

Über
künstliche Reinigung
des
Wassers.

Von
Prof. Dr. Max Gruber.

Vortrag, gehalten den 29. November 1893.

(Mit Demonstrationen.)

Mit 5 Abbildungen im Texte.



Hochgeehrte Anwesende!

Im vorigen Jahre habe ich die Ehre gehabt, Ihnen die Vorgänge zu schildern, durch welche ohne unsere Mitwirkung die Reinigung des Wassers in der Natur zustande kommt. Sie haben damals gehört, dass dieser Reinigungsvorgang insbesondere beim Versickern des Wassers in die tieferen Schichten des Erdbodens in großartigem Maßstabe sich vollzieht.

Hier im Boden findet Aufsaugung und Zurückhaltung vieler im einsickernden Wasser gelöst gewesener Stoffe statt. So werden die Salze der Phosphorsäure, die Verbindungen des Kaliums, viele organische Stoffe aus dem Wasser beseitigt. Der Boden behält, wenn ihm nicht allzuviel zugemuthet wird, dieses Aufsaugungsvermögen unverändert bei, da die aufgesogenen Stoffe zum Theil wie die phosphorsauren und die Kaliumsalze vom Boden weiter den Wurzeln der grünen Gewächse, zu deren Nahrung sie dienen, übergeben, zum Theil wie die Ammonsalze, die organischen Stoffe zerstört werden. Bei Zutritt von Luft und unter Mitwirkung der im Boden angesiedelten Microbien werden die organischen Stoffe bis zu den Endproducten, Kohlensäure, Wasser, Salpetersäure

u. s. w., oxydiert. Sie verwesen, wie wir sagen, und so wird also immer wieder Platz für neu Aufzunehmendes geschaffen.

Nicht minder wertvoll ist die andere Reinigung des Wassers, die sich im Erdboden vollzieht: seine Reinigung von aufgeschwemmten, festen Partikelchen. Die Böden stellen — zumeist wenigstens — Wasserfilter dar, welche im Stande sind, selbst die feinsten festen Theilchen, die im Wasser schweben, so auch die Microbien in ihren Poren zurückzuhalten, so dass wir das tropfbarflüssige Wasser in den größeren Bodentiefen, das sogenannte Grundwasser meistens völlig keimfrei antreffen.

Trotzdem uns die Natur auf dem geschilderten Wege große Vorräthe reinen, ungefährlichen und appetitlichen Wassers liefert, leiden wir doch nicht selten daran Mangel, stellt sich an vielen Orten das Bedürfnis nach künstlicher Reinigung unseres Trink- und Hausbrauchwassers ein, von der wir heute sprechen wollen.

Durchaus nicht überall lässt bekanntlich der Erdboden das Wasser einsickern, und die Niederschläge laufen dann an seiner Oberfläche ab. Nicht überall ist das Gefüge wasserdurchlässigen Bodens dicht und gleichmäßig genug, damit er als verlässliches Reinigungsfilter wirken würde. An vielen Orten sind seine Schichten derartig gelagert, dass sich in und auf ihnen das gereinigte Wasser nicht in solchen Mengen, wie wir ihrer bedürfen, ansammelt. Nicht selten nimmt

das Wasser gerade in großen Bodentiefen Stoffe auf, welche es zwar nicht gesundheitsschädlich, aber übel-schmeckend und unappetitlich machen. Den Boden unter unseren Wohnsitzen haben wir Menschen in unserem Unverstande oft seit Jahrhunderten in solchem Maße verunreinigt, dass sein Reinigungsvermögen den an ihn gestellten Zumuthungen nicht gewachsen war, und nun ist das Wasser verdorben und ekelhaft geworden.

Wieder an anderen Orten wäre zwar natürlich gereinigtes Wasser in ausreichenden Mengen im Boden vorhanden, aber wir wissen nicht von seinem Dasein, oder es fehlt an den Vorrichtungen, es zutage zu fördern. Nur selten tritt ja das gereinigte Wasser aus dem Boden freiwillig als Quelle wieder zutage. In allen diesen Fällen sind wir dann auf das an der Bodenoberfläche sich findende Wasser angewiesen, das, wie wir im Vorjahre besprochen haben, in bewohnten Gegenden stets als verdächtig angesehen und daher künstlicher Reinigung unterworfen werden muss.

Besonders häufig und bedrohlich sind jene Fälle, dass zwar Vorrichtungen zur Förderung des Grundwassers vorhanden sind, dass aber die Anlage der Brunnen — oder auch die Fassung der Quellen — so mangelhaft und fehlerhaft ist, dass durch sie erst das ursprünglich reine Wasser den ekelhaftesten Zuflüssen, den bedenklichsten Verunreinigungen von Aborten, Canälen, Senkgruben her, durch Spülwässer, Wäsche-waschen u. s. w. ausgesetzt wird. Auch in unseren

Wasserleitungen kann das Wasser aus den Leitungsröhren gesundheitsgefährliche Verunreinigungen, Bleibindungen nämlich, aufnehmen und dadurch die Anwendung eines künstlichen Reinigungsverfahrens nothwendig werden.

Die Verunreinigungen, welche das Wasser erfahren kann, sind selbstverständlich höchst mannigfaltiger Art. Je nach ihrer Natur ist auch das Reinigungsverfahren verschieden einzurichten. Ich kann — bei der Kürze der Zeit — nur versuchen, Ihnen wenigstens die wichtigsten dieser Verfahren in skizzenhaften Umrissen vorzuführen.

