

## Wasserfiltration und Cholera.<sup>1)</sup>

(Aus dem Institut für Infektionskrankheiten.)

Von

Prof. R. Koch.

Von allen Choleraforschern, deren Urteil nicht durch phantastische Träumereien über tellurisch-kosmische Einflüsse getrübt, oder durch eigensinniges Anklammern an längst widerlegte Theorien festgelegt war, wurde von jeher dem Wasser als Träger des Cholera-Infektionsstoffes eine mehr oder weniger große Bedeutung beigelegt. Nur darüber gingen die Meinungen auseinander, wie groß der Einfluß des Wassers zu bemessen sei. Manche sind in dieser Beziehung entschieden zu weit gegangen, indem sie, durch vereinzelte besonders überraschende Beobachtungen dazu bewogen, das Wasser für den ausschließlichen Träger des Cholerakeimes erklärten. Auf diese mag die in neuester Zeit vielfach gebrauchte Bezeichnung „Wasserfanatiker“ oder „Wassertheoretiker“ nicht ganz mit Unrecht Anwendung finden. Daß ich zu dieser Klasse von Choleraforschern nicht gehöre, wird mir ein jeder ohne weiteres zugestehen, der das, was ich bisher über Cholera gesagt und geschrieben habe, kennt. Ich habe mich stets dahin ausgesprochen, daß nach den bisherigen Erfahrungen die unmittelbare Übertragung von Mensch zu Mensch möglich sei, aber allem Anschein nach nicht sehr häufig vorkomme, daß dagegen den indirekten Übertragungen durch mancherlei Träger des Cholerakeimes bei den eigentlichen Epidemien und Massenausbrüchen der Cholera die Hauptrolle zufalle, und daß das Wasser unter diesen Trägern wieder einer der wichtigsten sei. An einzelnen Beispielen habe ich dann ferner zu zeigen gesucht, daß das Wasser unter gewissen Bedingungen in der Tat die ihm zugeschriebene Rolle gespielt hat. Darüber aber habe ich mich meines Wissens niemals geäußert, in welchem Umfange dieser Faktor als wirksam zu denken sei. Zu einem bestimmten Urteil hierüber konnte man auch bisher nicht kommen, weil die früheren Untersuchungen über die Beziehungen der Cholera zum Wasser fast immer von einseitigem Standpunkte aus vorgenommen und deswegen selten einwandfrei sind. Warum man unter solchen Umständen gerade mich zum „Trinkwasserfanatiker“ hat machen wollen, ist mir nicht recht verständlich. Fast hat es den Anschein, als ob man mir mit aller Gewalt Anschauungen aufdrängen will, mit deren Widerlegung man leichtes Spiel hat.

In der letzten Epidemie hat allerdings das Wasser, wie wohl niemand ernstlich bestreiten wird, eine recht bedeutende Rolle gespielt. Trotzdem können wir auch jetzt noch nicht wissen, ob das in Zukunft ebenso sein wird, und es ist gewiß richtiger, mit einem definitiven Urteil über die Bedeutung des Wassers so lange zurückzuhalten, bis wir noch weitere ausreichende Erfahrungen gesammelt haben. Aber das vorige Jahr hat auf jeden Fall wiederum gezeigt, daß wir auch in Zukunft alle Ursache haben, gerade der Wasserversorgung unsere größte Aufmerksamkeit zuzuwenden.

<sup>1)</sup> Aus Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, 1893, Bd. XIV. — Eingegangen am 26. Mai 1893.

Die Choleraepidemie in den drei Städten Hamburg, Altona und Wandsbek ist in dieser Beziehung im höchsten Grade lehrreich gewesen. Diese drei Städte, welche unmittelbar aneinandergrenzen und eigentlich nur eine einzige Stadt bilden, unterscheiden sich in ihren sonstigen Verhältnissen nicht wesentlich, werden aber eine jede für sich und zwar in verschiedener Weise mit Wasser versorgt. Wandsbek erhält filtriertes Wasser aus einem der Verunreinigung mit Fäkalien kaum ausgesetzten Landsee, Hamburg bezieht sein Wasser in unfiltriertem Zustande aus der Elbe oberhalb der Stadt und Altona filtriertes Wasser aus der Elbe unterhalb der Stadt. Während Hamburg bekanntlich von der Cholera furchtbar heimgesucht wurde, blieben Wandsbek und Altona, wenn die aus Hamburg eingeschleppten Fälle abgerechnet werden, fast verschont. Am überraschendsten haben sich die Choleraerhältnisse an der Grenze von Hamburg und Altona gestaltet. Auf beiden Seiten der Grenze sind die Bodenverhältnisse, Bebauung, Kanalisation, Bevölkerung, kurzum alles, worauf es hier ankommt, vollkommen gleich, und doch ist die Cholera in Hamburg nur bis unmittelbar an die Grenze von Altona gegangen und hat hier Halt gemacht. Auf einer Straße, welche auf einer längeren Strecke die Grenze bildet, wurde die Hamburger Seite von Cholera befallen, die Altonaer blieb frei. Die Cholera hat an einer Häusergruppe, am sogenannten Hamburger Platz, sogar mehr vermocht, als es ein Mensch gekonnt hätte, dem die besten Karten der Grenze zwischen Hamburg und Altona zur Verfügung gestanden hätten. Sie hat nicht nur die politische Grenze, sondern sogar die Grenze der Wasserversorgung zwischen beiden Städten hier scharf herausgefunden. Die erwähnte von Arbeiterfamilien dicht bewohnte Häusergruppe gehört zu Hamburg, wird aber von Altona mit Wasser versorgt<sup>1)</sup>, und sie blieb von Cholera vollkommen frei, während ringsherum auf Hamburger Gebiet zahlreiche Erkrankungen und Todesfälle vorkamen. Hier haben wir es also mit einer Art von Experiment zu tun, das sich an mehr als hunderttausend Menschen vollzogen hat, aber trotz seiner gewaltigen Dimensionen alle Bedingungen erfüllt, welche man an ein exaktes und vollkommen beweisendes Laboratoriumexperiment stellt. In zwei großen Bevölkerungsgruppen sind alle Faktoren gleich, ein einziger ist verschieden, nämlich die Wasserversorgung. Die mit unfiltriertem Elbwasser versorgte Gruppe wird von Cholera schwer, die mit filtriertem Wasser versorgte Gruppe in sehr geringem Maße befallen. Dieser Unterschied muß um so schwerer ins Gewicht fallen, als das Hamburger Wasser von einer Stelle entnommen wird, wo die Elbe noch verhältnismäßig wenig verunreinigt ist, Altona aber das Elbwasser benutzen muß, nachdem es die sämtlichen flüssigen Abgänge, mit Einschluß der Fäkalien, von nahezu 800 000 Menschen aufgenommen hat. Unter solchen Verhältnissen gibt es für den naturwissenschaftlich Denkenden zunächst gar keine andere Erklärung, als daß der Unterschied, welchen die beiden Bevölkerungsgruppen der Cholera gegenüber zeigen, durch die Verschiedenheit in der Wasserversorgung bedingt ist, und daß Altona durch die Filtration des Elbwassers gegen die Cholera geschützt wurde. Einfach ableugnen läßt sich diese Tatsache nicht und es bleibt nur übrig, daß man versucht, sie mit seinen Anschauungen über das Wesen der Cholera in Einklang zu bringen. Da es sich in diesem Falle um ein epidemiologisches Faktum ersten Ranges handelt, das in voller Klarheit und Durchsichtigkeit vor uns liegt, auch wegen seiner leichten Zugänglichkeit nachträglich nach allen Richtungen hin auf die Richtigkeit der

<sup>1)</sup> Außer dieser Häusergruppe erhält auf Hamburger Gebiet nur noch eine Brauerei in St. Pauli Wasser aus Altona. Die Behauptungen, daß noch andere Hamburger Häuser an die Altonaer Leitung angeschlossen seien und trotzdem Cholera gehabt hätten, sowie daß umgekehrt Häuser der Stadt Altona Hamburger Wasser beziehen ohne Cholera gehabt zu haben, sind vollkommen unrichtig, wie ich auf Grund von in Altona und Hamburg persönlich erhaltener Auskunft auf das bestimmteste versichern kann.

ihm zugrunde liegenden Beobachtungen geprüft und ergänzt werden kann, in dieser Beziehung also geradezu einzig in seiner Art dasteht, so muß auch verlangt werden, daß jeder Choleraforscher, der den Anspruch auf Berücksichtigung seiner Meinung erhebt, Stellung zu diesem Faktum nimmt.

Für den Bakteriologen ist nichts leichter als eine Erklärung für das Beschränktbleiben der Cholera auf das Gebiet des Hamburger Leitungswassers zu geben. Er braucht nur darauf hinzuweisen, daß Choleraerkrankungen in das Hamburger Leitungswasser entweder von den Hamburger Sielauslässen her, oder, was viel wahrscheinlicher ist, durch die Dejektionen von Choleraerkrankten, welche sich auf den zahlreichen vor der Wasserentnahmestelle ankernden Elbkähnen befanden, gelangt sind und daß, nachdem dies geschehen, unter den Menschen, welche dieses Wasser benutzten, je nach dem Grade der Verunreinigung mehr oder weniger zahlreiche Choleraerkrankungen vorkommen mußten. Die Stadt Wandsbek blieb verschont, weil ihr Leitungswasser einer derartigen Verunreinigung nicht ausgesetzt war und überdies filtriert wurde. Altona erhielt ein Wasser, welches ursprünglich viel schlechter war als das Hamburger, aber durch sorgfältige Filtration von Choleraerkrankungen ganz oder doch nahezu vollständig befreit wurde. Diese Auffassung steht mit allen bisherigen bakteriologischen Erfahrungen und mit unserem jetzigen Wissen bezüglich der Infektionsstoffe in voller Übereinstimmung, sie enthält keine Widersprüche und nichts Gezwungenes oder Gekünsteltes.

