

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300030





Stain

TRINKWASSERREINIGUNG

DURCH

SCHNELLSANDFILTRATION.

VON DER

KGL. SÄCHS. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU DRESDEN

ZUR ERLANGUNG

DER WÜRDE EINES DOKTOR-INGENIEURS

GENEHMIGTE

DISSERTATION.

VORGELEGT VON

DIPL.-ING. **KARL LEMBERG**

AUS KASENDORF (BAYERN).

REFERENT: GEH. HOFRAT, PROFESSOR E. GENZMER.

KORREFERENT: GEH. RAT, PROFESSOR DR. MED. RENK.

MÜNCHEN.

BUCHDRUCKEREI VON R. OLDENBOURG.

1912.

23/2

g. 55
121.

L

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

1134123

Akc. Nr. 1977/49

Für die Erteilung von wertvollen Ratschlägen bei der Bearbeitung bin ich Herrn Geheimrat E. GENZMER zu besonderem Danke verpflichtet.

Dresden, im Juni 1912.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung	7
II. Emanzipierung vom Sand als Filtermaterial	8
Eisen als Material zur Wasserfiltration	9
a) Spencers Magnetic Carbide Filter.	10
b) Bischofs Eisenschwammfilter	10
c) Das Gerson-Filter.	13
d) Das Andersensche Purifier	15
III. Schnellfiltration	16
a) Allgemeines	16
b) Koagulation	18
c) Technische Einzelheiten der Schnellfilteranlagen	22
1. Zumessen der Chemikalien	23
2. Koagulation im Vorklärbehälter	26
3. Schnellfiltration	30
4. Reinigung	33
d) Gesamtanordnung	38
e) Einfluß der Temperatur	41
IV. Unter welchen besonderen Umständen wird man Schnellfilter mit Vorteil anwenden?	44
V. Vor- und Nachteile der Schnellfiltration	49
VI. Vorbedingungen für das Gelingen der Filtration	50
a) Beschaffenheit des Rohwassers	50
b) Vorversuche	52
c) Projektierung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und sachgemäße Betriebsleitung	53
Schlußwort	54

I. Einleitung.

Die Ansichten über die Wasserbezugsquellen zur Versorgung unserer Städte haben im Laufe der Zeit manche Wandlung erfahren. Man bevorzugte schon instinktiv, ohne weitere Prüfung seines Charakters das jungfräuliche Wasser, das als Quell direkt dem Boden entströmte, und war zunächst mißtrauisch gegen jedes andere, das vor seiner Verwendung erst einem Reinigungsprozeß unterworfen werden muß. Man schwärmte schon für den allgemeinen Begriff »Quellwasser«, ohne sich zunächst bewußt zu sein, daß daran noch keineswegs der Begriff der Reinheit und der Unschädlichkeit solchen Wassers genüpft ist. Mit der Vervollkommnung der Untersuchungsmethoden gab uns die Chemie die Möglichkeit der Erkenntnis, daß auch das Quellwasser fremde Bestandteile gelöst enthält, und die Analysen zeigten sehr oft, daß filtriertes Flußwasser chemisch reiner sei als das Quellwasser. Als Folgeerscheinung dieser Erkenntnis im Verein mit der Schwierigkeit der Beschaffung von Quellwasser für viele unserer größten Städte sehen wir, wie viele Verwaltungen sich zur Annahme der Oberflächenwasserversorgung entschließen, wobei natürlich wirtschaftliche Erwägungen zunächst ausschlaggebend gewesen sein mögen.

Die erste zentrale Sandfilteranlage führte James S i m p s o n im Jahre 1839 für die Chelsea-Wasserwerke, einer der London versorgenden Wasserwerksgesellschaften, aus, und sein Beispiel fand bald zahlreiche Nachahmungen. Man erkannte schon frühzeitig das außerordentliche Reinigungsvermögen, das dem Filtrationsprozeß innewohnt, ohne daß

man sich über das Wesen der Filtration und die hierbei sich abspielenden Vorgänge auch nur annähernd Rechenschaft ablegen konnte. Es ist natürlich, daß man die Wirkung der künstlichen Sandfilter in der ersten Zeit wesentlich nur in einer Klärung fand, und noch 1865 schrieb K i r k w o o d¹⁾:

»Die Filter sind ein Sieb von äußerster Feinheit, welches alle unreinen feinsten Stoffe zurückhält.«

Seit dieser Zeit hat die Erkenntnis des Filtrationsvorganges und damit die Filtrationstechnik große Fortschritte gemacht, gedrängt durch die Notwendigkeit der Wasserversorgung unserer Großstädte, die sehr häufig auf Oberflächenwasser angewiesen sind, und deren gesundheitlicher Zustand in so innigem Zusammenhang mit der Beschaffenheit des zur Verteilung kommenden Wassers steht. Wenn wir nun zurückblicken auf die lange Reihe von Jahren seit James S i m p s o n und halten uns die Erfolge der zentralen Sandfiltration vor Augen, so erkennen wir ihre gewaltige Bedeutung für die Volksgesundheit und die Notwendigkeit ihrer weiteren Förderung derart, daß es auch weniger bemittelten Gemeinwesen möglich wird, an den Wohltaten einer hygienisch einwandfreien Wasserversorgung teilzunehmen.

II. Emanzipierung von Sand als Filtermaterial.

Fast ebenso alt als die Sandfiltration selbst sind die Bestrebungen, den Sand durch ein anderes, besseres Filtermaterial zu ersetzen. Im Jahre 1844 bereits nahm Dr. B u r g²⁾ in Frankreich ein Patent auf die Herstellung künstlichen Filtermaterials und trat nach 26 jährigen Versuchen 1872

¹⁾ K i r k w o o d, James C., Report on the filtration of river waters for the supply of cities as practised in Europe. 1869.

²⁾ Journ. f. Gasbel. u. Wasserversg. 1872. S. 54.

mit Vorschlägen an die Öffentlichkeit, um Flußwasser sehr billig und in unbegrenzter Qualität filtrieren zu können. Er wollte seine Filtersteine, die in verschiedene Kammern geteilt waren, an einem im Fluß aufzustellenden Floß anbringen, wobei der Strom des vorbeifließenden Wassers die Reinigung des Filtermaterials besorgen sollte. Der Erfinder hoffte, sein Verfahren in großem Maßstabe für die Pariser Wasserversorgung anwenden zu können, ebenso für die Wasserversorgung von Marseille zur Reinigung des Wassers, welches die Durance dem Kanal von Mont Montricher zuführt. Ob sein System jemals praktisch ausgeführt wurde, konnte ich nicht ermitteln. Nach Dr. Burg erstanden eine Unmenge von Filterkonstruktionen, die, namentlich als Hausfilter, die verschiedenartigsten Filtermaterialien aufweisen, wie Flanell, Knochenkohle, Holzkohle, Filzplatten, Koks, sog. plastische poröse Kohle, Zellulose, Asbest, Papierstoff, Kieselerde, Ton und viele andere, aber der Wert der meisten Konstruktionen war sehr gering, und als Anfang der 80 er Jahre die Möglichkeit der bakteriologischen Untersuchung gegeben war, zeigte sich sogar bei einer sehr großen Anzahl, daß sie das Wasser eher verschlechtern als verbessern. Nur ganz wenige Filterkonstruktionen und Filtermaterialien konnten ihre Stellung behaupten. Eine große Rolle spielte lange Zeit das

Eisen als Material zur Wasserfiltration.

Die Tatsache, daß metallisches Eisen auf unreines Wasser eine vorteilhafte qualitätverbessernde Wirkung ausübt, war schon lange bekannt. Auf Schiffen, die durch die Verhältnisse oft gezwungen waren, Flußwasser einzunehmen, machte man die Beobachtung, daß die Qualität des Wassers sich verbesserte, wenn man es genügend lange in eisernen Behältern aufbewahrte. Der erste Vorschlag, Eisen zur Wasserreinigung anzuwenden, stammt nach Dr. Lewin von Medlock aus dem Jahre 1857¹⁾, war jedoch in der Praxis nicht ausführbar wegen der enormen Dimensionen, die eine solche Wasser-

¹⁾ Dingler, 161. S. 227.

reinigungsanlage annehmen müßte, um wirksam zu sein. Er schlug nämlich vor, in großen Wasserbehältern Eisendrahtbündel einzubauen, das Wasser 24 bis 48 Stunden mit dem Eisen in Berührung zu lassen und nachher zu filtrieren. *Medlock* glaubte, das Ammoniak und die organische Substanz sollten sich durch Oxydation in salpetrige oder Salpetersäure verwandeln, die sich dann mit dem Eisen verbinden würde. Eine praktische Anwendung dieses Prinzips ist nicht erfolgt und würde zweifelsohne zu einem Mißerfolg geführt haben, denn es würde sich in offenen Behältern Eisenoxydhydrat bilden, ohne daß der hierzu nötige Sauerstoff aus der in Wasser gelösten organischen Substanz genommen würde. Im Anfang der 70er Jahre konstruierte *Spencer* seinen

a) *Magnetic Carbide Filter*,

indem er ein inniges Gemenge von Roteisenstein mit einer bestimmten Menge von Kohlenstoff in Retorten 24 Stunden lang einer Dunkelrotglut aussetzte und auf diese Weise einen künstlichen Magneteisenstein herstellte, der ihm als Filtermaterial diente. Mehr von sich reden machte damals der gleichzeitig auf den Markt gebrachte

b) *Eisenschwammfilter von Professor Dr. G. Bischofin Glasgow*¹⁾.

Der Eisenschwamm — *Spongy Iron* — der als Filtermaterial diente, ist metallisches Eisen, welches aus Eisenoxyd reduziert worden ist, ohne geschmolzen zu sein, und welches sich daher in einem lockeren schwammartigen Zustande befindet. Da man in der damaligen Zeit die Hauptgefahr in der im Wasser gelösten organischen Substanz erblickte, so wurde als Hauptvorteil dieses Filters die energische zersetzende Wirkung des schwammförmigen Eisens gerade auf diese Verunreinigung gepriesen, und es wurde ferner auf die bedeutende hierbei mögliche Filtrationsgeschwindigkeit

¹⁾ *Dinglers Polyt. Journ.* 1871. S. 419 u. 1873. S. 40.

hingewiesen. Von einem Versuchsfilter, der auf den Wasserwerken der Southwork and Vauxhall Co. in Tätigkeit war, wurde behauptet, daß er, nachdem das 2000 fache des Volumens des Eisenschwammes durchfiltriert war, noch genau so gut funktionierte wie am Anfang. Ende der 70 er Jahre wurde in Amsterdam von den Ingenieuren E a s t e r n und A n d e r -

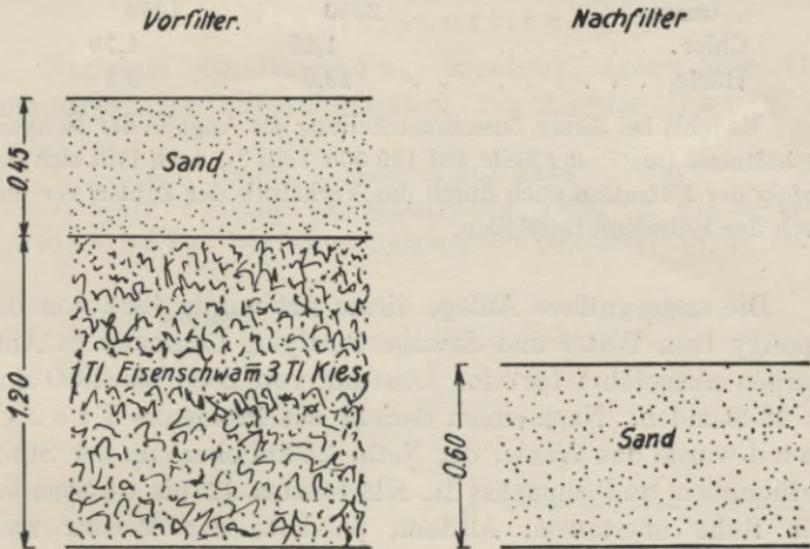


Fig. 1.

sen ein Eisenschwammversuchsfilter mit Nethewasser betrieben, um seine Brauchbarkeit zur Filtration im großen festzustellen¹⁾. Es wurden zwei Behälter verwendet von je 31,8 qm Fläche, und zwar diente der eine als Vor- und der andere als Nachfilter, wobei letzterer das im Vorfilter aufgelöste Eisen, welches sich als braune Flocken abscheidet, zurückhalten und das Wasser klären sollte. Der Filteraufbau ist aus Fig. 1 ersichtlich, und es wurde eine quantitative Leistung von 7,34 cbm pro qm in 24 Stunden erzielt. Die chemische Wirkung gibt nachstehende Zusammenstellung.

¹⁾ Engineering 1880. S. 309.

Wasser der Grand Junction Company.

	Vor der Filtration	Nach der Filtration
Totalrückstand	28,36	14,70
Org. Kohlenstoff	0,380	0,038
Org. Stickstoff	0,074	0,012
Ammoniak	0,001	0,010
Total Stickstoff	0,340	0,148
Verunreinigung mit Kanal-		
wasser	2340	1040
Chlor.	1,65	1,70
Härte	18,0	8,1

Es fehlt bei dieser Zusammenstellung die Angabe der Mengenverhältnisse (mg/l oder Teile auf 100 000 Teile?), doch läßt sich der Erfolg der Filtration auch durch das Verhältnis der Zahlen vor und nach der Filtration beurteilen.

Die erste größere Anlage dieser Art wurde 1882 von der Spongy Iron Water and Sewage Purifying Company in Antwerpen ausgeführt für eine Leistung von 2000 bis 2300 cbm in 24 Stunden. Nach einem Bericht des Professors Frankland wurde das Wasser der Nethe 24 km oberhalb der Stadt entnommen und zunächst in Klärbassins 12 bis 24 Stunden der Ruhe überlassen. Alsdann passierte das Wasser zwei in Zement hergestellte Filter von je 693 qm Fläche, deren erstes das Eisenfilter und deren zweites ein gewöhnliches Sandfilter ist, Fig. 2. Die Unterlagen bestehen in jedem Fall aus zwei trockenen Lagen von Ziegeln.