In manchen Fällen handelt es sich darum, gelöste Stoffe aus dem Wasser zu entfernen. So muss an manchen Küstenorten, auf Inseln und auf Schiffen das Trink- und Brauchwasser aus dem Meere gewonnen werden. Man erhitzt das Meerwasser in Kesseln zum Sieden, sammelt die Wasserdämpfe, kühlt sie ab und verdichtet sie wieder zu tropfbarflüssigem Wasser, das in die Reinwasserbehälter fließt, d. h. also, man „destilliert“ das Wasser ab, während die Salze und anderen gelösten Stoffe, die das Meerwasser ungenießbar machen, in den Kesseln zurückbleiben. Im Binnenlande wird die Aufgabe, das Wasser von darin gelösten Stoffen zu reinigen, verhältnismäßig selten gestellt. Wasser, die so reich an gelösten Stoffen sind, dass deren Entfernung vor der Verwendung nothwendig würde, sind meistens ihrer Herkunft nach so unappetitlich und verdächtig, dass sie besser gemieden werden.

Auch sind die meisten unserer Reinigungsverfahren gegenüber den gelösten Stoffen, namentlich wenn es sich um Herstellung von Genusswasser handelt, so mangelhaft oder gesundheitsbedenklich oder theuer, dass sie praktisch nicht verwertbar sind.

Aber ein einfaches Verfahren will ich Ihnen schildern, das erst in den letzten Jahren in immer ausgedehntere Aufnahme gekommen ist und große Wichtigkeit besitzt, da es uns an vielen Orten das reichlich vorhandene und sanitär unbedenkliche Grundwasser erst genießbar macht. Nicht selten findet man das Wasser aus tiefen Brunnen mit dem ekelhaften Geruche und Geschmacke nach faulen Eiern behaftet. Es rührt dies von seinem zumeist allerdings winzigen Gehalte an Schwefelwasserstoff her, einem Gase, das sich in größeren Tiefen des Erdbodens, in dessen Poren kein freier Sauerstoff vorkommt, entwickeln kann. Noch häufiger enthält solches Tiefbrunnenwasser Eisenoxydulsalze gelöst (gewöhnlich in der Form des Bicarbonates) und zeigt dann den bekannten unangenehmen Eisengeschmack und Geruch. Anfangs klar und farblos, wird solches Wasser beim Stehen an der Luft bald trübe und setzt einen rothen oder rothbraunen Bodensatz ab, der den Anblick des Wassers unappetitlich macht und manchmal so reichlich ist, dass die Leitungsröhren dadurch verschlammt und verstopft werden. In solchen eisenoxydulhaltigen Wässern gedeiht ferner eine niedere Wasserpflanze, die sogenannte Wasserpest, *Crenothrix polyspora*, am besten, manchmal

so üppig, dass binnen kurzem ganze Wasserleitungsnetze davon durchwuchert und verlegt werden. Dieses Missgeschick erlebte man z. B. in Berlin, wo die große kostspielige Tiefbrunnenanlage am Tegelersee seinerzeit aufgegeben werden musste, weil man damals den Eisengehalt des Wassers und damit auch die *Crenothrix* nicht zu beseitigen wusste. Heute aber kennen wir ein einfaches Verfahren, das Wasser von Schwefelwasserstoff wie von Eisenoxydul zu befreien. Es besteht darin, dass wir das Wasser ausgiebig lüften, indem wir es alsbald nach dem Schöpfen bei Luftzutritt über Drahtnetze, Reisigbündel u. dgl. fließen lassen oder besser durch Brausen treiben und in feine Strahlchen vertheilen, kurz auf dem einen oder anderen Wege es so rasch und ausgiebig als möglich mit Luft, beziehungsweise mit Sauerstoff in Berührung bringen. Dabei verflüchtigen sich sofort die Spuren von Schwefelwasserstoff, die das Wasser übelriechend gemacht hatten. Wenn aber Eisenoxydul im Wasser gelöst war, so wird es sofort durch den Sauerstoff der Luft zu Eisenoxyd oxydiert, welches sich nun in unlöslichen Verbindungen ausscheidet. Das soeben erwähnte Trüb- und Braunwerden des Wassers beim Stehen beruht ja auf diesem Vorgange. Während dieser aber ohne unser Zuthun nur langsam verläuft und noch nicht beendet ist, wenn das Wasser bereits verwendet werden soll, vollzieht er sich bei gründlicher Lüftung sofort. Lässt man dann das Wasser absetzen oder filtriert man es, so wird es ganz klar und farblos und hat jeden Beigeschmack verloren.

Dieses Verfahren kann je nach Bedarf im kleinen wie im großen eingerichtet werden. Es hat namentlich für die norddeutsche Tiefebene, wo eisenhaltiges Grundwasser überaus häufig ist, Bedeutung gewonnen, verdient aber auch bei uns bekannt zu sein. So ist bei uns in Wien das Wasser der Tiefbrunnen, das manche Industrien mit Vorthail benützen könnten, eisenhaltig und damit zunächst unbrauchbar. So musste vor einiger Zeit der Besitzer des Schubertbades in Ottakring wegen Wassermangels seinen Brunnen in tiefere wasserführende Schichten abteufen. Wirklich stieß er auf reiche Wassermengen. Damit war ihm aber noch nicht geholfen, denn das Wasser war so eisenreich und wurde beim Stehen in den Wannen u. s. w. so unappetitlich, dass die Leute seine Bäder nicht mehr gebrauchen wollten. Jetzt aber ist geholfen. Das Wasser wird durch Brausen gepumpt, dann durch Kieselguhrfilter gesogen und verlässt den Apparat krystallklar und tadellos.

Erwähnenswert ist auch das in neuerer Zeit in Dessau und anderwärts geübte Verfahren, die Aufnahme von Blei aus den Leitungsröhren in das Wasser zu verhindern. Wie bekannt, sind uns die Bleiröhren zur Herstellung unserer Hauswasserleitungen ihrer Zähigkeit, Geschmeidigkeit und Biagsamkeit halber unentbehrlich. Manche Wässer, solche nämlich, die arm an Salzen der alkalischen Erden oder — wie wir sagen — „weich“ sind und freie Kohlensäure enthalten, pflegen nun diese bleiernen Leitungsrohre an-

zugreifen. Das Blei wird oxydiert, in kohlen-saures Salz übergeführt, dieses von den Wänden abgelöst und in solchen Mengen theils gelöst, theils aufgeschwemmt vom Wasser fortgeführt, dass bei dauerndem Genusse desselben Bleivergiftungen erzeugt werden. So erlebte man es eben mit der neuen Wasserleitung in Dessau. Man ist aber dort des Übels Herr geworden, einfach dadurch, dass man in das Wasser gepulverten Marmor, also reinen kohlen-sauren Kalk (Calciumcarbonat) einträgt. Derselbe verbindet sich mit der im Wasser vorhandenen freien Kohlensäure zu löslichem doppelt-kohlen-sauren Kalk (Calciumbicarbonat), d. h. das Wasser wird künstlich „gehärtet“. Mit der Bindung der freien Kohlensäure büßt es seine Fähigkeit, das Blei anzugreifen, fast vollständig ein.