Wie man von kosmisch-tellurischen, oder von rein meteorologischen Faktoren das Verhalten der Hamburg-Altonaer Cholera ableiten wollte, ist mir rätselhaft; denn Himmel, Sonne, Wind, Regen usw. waren auf beiden Seiten des Grenzgebietes absolut gleich verteilt. Ich glaube kaum, daß von dieser Seite auch nur einmal der Versuch gemacht werden wird, eine Erklärung zu finden.

Ganz besonders gespannt war ich darauf, was die Bodentheoretiker oder Lokalisten, wie sie sich jetzt mit Vorliebe nennen, zur Hamburg-Altonaer Cholera sagen würden. Nach dem, was bis jetzt darüber verlautet ist, geben sie, wenn auch nach einigem Widerstreben, die Tatsache zu, daß die eigentliche Choleraepidemie auf das Gebiet beschränkt geblieben ist, welches unfiltriertes Elbwasser erhielt und daß somit das unfiltrierte Wasser einen Einfluß ausgeübt haben muß; aber die Erklärung, wie dieser Einfluß, natürlich unter Mitwirkung des Bodens, zustande gekommen sein soll, ist doch in einer so über die Maßen unzulänglichen Weise ausgefallen, daß ich Anstand nehmen würde auf dieselbe hier einzugehen, wenn sie nicht von so hochgeachteter Seite käme.

Die lokalistische Auffassung<sup>1)</sup> geht also dahin, daß das Wasser nicht eine infizierende, sondern eine „disponierende“ Wirkung gehabt habe und zwar in der Weise, daß das unfiltrierte Wasser Schmutzstoffe in die Wohnungen, auf die Straßen und in den Boden gebracht und damit gewissermaßen einen geeigneten Nährboden für die Entwicklung des Choleraerkrankten geschaffen habe. Dabei hat der verehrte Herr Lokalist in seiner Bedrängnis wohl nicht bedacht, wie unendlich gering die Menge der Schmutzstoffe ist, welche durch Brauchwasser selbst im ungünstigsten Falle in den Wohnungen und im Boden abgelagert werden können, gegenüber den unendlich viel größeren Massen von Schmutzstoffen, welche der menschliche Haushalt tagtäglich den Wohnungen zuführt und welche von Menschen und Tieren fortwährend auf Straßen und Höfen abgelagert werden. Er hat ferner nicht berücksichtigt, daß das in die Wasserleitung gelangende Elbwasser nicht etwa regelmäßig, sondern nur ganz ausnahmsweise bei besonders hoher Flut eine Beimengung von Schmutzwässern der Stadt Hamburg bekommen kann.

<sup>1)</sup> v. Pettenkofer, Über Cholera, mit Berücksichtigung der jüngsten Choleraepidemie in Hamburg. Sitzungsberichte des ärztlichen Vereins in München. 1892. Bd. II. — v. Pettenkofer, Über die Cholera von 1892 in Hamburg und über Schutzmaßregeln. München 1893.

Er scheint aber, und das ist der schwerste Vorwurf, der ihm hier zu machen ist, ganz vergessen zu haben, daß Hamburg eine der am besten kanalisierten Städte, also mit Einrichtungen versehen ist, von denen wir wissen, daß sie die Schmutzwässer aus den Häusern, von den Höfen und Straßen auf kürzestem Wege aus dem Bereich der Stadt bringen. Was soll uns denn überhaupt die Kanalisation nutzen, wenn sie nicht einmal imstande sein sollte, dies geringe Mehr an organischer Substanz, welches unfiltriertes Wasser mit sich führt, zu beseitigen und unschädlich zu machen. Einen eklatanteren Beweis für ihren vollständigen Bankrott konnte die Bodentheorie überhaupt nicht geben, als mit diesem verunglückten Erklärungsversuch.

Auf jeden Fall werden auch die Lokalisten in Zukunft die Wasserfiltration nicht nur als etwas Nebensächliches, sondern als eine sehr nützliche und selbst unter Umständen unentbehrliche Maßregel ansehen müssen, und es zeigt sich hier wieder, wie in so vielen anderen Fällen, daß man über die Erklärung einer Sache verschiedener Ansicht sein kann, aber in bezug auf die praktische Behandlung derselben zu gleichen Resultaten gelangt.

Die Hamburg-Altonaer Cholera hat uns also den unwiderleglichen Beweis dafür geliefert, daß die Filtration des Wassers durch Sand, und zwar in der Weise, wie sie in Altona geschieht, einen für die Praxis ausreichenden Schutz gegen Cholerainfektion gibt. Ich betone ausdrücklich, daß, wenn die Filtration schützen soll, sie so wie in Altona gehandhabt werden muß. Ich kenne eine ziemlich große Anzahl von Wasserwerken mit Filteranlagen aus eigener Anschauung und weiß, daß nur wenige von ihnen sich so streng an die zurzeit geltenden Vorschriften für die Wasserfiltration halten, wie es in Altona geschieht, und ich habe allen Grund anzunehmen, daß die Abwehr der Cholera nicht überall in gleicher Weise gelungen sein würde, wie in Altona.

Um in dieser Beziehung auch denjenigen Lesern, welchen die Filtrationstechnik nicht hinreichend bekannt ist, verständlich zu werden, muß ich hier auf die Vorgänge bei der Sandfiltration etwas näher eingehen.

Es ist die Aufgabe der Filtration, das Wasser von den suspendierten Stoffen zu reinigen. Gelöste Stoffe gehen durch das Filter ganz oder in kaum merklicher Weise verändert hindurch. Da die chemische Untersuchung des Wassers sich im wesentlichen mit der Untersuchung der gelösten Bestandteile beschäftigt, so konnte sie zum Studium der Filtrationsvorgänge nichts beitragen. Man war aber früher so daran gewöhnt, die Beschaffenheit des Wassers nach seinen chemischen Eigenschaften zu beurteilen, daß man in vollständiger Verkennung der in diesem Falle obwaltenden Verhältnisse vielfach versucht hat, den Filtrationsprozeß chemisch zu verfolgen und zu kontrollieren. Natürlich ist dabei nie etwas Brauchbares herausgekommen. Die Filtrationstechniker haben dies denn auch schon frühzeitig erkannt und sich in einer anderen Weise zu helfen gesucht. Sie haben das Wasser in Glas- oder Metallzylindern, den sogenannten Wasserprüfern, auf seine Durchsichtigkeit vor und nach der Filtration geprüft und danach die Leistung der Sandfilter beurteilt. Mit diesem einfachen Hilfsmittel ist es ihnen gelungen, die wichtigsten Bedingungen für eine ausreichende Reinigung des Wassers von suspendierten Bestandteilen zu ermitteln. Es stellte sich nämlich heraus, daß nicht im Sande selbst die eigentliche Filtration vor sich geht, sondern daß sich zuerst durch Absetzen aus dem noch ungereinigten Wasser eine Schlammschicht an der Oberfläche des Sandes bilden muß und daß diese über dem Sande lagernde Schlammschicht erst das eigentliche Filter ist, welches die suspendierten Schmutzteile aus dem Rohwasser zurückhält. Beim Filterbetrieb kommt also alles darauf an, daß die filtrierende Schlammschicht sich zunächst regelrecht bildet, während der Filtration nicht gestört wird und nachdem sie durch fortwährende weitere Ablagerung von Schmutzteilen zu dick und damit für das Wasser zuwenig durchlässig geworden ist, zur rechten Zeit entfernt wird. Allem Anscheine

nach sind die verschiedenen Rohwässer je nach ihrem Gehalt an mineralischen und vegetabilischen suspendierten Stoffen in sehr verschiedenem Maße befähigt die filtrierende Schlammschicht zu liefern. Bei einigen Flußwässern, welche besonders reich an Lehmbestandteilen sind, kann sich schon nach 8 bis 10 Stunden eine gut filtrierende Schicht abgesetzt haben. Andere Wasserarten, deren Trübung mehr durch vegetabilische Stoffe bedingt ist, brauchen längere Zeit dazu, mindestens 24 Stunden. Zu gewissen Zeiten im Jahre, nämlich zur Zeit der sogenannten Wasserblüte, nehmen infolge des massenhaften Auftretens von mikroskopischen Algen im Wasser die vegetabilischen suspendierten Bestandteile außerordentlich zu, sie sind zu gleicher Zeit von besonders schleimiger Beschaffenheit und bilden infolgedessen eine Schlammschicht, welche oft schon nach wenigen Tagen fast undurchlässig für Wasser wird und dann beseitigt werden muß. Aus diesen kurzen Andeutungen geht schon hervor, daß es sich bei der Sandfiltration gar nicht um so einfache Verhältnisse handelt, wie sehr häufig angenommen wird. Man hat nun aber ferner gefunden, daß bei der allmählichen Abnutzung der Sandschicht nicht unter eine gewisse Höhe dieser Schicht, etwa 30 cm, herabgegangen werden darf und daß eine gewisse Geschwindigkeit, etwa 100 mm in der Stunde, für die Bewegung des Wassers in der Sandschicht eingehalten werden muß, wenn eine möglichst vollkommene Reinigung des Wassers erreicht werden soll. Einige weitere Filterregeln von untergeordneter Bedeutung können hier übergangen werden, die angeführten sind die wichtigsten und genügen zum Verständnis des Nachfolgenden.

Wenn in dem Filterbetrieb irgendwelche Störung eintritt und die erwähnten Regeln deswegen nicht eingehalten werden können, dann zeigt sich dies sofort an der Beschaffenheit des Filtrats. Dasselbe erreicht nicht mehr die volle Durchsichtigkeit bei der Untersuchung mit den Wasserprüfern. Für den Konsumenten ist dies allerdings kaum jemals bemerkbar, da auch solches ungenügend gereinigtes Wasser in Wasserflaschen und Trinkgläsern noch klar aussehen kann. Teils aus diesem Grunde, teils weil die Störungen des Filterbetriebes in der Regel nur von kurzer Zeitdauer sind, hat man denselben in früheren Zeiten keine große Bedeutung beigemessen und es vielfach gar nicht einmal für nötig gehalten, ein Wasserwerk so einzurichten, daß das ungenügend gereinigte Wasser von dem Konsum ausgeschlossen werden konnte.

