige Vorarbeiten möglich, die zweckmässigste und wirthschaftlich günstigste Art der Gestaltung der ganzen Versorgung zu bestimmen. Die aufgewendeten Mittel machen sich also später bezahlt; und selbst wenn die Vorarbeiten kein, resp. ein negatives Resultat haben, sind dieselben nicht als vergeblich zu betrachten, indem durch dieselben vielleicht eine völlig verfehlete Anlage verhindert worden ist. Bei verschiedenen Möglichkeiten der Ausführung einer Wasserversorgungsanlage sind — abgesehen von der Bedeutung der Beschaffenheit des Wassers, welche nicht zahlenmässig ausgewerthet werden kann — nicht allein die ersten Anlagekosten zu berücksichtigen, sondern man hat für eine Reihe von Jahren im voraus die gesammten Betriebskosten plus Verzinsung und ausreichender Abschreibung des Anlagecapitals zu berechnen und hieraus das wirthschaftliche Minimum zu suchen. Es kann sich hiernach eine Versorgung von einer genügend hoch gelegenen Wassergewinnungsstelle aus mittelst einer theuren, mehrere Meilen langen Zuleitung wirthschaftlich günstiger stellen, als ein Werk mit Pumpstation in unmittelbarer Nähe der Stadt, wenn erstere keine maschinelle Fördereinrichtung braucht, auch wenn dieselbe in der Anlage erheblich theurer wird als letztere.



S. 61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31673

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298435