Unvergleichlich häufiger aber als um Entfernung von gelösten Stoffen handelt es sich bei der künstlichen Reinigung des Wassers um die Beseitigung einer wirklich vorhandenen oder doch möglichen Ansteckungs-gefahr, also um die Beseitigung von im Wasser schwebenden krankheiterregenden Keimen.

Dieses Ziel lässt sich auf verschiedenen Wegen erreichen. Ein durchaus sicheres Verfahren, dem Wasser jede Ansteckungsfähigkeit zu nehmen, ist: es abzukochen. Es gibt keine Krankheitskeime, welche die Siedehitze länger als einige Minuten zu überdauern im Stande wären. Sehr oft lässt sich dieses Verfahren ohne Schwierigkeit anwenden und ist dann ohne Zweifel für den Einzelnen, für die einzelne Fa-

milie im Nothfalle eines der wertvollsten Schutzmittel. Allerdings schmeckt das gekochte Wasser fade. Soll es ohne Zusatz genossen werden, dann muss es wieder gründlich abgekühlt und — wenn möglich — mit Luft gesättigt werden, was neuerdings Zeit oder Geld kostet. Aber auch diese Unannehmlichkeiten lassen sich beseitigen, wenn man das heiße Wasser zur Bereitung eines dünnen Aufgusses von Kaffee oder noch besser von Thee verwendet, eines Getränkes, das von vielen ohne Schaden und gerne dauernd genossen wird.

Auch im großen ist das Abkochen des Wassers als Schutzmaßregel anwendbar, und es wird den meisten von Ihnen erinnerlich sein, dass es während der vorjährigen Choleraepidemie thatsächlich an vielen Orten, z. B. in Krakau, angewendet worden ist. Mit großem Vortheile hat man sich hierzu der großen Sudkessel und Kühlschiffe der Brauereien bedient, das Wasser hektoliterweise gekocht und gekühlt und den Bedarfsstellen zugeführt.

Für den Nothfall ist dies also ein vortrefflicher Behelf. Das Koch- und Kühlverfahren ist aber auch als ständige Einrichtung zur Beschaffung des gesammten Hausbrauchwassers geplant. So hat der große Physiker Werner von Siemens noch kurz vor seinem Tode Kochapparate für ununterbrochenen Klein- und Großbetrieb gebaut. Es ist lediglich eine Kostenfrage, ob dieser Modus der Wasserbeschaffung Eingang finden wird oder nicht. Die Hygiene hat gegen das Kochverfahren nichts einzuwenden, falls das Wasser ge-

nügend lange bis zur Siedetemperatur erhitzt und falls für völlige Abkühlung und — wenn das Wasser auch zum Trinken dienen soll — für Geschmacksverbesserung durch Durchleiten von Luft oder Kohlensäure gesorgt wird, Aufgaben, welche die Techniker mit Leichtigkeit zu lösen im Stande sind. An Orten, wo das Wasser reich

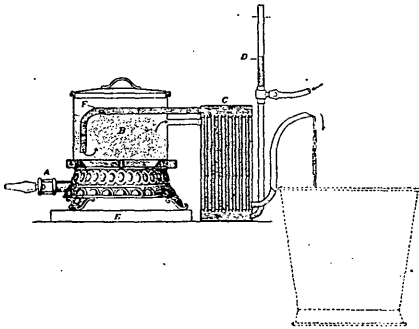


Fig. 1. Werner Siemens'scher Wasserabkochapparat
(ca. $\frac{1}{18}$ natürl. Größe).

A Gaskochbrenner, B Kochgefäß, C Kühler und Vorwärmer,
D Zulaufsanzeiger.

an Carbonaten der alkalischen Erden ist, würde auf diesem Wege zugleich auch die lästige, übergroße Härte beseitigt werden können. Dass durch vorsichtig geleitete Destillation des Wassers das Ziel ebenso erreicht wird, wie durch einfaches Kochen, ist selbstverständlich.

Sehr häufig versucht man es, durch Anwendung chemischer Mittel der Möglichkeit einer Infection

durch Wasser zu begegnen. In zweierlei Absicht setzt man dem Wasser chemische Verbindungen zu. Manche Verfahren zielen darauf ab, im Wasser Niederschläge zu erzeugen, welche die im Wasser schwebenden Stäubchen und darunter auch die Keime mit sich zuboden reißen und das Wasser klären sollen. Diese Verfahren sind, wenn sie für sich allein zur Herstellung von Trink- und Hausbrauchwasser angewendet werden sollen, nicht wirksam und sicher genug. Sehr häufig klären sich die Wässer nicht vollständig oder werden die Niederschläge beim Ablassen des geklärten Wassers wieder aufgewirbelt. Da die in den Niederschlägen eingeschlossenen Keime ihr Leben nicht eingeüßt haben, so ist bei Eintritt einer solchen Zufälligkeit der ganze Erfolg des Verfahrens wieder vernichtet. Werden aber diese Fällungen in Verbindung mit mechanischen Reinigungsverfahren angewendet, dann sind sie in der Regel überflüssig, da eine gute Filtration für sich allein schon den Erfolg verbürgt.