Das ist aber ganz anders geworden, seitdem wir bessere Kenntnisse über die Infektionsstoffe haben und zu der Überzeugung gelangt sind, daß das Wasser durch den Filtrationsprozeß nicht allein geklärt, sondern vor allen Dingen von Infektionsstoffen, welche in dasselbe geraten sein könnten, befreit sein muß. Um das Wasser auf den Gehalt an Infektionsstoffen zu kontrollieren, reichten die Wasserprüfer selbstverständlich nicht mehr aus, für diesen Zweck konnte nur die bakteriologische Untersuchung in Frage kommen, die denn auch seit jener Zeit als die einzige zuverlässige Mittel, um das ausreichende Reinigung des Wassers durch den Filtrationsprozeß zu erkennen, allseitig anerkannt ist. Die Anwendung der bakteriologischen Untersuchung auf das Studium der Filtrationsvorgänge hat im allgemeinen das, was von früher her schon bekannt war, bestätigt, aber sie ließ auch sehr bald erkennen, daß selbst leichte und schnell vorübergehende Störungen im Betrieb keineswegs so gering zu achten sind, als man dies früher getan hatte. Wenn ein Filterwerk in jeder Beziehung zufriedenstellend arbeitet, dann finden sich erfahrungsgemäß im filtrierten Wasser weniger als 100 entwicklungsfähige Keime auf 1 ccm und zwar ist dies ganz unabhängig von dem Gehalt des Rohwassers an Bakterien, ob derselbe einige hunderttausend oder nur wenige hundert im Kubikzentimeter beträgt<sup>1)</sup>. Aber die geringsten Störungen des Filtrationsvorganges, z. B.

<sup>1)</sup> Bei einer Filtriergeschwindigkeit von 100 mm in der Stunde können Änderungen im Bakteriengehalt des Rohwassers allerdings noch von Einfluß auf die Zahl der Bakterien im filtrierten

Steigerung der Filtriergeschwindigkeit über 100 mm, Beschädigungen der Schlammdecke usw., haben sofort eine Zunahme der Keime im filtrierten Wasser zur Folge. Die bei regelrechtem Betrieb noch bleibende geringe Zahl von Keimen stammt unzweifelhaft zum allergrößten Teil aus dem mit Bakterienvegetationen besetzten Filtermaterial, also aus den unteren Sandschichten, aus dem Kies- und Steinlager, welche wie alle vom Wasser bespülten Gegenstände im Laufe der Zeit mit Vegetationen von Mikroorganismen überzogen werden. Dies sind natürlich harmlose Wasserbewohner, die in jedem Wasser angetroffen werden und keinen Schaden anrichten. Ein kleiner Teil der im filtrierten Wasser gefundenen Bakterien stammt jedoch, nach den Untersuchungen von F r a e n k e l und P i e f k e <sup>1)</sup> zu urteilen, aus dem Rohwasser. Es gelingt also mit unseren besten Filtriereinrichtungen noch nicht, alle Mikroorganismen zurückzuhalten. Auch dies müßte zu erreichen sein, aber man würde dann mit noch viel geringerer Geschwindigkeit, vielleicht auch durch dickere Schichten und unter Benutzung anderen Filtermaterials filtrieren müssen, womit wiederum eine so bedeutende Vergrößerung und Verteuerung der Anlagen verbunden sein würde, daß es nicht mehr auszuführen ist. Wir sind allem Anscheine nach mit den jetzigen Einrichtungen schon an der Grenze der Leistungsfähigkeit angelangt.

Aber den besten Beweis dafür, daß man sich mit dem Erreichten für die Praxis begnügen kann, hat Altona im vorigen Jahre geliefert. Das Wasserwerk dieser Stadt, welches glücklicherweise von einem unserer tüchtigsten und erfahrensten Filtrationstechniker geleitet wird, ist während der Choleraepidemie mit der Filtrationsgeschwindigkeit nie über 100 mm hinausgegangen, und dieser Vorsicht ist es offenbar zu danken, daß Altona von der Cholera in so auffallend geringer Weise betroffen wurde. Soweit mir Angaben über die Cholera in Altona zur Verfügung stehen<sup>2)</sup>, sind daselbst etwa 500 Erkrankungen vorgekommen, von denen aber mindestens 400 als aus Hamburg eingeschleppt oder durch Verkehr mit dem Hafen entstanden sich herausgestellt haben, oder als von derartigen Fällen durch unmittelbare Übertragung ausgehend anzusehen sind. Von den übrigen 100 Fällen, deren direkte oder indirekte Abstammung von Hamburg nicht zu ermitteln sind, wird gleichwohl noch eine gewisse Anzahl derselben Herkunft sein, ohne daß sich dafür ein bestimmter Nachweis führen ließ. Ob unter dem noch bleibenden Rest, welcher als unabhängig von Hamburg entstanden die der Stadt Altona eigentlich zukommende Epidemie bildet, eine gewisse Anzahl von Fällen enthalten ist, die der nicht vollkommenen Reinigung des infizierten Elbwassers in den Sandfiltern zuzuschreiben sind, wird wohl nicht mehr zu entscheiden sein. Ich halte es jedoch nach den Untersuchungen von F r a e n k e l und P i e f k e <sup>3)</sup>, welche gezeigt haben, daß bei einer Filtrationsgeschwindigkeit von 100 mm die Cholerabakterien durch die Sandfilter noch nicht vollständig zurückgehalten werden, für sehr wahrscheinlich. Irgendwie erheblich kann aber die Anzahl der auf solche Weise in Altona entstandenen Cholerafälle nicht gewesen sein und man wird wohl nicht verlangen können, daß, um auch solche vereinzelt Fälle mit Sicherheit in Zukunft zu vermeiden, nun den Sandfiltern doppelte oder gar dreifache Dimensionen gegeben werden sollen. Wir müssen also nach allem, was wir bislang von der Sandfiltration kennen gelernt haben, zugeben, daß sie selbst unter günstigsten Verhältnissen keinen absoluten Schutz gegen Infektionsgefahr gewähren, aber wie bereits gesagt, doch einen solchen, mit dem man sich den Verhältnissen der Praxis gegenüber zufrieden geben kann.

---

Wasser sein, doch darf letztere Zahl auch bei einem sehr stark verunreinigten Rohwasser nicht über 100 Keime im Kubikzentimeter hinausgehen.

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. VIII, Heft 1.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Wallichs, Die Cholera in Altona. Deutsche Medizinische Wochenschrift, 1892, Nr. 46.

<sup>3)</sup> A. a. O.

An und für sich wird uns dieses Resultat in Cholerazeiten eine nicht geringe Beruhigung geben in betreff aller derjenigen Städte, welche auf Sandfiltration angewiesen sind. Aber die jetzige Choleraepidemie hat leider selbst schon wieder dafür gesorgt, daß diese Beruhigung keine zu weitgehende sein darf, sie hat uns an einigen handgreiflichen Beispielen gezeigt, daß eine Filtrationsanlage an sich noch nicht genügt, sondern daß sie in jeder Beziehung vollkommen konstruiert, auf das sorgfältigste geleitet und fortlaufend bakteriologisch kontrolliert werden muß, wenn nicht der dadurch gewährte Schutz mehr oder weniger illusorisch werden soll. Die Vorkommnisse, welche uns wieder in eine gewisse Unsicherheit in bezug auf die Leistungen der Sandfiltration versetzt haben, gehören der Choleraepidemie in Nietleben bei Halle und der Winterepidemie in Altona an. Dieselben sind so lehrreich, daß sie eine etwas eingehendere Besprechung verdienen.

Die Provinzial-Irrenanstalt **N i e t l e b e n**, einige Kilometer westlich von Halle gelegen, bezieht ihren Wasserbedarf aus einem Arm der Saale, welcher „wilde Saale“ genannt wird. Das Wasser der wilden Saale fließt mit eigenem Gefälle in eine Filteranlage und wird, nachdem es dieselbe passiert hat, durch ein eisernes Heberrohr bis zur Pumpstation der Anstalt geleitet. Die Pumpen heben es dann in mehrere hochgelegene Reservoirs, aus denen das Rohrnetz gespeist wird. Die Filteranlage, auf welche sich unser Interesse augenblicklich beschränkt, ist seit dem Jahre 1883 im Betrieb. In ihren Einrichtungen entspricht sie fast vollständig den in neuerer Zeit gebauten größeren Filteranlagen. Sie besteht aus drei in Mauerwerk ausgeführten nebeneinander gelegenen verdeckten Filtern, von denen jedes 41,25 qm Fläche hat. Das Filtermaterial besteht wie gewöhnlich aus einer untersten Steinlage, auf welcher nach oben zu Kies und dann Sand folgt, letzterer in einer 66 cm hohen Schicht. Das Flußwasser gelangt nicht unmittelbar auf die Filter, sondern geht zuerst durch zwei nebeneinander gelegene Vorbassins von je 11,25 qm Fläche, von denen aus es durch eiserne Röhren an die Oberfläche der Sandschicht geführt wird. Nachdem das Wasser durch die Filterschichten gegangen ist, sammelt es sich in einem Kanal am Boden des Filters, welcher mit drei kleineren Behältern, den sogenannten Sammelschächten, an der anderen Seite der Filter in Verbindung steht. Letztere bilden, da sie untereinander kommunizieren, gewissermaßen das Reinwasserreservoir, aus dem das eiserne Heberrohr der Pumpstation das filtrierte Wasser ansaugt. Die Filter wurden nach Aussage des Filterwärters, welcher darüber protokollarisch genommen ist, in folgender Weise behandelt.