Frankland fand eine Reduktion

des Gesamtrückstandes um	41,3%	d. i.	8,67	Teile
» org. Kohlenstoffs	» 60,9%	d. i.	0,379	»
» » Stickstoffs	» 74,9%	d. i.	0,164	»
» Gesamtstickstoffs	» 77,3%	d. i.	0,188	»

Leistung des Filters pro qm und Tag 3 bis 5 cbm. Auch hier läßt sich die Wirkung nach dem Verhältnis der Zahlen beurteilen.

Frankland hält die Wirkung des Eisenschwammes auf das Wasser für außerordentlich befriedigend, kann sich jedoch nicht davon überzeugen, daß die erzielten Resultate

im richtigen Verhältnis zum Mehraufwand stehen, den die doppelte Filtration, Hebekosten und Kosten des verwendeten Materials bedingen.

Stabsarzt Dr. Plagge¹⁾, Berlin, der bei der Errichtung des Berliner Hygiene-Museums eine Reihe von Filtern auf ihre Wirksamkeit untersuchte, spricht sich sehr ungünstig über den Eisenschwammfilter von Bischof aus.

c) Das Gersonfilter²⁾.

Nachdem Dr. Gerson, Hamburg, trotz aller Bemühungen, das Filtrationssystem von Amédée David in

¹⁾ Journ. f. Gasbel. u. Wasserversg. 1886. S. 809.

²⁾ Journ. f. Gasbel. u. Wasserversg. 1879. S. 625 u. 1888 S. 240. König, Die Verunreinigung der Gewässer. Berlin 1899.

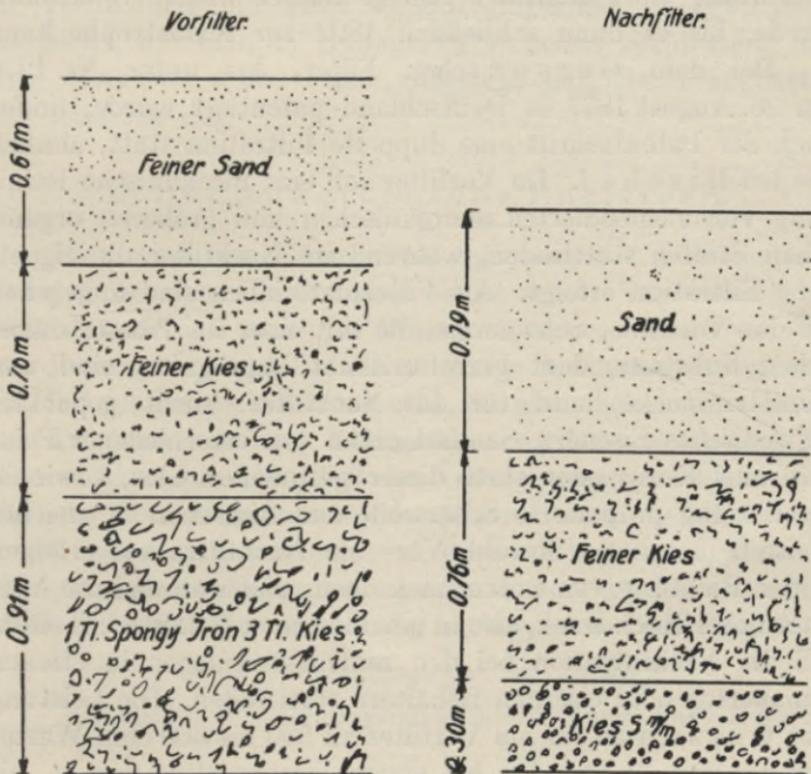


Fig. 2.

Deutschland nicht einführen konnte, gelang es ihm sehr bald, eine neue Konstruktion mit wesentlich besserem Erfolge auf den Markt zu bringen. Gegen Ende 1878 gab er eine Broschüre heraus unter dem Titel »In welcher Weise ist eine verbesserte Wasserversorgung Hamburgs herzustellen?« in welcher er die Vorschläge der Rats- und Bürgerkommission, welche die Herstellung einer zentralen Sandfilteranlage befürwortete, verwirft und seine Filtrationsmethode als die einzige Möglichkeit einer befriedigenden Lösung der Hamburger Wasserfrage empfahl. Er weist auf die Vorzüge seines Systems in zentraler Form hin, schlägt jedoch für Hamburg die periphere Filtration vor wegen des dort vorhandenen »unreinen Rohrnetzes«. Wir wissen, wie die öffentliche Meinung in Hamburg her- und hinschwankte und wie durch die immerwiederkehrenden Vorschläge der peripheren Filtration die Errichtung einer zentralen Anlage immer wieder verschoben wurde, bis es dann schließlich 1892 zur Katastrophe kam.

Bei dem Gersonschen Filter, das unter Nr. 1976 am 26. August 1877 in Deutschland patentiert wurde, findet nach der Patentschrift eine doppelte Filtration statt, ähnlich wie bei B i s c h o f. Im Vorfilter soll eine mechanische Reinigung von suspendierten unorganischen und gröberen organischen Stoffen stattfinden, während im Nachfilter die eigentliche Filtration erfolgt. Als Filtermaterialien sind angegeben für das Vorfilter: Schwämme, die mit einer im Wasser unlöslichen Substanz, dem Ferroferritanat imprägniert sind und Bimssteinstücke, und für das Nachfilter: dicht gepacktes schwedisches Eisenerz, Sandschichten von verschiedener Feinheit und Korn, oder statt dieser gestoßenes Glas, sowie in Eisenlösung präparierte Scherwolle und Bimsstein in gleicher Weise zubereitet. Sowohl Vor- als Nachfiltration erfolgen in der Richtung von unten nach oben, und während die Vorfilter unter Hochdruck, also in geschlossenen Gefäßen, arbeiten, soll die Nachfiltration bei den zentralen Anlagen in offenen gemauerten oder eisernen Behältern stattfinden. Die Leistung gibt G e r s o n an für ein Vorfilter zu 500 bis 600 cbm Wasser pro qm und 24 Stunden bei einem Druckverlust von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ Atm., für den Nachfilter zu 60 cbm pro qm und Tag und

mehr, je nach dem zur Verfügung stehenden Druck. Die Reinigung der Vor- und Nachfilter erfolgt durch Gegenströmung von oben nach unten, und zwar mit filtriertem Wasser. Es sind zu diesem Zwecke immer je zwei Vor- und Nachfilter parallel zusammengeschaltet, so daß das Filtrat des einen zur Spülung des anderen verwendet werden kann. Um besonders bei den Vorfiltern eine wirksame Reinigung der Schwämme zu erzielen, besteht eine Vorrichtung, wodurch sich das untere Sieb, auf welchem die Schwämme liegen, mittels eines aus dem Filterboden durch eine Stopfbüchse heraustretende Stange heben und senken läßt, wodurch die Schwämme, wenn sie schmutzig sind, ausgedrückt werden können. Um den für das Vorfilter nötigen Druck zu erzielen, kann man entweder einen entsprechend hochgelegenen Behälter anlegen, in welchen man das Rohwasser pumpt, oder man errichtet ein Standrohr in Verbindung mit einer Zentrifugalpumpe. Vergleichende Versuche, die man in Budapest¹⁾ zwischen Sandfiltern und dem Gersonschen Filter angestellt hat, fielen zugunsten des letzteren aus.

d) Der Andersensche Purifier²⁾.

Hier wird das Eisen nicht eigentlich als Filtermaterial benutzt, sondern die Art und Weise seiner Verwendung beruht darauf, daß man das Wasser in rotierenden Trommeln mit Eisenspänen und Luft in so innige Berührung bringt, daß ein Teil des Eisens in Lösung geht, der sich nach dem Verlassen der Trommel in einem Klärbehälter wieder absetzt und bei diesem Absetzen einen Teil der Verunreinigungen mit sich zu Boden reißt. Alsdann wird das Wasser noch einer Filtration durch Sand unterworfen, und es wird behauptet, daß die Wirkung dieses Apparates eine ganz vorzügliche sei, selbst stark gefärbte Wässer werden in kürzester Zeit vollständig

¹⁾ Zeitschr. f. Nahrungsmitteluntersuchung und Hygiene. 1890. 4, 43.

²⁾ Zeitschr. f. Nahrungsmitteluntersuchung und Hygiene. 1890. 4, 43.

klar und farblos. Diese Reinigungsart hat eine verhältnismäßig häufige Anwendung gefunden, wie z. B. in den Pariser Vorstädten¹⁾ Choisy-le-Roy, Nouilly sur Marne und Nogent sur Marne zur Reinigung des Seineswassers, ferner in Antwerpen, Dortrecht, Boulogne sur Seine, Ayr, Montevideo, Agra, Livorno, Nizza, Konstantinopel u. a.²⁾

III. Schnellfiltration.

a) Allgemeines.

Die langsame Sandfiltration ist im Laufe der Zeit so verbessert worden, daß sie auch unter sehr schwierigen Verhältnissen gute Resultate erzielen läßt. Allein so vorzüglich die qualitative Leistungsfähigkeit dieses Systems ist, so stellten sich doch der Einführung desselben, namentlich in kleineren Städten, oft unüberwindliche finanzielle Schwierigkeiten entgegen. Die geringe Filtrationsgeschwindigkeit von durchschnittlich 100 mm pro Stunde und die lange Zeit, die ein frisch gereinigter Filter zum Einarbeiten braucht, bedingen große Filterflächen mit ebenfalls großen Reserven, und der Umstand, daß dadurch die Kosten der Anlage und besonders des rationellen Betriebes einer Sandfiltration so bedeutend sind, daß deren Einführung für kleinere Kommunen und für industrielle Etablissements auch schon mit Rücksicht auf das dazu erforderliche Areal und die immer steigenden Bodenpreise geradezu ausgeschlossen erscheint, führte zur Konstruktion von Schnellfiltern, auch mechanische oder amerikanische Filter genannt. Man versteht darunter einen Filtrationsapparat, der bei gleicher qualitativer Leistung wie der langsame Sandfilter eine wesentlich größere Filtrationsgeschwindigkeit erzielen läßt, und der durch etagenförmiges Übereinander-

¹⁾ König, Die Verunreinigung der Gewässer. 1899. I. Bd. S. 144.

²⁾ Génie Civil 1896, 21. März. S. 321.

anordnen mehrerer Filterflächen eine möglichste Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Raumes gestattet.

Diese Apparate wurden erstmalig von Amassa Mason anfangs der 80 er Jahre aus Amerika zu uns herübergebracht und von dem Karlsruher Fabrikanten Ruhl wurde das Ausführungsrecht erworben, nachdem dieses System in Deutschland patentiert war. Nach Mitteilungen des damaligen Direktors der städtischen Wasserwerke in Berlin, wo man die Einführung der Schnellfiltration Anfang der 80 er Jahre in Erwägung zog, Henry Gill¹⁾, besteht der Apparat von Amassa Mason aus flachen gußeisernen Schalen von rd. 1 m Durchmesser, welche etagenweise, und zwar 3 oder 4 Etagen übereinander, wasserdicht aufgebaut sind. Jede Schale wird, unabhängig von der benachbarten, mittels eines gemeinsamen Wasserzuführungsganges gespeist und in gleicher Art das durch den Sand getriebene, somit filtrierte Wasser wieder abgeführt. Jede Schale hat über dem wasserdichten Boden einen durchlöcherten Boden, auf dem die rd. 15 cm mächtige Sandschicht ruht. Das Wasser gelangt oberhalb der Sandfläche in die Schale und entweicht, nachdem es durch die Sandschicht gedrückt worden ist, aus den Räumen zwischen den beiden Böden in den Lieferungskanal. Die Filterreinigung erfolgte durch Spülung. Das Zentrum des Schalenbodens wird mittels einer hohlen Vertikalachse durchsetzt, welche durch Stopfbüchsen in jeder Lage abgedichtet ist. In jeder Schale sind über der Sandoberfläche horizontale hohle Arme rechtwinklig zur vertikalen Achse angebracht, in welchen sich Löcher befinden. Wird nun das Wasser unter Druck in die hohle Achse getrieben, so wirkt ein Strahl aus jeder Öffnung der horizontalen Arme, und zwar gleichzeitig auf die Sandflächen in allen Schalen. Dieser Strahl wühlt den Sand auf, und da die hohle Achse drehbar ist, so wird bei jeder erfolgten Drehung die ganze Sandmasse jeder Schale aufgerührt, ausgewaschen, und das Produkt der Auswaschung durch den abstellbaren Speisegang weggeführt.

¹⁾ Deutsche Bauzeitung 1881, Nr. 101.

In diesem Apparat erkennen wir aus dieser Beschreibung trotz aller ihm noch anhaftenden Mängel schon sehr deutlich den Vorgänger unserer modernen Schnellsandfilter.

Wie in England, so stellte sich der Einführung dieses Systems auch in Deutschland zunächst hartnäckig das Vorurteil entgegen, daß für Zwecke einer städtischen Bevölkerung das Wasser nicht genügend gereinigt werden kann, wenn es rasch filtriert wird. Auch in Amerika, dem Geburtsland der Schnellfiltration, ging deren Einführung nur sehr langsam vorwärts. Aus einem von Allen H a z e n bearbeiteten Bericht an die amerikanische Gesellschaft für öffentliche Gesundheitspflege ist ersichtlich, daß es noch um 1890 in Amerika nur eine beschränkte Anzahl kleiner Anlagen zur Reinigung von Genußwasser gab. Erst nach dieser Zeit gelang es, namentlich den Bemühungen der staatlichen Behörde für Gesundheit in Lawrence, Mass., hierin eine Besserung herbeizuführen. Während in Amerika die vermutliche Gesamtfilterfläche an mechanischen Filtern 1890 kaum mehr als 1100 qm betrug, stieg dieselbe innerhalb der nächsten zehn Jahre auf 8400 qm.