Andere chemische Verfahren gehen darauf aus, die im Wasser etwa vorhandenen Krankheitskeime wirklich zu tödten. Wenn sie brauchbar sein sollen, dann müssen sie offenbar rasch und sicher wirken. Dabei dürfen sie aber Aussehen, Geschmack, Geruch des Wassers nicht verändern und nicht etwa selbst das Wasser für den Menschen gesundheitsschädlich machen.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, erweisen sich die meisten der anempfohlenen chemischen Mittel für die Herstellung von Trink- und Hausbrauch-

wasser unanwendbar. Ich nenne hier den Zusatz von Kalkwasser oder Kalkmilch, von Alaun, von übermangansaurem Kalium, von Eisen, von Wasserstoffsperoxyd, von Kohlensäure. Gegenüber den häufigen Reclamen für das sogenannte Sodawasser, d. i. mit Kohlensäure unter Druck beladenem Wasser, möchte ich Sie mit besonderem Nachdruck darauf aufmerksam machen, dass die Kohlensäure durchaus nicht so rasch desinficierend wirkt, als häufig behauptet und geglaubt wird, dass also ein infectiöses Wasser bei seiner Umwandlung in Sodawasser durchaus nicht sofort unschädlich wird und Ansteckung durch letzteres keineswegs ausgeschlossen ist, wenn es nicht durch längere Zeit gelagert hat.

Ich kenne eigentlich nur ein einziges chemisches Verfahren, das in gewissen Fällen brauchbar ist. Es ist das vom hiesigen Docenten Dr. Pick gegen Cholera-gefahr empfohlene. Pick hat ermittelt, dass die wasserlöslichen organischen Säuren, wie Ameisensäure, Essigsäure, Milchsäure, Weinsäure, Citronensäure u. a., noch in hochgradiger Verdünnung die Cholerakeime im Wasser in kürzester Zeit abtödteten. Versetzt man z. B. ein von Cholerakeimen wimmelndes Wasser mit zwei Promille Weinsäure oder Citronensäure, so kann man es 5 Minuten später ohne jede Gefahr trinken, da inzwischen sämmtliche Cholerakeime getödtet worden sind. Dieses Verfahren bietet für den Soldaten, auf Reisen besondere Vortheile. Man hat ja dann oft nicht Zeit oder Gelegenheit, das Wasser zu kochen

und zu kühlen oder Thee, Kaffee zu bereiten. Da ist es sehr bequem, das Wasser einfach zu säuern. Einige Pastillen mit je 1 g Citronensäure, für je $\frac{1}{2}$ l Wasser genügend, kann man stets ohne Beschwerde mit sich führen. Fügt man dem angesäuerten Wasser noch etwas Zucker hinzu, so ist eine wohlschmeckende, erfrischende Limonade fertig. Es ist recht schade, dass dieses Verfahren nur gegen die Cholerakeime anwendbar ist. Würde es gegen Typhusbakterien und andere Bakterien ebenso kräftig wirken, dann wäre die so schwierige Aufgabe, den Soldaten überall, auch im Felde, ungefährliches Wasser zu verschaffen, gelöst.

Ein dritter Weg, die vom Wasser drohenden Ansteckungsgefahren zu tilgen, ist die mechanische Reinigung des Wassers, seine Filtration.

Dass man die Wässer durch Filtrieren klären könne, ist schon aus uralter Zeit bekannt. Bereits die antike Culturwelt, wie die Culturvölker Amerikas, machten zu diesem Zwecke von den Filtersteinen Gebrauch, napfförmig ausgehöhlten Stücken wasser-durchlässigen Gesteins, durch welche man das zu klärende Wasser durchsickern ließ.

Anfangs bezweckte man mit der Filtration gar nichts Anderes als Klärung, Appetitlichkeit des Wassers. Später, nachdem man schon mehr und mehr die Richtigkeit der Keimtheorie der Infectionskrankheiten einsehen gelernt hatte, hielt man doch noch lange Zeit hindurch die durch ein Filter erreichte Klärung für einen ausreichenden Beweis der damit auch vollzogenen

Beseitigung der Infectionskeime. Die Bacteriologie hat aber gezeigt, dass man sich darin getäuscht hatte. Erst sie hat uns eine verlässliche Prüfungsmethode der Wasserfilter kennen gelehrt und als Kriterium für ihre Brauchbarkeit die Forderung aufgestellt, dass die Filter im Stande sein müssten, das Wasser von Keimen überhaupt zu befreien, es keimfrei zu machen.

An diesem Maßstabe gemessen, genügt die weitaus überwiegende Mehrzahl der Wasserfilter, mit denen uns die Industrie gesegnet hat, nicht im entferntesten. Noch mehr schrumpft die Zahl der brauchbaren Apparate und Verfahren zusammen, wenn man — wie dies für die Praxis nothwendig ist — außer Sicherheit vom Filter auch Ergiebigkeit verlangt. So haben sich die Kohlenfilter, die Papierfilter, die verschiedenen Filter aus Zeug, Tuch, Filz, die Eisenschwammfilter u. a. nicht bewährt. Auch die meisten natürlichen Filtersteine (Sandstein) zeigen sich nicht dicht oder nicht ergiebig genug.

Bei der praktischen Anwendung haben sich für den Großbetrieb bis jetzt nur die sogenannten Sandfilter bewährt. Ihre Einrichtung ist, nur in den Hauptzügen gezeichnet, etwa folgende: Man erbaut mit wasserdichten Wänden Becken von 3—4 m Tiefe und einer Bodenfläche, welche von einigen hundert bis zu einigen tausend Quadratmetern schwankt. Am besten ist es, diese Becken zu überwölben, um die Filtration gegen alle Witterungseinflüsse zu schützen. Der Boden der Becken erhält eine passende Neigung

und wird mit Sammelcanälen oder Sammelröhren versehen, durch welche das filtrierte Wasser in die Reinwasserbehälter abfließen kann, die meist nach Art der „communicierenden Gefäße“ mit dem Filterbecken verbunden werden. In den Becken werden die Filtermassen übereinander geschichtet. Zu unterst kommen als Stütze des Ganzen große Feldsteine, darauf grober Kies, dann feiner Kies, dann Grobsand, endlich der feine, eigentliche

Filtersand. Alle Schichten zusammen erhalten gewöhnlich eine

Höhe von 150—200 cm. Die Feinsandschicht wird meistens 60—100

cm hoch gemacht, für die eigentliche Filterschicht eig-

net sich erfahrungsmäßig am besten Quarzsand von 0·3 bis 1 mm Korngröße.