Sobald eins der Filter so weit verschlammmt war, daß es gereinigt werden mußte, wurde Ab- und Zufluß desselben abgesperrt und mit einer Handpumpe das über dem Sande stehende Wasser bis auf 10 cm abgepumpt. Hierauf wurde das Filter wieder mit dem zugehörigen Sammelschacht in Verbindung gesetzt und aus letzterem, nachdem er seinerseits von der Kommunikation mit dem Heberrohr abgesperrt war, das vorhandene Wasser durch Pumpen entfernt. Nun mußte der über der Sandschicht des Filters stehen gebliebene Rest von Wasser im Filtermaterial versinken, wodurch die Sandoberfläche trocken gelegt wurde. Man legte dann Bretter auf den Sand und entfernte die oberste Sandschicht, soweit dieselbe dunkel und schlammig aussah. Nach Entfernung der Schlammsschicht wurde die Sandoberfläche wieder geebnet und die Bretter, welche als Unterlage für die Füße gedient hatten, entfernt. Um das Filter wieder zu füllen, wurde der vom Vorbassin zum Filter führende Schieber langsam geöffnet, damit die obere Sandlage nicht aufgewirbelt würde, was jedoch in der Nähe des Rohrs auch bei langsamem Einfließen nicht ganz zu vermeiden war: das Öffnen des Schiebers dauerte etwa 20 Minuten. Ungefähr  $\frac{3}{4}$  Stunden nachdem der Schieber geöffnet war, stand in der Regel das Wasser im Sammelschacht höher wie in den benachbarten Sammelschächten und dann wurde

die Verbindung zu den beiden anderen Sammelschächten und zum Heberrohr hergestellt und dadurch die Filtration wieder in Gang gesetzt.

Ursprünglich war diese Filteranlage für 700 Insassen der Anstalt berechnet und zwar sollten 300 Liter auf den Kopf täglich geliefert werden und die Pumpen während des Tages 15 Stunden arbeiten. Es waren also stündlich 14 cbm Wasser zu filtrieren. Dafür standen von den 3 Filtern zwei mit einer Fläche von 82,5 qm zur Verfügung, da das dritte wegen der Reinigungsarbeiten als außer Betrieb befindlich nicht in Rechnung gezogen wurde. Unter Zugrundelegung dieser Zahlen ergibt sich eine Filtrationsgeschwindigkeit von 170 mm in der Stunde.

In der ersten Zeit des Filterbetriebes blieben die einzelnen Filter etwa drei Wochen lang leistungsfähig. Sehr bald (bereits 1884) ging aber die Filtration weniger gut vor sich und man war schon nach 14 bis 10 Tagen genötigt, die Reinigung der Filter vorzunehmen. Zugleich stellte sich heraus, daß das Heberrohr, welches, wie erwähnt, das filtrierte Wasser zum Pumpwerk beförderte, nicht dicht war (es bestand ursprünglich aus Tonröhren). Dasselbe nahm ziemlich bedeutende Mengen von Grundwasser aus dem Boden, in dem es verlegt war, auf. In Wirklichkeit hatte die Filteranlage also schon damals bei 10- bis 14 tägiger Benutzung der Filter den Bedarf der Anstalt nur zum Teil gedeckt. Das tönerner Heberrohr wurde dann durch ein eisernes ersetzt, so daß nur noch filtrierte Saalewasser in die Anstalt gelangen konnte. Gleichzeitig erfuhr die Anstalt eine erhebliche Vergrößerung, welche die Zahl der Insassen von 700 bis auf nahezu 1000 brachte. Damit wurde aber das schon von Anfang an bestehende Mißverhältnis zwischen Leistungsfähigkeit der Filteranlage und Beanspruchung derselben so gewaltig gesteigert, daß um die erforderlichen Wassermengen zu erhalten, nichts übrig blieb, als die Sandschicht der Filter so durchlässig als nur möglich zu halten. Die Reinigungsfristen wurden immer kürzer und in den beiden letzten Jahren (1891 und 1892) mußte der Filterwärter während des Sommers wöchentlich zwei Filter und während des Winters wöchentlich alle drei Filter reinigen. Es wurde also jede Woche Montag und Dienstag Filter Nr. 1, Mittwoch und Donnerstag Nr. 2, Freitag und Sonnabend Nr. 3 gereinigt; am Sonntag gingen alle drei Filter gleichzeitig.

Das Filterwerk hat schon in seiner Anlage einige Fehler. Es fehlt ihm eine Einrichtung, die Filtrationsgeschwindigkeit zu messen und zu regulieren; schlecht filtrierte Wasser kann nicht beseitigt werden; beim Anlassen des Filters kann die Sandschicht nicht von unten herauf mit filtrierte Wasser gefüllt und das Aufwühlen des Sandes durch das einströmende Rohwasser nicht verhindert werden. Indessen sind dies Fehler, die man auch an großen Filteranlagen findet. Dieselben erschweren es außerordentlich, ein gut filtrierte Wasser vermittels einer solchen Anlage zu gewinnen, machen es aber doch nicht unmöglich. Hätte man das Nietlebener Filterwerk in sachverständiger Weise benutzt und hätte man es auf seine Leistung fortlaufend bakteriologisch kontrolliert, dann würde es zwar weniger<sup>1)</sup>, aber doch ein hygienisch kaum zu beanstandendes Wasser geliefert

<sup>1)</sup> Unter der Voraussetzung, daß nur zwei Filter in voller Tätigkeit sind und mit einer GesamtfILTERFLÄCHE von 82,5 qm arbeiten, würde bei ununterbrochener Ausnützung des Pumpwerkes (d. h. 24 Stunden und nicht 15 Stunden pro Tag) und einer Filtrationsgeschwindigkeit von 100 mm in der Stunde das Werk noch täglich 198 cbm filtrierte Wasser, also nahezu 200 Liter pro Kopf und Tag geliefert haben. Man hätte im Notfall aber auch noch viel weiter herabgehen können in der Ausnützung des Werkes, da 200 Liter noch eine sehr reichliche Wasserversorgung geben. Ich hatte in letzter Zeit Gelegenheit eine andere Irrenanstalt zu besichtigen, welche zwar noch nicht im Betrieb war, aber von der mir offiziell versichert wurde, daß sie mit einem Verbrauch von 25 Liter pro Kopf und Tag werde auskommen müssen, da sich mit dem besten Willen nicht mehr beschaffen ließ (letztere Anstalt hat allerdings keine Dampfkesselanlage mit Wasser zu versehen, wie es in Nietleben der Fall ist).

haben. Von einer sachverständigen Behandlung der Filter kann indessen nach dem Geschilderten keine Rede sein. Von den Beteiligten hat offenbar niemand auch nur eine Ahnung davon gehabt, wie ein Filterwerk behandelt werden muß. Das filtrierte Wasser wurde gelegentlich chemisch untersucht und man glaubte, daß, wenn die chemische Analyse das Wasser als frei von Ammoniak und salpetriger Säure ergeben hatte, das Filterwerk seine Schuldigkeit tue, namentlich wenn der betreffende Chemiker zugleich meldete, daß im Wasser mikroskopisch zwar einige braune und grüne Algen, aber keine „Kokken und Bakteriazeeen“, auch „keine geradezu schädlichen Sachen“ zu finden seien. Eine regelrechte bakteriologische Untersuchung ist vor dem Ausbruch der Cholera auch nicht ein einziges Mal vorgenommen; und doch hätte schon eine einzige derartige Untersuchung sofort erkennen lassen, daß das Wasser in dem Filterwerk nur von den gröberen suspendierten Stoffen befreit wurde<sup>1)</sup>. Mikroorganismen und speziell Infektionsstoffe konnten bei solcher Art des Betriebs nur zum geringsten Teil zurückgehalten werden. Es kam schließlich nur darauf an, möglichst viel Wasser durch die Filterschichten zu jagen, und da war es gar nicht möglich regelrecht zu verfahren und die zur Filtration unerläßliche Schlammsschicht an der Oberfläche des Sandes sich bilden zu lassen.

Davon, daß das Wasser mindestens 24 Stunden über dem Sand ruhen muß, um es zur Bildung der filtrierenden Schlammsschicht kommen zu lassen, hat man in Nietleben überhaupt nichts gewußt, da man von Anfang an schon dreiviertel Stunden nach dem Anlassen des Filters die Filtration in Gang setzte. Aber es hätte sich trotzdem auch während der Filtration nach einem oder wenigen Tagen so viel Schlamm auf der Sandoberfläche absetzen müssen, daß dann wenigstens das Wasser gut filtriert wurde. In den letzten Jahren hat man es aber auch dazu nicht mehr kommen lassen, denn die Filter gingen nur etwa fünf Tage, und wenn sich kaum eine filtrierende Schlammdecke gebildet hatte, dann wurde sie sofort wieder abgekratzt. Es war also schließlich nur noch eine Filtration dem Namen nach, in Wirklichkeit ging das Wasser so gut wie ungereinigt durch das Filterwerk. Um dies auch tatsächlich nachzuweisen, hat Prof. P f u h l das Wasser vor und nach der Filtration während des Betriebs bakteriologisch untersucht. Er fand im ungereinigten Saalewasser 302 400 Keime im Kubikzentimeter und 52 410 Keime im Kubikzentimeter des filtrierten Wassers. Hätte man, wie gesagt, nur eine einzige derartige bakteriologische Untersuchung vor der Chorerazeit anstellen lassen und deren Ergebnis richtig zu würdigen gewußt, dann wäre man wohl nicht so sorglos der Gefahr entgegengegangen; es wäre gewiß beizeiten für eine Abstellung der Übelstände gesorgt und die Anstalt wäre vor einem großen Unglück bewahrt geblieben. Und man hätte doch alle Ursache gehabt, auf die Filtrationsanlage die allergrößte Aufmerksamkeit zu verwenden; denn wie ich an einer anderen Stelle zu schildern haben werde, liegen für Nietleben die Verhältnisse ganz ähnlich, wie für Altona. Das zu filtrierende Wasser ist in bedenklichster Weise der Verunreinigung ausgesetzt. Schon das Saalewasser fließt mit den Schmutzstoffen vieler stromaufwärts gelegener Ortschaften beladen zu, so namentlich von Leipzig, dessen Abgänge durch die eine Meile oberhalb von Nietleben in die Saale einmündende Elster zugeführt werden. Am bedenklichsten ist aber, daß 50 Schritte oberhalb der Entnahmestelle ein kleiner schmutziger Bach einmündet, welcher den sehr bezeichnenden Namen Saugraben führt. Derselbe kommt vom Dorfe Nietleben, erhält dort die Schmutzstoffe aus dem Orte, sowie von mehreren Gruben und Fabriken, unmittelbar vor seiner Einmündung in die Saale aber noch die Abgänge von den Riesel-feldern der Anstalt selbst. Das trübe Wasser des Saugrabens mischt sich auch nicht etwa schnell in ausreichender Weise mit dem Saalewasser, sondern fließt noch lange

<sup>1)</sup> Auch von diesen nicht immer, da das Wasser öfters selbst in der Anstalt so wenig klar war, daß es von den Angestellten ungerne getrunken wurde.