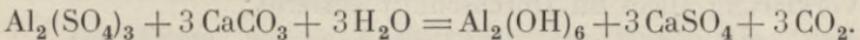
In Deutschland hat sich die Schnellfiltration heute viele Anwendungsgebiete erobert. Es wäre aber falsch, wollte man daraus den Schluß ziehen, als ob die langsame Sandfiltration dadurch verdrängt werden könnte oder sollte, oder überhaupt von einer Überlegenheit des einen oder anderen Systems zu sprechen. Die langsame Sandfiltration wird nach wie vor als ein vorzügliches Mittel der Wasserreinigung anzuerkennen sein, und die Schnellfiltration wird sie in dem Kampfe um die Volksgesundheit wirksam unterstützen, und wir werden sehen, daß die Frage, ob langsame oder Schnellfiltration im einzelnen Falle anzuwenden ist, nicht allgemein entschieden werden kann, da die Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse eines gegebenen Falles von großer Bedeutung für das Gelingen der Filtration ist.

b) Koagulation.

Bei jeder Art der Filtration ist eine möglichste Entlastung der Filter anzustreben, indem man die gröbere Reinigung schon vor den Filtern vornimmt und diesen nur die

Feinarbeit überläßt. Die dadurch erreichten Vorteile sind sehr wesentlich, indem die Arbeitsperiode, d. i. die Zeit, die zwischen zwei Reinigungen des einzelnen Filters liegt, beträchtlich dadurch verlängert werden kann. Da nun das zur Verwendung kommende Rohwasser mitunter verhältnismäßig wenig Schwebestoffe enthält, bietet es der Sedimentation geringe Angriffspunkte. Man hat nun durch Zusatz gewisser Chemikalien ein Mittel gefunden, wodurch eine rasche energische Klärung herbeigeführt werden kann, indem das zugesetzte Fällmittel mit im Wasser gelöst vorhandenen Stoffen unlösliche Verbindungen eingeht, die, als eine flockige, gallertartige Masse niedersinkend, die übrigen Schwebestoffe mit sich reißen. Man nennt diesen Vorgang der chemischen Reinigung Koagulation, wobei die Chemikalien nicht wegen ihrer desinfektorischen, sondern wegen ihrer koagulierenden Kraft zugesetzt werden. Als solche Fällmittel werden verwendet: schwefelsaure Tonerde, Alaun, Kalkwasser, Kaliumpermanganat, schwefelsaures Eisenoxyd und andere. Das am häufigsten angewendete Fällmittel ist schwefelsaure Tonerde und der hierbei sich abspielende chemische Vorgang besteht in einer Umsetzung derselben mit dem im Wasser gelösten vorhandenen kohlsauren Kalk, ist also an das Vorhandensein desselben im Wasser gebunden. Bei sehr weichen Wässern, die also von Natur aus sehr wenig kohlsauren Kalk enthalten, muß dieser Mangel durch Zusatz von Soda ausgeglichen werden (Helsingfors).

Der chemische Vorgang der Koagulation vollzieht sich etwa nach folgender Gleichung:



Der Wert der Koagulation ist ein doppelter: Einmal wird durch die energische Klärung der größte Teil der Verunreinigungen von den Filtern ferngehalten, und ferner wird durch die im Vorklärbehälter nicht niedersinkenden, auf das Filter gelangenden Tonerdehydratflocken in wenigen Minuten eine vorzüglich wirkende Filterhaut auf der Filteroberfläche geschaffen. Durch die Untersuchungen an den langsamen Filtern war festgestellt, daß das Vorhandensein einer Filterhaut

von maßgebender Bedeutung für den Erfolg der Filtration ist, und es ist daher der Vorteil augenscheinlich, den man dadurch erzielt, daß man die Zeit, die zu ihrer Bildung notwendig ist, von mehreren Tagen auf wenige Minuten reduzierte.

In Deutschland hatte man anfangs eine große Abneigung gegen die Verwendung von Chemikalien zur Trinkwasserreinigung, und erst das Beispiel der Amerikaner lehrte uns diese ungerechtfertigte Scheu überwinden. Durch Zusatz von Chemikalien erreichen wir auf dem gleichen Wege in kürzester Zeit dasselbe, wozu die Natur lange Zeit braucht. Berechtigte Einwände vom hygienischen Standpunkte aus lassen sich nicht erheben, es sei denn, daß die verwendeten Fällmittel oder die entstehenden Umsetzungsprodukte direkt gesundheitsschädlich sind. So empfiehlt sich z. B. die Verwendung von Alaun dem bekannten Kaliumaluminiumdoppelsalz deshalb nicht, weil das entstehende schwefelsaure Kalium störend auf die Verdauung wirken kann, während bei Vorklärung mit schwefelsaurer Tonerde das entstehende Tonerdehydrat und der Gips unbedenklich sind. Ob die Härte um einige Grad zu- oder abnimmt, spielt keine Rolle.

Welche eminente Bedeutung der chemischen Vorklärung bei der Schnellfiltration zukommt, und welche Entlastung für die Filter daraus resultiert, geht hervor aus dem Bericht von Professor Dr. G ä r t n e r, Jena, über das Werk: Report on the investigations into the purification of the Ohio river water. Made by the Board of Trustee Cincinnati 1899, George W. Fuller¹⁾. Nach diesem Bericht wurden in einer Versuchsanlage für die Stadt Cincinnati durch die chemische Vorklärung allein im Durchschnitt entfernt:

- 87,2% der suspendierten Stoffe,
- 64,9% der kohlenstoffhaltigen organischen Massen,
- 66,9% der stickstoffhaltigen organischen Massen,
- 94,5% der Bakterien.

Die Menge der zuzusetzenden Fällmittel hängt von der jeweiligen Beschaffenheit des Rohwassers ab und ist von Fall

¹⁾ Journ. f. Gasbel. u. Wasserversg. 1900. S. 42.

zu Fall durch Versuche festzustellen. Durch Zusatz von schwefelsaurer Tonerde im Verhältnis von etwa 1 : 50 000 bis 1 : 25 000 werden auch durch tonige Beimengen oder Algen stark getrübt oder durch Huminsubstanz gefärbte Rohwässer in klares Wasser verwandelt.

Daß die Koagulation in besonderen Fällen von der Wassertemperatur und von der Witterung beeinflußt werden kann, zeigen interessante Beobachtungen an der Wasserreinigungsanlage in Ithaca, N. Y.¹⁾. Dort wurde in der Regel eine 3 proz. Lösung von schwefelsaurer Tonerde verwendet, die jedoch bei stärkeren Trübungen, um die Lösung nicht zu rasch aufzubrauchen, auf 6, 8 und 10% verstärkt wurde. Bei sehr kalter Witterung und mäßig trübem Wasser fiel nun das Tonerdehydrat äußerst langsam und in sehr feinen Flocken aus, die sich nicht zusammenballen und zu Boden sinken wollten. Infolgedessen verschmutzten die Filter sehr rasch und mußten häufig gereinigt werden. Zusätze von Kalk und Soda konnten den Übelstand nicht beseitigen. Wurde dagegen dem Rohwasser unmittelbar nach Beigabe der schwefelsauren Tonerde etwas durch aufgelösten Ton getrübt Wasser zugesetzt, so trat die Bildung großer Flocken ganz plötzlich ein, die sich dann merkwürdigerweise rasch durch das ganze Becken fortsetzte. Machte sich nun während des Betriebes der erwähnte Mißstand bemerkbar, so wurden die Filter ausgeschaltet, das Wasser durch die Entleerungsleitungen abgelassen und gleichzeitig ein geringer Zusatz trüben Wassers gemacht. Sobald sich dann die Reaktion vollzogen hatte, wurde die Anlage wieder in regulären Betrieb genommen.

Die Frage, welche Chemikalien zur Koagulation verwendet werden sollen, kann nicht von vornherein beantwortet werden. Die chemische Analyse des Wassers kann uns zwar Anhaltspunkte hierfür geben, sie macht aber niemals eingehende Vorversuche entbehrlich, denn es ist der Fall sehr wohl denkbar, daß sich verschiedene Wässer bei annähernd gleicher

¹⁾ The Engineering Record 1908. Bd. 57 Nr. 21. S. 672 bis 676. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversg. 1908. S. 753.

chemischer Beschaffenheit der gleichen Reinigungsmethode gegenüber ganz verschieden verhalten.

c) Technische Einzelheiten der Schnellfilteranlagen.

Der Vorgang der Schnellfiltration mit chemischer Vorklärung spielt sich im allgemeinen folgendermaßen ab: Das Rohwasser kommt zunächst auf eine Mischvorrichtung, wo ihm das zur Verwendung kommende Fällmittel möglichst innig beigemischt wird, und wo neben dieser intensiven Zumischung auch dafür gesorgt ist, daß die Lösung immer proportional der zufließenden Wassermenge zugefügt wird. Das also vorbehandelte Wasser wird dann in den Vorklärbehälter geleitet, wo die Koagulation und die Ausscheidung des größten Teiles der Verunreinigungen durch Sedimentation stattfinden soll, um dann erst der eigentlichen Filtration im Schnellfilter unterworfen zu werden. Diese erfolgt in der Regel in der Richtung von oben nach unten und kann entweder in offenen oder geschlossenen Filtern, bei geringerem oder größerem Überdruck stattfinden. Um unabhängig vom jeweiligen Konsum in der Stadt zu sein, wird das die sämtlichen Schnellfilter gereinigt verlassende Wasser in einem Reinwasserbehälter gesammelt und von da aus den verschiedenen Verbrauchsstellen zugeführt. Hat der im Laufe einer Filtrationsperiode infolge Verstopfung der Filterhaut sich steigender Filterdruck eine gewisse höchst zulässige Höhe erreicht, was sich auch durch gleichzeitiges Nachlassen der quantitativen Leistung bemerkbar macht, so ist eine Reinigung vorzunehmen, die gewöhnlich durch Rückspülung und gleichzeitiges Aufwühlen des Filtermaterials erfolgt. Kurze Zeit nach der Wiederinbetriebsetzung hat sich eine neue Filterhaut gebildet, so daß die Filtration durch die Reinigung nur eine sehr kurze Unterbrechung erfährt. Der Vorgang der Schnellfiltration mit chemischer Vorklärung zerfällt demnach in vier Abschnitte:

1. Zumessen der Chemikalien,
2. Koagulation im Vorklärbehälter,
3. Schnellfiltration,
4. Filterreinigung.

1. Zumessen der Chemikalien.

Die Zumessung der Chemikalien zum Rohwasser kann auf verschiedene Arten erfolgen. Im allgemeinen wird sich jedoch die folgende Anordnung empfehlen:

Um jederzeit einen gewissen Vorrat der Lösung von bestimmter Konzentration zur Verfügung zu haben, wird der Behälter, in welchem die Lösung hergestellt wird, zugleich als Aufspeicherungsbehälter benutzt und seine Größe dementsprechend bemessen. Aus diesem Aufspeicherungsbehälter wird ein kleineres Gefäß gespeist, und erst aus diesem erfolgt die Zumischung zum Rohwasser. Da die Lösungen bei ruhigem Stehen sehr bald am Boden des Gefäßes eine größere Konzentration zeigen als an der Oberfläche, so ist es notwendig, eine Vorrichtung anzubringen, die ein Absetzen der Chemikalien verhindert. Man bringt deshalb häufig in diesen Behältern kleine Rührwerke an, die entweder elektrisch oder, bei genügendem Druck des Rohwassers, von diesem betrieben werden. Sehr oft findet man die Anordnung, daß die Betätigung der Rührwerke durch die weiter unten zu beschreibende Kippschale erfolgt; bei manchen Konstruktionen geschieht das Aufrühren pneumatisch, indem kontinuierlich Luft durch die Lösungen geführt wird, wobei diese pneumatische Einrichtung ebenfalls vom Rohwasser betätigt wird.

Besondere Aufmerksamkeit ist der automatischen Dosierungsvorrichtung zuzuwenden, welche die Zumessung der Lösung proportional dem zu reinigenden Wasserquantum zu bewerkstelligen hat. Der Betrieb dieser Vorrichtung wird meist ebenfalls vom Rohwasser bewerkstelligt, entweder durch kleine Laugenpumpen, welche die Lösung in das Rohwasserzuflußrohr befördern oder indem durch die Bewegung einer Kippschale eine Schöpfvorrichtung angetrieben wird. Ein Beispiel einer solchen automatischen Dosierung, wie sie die Sucrofilter- und Wasserreinigungsgesellschaft in Berlin anwendet, zeigt Fig. 3. Eine von der Hauptwasserleitung genau proportional zum jeweils zufließenden Rohwasser automatisch sich abzweigende kleinere Wassermenge dient dazu, um als motorische Kraft eine Kippschale zu betätigen. Entsprechend

dem nun vermehrt oder vermindert zufließenden Wassergewicht wird die Kippschale mehr oder weniger oft sich füllen und entleeren und hierdurch die Lauge in dem gewünschten Verhältnis schöpfen, so daß ein Zuviel oder Zuwenig ausgeschlossen ist. Die Kippschale *a* ist auf einer Achse *b* gelagert; in dieser befindet sich ein Hebel *c*, der mit einem Gegengewicht ausbalanciert ist. Der Hebel muß nun die Bewegungen der Kippschale mitmachen und das Gegengewicht bewirkt, daß

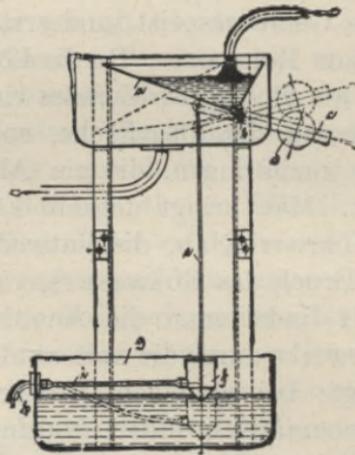


Fig. 3.

die Kippschale, nachdem sie ihren Inhalt entleert hat, in ihre wagerechte Lage zurückschnellt. An dem Hebel *c* ist eine Stange *e* befestigt, an deren unterem Ende sich der Meßbecher *f* befindet. Sobald die Kippschale sich entleert, muß der Becher in die im Laugenmeßapparat *g* befindliche Lösung eintauchen und sich füllen. Beim Zurückschnellen der Kippschale wird der gefüllte Becher aus der Lauge emporgehoben, und seine Abflußöffnung kommt über die am Laugenmeßapparat befindliche Auslauftülle *h* zu liegen, welche mit dem Meßbecher durch einen Gummischlauch verbunden ist. Der Inhalt des Schöpfbeckers kann sich nun durch diese Tülle ergießen und nach dem Vorklärbehälter gelangen, wo die Lauge mit dem zu reinigenden Wasser zusammentritt.