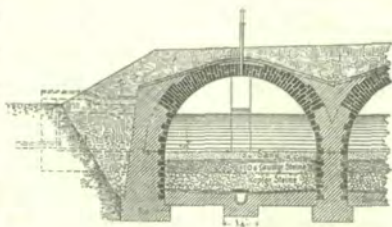


Fig. 2.

Schnitt durch eine Filterkammer der Wasserleitungsanlage für Iglau.

Ein solches Filter ist von vorneherein noch keineswegs keimdicht. Zwar sind die Poren, welche zwischen den dichtgelagerten Körnern offen bleiben, so klein (bei 0·5 mm Korngröße des Feinsandes etwa 0·01 mm² Diam.), dass alle größeren das Wasser trübenden Partikelchen sofort zurückgehalten werden, aber nicht so klein, dass nicht Microbienkeime, die ja nur Tausendtel und

Zehntausendtel Millimeter Durchmesser besitzen, hindurchgleiten könnten. Erst dadurch, dass die gröbereren Partikelchen auf und in der Oberfläche des Feinsandes eine dünne Schmutz- und Schlammsschichte bilden und damit den Querschnitt der Poren noch mehr verengern, wird das Sandfilter während des Gebrauches keimdicht. Die wichtigste Aufgabe beim Filterbetriebe ist, dieses feine, keimdicht filtrierende Schmutzhäutchen auf der Oberfläche des Sandfilters herzustellen und unverletzt zu erhalten.

Daher füllt man bei Inbetriebnahme eines neuhergerichteten Filters dasselbe zuerst bis in die Oberfläche der Sandschichte mit bereits filtriertem Wasser aus den Reinwasserbehältern, dann lässt man das zu reinigende Wasser auf die Filterschichten auffließen und über denselben im Becken durch 24—48 Stunden ruhig stehen. Während dieser Zeit sinken die Schmutztheilchen allmählich auf die Oberfläche des Feinsandes herab und bilden hier das gewünschte Filterhäutchen. Erst wenn dies geschehen ist, beginnt man mit der Filtration, indem man das Ventil zum Reinwasserbehälter öffnet. Hier steht das Wasserniveau tiefer als im Filterbecken, und es beginnt daher das Wasser, der Schwere folgend, durch die Filterschichten hindurch vom Filterbecken ins Reinwasserbecken hinüberzufließen. Indem man von hier Wasser abfließen lässt oder wegpumpt und das abfiltrierte Wasser im Filterbecken ununterbrochen ersetzt, kann man die Niveaudifferenz und damit die Filtration dauernd erhalten.

Je höher die Niveaudifferenz gemacht, je weiter das Abflussventil geöffnet wird, um so rascher und ergiebiger geht die Filtration vor sich. Die Erfahrung hat aber gelehrt, dass man über ein gewisses Maß der Filtriergeschwindigkeit, über eine gewisse Höhe der Niveaudifferenz und damit des wirksamen Wasserdruckes nicht hinausgehen dürfe, wenn man nicht die Güte des Filtrates gefährden will. In sorgfältigen Betrieben lässt man gegenwärtig durch je 1 m^2 Filterfläche nicht mehr als 3 m^3 Wasser binnen 24 Stunden filtrieren und steigert den Wasserdruck niemals über 50 cm Niveaudifferenz.

Die durch gute Sandfiltration erzielten Ergebnisse sind als sehr günstig zu bezeichnen. Gerade im letztvergangenen Jahre 1892 haben die Sandfilter vor unser aller Augen die Feuerprobe bestanden. Wir erinnern uns mit Schauern des furchtbaren Ausbruches der Cholera in Hamburg mit seinen rund 17.000 Erkrankungen und 8600 Todesfällen! Der Zusammenhang mit der Wasserversorgung steht unzweifelhaft fest. Man hatte sich in Hamburg diesbezüglich schwerer Unterlassungen schuldig gemacht. Hamburg war mit unfiltriertem Wasser versorgt, das aus der Elbe oberhalb der Stadt, aber an einer Stelle entnommen wurde, bis zu welcher die Flut Unrath aus den unterhalb einmündenden städtischen Canälen heranwälzen konnte. Jahrzehnte lang war dies anscheinend ohne Schaden für die Gesundheit der Stadt geschehen. Aber die Hygieniker hatten sich niemals dabei beruhigt, sondern vor

diesem Vorgange gewarnt und das Unglück vorhergesagt, das eintreten müsse, wenn einmal durch einen unvorhersehbaren Zufall Krankheitskeime in größerer Menge in das Leitungswasser gelangen. Man hatte sich diesen Warnungen zwar nicht geradezu verschlossen, aber, da die geforderte Reinigung Geld kostete, die Angelegenheit vertrödelt — wie dergleichen auch anderwärts passieren soll — bis es zu spät war. Die Cholerakeime gelangten irgendwie in den Fluss und in die Leitung, und nun brach fast auf einen Schlag die Seuche in allen Theilen der Stadt aus. Wenigstens in jenen Theilen der Stadt, welche Hamburg heißen, nicht aber in jenen Theilen der großen Ansiedlung, welche die preußische Stadt Altona bilden. Obwohl beide Städte aufs innigste verwachsen sind, so dass an vielen Stellen die eine Seite der Straße zu Hamburg, die andere zu Altona gehört, beachtete doch die Cholera aufs genaueste die politische Grenze. Altona hat zwar auch nahezu 600 Erkrankungen und mehr als 300 Todesfälle an Cholera aufzuweisen gehabt, aber diese Zahlen sind außerordentlich klein, verglichen mit denen Hamburgs. Bei gleicher Intensität im Auftreten der Krankheit hätte Altona nach dem Verhältnisse seiner Volkszahl zu der Hamburgs (143 gegen 622 Tausend) mehr als 4000 Erkrankungen und mehr als 2000 Todesfälle zu zählen gehabt. Die Erkrankungen in Altona sind auch nicht so explosionsartig aufgetreten, wie dies in Hamburg der Fall war, wo auf der Höhe der Epidemie fast 1100 Personen an einem einzigen Tage erkrankten!