Zeit, an der Färbung kenntlich, am Ufer hin und gelangt fast unverdünnt bis zur Entnahmestelle, welche also nicht etwa reines Saalewasser, sondern nur mäßig verdünntes Wasser des Saugrabens der Filteranlage zuführt. Man würde sicherlich nicht die Anlage eines Wasserwerkes dicht unterhalb eines so stark verunreinigten Zuflusses riskiert haben, wenn man nicht die volle Zuversicht gehabt hätte, daß das Wasser durch eine sorgfältige Filtration von schädlichen Stoffen gereinigt werden würde, und man hat gewiß nicht geahnt, daß bei der Art und Weise, wie das Wasserwerk betrieben wurde, dasselbe nicht einen Schutz gegen Infektion für die Anstalt gewährt, sondern geradezu ein Fangapparat für Infektionsstoffe werden mußte, der es denn schließlich auch leider geworden ist. Das Verhalten der Cholera in Nietleben lieferte schon an und für sich den Beweis, daß das schlecht filtrierte Wasser der Träger des Infektionsstoffes gewesen ist. Zum Überfluß sind aber auch noch die Cholerabakterien im Saalewasser unterhalb der Einmündungsstelle des Saugrabens zweimal und zwar zu verschiedenen Zeiten, ferner im filtrierten Wasser aus dem Sammelschacht des Filters Nr. II und an einer Stelle im Leitungswasser der Anstalt selbst nachgewiesen.

In dem Wasserwerk von Nietleben haben wir eine Anlage kennen gelernt, welche trotz der ihr anhaftenden Fehler bei einer sehr geschickten und sorgsamten Bedienung immer noch befriedigende Resultate hätte geben müssen; auch hätten die Fehler sich mit geringen Änderungen so gut wie gänzlich beseitigen lassen. Nun werden wir aber im Gegensatz hierzu an dem Altonaer Wasserwerk erfahren, daß die jetzt bestehenden Filteranlagen Fehler besitzen können, deren Bedeutung man bisher entweder nicht gekannt oder doch nicht genügend gewürdigt hat und denen gegenüber selbst die beste Leitung machtlos ist.

Das Altonaer Wasserwerk ist eines der ältesten in Deutschland. Es liegt bei Blankenese, anderthalb Meilen unterhalb der Stelle, wo sich an der Grenze von Hamburg und Altona die sämtlichen Siele der beiden Städte in die Elbe ergießen, und zwar an demselben Ufer wie die Sielauslässe. Die Entnahmestelle liegt im Gebiet von Ebbe und Flut, deren Höhendifferenz für jene Stromgegend im Durchschnitt etwas über 2 m beträgt<sup>1)</sup>. Während der Ebbe erhält das Wasserwerk das durch die städtischen Schmutzwässer stark verunreinigte Elbwasser des rechten Ufers, während der Flut mit dem zurückgestauten Strom Wasser, welches mit großen Mengen weniger verunreinigten Elbwassers gemischt ist. Es gibt sich dies auch sofort an dem bakteriologischen Verhalten des Elbwassers zu erkennen, welches ganz bedeutende Schwankungen im Keimgehalt hat; in kurzen Zwischenräumen können wenige tausend und dann wieder einige hunderttausend Keime im Kubikzentimeter gefunden werden, namentlich auch im Winter, wo sonst im Flußwasser die Keimzahl beträchtlich und gleichmäßig herabzugehen pflegt. Unmittelbar am Elbufer befindet sich das Pumpwerk, welches das Wasser 84,7 m hoch auf den Boursberg, eine das steile Elbufer überragende Höhe, befördert, wo das Wasserwerk erbaut ist. Das letztere besteht aus zwei Ablagerungsbassins, in denen das ziemlich stark trübe Elbwasser schon einen Teil seiner Sinkstoffe absetzt, und acht offenen Filtern. Jedes Filter hat etwas über 800 qm Fläche. Von den Filtern gelangt das Wasser in ein 3050 cbm fassendes Reinwasserreservoir und von da mit eigenem Gefälle nach der Stadt. Die Einrichtung der Filter unterscheidet sich von derjenigen anderer Anlagen nicht.

Seit dem Sommer des Jahres 1880 wird das Wasser bakteriologisch untersucht, jedoch nur wöchentlich einmal und nur Proben, welche aus dem Reinwasserreservoir entnommen sind<sup>2)</sup>. Bis zum Sommer 1892, also während eines Zeitraums von zwei Jahren,

<sup>1)</sup> Vgl. Hamburg in naturhistorischer und medizinischer Beziehung. Festschrift der 49. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte (Hamburg 1876), p. 236.

<sup>2)</sup> K ü m m e l, Versuche und Beobachtungen über die Wirkungen von Sandfiltern. Schillings Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1893, Nr. 9.

ist die Keimzahl im Kubikzentimeter des filtrierten Wassers, mit Ausnahme einer kurzen Periode im Januar 1891, immer unter hundert geblieben. Zahlen unter 20 waren die Regel, 50 bis 70 Kolonien gehörten zu den Seltenheiten. Dieses ausgezeichnete Resultat ist unzweifelhaft der geschickten und sorgsamten Behandlung der Filteranlagen zu verdanken; namentlich wurde bei diesem Wasserwerk streng darauf gehalten, daß die Filtrationsgeschwindigkeit nicht über 100 mm in der Stunde hinausging; gewöhnlich wurde noch langsamer filtriert. Von besonderer Wichtigkeit ist noch, daß die gleichmäßig niedrigen Keimzahlen erhalten wurden, obwohl das Rohwasser fortwährend in seinem Keimgehalt schwankte und mitunter außerordentlich stark verunreinigt war. Es ist damit der Beweis geliefert, daß ein Filterwerk bei regelrechtem Betrieb auch aus schlechtestem Rohmaterial — viel schlechteres als das Elbwasser bei Blankenese wird wohl anderwärts kaum vorkommen — ein Filtrat mit einer geringeren Keimzahl als 100 im Kubikzentimeter liefern muß.

Wir können nun aber weiter vom Altonaer Filterwerk lernen, daß Störungen im Filterbetrieb sich sofort bakteriologisch, nicht selten aber auch an der Wirkung der vom Filter nicht mehr genügend zurückgehaltenen Infektionsstoffe, d. h. am Auftreten von Infektionskrankheiten im Bereich des Wasserversorgungsgebietes zu erkennen geben. Glücklicherweise gibt es nicht viele Infektionskrankheiten, denen das Wasser gelegentlich als Träger dienen kann. Mit Sicherheit kennen wir nur zwei, die Cholera und den Abdominaltyphus. Die Cholera kommt für uns nur periodisch in Betracht, der Abdominaltyphus aber als endemische und bei uns überall verbreitete Krankheit beständig. Man kann wohl annehmen, daß unsere großen Städte niemals ganz ohne Typhus sind und daß in ihren Schmutzwässern außer anderen Fäkalien auch immer diejenigen von Typhuskranken und damit der Infektionsstoff des Abdominaltyphus enthalten ist. Wenn nun, wie dies jetzt meistens der Fall ist, die Schmutzwässer durch Kanalisation möglichst bald aus dem Bereich des betreffenden Ortes entfernt und nicht etwa durch die Wasserversorgung wieder eingeschleppt werden, dann nimmt der Abdominaltyphus, wenigstens soweit die Wasserinfektion in Betracht kommt, ab. Er braucht deswegen nicht ganz zu verschwinden, da es für diese Infektionskrankheit, ebenso wie bei der Cholera, auch noch andere Verbreitungswege gibt als das Wasser; ich möchte sogar annehmen, daß der Abdominaltyphus in noch geringerem Grade vom Wasser abhängig ist und seine Wege auch ohne das Wasser leichter zu finden weiß, als die Cholera mit ihrem exotischen, eigentlich tropischen Infektionsstoff, welcher Feuchtigkeit und Wärme für seine Existenz in viel höherem Maße beansprucht, als der widerstandsfähigere Typhusbazillus. Immerhin kann letzterer, wie zahlreiche Beobachtungen aus neuerer Zeit beweisen, gelegentlich durch Wasser verbreitet werden<sup>1)</sup>, und wenn im Bereiche einer Wasserversorgung plötzlich eine auffallende Zunahme von gleichmäßig verbreiteten, unter sich nicht im Zusammenhang stehenden Typhusfällen vorkommt, dann hat man alle Ursache, nachzuforschen, ob es sich dann nicht um eine durch die Wasserleitung bedingte Epidemie handelt. Wird nun in einem solchen Falle dieser Verdacht durch die weiteren Nachforschungen bestätigt, dann hat der Typhus gewissermaßen als Index für Mängel in der Wasserversorgung gedient. Es hat sich in der Tat ein derartiger Zusammenhang in fast allen derartigen Fällen nachweisen lassen, in denen die Untersuchung gründlich und ohne Vorurteil geführt wurde, und das Verhalten des Typhus in einem Orte wird uns deswegen zukünftig ein höchstwertvoller Wegweiser zum Auffinden von Fehlern in der Wasserversorgung sein.