Ähnlich ist die Dosierungsvorrichtung bei den Wasserreinigern von Schuhmann & Co., Leipzig-Plagwitz, Fig. 4: Das zu reinigende Wasser nimmt seinen Weg in eine zweikammrige Kippchale; ist der eine Raum gefüllt, so wird der Schwerpunkt verlegt, die Schale kippt um und entleert sich in den Mischraum, gleichzeitig stellt sich der zweite Arm

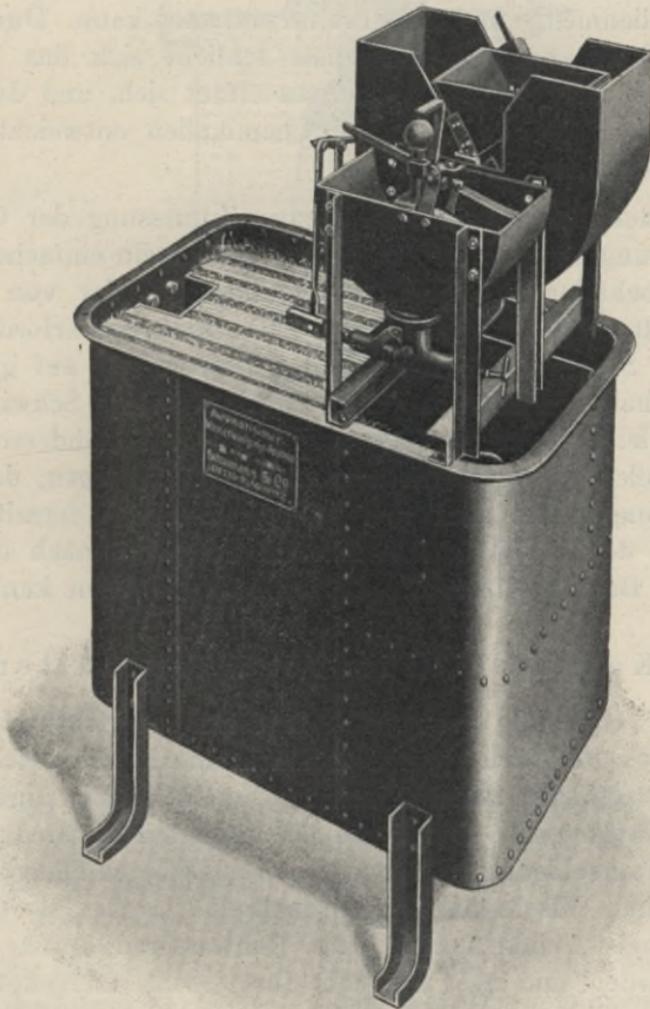


Fig. 4.

der Kippschale vor die Wasserzuflußöffnung, füllt sich ebenfalls, kippt um und so fort, bis man den Wasserzufluß absperrt. Ein seitlich von dem Kippschalengehäuse abgeordneter Behälter dient zur Aufnahme der zur Reinigung erforderlichen Chemikalien; es ist darin eine Rührvorrichtung angeordnet, welche durch die Kippschale betätigt wird; am Boden befindet sich das Meßventil. Durch die Bewegung der Kippschale wird dieses Ventil geöffnet, so daß die zur Reinigung bestimmte Chemikalienmenge in den Meßraum eintreten kann. Durch die zweite Bewegung der Kippschale schließt sich das Ventil, das Abschlußorgan des Meßraumes öffnet sich, und das sich stets gleichbleibende Quantum Chemikalien entweicht nach dem Mischraum.

In den Fällen, wo eine genaue Zumessung der Chemikalienlösung nicht erforderlich ist, genügt ein einfacher, am Lösungsbehälter angebrachter Regulierhahn, der von Hand eingestellt werden kann. Hierbei ist es natürlich erforderlich, daß der Stand der Lösung im Behälter immer auf gleicher Höhe gehalten wird, was durch Anbringen eines Schwimmerventiles leicht bewerkstelligt werden kann. Besonderer Wert ist bei allen diesen Vorrichtungen darauf zu legen, daß die Regulierung bequem möglich ist, so daß man jederzeit auch während des Betriebes den Chemikalienzufluß nach der jeweiligen Beschaffenheit des Rohwassers einstellen kann.

2. Koagulation im Vorklärbehälter.

Der Übergang von der Dosierungsvorrichtung zum Vorklärbehälter wird vermittelt durch eine Mischvorrichtung, die eine möglichst innige Mischung von Rohwasser und Fällmittel bewirken soll. Die hierzu angewendeten Konstruktionen sind sehr verschieden und bestehen oft aus kleinen Rührwerken, die in einer Mischschale angeordnet sind, wobei die Chemikalien meist schon vorher dem Rohwasserzuflußrohr zugeführt wurden, und zwar entweder durch kleine Laugenpumpen oder durch die saugende Wirkung plötzlich angeordneter Rohrquerschnittserweiterungen. Es können Chemikalienlösung und Wasser auch in getrennten Leitungen der Mischschale

zugeführt werden, und die Mischung kann durch künstlich erzeugte Wirbelbewegungen, Stoßbleche usw. unter Ausnutzung der lebendigen Kraft des fließenden Wassers erfolgen. Je inniger die Mischung erfolgt, desto wirksamer ist die Koagulation, desto größer der Reinigungseffekt der Vorklärung.

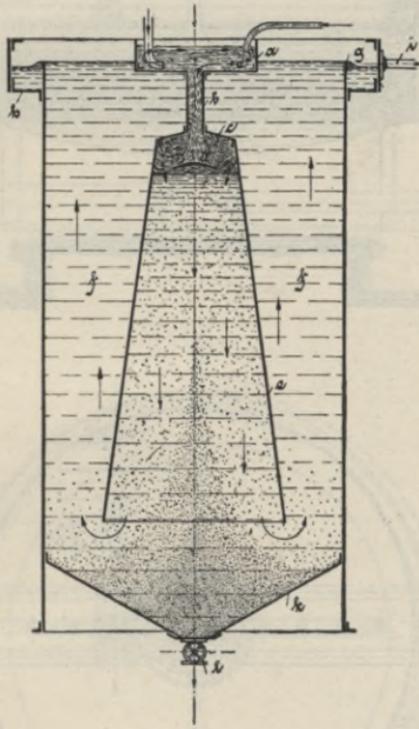


Fig. 5.

Sind Dosierungsvorrichtung und Vorklärbehälter räumlich getrennt und durch eine längere Rohrleitung verbunden, so kann die Mischung in dieser Leitung erfolgen, so daß eine eigene Mischschale entbehrlich wird.

Die Einmündung in den Vorklärbehälter ist so anzuordnen, daß irgendwelche Wirbel- oder Wellenbewegungen, die den Klärungsprozeß störend beeinflussen würden, nicht entstehen können. Der Vorklärbehälter kann ein aus Beton oder Mauer-

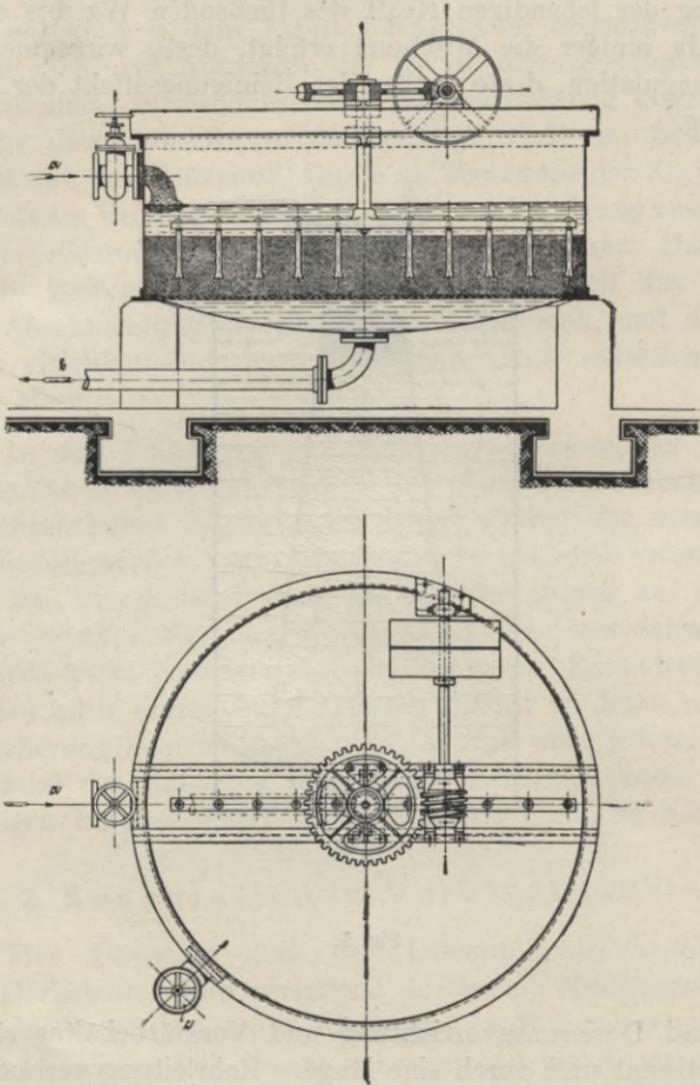


Fig. 6.

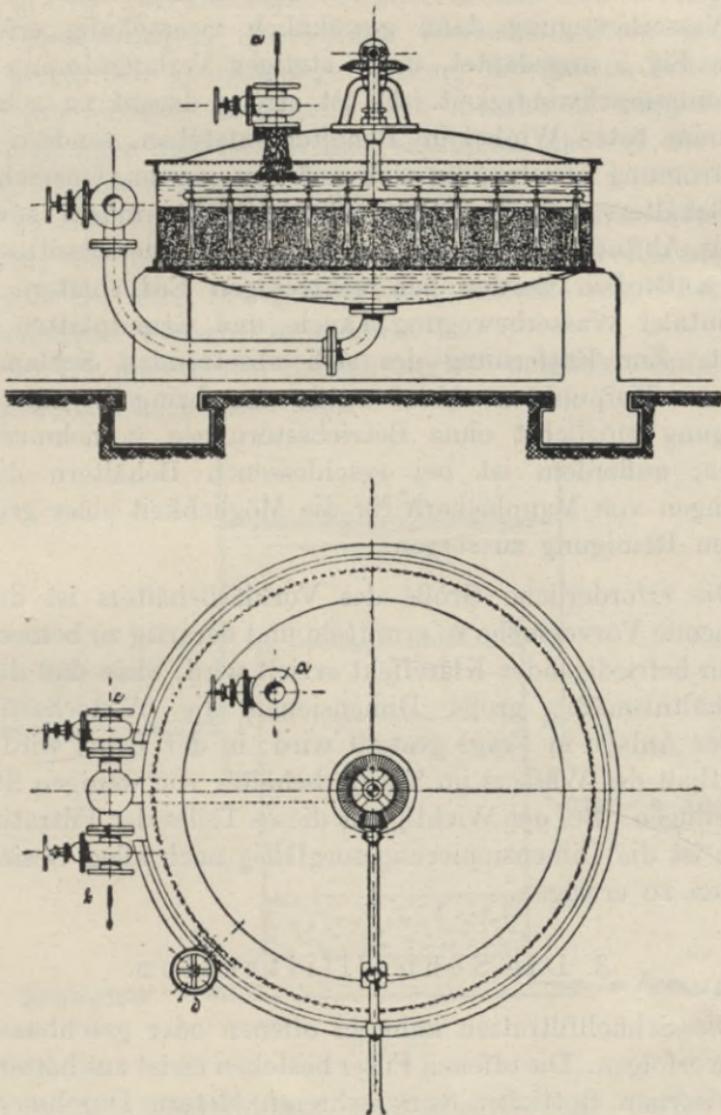


Fig. 7.

werk hergestellter Erdbehälter mit horizontaler Wasserbewegung sein, oder er wird turmförmig mit kreisförmigem Querschnitt aus Beton oder Eisenblech hergestellt, wobei die Wasserbewegung dann gewöhnlich zwangsläufig erfolgt, wie in Fig. 5 angedeutet, unter stetiger Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit. Es ist streng darauf zu achten, daß keine toten Winkel im Behälter entstehen, sondern daß die Strömung gleichmäßig sich auf den ganzen Querschnitt des Behälters verteilt. Dies wird erreicht, indem sowohl Zu- als Abfluß auf der ganzen Breite des Querschnittes erfolgt, außerdem werden bei rechteckigen Erdbehältern mit horizontaler Wasserbewegung Tauch- und Grundplatten eingebaut. Zur Entfernung des sich absetzenden Schlammes sind an Tiefpunkten Ablaßventile anzubringen, um eine Reinigung möglichst ohne Betriebsstörungen vornehmen zu können, außerdem ist bei geschlossenen Behältern durch Anbringen von Mannlöchern für die Möglichkeit einer gründlicheren Reinigung zu sorgen.