Also das Auftreten der Krankheit in den Schwesterstädten war durchaus verschieden, und dass es so verschieden war, ist eines der kräftigsten Beweismittel für die Rolle, welche das Wasser bei der Ausbreitung dieser Epidemie gespielt hat. Denn in allen Stücken gleichen sich die Zustände und Verhältnisse in Hamburg und Altona, nur nicht in der Art der Wasserversorgung. Altona nimmt zwar sein Wasser ebenfalls aus der Elbe, und zwar an einer noch ungünstigeren Stelle als Hamburg; es besitzt aber seit langem ein gutes und sorgsam betriebenes Sandfilterwerk. Dieses hat also Tausende vor Erkrankung und Tod behütet!

Indessen möchte ich in Ihnen auch keine übertrieben günstige Meinung von den Sandfiltern erwecken. Auch im besten Falle, bei sorgfältigster Bedienung liefern sie nie ein völlig keimfreies Filtrat, tilgen sie also nie jede Infectionsgefahr völlig aus. Und dann sind Störungen im Betriebe, Verletzungen des zarten Filterhäutchens und damit Verschlechterungen der Güte des Filtrates sehr leicht möglich und sehr häufig. Sie kommen besonders deshalb leicht zustande, weil die Filter häufig erneuert werden müssen.

Je länger das Filter im Gebrauche ist, um so vollkommener wird seine Leistung in Rücksicht auf die Entfernung der Keime, um so mehr nimmt aber auch seine Ergiebigkeit bei gleich gehaltenem Wasserdrucke ab; beides aus demselben Grunde: weil die Schmutzschichte immer dichter und dichter wird. Will man

die Ergiebigkeit auf der anfänglichen Höhe erhalten, dann muss man den Druck mehr und mehr steigern. Dies ist aber nur innerhalb bescheidener Grenzen erlaubt, da bei bedeutenderer Steigerung des Filterdruckes die Gefahr entsteht, dass das Wasser die Filterschichten durchbricht und nun den Schmutz und die Keime, die auf der Filteroberfläche abgelagert worden sind, in das Reinwasserbecken und die Leitung führt. Wenn also die Widerstände im Filter so hoch gestiegen sind, dass mit dem Drucke derjenige einer Wassersäule von 50 cm Höhe überschritten werden musste, wenn die Ergiebigkeit des Filters genügen soll, dann muss das Filter außer Gebrauch gesetzt werden, es müssen die obersten, verschmutzten Schichten des Sandes entfernt, dann mit der Formung des Filterhäutchens von neuem begonnen werden. So muss also beständig gesorgt werden, die Filtration zwischen den Gefahren und Übeln einer unzulänglichen qualitativen oder quantitativen Leistung durchzusteuern. Dass es dabei leicht zu Schiffbrüchen kommt, werden Sie schon nach diesen kurzen Andeutungen begreifen können.

Ausgedehnte Anwendung als Filterstoff hat auch der Asbest gefunden. Er eignet sich dazu durch seine erstaunliche Spaltbarkeit in feinste Fäserchen. Diese Fäserchen kann man dann in Wasser aufschwemmen und in Gestalt von dünnen, aber sehr gleichmäßigen und dichten Häutchen wieder zur Ablagerung bringen, durch ähnliche Kunstgriffe, wie sie bei der Herstellung des Papieres gebraucht werden.

Die Zahl der Verfahren und Apparate, die auf diesem Principe beruhen, ist sehr groß. Es gibt unter ihnen die einfachsten und die umständlichsten.

Oft muss man schon zufrieden sein, wenn das zugebote stehende Wasser auch nur den bescheidensten Ansprüchen in Bezug auf Appetitlichkeit entspricht. Der Soldat im Felde z. B. wird oft froh und dankbar dafür sein, wenn er auch nur die größten, sichtbaren Verunreinigungen entfernen, das Wasser klären kann, bevor er es trinkt. In diesem Sinne hat der höchst einfache Apparat, der von den Herren Hauptmann Baron Kuhn und Graf Westphalen angegeben und bei den jüngsten Manövern angewendet worden ist, jedenfalls seinen Wert. Ob er im Stande ist, die Infectionsgefahren in nennenswertem Maße zu vermindern, muss wohl erst ausgeprobt werden.

Die vorzüglichste Asbestfilterbauart ist ohne Zweifel diejenige der von Breyer hergestellten Filter für den Großbetrieb. Bei Experimenten im großen haben sie stündlich viele Cubikmeter völlig keimfreies Wasser geliefert. Praktische Anwendung haben sie aber bisher noch nicht gefunden.

Auch manche der zahlreichen kleinen Asbest-„Hausfilter“ geben oft sehr zufriedenstellende Resultate. Im ganzen aber sind sie zu unsicher, als dass man sie empfehlen könnte. Die Schwierigkeiten, eine so dünne Filterschicht aus so leicht gegeneinander verschiebbaren Fäserchen völlig dicht herzustellen und dicht zu erhalten, sind zu groß.

Viel verlässlicher in dieser Beziehung sind Filter aus festem Stoffe. Von diesen haben sich zwei Sorten im Kleinbetriebe gut bewährt, nämlich: das Filter von Pasteur-Chamberland und dasjenige von Nordtmeyer-Berkefeld.