<sup>1)</sup> Wenn ich hier sage, daß Typhus durch Wasser verschleppt werden kann, dann mache ich mich darauf gefaßt, daß ich deswegen sofort von gewisser Seite auch als „Trinkwasserfanatiker“ in bezug auf Abdominaltyphus denunziert werde.

Etwas Derartiges hat sich auch in Altona zugetragen. Die Stadt hat in den letzten Dezennien Typhusepidemien gehabt, welche wegen ihres eigentümlichen Verhaltens den Verdacht erweckten, daß sie mit der Wasserversorgung in Zusammenhang stehen mußten. Die ersten Mitteilungen hierüber verdanken wir *Reincke*<sup>1)</sup>. Derselbe wies darauf hin, daß die Typhusepidemien in Altona nicht gleichzeitig mit den Hamburger Epidemien verlaufen, sondern ihnen um einige Wochen nachfolgen und daß in Altona der Typhus dasselbe Gebiet einnimmt, wie die Wasserleitung. Er sprach deswegen schon seinerzeit den Verdacht aus, daß dies der Wasserversorgung zuzuschreiben sei. In diesem Verdacht wurde er durch das Resultat von bakteriologischen Untersuchungen bestärkt, welche von *Spiegelberg* in den Jahren 1885 und 1886 ausgeführt waren. Aus diesen Untersuchungen, welche leider nur in monatlichen Zwischenräumen gemacht sind, ging nämlich hervor, daß die Zahl der Keime im Altonaer Leitungswasser kurz vor dem Ausbruch der Typhusepidemie des Jahres 1886 stark zugenommen hatte (bis 1150 Keime im Kubikzentimeter am 20. Februar 1886). *Reincke* schloß daraus, daß Störungen im Betriebe der Filter vorgekommen sein müßten, ohne daß es jedoch gelang, dieselben nachzuweisen. Etwas weiter in der Lösung dieser Frage kam *Wallichs*<sup>2)</sup>. Ihm war besonders aufgefallen, daß vom Jahre 1886 bis 1888 alljährlich sich eine Typhusepidemie im Anschluß an eine längere Frostperiode entwickelte. So folgte 1886 einer Frostperiode im Februar eine Typhusepidemie im März. 1887 war der Januar der kältere Monat und der Typhus erreichte in diesem Jahre im Februar seine Höhe. 1888 war wieder der Februar kälter und der März der stärkste Typhusmonat. Auch im Jahre 1891 folgte eine Typhuszunahme im Februar auf eine Kälteperiode im Januar. Während dieser letzten Typhusepidemie standen schon die oben erwähnten fortlaufenden bakteriologischen Untersuchungen des Altonaer Leitungswassers zur Verfügung. Aus denselben ließ sich ersehen, daß ähnlich wie bei den *Spiegelberg*schen Untersuchungen, kurze Zeit vor dem Ausbruch der Typhusepidemie die Keimzahl im filtrierten Wasser bedeutend gestiegen war (nach *Wallichs* am 13. Januar 2615, am 20. Januar 1364, nach *Kümmel* einmal 1900 und ein anderes Mal 1100). *Wallichs* hielt sich zwar nicht dazu berechtigt, die Wasserleitung schon bestimmt als Typhusursache zu beschuldigen, er sprach aber den dringenden Verdacht aus, daß es so sein könne und warf auch schon die Frage auf, ob nicht durch die Eisbildung auf den offenen Filtern die Filtration gestört werde, oder ob nicht möglicherweise bei der Reinigung der Filter bei starkem Froste die Oberfläche des Sandes gefriere und dann ungenügend filtriere. Von seiten *Kümmels* wurden diese Möglichkeiten damals noch bestritten. Später hat letzterer gegen die Abhängigkeit der Typhusepidemie in Altona von der Wasserversorgung auch noch geltend gemacht, daß im Jahre 1892 wiederum eine Typhusepidemie (im Februar) entstand, während und vor welcher die Bakterienzahl im filtrierten Wasser nicht zunahm. Diesen letzteren Einwand halte ich nicht für zutreffend, denn das filtrierte Wasser wurde nur wöchentlich einmal untersucht, auch nicht das Filtrat eines jeden einzelnen Filters, sondern das Gesamtfiltrat aus dem Reinwasserbehälter. Bei dieser Art der Untersuchung können, wie wir später sehen werden, Schwankungen im Bakteriengehalt leicht übersehen werden, namentlich wenn die Störungen in der Filtration sich auf ein einzelnes Filter beschränken. *Kümmel* sagt selbst, daß 1891 die Keimzahl sehr rasch in die Höhe gegangen, aber auch ebenso rasch wieder gefallen sei; sobald nur ein paar Filter gereinigt wurden, sank die Keimzahl sofort auf die Norm zurück und innerhalb drei Wochen war alles vorüber. Solche Perioden

<sup>1)</sup> *Reincke*, Der Typhus in Hamburg mit besonderer Berücksichtigung der Epidemien von 1885 bis 1888, Hamburg 1890, p. 35 ff.

<sup>2)</sup> *Wallichs*, Eine Typhusepidemie in Altona, Anfang des Jahres 1891. Deutsche Medizinische Wochenschrift, 1891, Nr. 25.

erhöhter Keimzahlen können aber auch noch kürzer sein, mitunter dauern sie nur wenige Tage und entgehen dann bei siebentägiger Untersuchung leicht der Beobachtung.

Nachdem durch die früheren Typhusepidemien die Aufmerksamkeit bereits auf die Möglichkeit einer Insuffizienz des Filterwerks während eines kalten Winters gelenkt war, mußte sich, als im Januar und Februar 1893 Cholerafälle über die ganze Stadt verbreitet und ohne Zusammenhang untereinander auftraten, sofort wieder der Verdacht gegen das Wasserwerk richten. An Einschleppung aus Hamburg, die während des Sommers eine so große Rolle gespielt hatte, konnte man nicht denken, da einige der Erkrankten ihre Wohnung gar nicht verlassen hatten, bei den anderen ein Verkehr mit Hamburg nicht nachzuweisen war, hauptsächlich aber auch deswegen nicht, weil in Hamburg damals die Cholera bereits vollständig erloschen war. Von einzelnen der letzten Hamburger Fälle nahm man in Hamburg sogar an, daß ihre Infektion in Altona oder wenigstens in der Hamburger Vorstadt St. Pauli erfolgt sein müsse, welche seit einigen Monaten mit Altonaer Leitungswasser versorgt war. Diese Befürchtung hatte sogar zur Folge, daß die Auslässe für Altonaer Wasser in St. Pauli geschlossen wurden.

Es fragte sich nun, ob denn der vorliegende Verdacht auch wirklich zu begründen sei und zu diesem Zwecke mußte zunächst wieder die bakteriologische Untersuchung zu Rate gezogen werden. Vom 1. Oktober 1892 ab hatte Weisser fast täglich Proben aus dem Reinwasserreservoir des Altonaer Wasserwerks untersucht. Aus Weissers Zahlen war sofort zu ersehen, daß schon in der ersten Woche des Dezember eine schnell vorübergehende Zunahme der Bakterien im filtrierten Wasser vorgekommen war. Vom 30. Dezember 1892 ab fing die Keimzahl wieder an zu steigen, erreichte am 12. Januar 1893 1516, fiel wieder vorübergehend und stieg in der letzten Januarwoche auf 1200 bis 1400. Daß irgendwelche Störungen im Filterbetrieb vorgekommen sein mußten, war hiernach außer Zweifel. Wenn solche Störungen vorkommen, betreffen sie natürlich niemals sämtliche Filter zugleich, sondern immer nur einzelne; man mußte also, um den Fehler zu finden, sofort jedes Filter einzeln bakteriologisch untersuchen. Leider ließ sich das nun nicht so ohne weiteres ausführen, da die Filter nicht mit Einrichtungen versehen waren, um von jedem einzelnen das eben filtrierte Wasser entnehmen zu können. Nur das Filter Nr. 8 konnte für sich allein untersucht werden, Nr. 1 bis 4 mündeten vermittels eines gemeinschaftlichen Rohrs in das Reinwasserreservoir, ebenso Nr. 5 bis 7 und Nr. 9 und 10, so daß diese Filter nur gruppenweise geprüft werden konnten. Schon am 31. Januar war nach Weissers Untersuchungen die Zahl der Keime auf 354 (am Tage vorher auf 1256) herabgesunken<sup>1)</sup>. Vom 1. Februar ab stehen uns die Untersuchungsergebnisse eines Bakteriologen zur Verfügung, welcher für das Altonaer Wasserwerk angestellt ist, um die täglichen Untersuchungen der einzelnen Filter durchführen zu können. Vom 3. Februar ab konnten auch schon die Filter Nr. 9 und 10 und vom 8. Februar sämtliche Filter getrennt untersucht werden. Die Zahlen für den Monat Februar sind in der Tabelle p. 196 zusammengestellt.