Die erforderliche Größe des Vorklärbehälters ist durch eingehende Vorversuche zu ermitteln und derartig zu bemessen, daß ein befriedigender Kläreffekt erzielt wird, ohne daß durch unverhältnismäßig große Dimensionen die Wirtschaftlichkeit der Anlage in Frage gestellt wird; in der Regel wird ein Aufenthalt des Wassers im Vorklärbehälter von wenigen Stunden genügen. Bei der Wichtigkeit dieses Teiles der Filtrationsanlage ist die Dimensionierung sorgfältig nach allen Gesichtspunkten zu erwägen.

3. Die Schnellfiltration.

Die Schnellfiltration kann in offenen oder geschlossenen Filtern erfolgen. Die offenen Filter bestehen meist aus hölzernen oder eisernen Bottichen von mehreren Metern Durchmesser, welche in ihrem unteren Teile mit dem Filtermaterial angefüllt sind. Die geschlossenen, meist aus eisernen Zylindern bestehenden Filter sind den offenen ähnlich, jedoch ist die Leistung infolge des größeren Filterdruckes bedeutend größer. Fig. 6 und 7 zeigen je eine Konstruktion dieser beiden Filterarten.

In bezug auf die Konstruktion sollen Schnellfilter den folgenden Bedingungen entsprechen:

a) Als zweckmäßigste Filterform hat sich der Zylinder mit kreisförmigem Querschnitt erwiesen. Diese gestattet am besten eine gleichmäßige Wirkung der ganzen Filterfläche und eine leichte Reinigung mit maschinell angetriebenen Rechen, ohne daß tote Winkel entstehen, die sich der Reinigung entziehen können.

b) Der Filterzylinder soll eine kräftige Wandstärke erhalten, wie überhaupt bei der ganzen Konstruktion, insbesondere bei allen bewegten Teilen, auf eine möglichst lange Lebensdauer bedacht zu nehmen ist.

c) Die maschinelle Einrichtung soll möglichst einfach und allenthalben zugänglich sein.

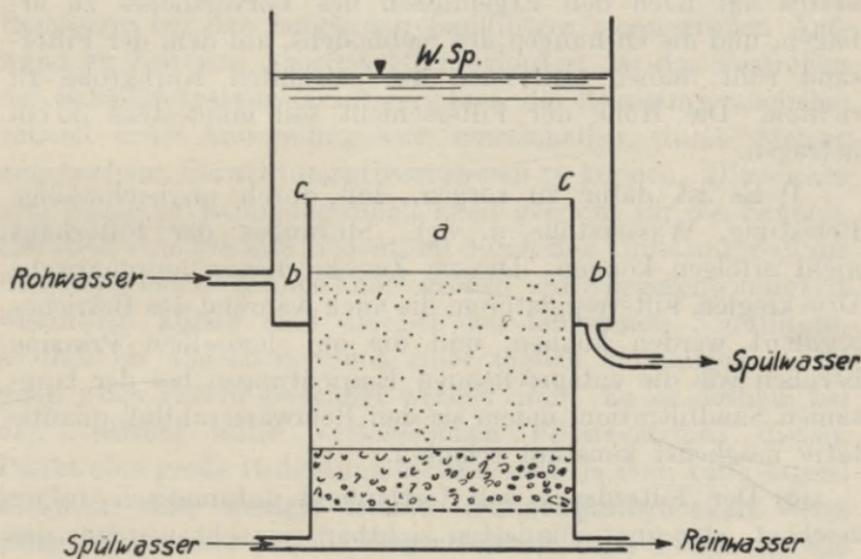


Fig. 8.

d) Die Konstruktion muß die Gewähr dafür bieten, daß der Filtrationsvorgang sich gleichmäßig auf der ganzen Filterfläche abspielt. Dies kann dadurch erreicht werden, daß man den Wasserzufluß auf dem ganzen Umfange des Querschnittes stattfinden läßt. Zu diesem Zwecke umgibt man den Raum über der Filterfläche *a* (Fig. 8) mit einem

ringförmigen Vorraum *b*, in welchen sich das Wasser zunächst ergießt, um über den inneren kreisförmigen Rand *c* dieses Vorraumes über die eigentliche Filterfläche zu gelangen. Der Wasserstand im Filter muß ständig höher sein als diese Überfallkante, so daß ein Aufwühlen des Sandes und damit verbunden ein Verletzen der Filterhaut nicht stattfinden kann. Dieser Forderung entspricht weder die Konstruktion der Fig. 6 noch Fig. 7. Ist die Anordnung eines solchen Vorraumes nicht möglich, so muß wenigstens der Wasserstand über der Filterfläche genügend groß sein, um eine Einwirkung des zuströmenden Wassers auf die Filterhaut auszuschließen.

e) Die Wahl der Korngröße des Filtersandes, die 0,5 bis 1 mm und größer sein kann, sowie der Stärke des Filterbettes hat nach den Ergebnissen des Vorversuches zu erfolgen, und die Öffnungen des Siebbodens, auf dem der Filtersand ruht, haben sich nach der gewählten Korngröße zu richten. Die Höhe der Filterschicht soll mindestens 30 cm betragen.

f) Es ist dafür zu sorgen, daß durch ungleichmäßige Belastung, Wasserstöße u. dgl., Störungen der Filterhaut nicht erfolgen können. Diesem Zwecke dienen automatische Druckregler, Filterregulatoren, die auch während des Betriebes reguliert werden können, und die auf demselben Prinzipie beruhen wie die entsprechenden Einrichtungen bei der langsamen Sandfiltration, indem sie den Reinwasserabfluß quantitativ möglichst konstant erhalten.

g) Der Filterdruck soll fortlaufend automatisch aufgezeichnet oder zum mindesten sichtbar gemacht werden, um auf diese Weise ständig über den Zustand des Filters und über den Grad seiner Verschlammung unterrichtet zu sein. Beim höchst zulässigen Filterdruck kann ein elektrisches Läutewerk den Wärter an die Notwendigkeit der nunmehrigen Reinigung des Filters mahnen.

h) Jede Filterkammer muß vollständig entleert und von unten mit filtriertem Wasser angefüllt werden können.

i) Für gute Entlüftung der Filter muß gesorgt sein.

k) Die Konstruktion muß unter allen Umständen ein Ansammeln von stagnierendem Wasser innerhalb des Filters verhindern.

l) Die Reinigung soll möglichst einfach und schnell vorgenommen werden können. Die von der Reinigungsvorrichtung zu erfüllenden Bedingungen sollen im folgenden eingehender behandelt werden.

4. Die Filterreinigung.

Der regelmäßig wiederkehrende Vorgang der Reinigung des Filters nach Erreichung des zulässigen größten Filterdruckes ist für das Ergebnis der Filtration von so ausschlaggebender Bedeutung, daß diesem Prozeß die größte Aufmerksamkeit und Sorgfalt zugewendet werden muß. Während diese Reinigung bei den langsamen Sandfiltern einen großen Aufwand an Zeit und Arbeitskräften erfordert, ist das Bestreben der Schnellfiltration darauf gerichtet, die Reinigung möglichst schnell unter Anwendung von maschinellen, durch Motore angetriebene Einrichtungen vornehmen zu können. Die leichte und bequeme Reinigungsmöglichkeit gewinnt für die Schnellfiltration eine erhöhte Bedeutung durch den Umstand, daß die Arbeitsperioden infolge der großen Arbeitsgeschwindigkeit wesentlich kürzer sind als bei den langsamen Sandfiltern, so daß im allgemeinen mit einer täglich einmaligen Reinigung jedes Filters gerechnet werden muß. Es ist deshalb bei der Auswahl unter verschiedenen Filtersystemen diesem Punkt eine große Bedeutung beizumessen, ja man kann sagen: **die mehr oder weniger leichte Reinigungsmöglichkeit bildet einen Wertmesser für die Brauchbarkeit eines Filters für die Praxis.**

Die am häufigsten angewendete Reinigungsart besteht in Rückspülung unter gleichzeitigem Aufrühren des Sandes durch ein Rührwerk. Durch geeignete Schieberstellung wird zunächst der Rohwasserzufluß und der Reinwasserabfluß abgesperrt und alsdann die Spülleitung geöffnet, wobei für den Abfluß des Washwassers durch Öffnen der Überlaufleitung gesorgt wird. Das Rührwerk, welches maschinell

von einer für mehrere Filter gemeinsamen Transmissionswelle aus durch Riemen und Kegelradvorgelege angetrieben wird, besteht gewöhnlich aus zwei horizontalen Armen, an welchen rechenartig vertikale Stangen angebracht sind, welche bei der Umdrehung in den Sand eingreifen und diesen aufwühlen. Die einzelnen Vertikalstangen der beiden rechenartigen Arme sind gegenseitig versetzt, so daß bei der Umdrehung eine Stange des einen Armes den Raum zwischen zwei Stangen des anderen Armes bestreicht und der ganze Rechen ist derartig verstellbar, daß er mehr oder weniger tief in das Filtermaterial eingreifen kann. Vielfach bleiben die Stangen des Rührwerkes nach der Reinigung, also während der Arbeitsperiode des Filters, in dem Filtermaterial ruhen. Ich halte eine derartige Einrichtung nicht für zweckentsprechend, denn abgesehen davon, daß ein Teil der Filterfläche dadurch verloren geht und die Filterhaut mehrfach unterbrochen wird, ist die Möglichkeit einer Störung der letzteren dadurch nicht ausgeschlossen; denn der Rechen steht durch die Vertikalspindel, das Vorgelege und den Riemen mit der einer Reihe von Filtern gemeinsamen Transmissionswelle in Verbindung, so daß die Übertragung von Erschütterungen von dieser Welle aus bis zu dem in dem Filtermaterial steckenden Rührwerk sehr wohl denkbar ist. Es ist also während der Reinigung eines einzelnen Filters die Filterhaut der ganzen Reihe der an diese Welle angeschlossenen Filter gefährdet, wenn sich der Wärter nicht die Mühe nimmt, nach der Reinigung sofort den Riemen abzunehmen, was eine erhebliche Erschwerung des Betriebes bedeuten würde. Es ist demnach unter allen Umständen vorteilhaft, wenn das Rührwerk vollständig aus dem Filtermaterial herausgehoben werden kann. Bei den Filtern der amerikanischen Jewell-Gesellschaft hängen die Stangen an den horizontalen Armen des Rührwerkes in Scharnieren, die so eingerichtet sind, daß bei der einen Drehrichtung des Rührwerkes die Stangen sich vertikal einstellen, dagegen bei der Drehung in entgegengesetztem Sinn sich aus dem Filtermaterial herausziehen und eine geneigte Lage annehmen müssen. Wird nun nach erfolgter Reinigung das Rührwerk für kurze Zeit umgestellt, dann ziehen

sich die Stangen aus dem Filtersand heraus und legen sich in schräger Lage auf die Filteroberfläche.

Zur Spülung soll in der Regel filtriertes Wasser verwendet werden. Bei Druckfiltern, die direkt in die Druckleitung eingeschaltet sind, wäre es fehlerhaft, die Spülung direkt an diese anzuschließen, weil dadurch bei Inbetriebsetzung der Spülung eines Filters plötzlich durch die hinter dem Filter auftretenden Druckschwankungen die Arbeitsbedingungen der anderen an dieselbe Druckleitung angeschlossenen Filter ungünstig beeinflusst würden, so daß Störungen unvermeidlich wären. In diesem Falle ist es vorteilhaft, einen eigenen Behälter für Spülzwecke in geeigneter Höhenlage aufzustellen und durch ein schwaches Rohr von der Druckleitung aus speisen zu lassen. Sind die Filter nicht direkt in die Druckleitung eingeschaltet, so wird in jedem einzelnen Falle zu erwägen sein, ob die Aufstellung eines Spülbehälters mit kleinem Pumpwerk oder einer größeren Spülpumpe allein (Zentrifugalpumpe mit Standrohr) vorteilhafter ist.

Ebenso wichtig wie bei der Filtration ist es auch bei der Spülung, daß die ganze Querschnittsfläche des Filters gleichmäßig dem Spülprozeß unterworfen wird, so daß eine durchaus gleichmäßige Reinigung stattfindet. Bei fehlerhaften Konstruktionen bohrt sich der Strahl des Spülwassers einen Weg durch das Filtermaterial, der ungefähr der Stärke des Wasserstrahles entspricht, und aller seitlich von diesem zylinderförmigen Gange liegende Sand kann an der Reinigung nicht teilnehmen. Es muß daher Vorsorge getroffen werden, daß tote Winkel vermieden werden, und daß das Spülwasser vollständig gleichmäßig im ganzen Querschnitt aufsteigt. Fehlerhaft in diesem Sinne ist eine Konstruktion, bei der die Einmündung des Spülwasserrohres senkrecht zum Siebboden, also direkt von unten nach oben angeordnet ist, wodurch alle erwähnten Mißstände herbeigeführt werden. Vorteilhaft dagegen ist es, wenn dieses Spülrohr seitlich einmündet, so daß die lebendige Kraft des Spülwassers nicht direkt aufwärts in der Spülrichtung wirkt. Die gleichmäßige Verteilung des Waschwassers wird wesentlich unterstützt durch richtige Konstruktion des Siebbodens, der vorteilhaft mit sog. Sieb-

köpfen ausgerüstet werden kann. Dies sind kleine Düsen, die in großer Anzahl auf dem Siebboden angebracht werden, und die Anordnung ist derart getroffen, daß beim Spülen durch jede der Düsen ein Wasserstrahl von gleicher Stärke und gleichem Druck in der Spülrichtung austritt.