Das Chamberland-Filter hat die Gestalt eines



Fig. 3.
Chamber-
land-
Druckfilter.
a Filterkerze,
b Filterkapsel.

dünnen, langen Cylinders (daher die Bezeichnung Filter-„Kerze“) und besteht aus porösem, leicht gebranntem Bisquitporzellan. Die Kerze wird in eine passende Kapsel eingeschlossen und das Wasser durch die Wand von außen nach innen entweder durch den Druck der Wasserleitung durchgepresst oder auch durchgesogen. Solche Kerzen können selbstverständlich in beliebiger Anzahl zu Filter-„Baterien“ vereinigt werden. Von Zeit zu Zeit müssen die Außenseiten der Kerzen von dem abgelagerten Schlamme durch Abbürsten gereinigt, durch Auskochen oder Ausglühen von

den aufgelagerten oder eingedrungenen Keimen befreit werden.

Sehr ähnlich ist die Gestalt und der Gebrauch der Filter von Nordtmeyer-Berkefeld. Diese bestehen aus gepresster und gebrannter Kieselguhrmasse, welche das Porzellan an Porosität bedeutend übertrifft.

Tadellose Exemplare beider Apparate filtrieren zunächst völlig keimdicht, stehen also in dieser Hinsicht

einander gleich. Die Kieselguhrfilter übertreffen aber die Porzellanfilter vermöge ihrer größeren Porosität an Ergiebigkeit. Ein weiterer Vorzug ist, dass ihre, durch Verschlammlung der Oberfläche gesunkene Ergiebigkeit durch Abbürsten nahezu vollständig wieder hergestellt werden kann. Ihre Masse ist nämlich ziemlich weich, so dass die oberste Schichte, deren Poren verstopft worden sind, leicht vollständig abgerieben werden kann. Besonders praktisch ist die Einrichtung, welche Sie hier sehen, weil sie gestattet, die Kerze im geschlossenen Apparate abzubürsten und abzuspülen. Wie Sie sehen, befindet sich die Filterkerze zwischen drei Metallstäben, welche auf einer gemeinsamen Grundplatte befestigt sind, die mit Hilfe einer Kurbel von außen um die verticale Achse des Ganzen

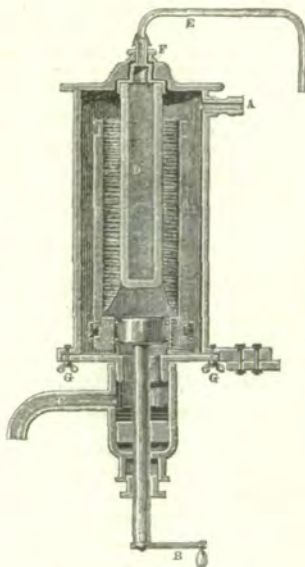


Fig. 4. Kieselguhrfilter mit Bürste von Berkefeld.

A Wassereinlass, *B* Bürsten- und Ventilkurbel, *C* Ablaufrohr für das unfiltrirte Wasser, *D* Filterkerze, *E* Ablaufrohr für das filtrirte Wasser, *F* und *G* Verschlusschrauben, *H* Bürstenstäbe.

gedreht werden kann. Die Innenseite der drei Stäbe ist mit Loofah bekleidet, welches bei der Drehung der Kurbel die Filteroberfläche abbürstet. Es ist dabei noch die weitere Einrichtung getroffen, dass bei Drehung der Kurbel in der einen Richtung ein Ventil am Boden der Filterkapsel geöffnet wird, so dass das Wasser mit dem abgebürsteten Schlamm abfließen und die Oberfläche der Kerze durch einen kräftigen Strom unfiltrierten Leitungswassers abgespült werden kann. Dreht man dann die Kurbel zurück, so wird das Ventil wieder geschlossen.

Beim Porzellanfilter mit seiner harten Masse gelingt die Reinigung bei weitem nicht so leicht und vollständig und nimmt daher die Ergiebigkeit im Gebrauche rasch und bleibend ab.

Diese beiden Filterkerzen, besonders das Kieselguhrfilter, sind entschieden das Beste unter allem genügend Durchgeprobten, was die Industrie bisher auf diesem Gebiete geleistet hat. Es soll aber nicht verhehlt werden, dass auch ihnen Mängel anhaften. Sie sind theuer; dies ist umso unangenehmer, als sie ziemlich gebrechlich sind; die Kieselguhrfilter noch mehr als die Chamberlandfilter. Es ist bei beiden Sorten früher vorgekommen und scheint auch jetzt noch ab und zu vorzukommen, dass undichte Exemplare in den Handel gebracht werden, die dann natürlich gar keinen Schutz zu gewähren im Stande sind. Auch kommt es vor, dass bei länger fortgesetztem Gebrauche die Kittung zwischen dem Filtercylinder und seiner

Verschlussplatte schadhaft und damit der ganze Apparat undicht wird.

In allen diesen Beziehungen scheinen die allerneuesten Porzellanfilter, welche nach den Angaben von Pukall durch die königl. Porzellan-Manufactur in Berlin erzeugt werden, überlegen zu sein. Sie sind billig, sind hart gebrannt und besitzen daher eine außerordentlich große Festigkeit. Sie sind aus einem Stücke und können daher auch im Gebrauche nicht undicht werden. Soweit die Erprobungen bis jetzt reichen, scheinen sie keimfreie Filtrate zu liefern. Fraglich erscheint es, ob sie auch bezüglich Ergiebigkeit und Andauer derselben mit den Kieselguhrfiltern werden wetteifern und daher außerhalb des Laboratoriums für die Trink- und Hausbrauchwasser-Reinigung werden Verwendung finden können.