Die Zahlen dieser Tabelle beanspruchen das größte Interesse. Zunächst geht daraus hervor, daß am 1. Februar das Filter Nr. 8 schlecht funktionierte, ebenso die Gruppe 9 und 10, in welcher, wie die getrennte Untersuchung vom folgenden Tage ergab, das Filter Nr. 10 das schlecht filtrierende war. Auch die Gruppe 5, 6, 7 lieferte noch kein genügend gereinigtes Wasser. Im Reinwasserreservoir wurden zu gleicher Zeit nur 154 Keime im Kubikzentimeter gefunden, eine Zahl, welche kaum Veranlassung gegeben hätte, eine Störung im Filterbetrieb zu vermuten; und doch funktionierten mindestens zwei Filter

<sup>1)</sup> Diese letzten Zahlen beziehen sich nicht auf Proben aus dem Reinwasserreservoir, sondern aus einer Zapfstelle des Garnisonlazarets in Altona. Das Wasser des Reinwasserreservoirs würde, weil es den Filtern näher gelegen ist, wohl etwas niedrigere Zahlen gegeben haben.

schlecht. Aber der daraus resultierende Fehler wurde durch die besseren Leistungen der übrigen Filter so weit verdeckt, daß das Gesamtwasser des Reinwasserreservoirs nur noch eine Andeutung davon erkennen ließ, welche auch leicht hätte übersehen werden können. In den vorhergehenden Tagen, an welchen im Leitungswasser noch bedeutend höhere Keimzahlen gefunden waren, müssen die Störungen im Filterbetrieb erheblich größer gewesen sein. Vermutlich hatten sie sich durch die bei der Filtration notwendigerweise zunehmende Verschlämmung der Filter schon wieder bis zu dem Grade ausgeglichen, der am 1. Februar konstatiert wurde.

Keimgehalt des Wassers der Altonaer Wasserwerke.

Februar	Filter										R. W.	E. W.	Bemerkungen
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1.							832				154	28520	R. = Reinigung des Filters
2.	88			212			550		908		142	35340	R.W. = Reinwasserreservoir
3.	106			374			R.	76	636		110	40920	E. W. = Elbwasser vor der
4.	123			276			208		96	530	146	31360	Filtration
5.	176			206			544		84	362	105	33480	
6.	418			306			401		82	334	68	39680	
7.	234			204			446		94	R.	94	41660	
8.	50	22	40	24	28	136	146	368	84	152	130	25560	
9.	48	28	R.	32	54	194	152	182	64	122	72	44140	
10.	108	50	88	20	28	120	98	110	58	112	126	42160	
11.	68	60	76	78	36	140	R.	126	76	204	152	34100	
12.	72	58	240	60	38	110	238	80	70	282	82	26040	
13.	34	30	560	48	28	82	214	186	86	374	104	24800	
14.	40	46	354	24	18	52	164	142	46	364	142	34080	
15.	26	28	76	14	18	44	74	48	26	72	49	40360	
16.	38	26	84	24	22	52	76	60	R.	120	78	25420	
17.	20	36	156	R.	22	48	82	86	324	130	95	26400	
18.	26	18	102	54	32	54	112	72	82	126	91	26440	
19.	24	20	88	78	28	44	98	82	64	102	70	24800	
20.	26	22	70	104	24	36	96	88	34	78	46	19840	
21.	20	14	80	68	R.	34	96	44	30	152	50	34720	
22.	34	R.	46	62	158	34	68	36	64	verungl.	42	18250	
23.	46	246	52	66	138	46	56	54	72	174	68	14560	
24.	22	42	32	36	72	22	72	76	34	44	54	11080	
25.	18	36	30	28	48	16	48	42	36	38	48	12360	
26.	14	20	24	21	34	12	40	36	28	34	32	9370	

Ferner ist noch auf das bakteriologische Verhalten der Filter unmittelbar nach geschehener Reinigung aufmerksam zu machen. Die Tabelle lehrt, daß ein solches Filter fast regelmäßig längere Zeit ungenügend funktioniert. Aus den Zahlen der folgenden Monate, welche im großen und ganzen mit denen des Februar übereinstimmen und deswegen hier nicht wiedergegeben zu werden brauchen, geht auch hervor, daß die Erneuerung der Sandschicht, welche für jedes Filter von Zeit zu Zeit erfolgen muß, eine noch größere Störung wie die einfache Reinigung bedingt. So hatte Filter Nr. 10, nachdem am 13. März Sand aufgefüllt war, am 15. März 1880 Keime und am 24. März noch 148. Das Filter

Nr. 8 hatte vor der Erneuerung des Sandes tagelang 20 bis 30 Keime, unmittelbar darauf 1364 Keime (an den beiden darauf folgenden Tagen 468 und 244).

Im übrigen bestätigte die täglich durchgeführte Untersuchung die früheren Erfahrungen, daß ein regelrecht funktionierendes Filter ein Wasser mit einer geringeren Keimzahl als 100 liefern muß.

Diese Verhältnisse sind für die zukünftige Beurteilung der Leistungen eines Filterwerks von hoher Bedeutung und ich werde später darauf zurückkommen müssen.

Das am schlechtesten funktionierende Filter war nach den Untersuchungen am 1. Februar das Filter Nr. 8 gewesen. An diesem mußte man versuchen, den Fehler aufzufinden, welcher die Störung in der Filtration veranlaßt hatte. Glücklicherweise ist denn auch der Fehler noch entdeckt worden. Am 3. Februar wurde das über der Sandschicht des Filters stehende Wasser abgelassen und die Schlammschicht entfernt. Wie mir Herr Direktor K ü m m e l am 4. Februar schrieb, fand man dabei, daß die Sandschicht an der Oberfläche gefroren war. Nach den Mitteilungen des Herrn K ü m m e l ist das Einfrieren der Sandschicht in folgender Weise zustande gekommen. Als nach langer Frostperiode ein etwas milderes Wetter eingetreten war, wollte man dies benutzen, um die Filter zu reinigen. Man begann bei geringer Kälte mit Filter Nr. 8, eiste es frei und ließ es ab. Dann trat aber unerwartet — 14° R Kälte ein und es fror bei dieser Temperatur die Oberfläche des Filters vollständig fest, so daß die Reinigung nur mit größter Mühe zu Ende gebracht werden konnte. Das Filter wurde mit Wasser gefüllt und die übliche Zeit ruhig stehen gelassen, filtrierte dann aber so gut wie gar nicht, d. h. es floß fast gar kein Wasser hindurch. Erst nach mehreren Tagen konnte das Filter mit etwa 40 mm Geschwindigkeit benutzt werden, es wurde nach und nach besser und konnte schließlich bis zu etwa 80 mm filtrieren. (Es fiel dies in die Zeit vom 24. bis 26. Januar.)

Als Fehler im Filtrationsbetrieb hat sich also das Einfrieren der Sandschicht an ihrer Oberfläche während der Reinigung herausgestellt. Die Vereisung des Sandes macht ihn vollständig undurchlässig für Wasser und das Filter ging deswegen anfangs überhaupt nicht. Allmählich muß unter dem Wasser und in Berührung mit demselben die Eisschicht an einzelnen Stellen weggeschmolzen sein, damit kam die Filtration in Gang, anfangs mit 40, zuletzt mit 80 mm Geschwindigkeit, also nahezu mit der gewöhnlichen Leistung. Diese Angabe ist aber so zu verstehen, daß das Filter so viel Wasser lieferte, als es mit voller Filterfläche bei 40 bzw. 80 mm Geschwindigkeit gegeben haben würde. Nun hat aber nicht seine Gesamtfläche, sondern wahrscheinlich nur ein kleiner Teil filtriert, denn am 3. Februar wurde die Sandoberfläche noch fast ganz vereist gefunden. Daraus ist aber weiter zu schließen, daß die Bewegung des Wassers durch den Bruchteil der Gesamtfläche mit einer dem Verlust an Fläche entsprechend hohen Geschwindigkeit vor sich gegangen sein muß. Da sich nicht zahlenmäßig bestimmen läßt, um wieviel die Filterfläche durch die Vereisung der Sandoberfläche verkleinert war, so ist es auch unmöglich, die Filtrationsgeschwindigkeit zahlenmäßig auszudrücken. Aber sie wird unter den gegebenen Verhältnissen unzweifelhaft das Maximum erreicht haben, welches bei der vorhandenen Niveaudifferenz zwischen dem nichtfiltrierten und filtrierten Wasser überhaupt möglich war, d. h. das Filter funktionierte mit der noch vorhandenen filtrierenden Fläche so schlecht wie möglich.

Früher hat man bestritten, daß eine Vereisung der Sandoberfläche zu Betriebsstörungen Veranlassung geben könne, weil eine möglicherweise entstandene dünne Eisdecke unter dem Wasser, welches natürlich immer eine oberhalb des Gefrierpunktes liegende Temperatur hat, nach kurzer Zeit wieder verschwinden müsse. In diesem Falle, dem ersten, in welchem eine rechtzeitige und genaue Untersuchung stattgefunden hat, ist nun aber der handgreifliche Beweis geliefert, daß die Vereisung der Sandoberfläche vorkommt und in

bedenklichster Weise die Filtration stören kann. Wir werden in Zukunft also stets bei Wasserwerken, welche offene Filter haben, mit dieser Störung zu rechnen haben.

Es braucht aber gar nicht einmal zur Vereisung der Sandoberfläche zu kommen, um während des Winters mit der Filtration in die größten Schwierigkeiten zu geraten. Es muß nämlich, um offene Filter im Winter reinigen zu können, die mitunter recht dicke Eisdecke, welche sich auf dem über dem Sand stehenden, noch nicht filtrierten Wasser bildet, entfernt werden. Dieselbe wird zerbrochen und das Eis stückweise aus dem Wasser herausgezogen. Die Altonaer Filter haben eine verhältnismäßig sehr geringe Oberfläche (etwas über 800 qm) und es ist nicht allzu schwierig, sie von der Eisdecke zu befreien, namentlich wenn, wie dies regelmäßig geschieht, der Rand des Filters beständig eisfrei gehalten wird. Je größer die Flächen der Filter sind, um so schwieriger wird dieser fortwährende Kampf mit der Eisbildung auf den Filtern. Das Berliner Wasserwerk vor dem Stralauer Tor hat offene Filter, welche fast viermal so groß sind, wie die Altonaer Filter. Hier scheint schon die Reinigung der Filter zur Winterzeit auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten zu stoßen. Solange das Wasser dieser Filteranlage im hygienischen Institut zu Berlin (1885 bis 1891) bakteriologisch untersucht wurde<sup>1)</sup>, trat fast in jedem Winter eine Periode ein, in welcher das Wasser ungenügend filtriert war. Die Ursache dieser Erscheinung lag darin, daß es unmöglich war, die längst totgearbeiteten (d. h. zu stark verschlammten), aber noch mit dicker Eisschicht bedeckten offenen Filterbassins zu reinigen. Die ganze Leistung mußte infolgedessen den wenigen überwölbten (frostfreien) Filtern zufallen, wobei große Unregelmäßigkeiten im Betriebe und Maximalgeschwindigkeiten von mehr als 200 mm pro Stunde oft nicht zu umgehen waren<sup>2)</sup>.