Der Druck des aufsteigenden Waschwassers (also die Höhenlage des Wasserspiegels eines eventuell aufzustellenden Spülbehälters) muß so groß sein, daß der Sand gehoben und schwebend erhalten wird. Der hierzu erforderliche Überdruck ist nach S. Bent R u s s e l¹⁾:

$$H = \frac{(100 - V) (g - 1) t}{100},$$

wobei V = Hohlraumvolumen in Vol.-%,

G = spezifisches Gewicht des Sandmaterials und

t = Tiefe des Sandbettes.

Um das Schmutzwasser möglichst gleichmäßig und rasch von der Filteroberfläche abzuführen, sollen Überlaufrinnen in geringer Höhe über der Sandoberfläche angeordnet sein, die in der Regel mit den Überlaufrinnen identisch sind, über welche das Rohwasser bei der Filtration eintritt (siehe *cc* Fig. 8). Die Höhe dieser Überlaufrinnen über der Sandoberfläche ist so zu bemessen, daß einerseits kein Sand mit fortgerissen, andererseits aber auch die notwendige Druckhöhe des Waschwassers nicht unnötigerweise dadurch vergrößert wird. Ein Versuch mit dem in Frage kommenden Filtersand und der entsprechenden Spülwassergeschwindigkeit wird hier den besten Aufschluß geben. Eventuell kann man diese Überlaufhöhe auch verstellbar einrichten, so daß etwa notwendig werdende Änderungen nachträglich leicht vorgenommen werden können.

Das Aufrühren des Sandes wird in vielen Anlagen nicht durch Rührwerke von der beschriebenen Konstruktion bewerkstelligt, sondern dadurch, daß man gleichzeitig mit dem Waschwasser Luft in das Sandbett einpreßt, und zwar viel-

¹⁾ Journal of the Association of Engineering Societies 1909. Nr. 6. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversg. 1910. S. 121.

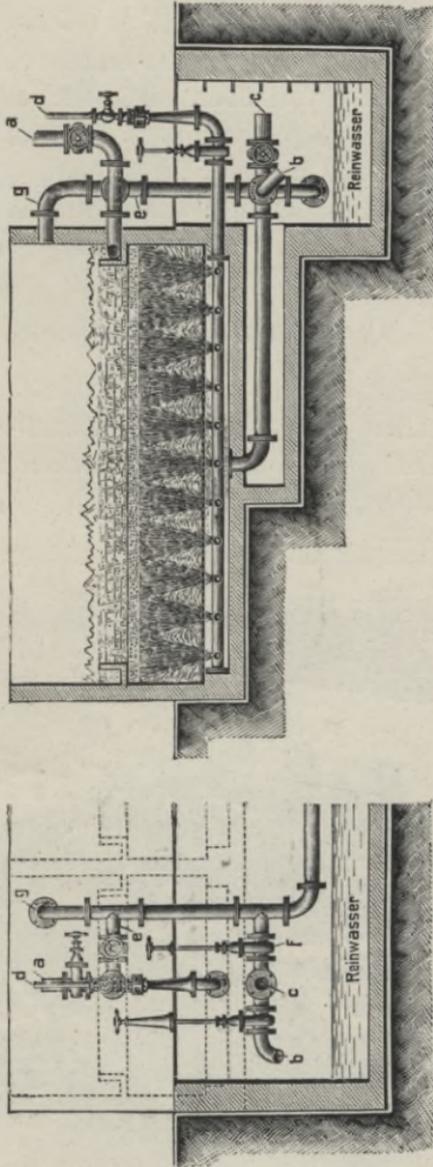


Fig. 9.

fach durch ein besonderes Leitungssystem direkt unterhalb des Siebbodens. Fig. 9. Auch hier ist auf gleichmäßiges Aufwühlen im ganzen Querschnitt besonders zu achten. Die notwendige Luftmenge gibt S. Bent Russel zu 250 cbm pro 1000 cbm Waschwasser an. Wieder andere Konstruktionen lassen das Waschwasser von oben eintreten, dem dann von unten her Preßluft entgegengeführt wird, wobei mit einer Luftmenge von 5 bis 10 l in der Sekunde pro qm zu rechnen ist. Die Druckluft kann erzeugt werden durch Ventilatoren oder Kompressoren oder auch mittels Dampfgebläse.

d) Gesamtanordnung.

Bei der Projektierung ist neben entsprechender Raumausnutzung vor allen Dingen Rücksicht auf den späteren Betrieb zu nehmen. Bei einer übersichtlichen Anlage ist die Bedienung leicht, die Betriebskosten werden deshalb

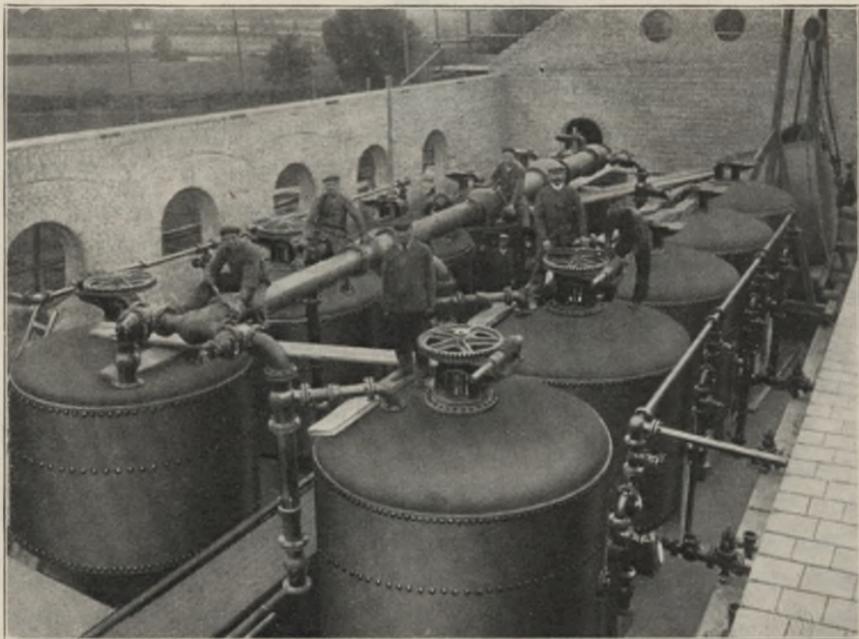


Fig. 10.

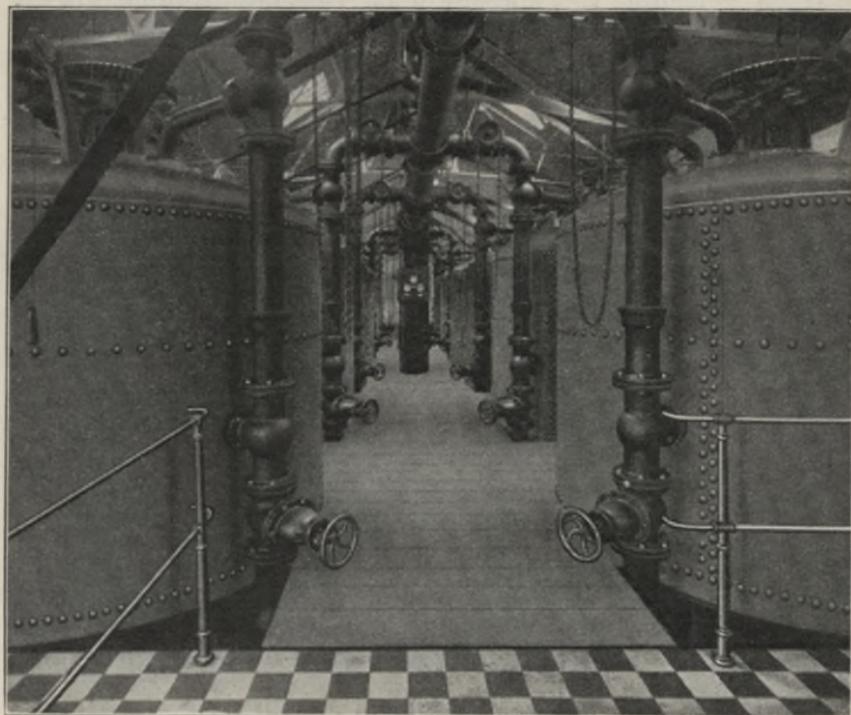


Fig. 11.

gering und Betriebsstörungen selten sein, denn bequeme Zugänglichkeit aller Teile erleichtert wesentlich die Ausführung eventuell notwendig werdender Reparaturen. Wo hierbei schwere Teile bewegt werden müssen, ist die Anordnung eines Flaschenzuges mit Laufkatze angezeigt, wie überhaupt das Bestreben darauf gerichtet sein soll, mit möglichst wenig menschlichen Arbeitskräften für die Bedienung auszukommen, denn mit der Zahl des Bedienungs-personales wächst die Möglichkeit der Verunreinigung und der Infektion.

Die Fig. 10, 11 und 12 zeigen eine von der Firma Halvor Breda für die Stadt Nürnberg gelieferte Anlage.

Neben dem Filterraum, als dem wichtigsten Teile des ganzen Filtergebäudes, werden bei mittleren und größeren

Anlagen getrennt von diesem noch folgende Räume vorzusehen sein:

1. Ein Maschinenraum für die Aufstellung der Motoren, Kompressoren usw. Dieser kann bei elektrischem Antrieb wegfallen.
2. Ein Laboratorium zur Aufbewahrung der Chemikalien, Herstellung der Lösungen und Ausführung von chemischen und bakteriologischen Untersuchungen — zugleich Bureau.
3. Eine Werkstätte zur Behebung kleinerer Schäden.
4. Aufbewahrungsräume für Kohlen für die Heizung und für Brennstoff für die Motoren sowie für Reservefiltersand, Reserveteile usw.
5. Wohnung für den Filterwärter mit vollständig von der eigentlichen Filteranlage getrenntem Zugang.

Um ein Einfrieren der Filter usw. zu verhindern, ist der Filterraum heizbar zu machen, desgleichen ist für gute Beleuchtung und Lüftung aller Räume zu sorgen, um ein Niederschlagen von Feuchtigkeit an den Wänden zu verhüten.

Die Aufstellung des Projektes wird sich naturgemäß zunächst nach dem augenblicklichen Bedarf zu richten haben, man wird jedoch in richtiger Würdigung der zu erwartenden Konsumsteigerung der nächsten Jahre bei der ganzen Anordnung darauf bedacht sein, daß eine Vergrößerung der Leistungsfähigkeit leicht vorzunehmen ist, indem man gleich von vornherein auch für die nächste Zukunft disponiert.

Die hinsichtlich der Wahl des Platzes für die Reinigungsanlage zu treffenden Erwägungen können in ihrer Gesamtheit hier nicht erörtert werden, doch sei bemerkt, daß hier technisch die größte Freiheit besteht. Wir können die Reinigung des Wassers sowohl an der Entnahmestelle bzw. der Quelle oder direkt am Hochbehälter als auch an jedem Punkte der Zuleitung vornehmen. Ist die Anlage für größere Wassermengen berechnet und besteht zwischen der Entnahmestelle und dem Hochbehälter ein wesentlicher Höhenunterschied, so daß maschinelle Hebung des Wassers erfolgen muß, so wird im einzelnen Falle zu erwägen sein, ob die Vorteile der Nähe

des Konsumgebietes oder der Nähe einer elektrischen Zentrale, die mit der Errichtung der Anlage in der Nähe des Hochbehälters verbunden sind, im richtigen Verhältnis stehen zu den Mehrkosten, die dadurch erwachsen, daß auch das für Spülzwecke verbrauchte Wasserquantum, das doch immerhin

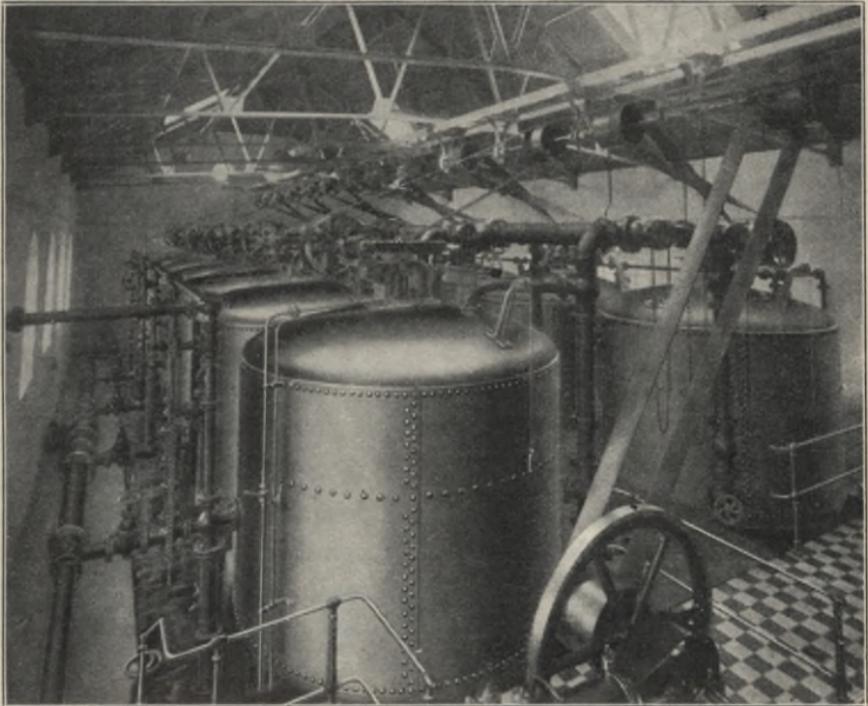


Fig. 12.

ca. 2% der Gesamtwassermenge beträgt, ebenfalls auf diese Höhe gehoben werden muß, und zu den Mehrkosten der eventuell mit größerem Durchmesser anzulegenden Zuleitung. Es sind also in der Hauptsache wirtschaftliche Vergleichsrechnungen, die uns die richtige Lösung zeigen.

e) Einfluß der Temperatur.