Auch noch eines anderen, bisher nicht ausreichend erprobten neuen Apparates will ich bei dieser Gelegenheit Erwähnung thun: der Wormser Filterplatten von Fischer-Peters. Sie sind für den Großbetrieb als Ersatz für die Sandfilter bestimmt. Passend geformte, poröse Platten aus künstlich erzeugtem Sandstein werden zu je zwei miteinander verschraubt und verkittet, sodass sie einen spaltförmigen Hohlraum zwischen sich fassen. Diese Filterelemente können dann am Grunde eines genügend großen und tiefen Wasserbeckens in beliebig großer Zahl an ein Rohrnetz wasserdicht angesetzt werden, so dass ihr Hohlraum mit den Röhren in offener Verbindung steht.

Wird dann das Becken mit Wasser gefüllt, so wird dieses durch die leicht durchgängigen Wandungen der Filterelemente durchgedrückt, gelangt in das Rohrnetz und von da in den Reinwasserbehälter.

Eine derartige Anlage soll billiger kommen als die theuren Sandfilter, da man auf engem Raume eine bedeutend große Filterfläche herstellen kann, sie soll

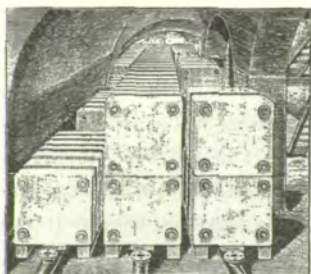


Fig. 5. Fischer-Peters' Plattenfilteranlage im Wormser städtischen Wasserwerk.

(Linke Kammer à 500 Elemente.)

die Unbequemlichkeiten und Gefahren der Sandfilter, die früher geschildert worden sind, vermeiden. Das neue System hat bereits in den

Wasserwerken von Worms und Kiel Verwendung gefunden. Soweit man bis jetzt urtheilen kann, scheinen die Wormser Filterplatten recht geeignet, um Niederschläge aus

dem Wasser zu entfernen, z. B. ein gelüftetes, eisenhaltiges Tiefbrunnenwasser (s. o.) von dem Eisenoxydniederschlag zu befreien. Ob sie auch zur Beseitigung des Keimgehaltes der Wässer ausreichen, wie lange sie dicht und brauchbar bleiben, darüber ein Urtheil abzugeben wäre verfrüht.

Einen Übelstand muss ich noch besprechen, der insbesondere den Kleinflitern anhaftet, das sogenannte

Durchwachsen werden derselben. Jedes Filter, auch wenn es anfänglich völlig keimdicht ist, liefert, nachdem es durch einige Zeit im Wasser gestanden hat, keimhältige Filtrate. Anfangs sind es nur wenige Keime, bald aber werden es ungeheuer viele, und in kurzer Zeit kann es kommen, dass die Filtrate das Vielfache des Keimgehaltes des unfiltrierten Wassers aufweisen. Man sagt dann, die Keime sind durchs Filter durchgewachsen. Dieses Durchwachsen erfolgt besonders rasch, wenn das Filter mit Wasser von höherer Temperatur beschickt oder an einem warmen Orte aufgestellt und nur zeitweise benützt wird. Schon nach zwei bis drei Tagen kann dann das Durchwachsen vollendet sein.

Dieses Durchwachsen ist möglich, weil auch die Poren der Chamberland- und der Berkefeldfilter, und wie sie alle heißen mögen, nicht so eng sind, dass nicht die Leiber der Microbien durch sie hindurchgeschoben werden könnten. Die eingeschwemmten Keime werden allerdings durch die sogenannte Flächenattraction an den Porenwänden festgehalten, so dass die Filtrate zunächst keimfrei sind. Wenn aber die abgelagerten Keime in den Poren der Filter Gelegenheit zur Vermehrung finden, dann breitet sich ihre Nachkommenschaft allmählich über die ganze Oberfläche der Porenwände aus und schiebt sich über sie fort und gelangt so schließlich durch die Wand des Filters hindurch auf dessen innere Oberfläche und mischt sich nun dem Filtrate bei.

Gewöhnlich zieht man aus dieser Erscheinung den Schluss, dass, sobald das Durchwachsen vor sich gegangen ist, das Filtrat auch wieder Ansteckungsgefahr darbiere, dass daher keines der Hausfilter verlässlichen Schutz gewähre. Dieser Schluss ist aber nicht zutreffend. Man hat dabei übersehen, dass sich die Krankheitskeime, wenigstens die Erreger von Typhus und Cholera, ganz anders verhalten als die gemeinen Wasserbakterien. Während sich die letzteren auch in sehr reinem Wasser noch zu vermehren im Stande sind, wachsen die ersteren nur, wenn ihnen gute Nährstoffe in ziemlich hoher Concentration dargeboten werden. Sie vermögen sich daher niemals in den Poren der Filter zu vermehren, sie können niemals durchwachsen, wie erst vor kurzem Herr Regimentsarzt Dr. Hans Schöfer auch experimentell bewiesen hat. Sie bleiben auf einem dichten Filter einfach liegen oder sterben hier allmählich ab. Nur die anspruchlosesten Saprophyten wachsen durch. Also Ansteckungsgefahr bietet ein von Anfang an wirklich dichtes Filter auch in diesem Stadium nicht dar. Wohl aber werden die Filtrate durch den Vorgang des Durchwachsens unappetitlich, und es müssen daher die Filter von Zeit zu Zeit, unter ungünstigen Umständen, wie Sie gehört haben, sehr häufig von den Keimen befreit, durch Auskochen oder Ausglühen sterilisiert werden, eine recht lästige und sehr kostspielige Sache.

Und nun will ich meine Ausführungen, mit denen ich Ihre Geduld allzulange in Anspruch genommen

habe, schließen. Überlegen Sie sich das über die künstliche Reinigung Gehörte, so werden Sie finden, dass fast allen Verfahren Mängel anhaften, dass alle Kosten und Mühe verursachen, und Sie werden die Überzeugung gewinnen, dass der einzig richtige Standpunkt in der Frage der Wasserversorgung der ist: zu einem Wasser, das erst künstlich gereinigt werden muss, nur dann zu greifen, wenn auf natürlichem Wege gereinigtes Grund- (Quell-) Wasser durchaus nicht aufzutreiben ist.