Ein großer Nachteil der Oberflächenwasserversorgung besteht darin, daß das in das städtische Versorgungsnetz gelieferte Filtrat alle Temperaturschwankungen der Jahres-

zeiten mitmacht, demnach im Winter viel zu kalt ist und im Sommer der nötigen Frische entbehrt, um wirklich als Genußmittel angesprochen werden zu können. In den seltensten Fällen, wie z. B. bei Seewasserwerken, liegen die Verhältnisse so günstig, daß ein Rohwasser von ziemlich konstanter entsprechend niedriger Temperatur während des ganzen Jahres zur Verfügung steht; gewöhnlich ist man auf Flußwasser angewiesen, dessen Temperatur im Sommer auf 20 bis 25° C ansteigen kann, und die durch den Filtrationsprozeß nur äußerst wenig beeinflußt wird. Dieser Übelstand wurde schon frühzeitig als solcher empfunden und es hat nicht an Versuchen gefehlt, gegen diese Temperatureinflüsse anzukämpfen, um ein dem Quell- und Grundwasser an Frische gleichwertiges Produkt liefern zu können. So wurde schon 1865 von Louis S c h a r p in den Vereinigten Staaten ein Apparat zum Patent angemeldet, der diese Schwierigkeiten beheben sollte. Dieser »Improved Water Filter and Cooler«¹⁾ sollte 10 bis 15 Fuß tief in die Erde vergraben werden und dadurch jahraus jahrein ein Filtrat von gleicher Temperatur erzeugen. Es war dies einer von den vielen erfolglosen Versuchen zur Erreichung des uns vorschwebenden Ideales. Neuerdings versucht man diese Frage mit Erfolg zu lösen durch Erzeugung künstlichen Grundwassers, indem man vorgereinigtes Flußwasser oberhalb von vorhandenen Fassungsanlagen zur Versickerung bringt²⁾. Die Resultate dieser Anlagen sind bakteriologisch sehr gut und die Temperaturschwankungen werden fast vollständig ausgeglichen.

Bei der Anlage in Gothenburg wurden folgende Temperaturschwankungen beobachtet:

Rohwasser zwischen	0° und 20° C
Filtriertes Wasser zwischen	2° » 18° C
Künstliches Grundwasser zwischen	8° » 10½° C.

¹⁾ Scientific American 1869, Nr. 21, S. 36.

²⁾ Les eaux souterraines artificielles von Ingenieur J. Gust. R i c h e r t , Stockholm 1900. — Journ. f. Gasbel. u. Wasserversg. 1910, Nr. 30 u. 1911, Nr. 4.

In richtiger Würdigung der Bedeutung einer angenehmen Trinkwassertemperatur haben wir bei der Errichtung einer Schnellfilteranlage im wesentlichen noch folgende Punkte zu berücksichtigen:

1. Verhinderung der Einwirkung von Kälte sowie der direkten Sonnenstrahlung durch Unterbringen der Apparate in einem Gebäude,
2. Wahl eines geschützten Platzes für das Filterhaus,
3. Anordnung der Filterräume in der nördlichen Hälfte des Hauses,
4. Aufstellung der Apparate und Vorklärbehälter womöglich unterirdisch, falls die Grundwasserverhältnisse dies gestatten.

Die Anordnung der Filter muß den »Grundsätzen für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration zu Zeiten der Cholera-gefahr« genügen, d. h. es muß jeder Filter für sich ausschaltbar, regulierbar und kontrollierbar sein in bezug auf Überdruck und Beschaffenheit des Filtrates, so daß jeden Augenblick Proben entnommen werden können. Außerdem muß jeder Filter für sich entleert und von unten mit filtriertem Wasser wieder gefüllt werden können, das Filtrat muß, vom Zeitpunkt der Reinigung bis zum Einarbeiten des Filters in den Schlammkanal abgelassen werden können, das Spülwasser muß sichtbar innerhalb des Filterraumes ausfließen und die Filter müssen so angelegt sein, daß ihre Wirkung durch den veränderlichen Stand im Reinwasserbehälter nicht beeinflußt werden kann.

Zur vollständigen Ausstattung gehören außerdem Meßvorrichtungen zur Aufzeichnung der Leistung jedes einzelnen Filters, des Spülwasserverbrauches, des Filterdruckes sowie eine Fernsprechverbindung zum Bureau des Direktors. In Fällen, wo das Wasser nicht das ganze Jahr hindurch eine Filtration erfordert, sind Umgangsleitungen anzuordnen, so daß das Wasser unter Umgehung der Filter direkt dem Reinwasserbehälter zugeführt werden kann.

Um Betriebsunterbrechungen möglichst auszuschließen, sind mindestens zwei Filteraggregate aufzustellen, wovon

das eine als Reserve dienen soll. Die Größe der einzelnen Filter richtet sich nach den Raumverhältnissen und man hat hier ziemlichen Spielraum. Der Betrieb in Cincinnati¹⁾ hat gezeigt, daß Filter von 15 000 cbm täglicher Leistung erfolgreich betrieben werden können. Rechnet man mit einer täglichen Reinigung jedes Filters und einer Zeit von einer Stunde vom Beginn der Reinigung bis zur Bildung der Filter-

haut, so ist die GesamtfILTERFLÄCHE F zu machen: $F = \frac{25 \cdot Q}{24 \cdot v}$,
wobei

Q = größter Tagesbedarf,

v = Arbeitsgeschwindigkeit des Filters.

IV. Unter welchen besonderen Umständen wird man Schnellfilter mit Vorteil anwenden?

Wie schon bemerkt, kann man von einer Überlegenheit des einen oder anderen Systems der Wasserfiltration im allgemeinen nicht sprechen. Vom technischen und hygienischen Standpunkt aus lassen sich in den allermeisten Fällen beide Systeme als gleich brauchbar bezeichnen, so daß die Entscheidung lediglich von den besonderen Verhältnissen, von der Vorliebe für das eine oder das andere System und schließlich von den voraussichtlichen jährlichen Kosten abhängen wird. Es gibt aber Fälle, wo die Schnellfiltration den langsamen Sandfiltern unbedingt überlegen ist, und wo deshalb nur die Anwendung der Schnellfiltration in Frage kommt. Dies ist der Fall:

a) Bei Platzmangel oder bei zu hohen Bodenpreisen. Sehr oft ist man bei der Wahl des Platzes an bestimmte Örtlichkeiten gebunden, die der beschränkten

¹⁾ Journal of the Association of Engineering Societies 1909, Nr. 6. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversg. 1910, S. 121.

Raumverhältnisse wegen die Anlage großer Filterbecken nicht gestatten. Das ist namentlich dann oft der Fall, wenn man sich bei der Neuanlage nach alten bereits vorhandenen Anlagen richten muß, die nicht von vornherein auf eine spätere Vergrößerung berechnet waren. Aber auch bei vollständigen Neuanlagen stellen sich dem Bau großer Filterbecken häufig Hindernisse finanzieller Natur entgegen, die ihre Ursache in dem enormen Steigen der Bodenpreise haben, das wir in den letzten Jahrzehnten gleichmäßig in der Nähe aller unserer größeren Städte beobachten können. Die Kosten der langsamen Filtration werden dadurch infolge der hohen Ausgaben für Grunderwerb so bedeutend, daß ihre Anwendung häufig nicht möglich ist. Wenn man nun bedenkt, daß die Filtrationsgeschwindigkeit der Schnellfilter ca. 40 mal größer ist als bei den langsamen Sandfiltern, daß also als Filterfläche bei derselben Leistung nur $\frac{1}{40}$ der Fläche der langsamen Sandfilter notwendig ist, und daß man überdies durch etagenförmiges Übereinanderanordnen von drei und noch mehr Filterflächen eine weitere Raumersparnis erzielen kann und ferner, daß infolge der kurzen Zeit, die zur Reinigung und zum Wiedereinarbeiten der Schnellfilter notwendig ist, die Reserveflächen prozentual viel kleiner ausfallen können als bei den langsamen Filtern, so ist ohne weiteres klar, daß in solchen Fällen die Schnellfiltration viel wirtschaftlicher arbeiten kann und infolgedessen der langsamen Filtration vorgezogen werden muß.

b) In Gegenden mit sehr strengem Klima. Die langsame Sandfiltration erfordert die Anlage großer offener Filterbecken, deren Überdeckung infolge ihrer Größe sehr hohe Kosten verursachen würde. Bei sehr strengen Wintern sind nun diese Filterbecken allen Unbilden der Witterung ausgesetzt und die Reinigung eines einmal totgelaufenen Filters ist bei andauerndem Frost nicht möglich, während bei Schnellfiltern, die in heizbaren Räumen untergebracht werden können, der Betrieb auch bei strengster Kälte keine Störung erleidet.

c) In solchen Fällen, wo nicht das ganze Jahr hindurch filtriert wird. Dies ist häufig

daß der Fall, wenn die Verunreinigungen des zur Versorgung herangezogenen Wassers nur vorübergehend auftreten, wie bei Hochwasser, zur Zeit der Schneeschmelze usw., während das ganze übrige Jahr hindurch eine Reinigung des Wassers nicht nötig ist. Für derartige Filtrationsanlagen kommen langsame Sandfilter überhaupt nicht in Betracht, denn sobald die Verunreinigung im Wasser auftritt, muß der Filter wirksam in Tätigkeit treten können, so daß eine Zeit zum Einarbeiten und zum Bilden einer Filterhaut auf natürlichem Wege nicht vorhanden ist.

d) Zur Reinigung sehr schlammigen Wassers. Besonders zur Zeit der Schneeschmelze führen viele Flüsse so große Schlammengen, daß eine Reinigung durch Sandfilter ausgeschlossen ist, da sich diese zu schnell verstopfen und die Reinigung derselben zu oft vorgenommen werden müßte. Professor A. Oelwein in Wien hatte gelegentlich seiner Vorstudien für die Wasserversorgung von Esseg 1887¹⁾ Versuche angestellt, das schlammige Drauwasser durch Stoff- und Sandfilter zu reinigen, jedoch ohne jeden Erfolg; auch eine Behandlung in Klärbecken hatte keine Wirkung, dagegen hat sich die Verwendung von Alaun als Fällmittel glänzend bewährt. Es konnte bei 280 g Schlick im cbm Wasser durch einen Zusatz von 25 g Alaun das Wasser in einer Viertelstunde geklärt werden, ohne daß eine Änderung des Geschmacks oder eine Abnahme der freien und halbgebundenen Kohlensäure wahrzunehmen gewesen wäre.

e) Bei solchen Wässern, die durch Ton in feinsten Verteilung getrübt sind. Bei der häufig vorkommenden Verunreinigung des Wassers durch feine Tonpartikelchen, die schon in ganz geringen Mengen opalisierende Trübungen in Wasser hervorrufen, versagen die langsamen Sandfilter vollständig. Obwohl es sich hier nicht um direkt gesundheitsschädliche Stoffe handelt, so ist deren Beseitigung nicht minder wichtig, denn eine Wasserversorgung, die den gesteigerten Ansprüchen unserer modernen

¹⁾ Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Architektenvereins 1906, Nr. 5, S. 225.

Zeit genügen soll, muß vollständig, klares zum Genuß einladendes Wasser abzugeben imstande sein. Eine Beseitigung der Trübung durch Filtration allein ist wegen der Kleinheit der einzelnen Teilchen nicht möglich, denn während z. B. der Milzbrandbazillus noch ca. $\frac{6}{1000}$ mm mißt, beträgt die Größe eines solchen Tonteilchens nur ca. $\frac{1}{10000}$ mm, ist also 60 mal kleiner als dieser. Hier kann nur eine chemische Behandlung des Wassers durch Koagulation zum Ziele führen, und tatsächlich gelingt es durch Zusatz von schwefelsaurer Tonerde, ein Zusammenballen der kleinen Teilchen zu größeren abfiltrierbaren Körperchen herbeizuführen, die zum allergrößten Teil durch das niedersinkende Tonerdehydrat im Vorklärbehälter mit zu Boden gerissen werden und demnach das Filter nicht belasten. Das Resultat dieser Behandlung ist ein vollkommen klares kristallhelles Wasser, wie es durch langsame Filtration unter solchen Voraussetzungen nicht geliefert werden kann.

f) Bei solchen Wässern, welche keine Filterhaut bilden. Die Wirkung der langsamen Sandfiltration beruht einzig und allein auf der sich bildenden Filterhaut, die den Filter erst zum Feinfilter macht. Solange bis sich diese Filterhaut gebildet hat, muß das Filtrat in den Schlammkanal abgelassen werden, da erst beim Vorhandensein der Schleimschicht von einer befriedigenden Wirkung gesprochen werden kann. Die Zeit, die zur Bildung dieser Filterhaut notwendig ist, ist bei den verschiedenen Wässern sehr verschieden, ja es gibt sogar Wässer, die infolge der Abwesenheit von organischem Material nicht imstande sind, die einzelnen Sandkörner mit einer gelatinösen Schicht zu umhüllen, und denen das Material zur Bildung einer Filterhaut vollständig fehlt. Da dies aber die Voraussetzung für das Gelingen der Sandfiltration ist, so kann diese auf derartige Wässer keine Anwendung finden. Ein derartiger Fall lag vor bei der Versorgung der Stadt Cincinnati mit Wasser aus dem Ohio. Neben der Unfähigkeit zur Bildung einer filtrierenden Schleimschicht enthielt dieses Wasser außerdem noch sehr viel äußerst feinen Ton aufgelöst, so daß also zwei Momente vorhanden waren, welche die mit Sandfiltern ange-

stellten Versuche zum Scheitern brachten¹⁾. Weiterhin angestellte Versuche mit Schnellfiltern und Koagulation mit Aluminiumsulfat hatten sehr günstige Resultate. Ähnlich lagen die Verhältnisse bei der Wasserversorgung von Alexandrien²⁾, wo mit Jewellfiltern so gute Erfahrungen gemacht wurden, daß die bestehende Sandfilteranlage aufgegeben und das ganze Werk für Schnellfiltration umgebaut wurde. Zur Verwendung kommt Nilwasser, das aus dem Mahmondiekanal entnommen wird, und das durch die Abwässer der an dem Kanal liegenden Ortschaften ziemlich verunreinigt ist. Erschwerend kommt außerdem noch der Umstand hinzu, daß der größte Wasserverbrauch zeitlich mit der größten Verunreinigung des Nils zusammenfällt. Bei den Vorarbeiten wurden auch Versuche mit Kaliumpermanganat angestellt. Dieses verwandelt sich bei Anwesenheit von organischen Stoffen in Mangansuperoxyd, indem es zwecks Oxydation der organischen Substanz Sauerstoff abscheidet. Das Superoxyd ist in Wasser fast unlöslich, fällt aus und reißt dabei die feinsten im Wasser suspendierten Teilchen mit sich zu Boden. Schließlich entschied man sich für Jewellfilter und Koagulation mit schwefelsaurer Tonerde.

g) Zur Entfärbung von Wasser, das durch Huminsubstanzen braun gefärbt ist. Diese Braunfärbung, die hauptsächlich bei Wässern beobachtet wird, die direkt aus Torflagern stammen oder aus neuen Talsperren, deren Sohle nicht genügend gereinigt worden war (Remscheid, Plauen i. V.), birgt für die Gesundheit keine Gefahr in sich, sondern ist lediglich ein Schönheitsfehler, der allerdings sehr störend wirkt, und dessen Beseitigung durch Koagulation, verbunden mit Schnellfiltration, ohne besondere Schwierigkeiten gelingt, während die langsame Sandfiltration allein in den weitaus meisten Fällen versagt. In Königsberg verwendet man zur Klärung solchen braun gefärbten Wassers Alaun, worüber wir in einem Bericht des

¹⁾ Journ. f. Gasbel. u. Wasserversg. 1900, S. 42.

²⁾ Zeitschr. f. Hygiene und Inf. 1908. The Engineering Record 1907, Bd. 55 Nr. 8 S. 201 bis 203 m. Abb.

dortigen Stadtbaurates E. K u c k folgende Notiz finden: »Das Vorhandensein von Huminstoffen im Übermaß brachte bei der Inbetriebnahme des Wirrgrabens Erscheinungen hervor, die dazu drängten, das Wasser überhaupt nicht zu verwenden. Da aber andere Reserven nicht vorhanden waren, so mußte Abhilfe geschaffen werden. Im Jahre 1910 zum erstenmal wird nun dem Wirrgraben, ungefähr 2 km vom Wasserwerk entfernt Alaun, zugesetzt (30 bis 40 g pro cbm), und das Wasser ist dadurch gebrauchsfähig geworden.«

V. Vor- und Nachteile der Schnellfiltration.

Die Vorteile, die mit der Anwendung der Schnellfiltration verbunden sind, gehen aus den vorstehenden Ausführungen ohne weiteres hervor, doch möchte hier nochmals eine kurze Zusammenfassung gebracht werden. Die Vorteile hygienischer Natur bestehen neben der Keimreduktion, die in ihrer Wirkung der langsamen Sandfiltration um nichts nachsteht, vor allen Dingen in der dadurch geschaffenen Möglichkeit, auch weniger leistungsfähigen Gemeinwesen die Wohltaten einer modernen Wasserversorgung zu erschließen und so die großen Aufgaben der Hygiene wesentlich zu fördern. Außerdem sei noch besonders hervorgehoben, daß die Reinigung der Schnellfilter in einer hygienisch besonders einwandfreien Weise erfolgt, indem dabei eine Berührung des Filtermaterials mit Menschen vollständig vermieden wird, so daß die Möglichkeit einer Infektion des Filters während der Reinigung bis aufs äußerste beschränkt ist.

Als technische Vorteile kommen in Betracht der trotz der großen Leistungsfähigkeit geringe Raumbedarf der Schnellfilteranlage, die leichte und billige Erweiterungsfähigkeit und die geringen Kosten, die Anlage und Betrieb erfordern, ferner die leichte Handhabung, leichte Betriebskontrolle infolge der übersichtlichen Anordnung, die infolge der Unter-

bringung in heizbaren Räumen auch während des Winters leicht vorzunehmende Reinigung und schließlich der Umstand, daß die Schnellfilter in vielen Fällen ihre Leistungsfähigkeit beweisen, wo die langsame Sandfiltration versagt.

Schwierigkeiten verursacht zuweilen bei Anwendung von Chemikalien die Beseitigung des Schlammes sowie die Regulierung der Chemikalienmenge nach der jeweiligen Beschaffenheit des Wassers, besonders dann, wenn die Änderungen plötzlich eintreten. Die Zunahme der Härte wird namentlich von seiten der Industrie nach meiner Ansicht in übertriebener Weise als ein Nachteil hingestellt, der jedoch gegenüber den sonstigen Vorteilen leicht mit in Kauf genommen werden kann.

VI. Vorbedingungen für das Gelingen der Filtration.

Bei der Projektierung einer Oberflächenwasserversorgung wäre nichts verhängnisvoller als ein Sich-Verlieren in Einzelheiten und Außerachtlassung aller mit der Filteranlage nicht in unmittelbarem Zusammenhange stehenden Teile der Gesamtanlage. Die für die Erzielung einer wirklich befriedigenden Lösung maßgebenden Verhältnisse sind sehr mannigfaltig und können für das Gelingen der Filtration von so ausschlaggebender Bedeutung werden, daß es sich wohl lohnt, dieselben einer kurzen Betrachtung zu unterziehen, denn wir sind sehr wohl imstande, durch getroffene Maßnahmen außerhalb der Filteranlage den Erfolg zu einem vollständigen zu machen oder aber auch einen eklatanten Mißerfolg herbeizuführen. Von großer Bedeutung in dieser Hinsicht sind:

a) Die Beschaffenheit des Rohwassers. Man darf sich nicht mit einer aufs beste eingerichteten Filteranlage zufrieden geben und dieser nun die ganze Arbeit der Reinigung überlassen, sondern man muß möglichst schon da-

für sorgen, daß das zur Verwendung kommende Rohwasser möglichst rein ist und die Filter möglichst wenig belastet. Umfangreiche Vorarbeiten zur Ermittlung der günstigsten Wasserentnahmestelle, die sich über längere Zeiträume erstrecken müssen und alle Verhältnisse berücksichtigen sollen, machen sich hier immer bezahlt und die Gesichtspunkte, die für derartige Vorarbeiten maßgebend sind, sind allgemein bekannt. Die Konstruktion der Entnahmestelle selbst macht in den meisten Fällen besonders bei der Flußwasserversorgung keine großen Schwierigkeiten, dagegen werden bei Seewasserwerken oft sehr kostspielige Anlagen notwendig, da das Streben darauf gerichtet ist, die Entnahme möglichst weit vom Ufer und in entsprechender Tiefe vorzunehmen.

Viele Filterwerke leiden unter dem Übelstande, daß besonders zu Hochwasserzeiten das zur Verarbeitung kommende Rohwasser von einer Beschaffenheit ist, die einen befriedigenden Reinigungseffekt selbst mit den besten Mitteln nicht mehr erzielen läßt. Für ein Filterwerk ist es aber von größter Wichtigkeit, immer ein möglichst gleichmäßiges, nur geringen Änderungen unterliegendes Rohmaterial verarbeiten zu können, denn unter solchen Bedingungen ist der Betrieb am einfachsten, da die Filter ruhig und gleichmäßig immer unter denselben Bedingungen weiterarbeiten können. Änderungen der zuzusetzenden Chemikalienmenge brauchen dann nicht vorgenommen zu werden, und es sind die Voraussetzungen für die höchsten Leistungen in hygienischer und wirtschaftlicher Beziehung gegeben. Dieser Idealzustand ist leider nur in den seltensten Fällen, wie bei Talsperren und Seewasserwerken, von vornherein vorhanden, während die Flußwasserwerke meist ganz erheblich unter den Änderungen der Witterung zu leiden haben. Aber auch hier kann sehr oft Abhilfe geschaffen werden, indem man unter Ausnutzung der Geländebeschaffenheit Stauweiher anlegt von solchen Abmessungen, daß man zu Hochwasserzeiten auf die Entnahme aus dem Fluß verzichten kann. Mit der ausgleichenden Wirkung der Stauweiher verbindet sich außerdem noch eine Klärung durch Sedimentation, so daß durch derartige Maßnahmen schließlich ein Rohwasser von brauchbarer gleichmäßiger Beschaffenheit erzielt wird.

In Königsberg hat man außerdem Abfanggräben angelegt, um alle unreinen Zuflüsse fernzuhalten, ferner werden durch Auskrauten und Ausmodern innerhalb des Stau- und Niederschlagsgebietes die vegetabilischen Stoffe, die in Fäulnis übergehen können, nach Möglichkeit entfernt.

b) Vorversuche zur Gewinnung von Unterlagen für die Projektierung und den späteren Betrieb. Die Wichtigkeit solcher Vorversuche kann nicht genug betont werden, denn erst dadurch erlangen wir brauchbare Unterlagen für die Dimensionierung der Anlage und für den Betrieb. Unterlassungssünden in dieser Richtung können sich bitter rächen, und der Bau einer Filteranlage lediglich auf Grund einiger chemischer Wasseruntersuchungen muß zu einem Mißerfolg führen. Wie schon erwähnt, kann uns die chemische Analyse wertvolle Fingerzeige geben, wo der Hebel bei der Reinigung anzusetzen ist, welche Chemikalien als wirksam in Frage kommen können usw., ob aber die daraus abgeleiteten Schlüsse sich als richtig erweisen, kann uns nur der Versuch lehren, und wir sehen in der Tat, wie allen größeren Neuanlagen der längere Betrieb einer Versuchsanlage regelmäßig vorausgeht. Durch diese Vorversuche sollen festgestellt werden:

1. Art und Menge der zu verwendenden Chemikalien,
2. Größe des Vorklärbehälters,
3. zulässige Filtrationsgeschwindigkeit,
4. der höchstzulässige Filtrationsüberdruck,
5. die Länge der Arbeitsperiode und die Leistung während dieser Zeit,
6. das geeignetste Filtermaterial in bezug auf Korngröße und Stärke der filtrierenden Schicht,
7. die beste Art der Filterreinigung,
8. der notwendige Druck des Spülwassers und dessen Menge
 - a) in der Zeiteinheit,
 - b) in Prozenten der in der vorausgehenden Filterperiode verarbeiteten Rohwassermenge,
9. die Zeitdauer von der Reinigung bis zum Wiedereinarbeiten des Filters,

10. die bakteriologische, chemische und physikalische Leistung des Filters unter den verschiedenen Betriebsverhältnissen,
11. alle sonstigen für die Ausführung wertvollen Daten.

Sind die Vorversuche beendet, so sind die Ergebnisse einer gründlichen Bearbeitung zu unterziehen, so daß aus den gesammelten Erfahrungen für die Ausführung Nutzen gezogen werden kann.

e) Projektierung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und sachgemäßer Betriebsleitung. Soll eine Wasserversorgungsanlage ihren großen Zweck, Förderung der Volksgesundheit, erfüllen, dann muß der Wasserpreis für die Konsumenten so niedrig gehalten werden, daß auch die ärmeren Haushaltungen an den Wohltaten der Einrichtung teilnehmen können. Jedes Gemeinwesen hat außerdem ein Interesse daran, daß die öffentlichen Gelder auch zweckentsprechend verwendet werden, und daß alle öffentlichen Einrichtungen unter dem Gesichtspunkte getroffen werden, mit dem geringen Aufwand an Kapital das Beste zu erreichen. Weiterhin ist es besonders bei einer Filteranlage außerordentlich wichtig, daß der Betrieb sachgemäß geleitet und fortdauernd kontrolliert wird, denn welche verheerenden Wirkungen durch eine schlechte Wasserversorgung hervorgerufen werden können, zeigte deutlich die Hamburger Choleraepidemie vom Jahre 1892. Regelmäßig ausgeführte bakteriologische Untersuchungen geben uns das beste Bild darüber, wie auf einem Filterwerk gearbeitet wird. Um nun die zur Bedienung der Filter aufgestellten Hilfskräfte fortdauernd kontrollieren zu können, ist die Einrichtung einer Fernsprechverbindung mit dem Bureau des Direktors besonders zu empfehlen, ferner Fernmeldeeinrichtungen, die dorthin fortlaufend die Filterdrücke, Filterleistungen usw. melden und graphisch aufzeichnen; außerdem ist es vorteilhaft, in den Betriebsvorschriften eine fortlaufende Führung eines Tagebuches anzuordnen, worin über jeden einzelnen Filter Buch zu führen ist: über die Reinigung, Filterperioden sowie über alle besonderen Vorkommnisse, Reparaturen und dergleichen.

Schlußwort.

Wir sehen also, daß die Schnellsandfiltration bezüglich ihrer Leistungen neben der langsamen Sandfiltration eine achtunggebietende Stellung einnimmt, obwohl es meines Wissens noch keinen Apparat gibt, der hinsichtlich seiner Konstruktion allen hier aufgestellten Forderungen genügt. Zweifelsohne wird sich das Anwendungsgebiet in Zukunft noch bedeutend erweitern, wenn erst die teilweise noch vorhandene Scheu vor der Verwendung von Chemikalien überwunden sein wird, so daß die vor der Entscheidung für das eine oder andere Filtrationssystem anzustellenden Erwägungen neben der Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse rein wirtschaftlicher Natur sind. Wenn auch die uns zurzeit zur Verfügung stehenden Apparate noch keineswegs denjenigen Grad von Vollkommenheit besitzen, der wünschenswert und erreichbar ist, so ist doch zu hoffen, daß auch hierin die Technik immer weiter schreitet und auch der Schnellfiltration durch ihre Erfolge zur allgemeinen Anerkennung ihres Wertes verhilft.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 31129
L. inw.

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300030