Die offenen Filter des Stralauer Werkes sind aber noch nicht die größten. Das neue Hamburger Wasserwerk hat offene Filter von 7500 qm Flächeninhalt, die also fast zehnmal so groß sind, wie die Altonaer. Die Zukunft muß lehren, ob es überhaupt möglich ist, Filter von solcher Größe eisfrei zu machen und so schnell zu reinigen, daß ihre Sandoberfläche nicht einfriert. Mir erscheint dies nach den bisherigen Erfahrungen kaum ausführbar.

Der Winter mit seinen Frostperioden ist nicht der einzige Feind der Filtration. Auch im Sommer kommen Zeiten vor<sup>3)</sup>, in denen es kaum möglich ist, einen geordneten Betrieb durchzuführen. Dies tritt dann ein, wenn das Wasser reich an mikroskopischen Pflanzen wird (Zeit der sogenannten Wasserblüte) und zugleich der Wasserkonsum seine größte Höhe erreicht. Die pflanzlichen Mikroorganismen haben meistens schleimige Hüllen, welche die Poren des Filters schnell verstopfen und dasselbe schon nach wenigen Tagen funktionsunfähig machen können. Der im Sommer gesteigerte Wasserverbrauch läßt nicht zu, daß die Filter nach der Reinigung eine hinreichende Zeit ruhen, sie werden zu früh und mit zu großer Filtrationsgeschwindigkeit betrieben und geben dementsprechend ungenügend gereinigtes Filtrat.

Glücklicherweise haben solche Störungen, welche auf fast allen Filterwerken oft genug vorkommen, nicht immer gleich gefährliche Epidemien zur Folge. Es muß schon das Vorhandensein von Infektionsstoffen im Rohwasser mit der Insuffizienz der Filteranlage zufällig zusammentreffen, um ein solches Unglück zustande kommen zu lassen.

<sup>1)</sup> P l a g g e und P r o s k a u e r, Bericht über die Untersuchung des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom 1. Juni 1885 bis 1. April 1886. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. II. — P r o s k a u e r, Über die Beschaffenheit des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom April 1886 bis März 1889. Ebenda, Bd. IX. — D e r s e l b e, Über die Beschaffenheit des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom April 1889 bis Oktober 1891. Ebenda, Bd. XIV.

<sup>2)</sup> Wörtliche Wiedergabe der von der Betriebsleitung gegebenen Auskunft. Vgl. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. IX, p. 123, Bd. XIV, p. 264 ff.

<sup>3)</sup> P i e f k e, Mitteilungen über natürliche und künstliche Sandfiltration, Berlin 1881, p. 9.

Dann handelt es sich aber auch nicht um einen Defekt des ganzen Werkes, so daß alles Wasser ungereinigt durch das Filter geht, sondern es bleibt in der Regel nur bei einem oder wenigen Filtern, welche vorübergehend schlecht funktionieren. Das Filterwerk gestattet also auch im ungünstigsten Falle nur einem Teile der Infektionskeime den Durchgang. Daß aber auch diese noch Epidemien veranlassen können, haben wir an den Typhusepidemien von Altona gesehen, das lehrt die vom Stralauer Wasserwerk ausgehende Typhusepidemie in Berlin (1889)<sup>1)</sup> und das lehrt ferner die Choleraepidemie in Altona während der beiden ersten Monate dieses Jahres.

Es ist bereits erwähnt, daß schon in der ersten Dezemberwoche vorübergehend die Filtration ungenügend gewesen war. Damals war Hamburg wochenlang von Cholera frei gewesen und es traten gerade die ersten vereinzelt Fälle der Nachepidemie auf (vom 6. bis 11. Dezember drei Fälle). Es fehlte also noch an Infektionsstoff im Elbwasser und der Filtrationsfehler blieb deswegen ohne üble Folgen für Altona. Inzwischen entwickelte sich aber die kleine Nachepidemie in Hamburg (vom 20. bis 27. Dezember 27 Fälle), welche dafür sorgte, daß Infektionsstoff in die Elbe gelangte, und als nun gegen Ende Dezember die ausführlich beschriebene Störung der Altonaer Filterwerke eintrat, da wurden über die Stadt die Infektionskeime ausgebreitet und bewirkten das Auftreten von verstreuten Fällen, für welche keine Einschleppung aufzufinden war. Die Infektion des Elbwassers kann, wegen der kleinen Zahl von Cholerafällen in Hamburg, nur eine geringe gewesen sein, es sind auch anscheinend nur zwei Filter defekt gewesen und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß der Choleraausbruch in Altona sich in geringen Dimensionen hielt und sobald das Filterwerk in Ordnung gebracht war, bald wieder aufhörte. Hätte Hamburg damals mehr Infektionsstoff geliefert und wäre der Filterbetrieb längere Zeit gestört geblieben, dann würde es wohl nicht bei dieser kleinen Nachepidemie geblieben sein. Es wäre dann auch zu fürchten gewesen, daß sich in Altona, dessen Abgänge bekanntlich ebenfalls in die Elbe gehen, ein *Circulus vitiosus* entwickelt hätte, vermittels dessen die Cholera dort überwintern konnte, was aber mit allen Mitteln verhütet werden mußte.

Wenn ich von einem Infektionsstoff sprach, welcher von Hamburg ausgehend in das Elbwasser gelangte, dann ist das keineswegs eine Hypothese, sondern es ist, wie schon in einer vorhergehenden Mitteilung<sup>2)</sup> erwähnt wurde, gelungen, in dem Elbwasser die Choleraerkrankungen nachzuweisen. Sie wurden in demselben nicht weit unterhalb der Einmündung des Hamburger Stammsiels gefunden. Auch in dem Wasser eines der beiden Absitzbehälter des Filterwerkes, also unmittelbar vor der Filtration, sind sie nachgewiesen. In dem filtrierten Wasser sind sie zwar nicht gefunden, doch würde auch dies wohl gelungen sein, wenn viel größere Quantitäten Wasser verarbeitet wären, als geschehen ist.

Dies ist das Tatsächliche, was ich über die Beziehungen zwischen Wasserfiltration und Cholera mit spezieller Berücksichtigung der Epidemien in Altona und Nietenleben zu berichten habe. Es fragt sich nun, welche Lehren wir daraus für die Zukunft zu entnehmen haben.

Gerade mit Rücksicht auf die vielfachen und gründlichen Untersuchungen, welche in den letzten Jahren auf den Wasserwerken von Berlin und Altona über den Filtrationsprozeß und das bakteriologische Verhalten des Wassers vor und nach der Filtration angestellt sind, hatte man die Überzeugung gewonnen, daß eine hinreichende Garantie für die genügende Leistung einer Filtrationsanlage schon gegeben sei, wenn mit einer Geschwindigkeit von 100 mm in der Stunde filtriert wird. Nun stellt sich aber durch die

<sup>1)</sup> Fraenkel und Piefke, Versuche über die Leistungen der Sandfiltration. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. VIII.

<sup>2)</sup> Über den augenblicklichen Stand der bakteriologischen Cholera-diagnose. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. XIV (diese Werke Bd. II, p. 167).

weiteren Erfahrungen an diesen Wasserwerken heraus, daß wir mit der einfachen Stellung dieser Forderung noch nicht allzuviel erreichen. Denn bei den jetzt bestehenden Einrichtungen werden die meisten Wasserwerke sie nicht erfüllen können und sie erfüllen sie auch tatsächlich nicht. Dennoch ist daran festzuhalten, daß auch in Zukunft eine Filtrationsgeschwindigkeit von 100 mm die erste Bedingung sein muß, aber wir müssen unsere Forderung genauer präzisieren und so weit ergänzen, daß der beabsichtigte Zweck sicher erreicht wird. Dies geschieht durch folgende etwas erweiterte Forderungen:

1. Die Filtrationsgeschwindigkeit von 100 mm in der Stunde darf nicht überschritten werden. Um dies durchzuführen zu können, muß jedes einzelne Filter mit einer Einrichtung versehen sein, vermittels welcher die Wasserbewegung im Filter auf eine bestimmte Geschwindigkeit eingestellt und fortlaufend auf das Einhalten dieser Geschwindigkeit kontrolliert werden kann.

2. Jedes einzelne Filterbassin muß, so lange es in Tätigkeit ist, täglich einmal bakteriologisch untersucht werden. Es soll daher eine Vorrichtung haben, welche gestattet, daß Wasserproben unmittelbar nach dem Austritt aus dem Filter entnommen werden können.

3. Filtriertes Wasser, welches mehr als 100 entwicklungsfähige Keime im Kubikzentimeter enthält, darf nicht in das Reinwasserreservoir geleitet werden. Das Filter muß daher so konstruiert sein, daß ungenügend gereinigtes Wasser entfernt werden kann, ohne daß es sich mit dem gut filtrierten Wasser mischt.

Diesen Sätzen habe ich noch einige Bemerkungen hinzuzufügen.

Streng genommen würden die beiden letzten Forderungen schon genügen, um die Gefahr einer Infektion vom filtrierten Wasser, soviel als es überhaupt bei der Sandfiltration möglich ist, abzuhalten. Aber es ist mir fraglich, ob die Forderung der täglichen bakteriologischen Untersuchung jedes einzelnen Filters jederzeit aufrecht zu halten ist. Wenn ein Wasserwerk vermöge seiner guten Konstruktion und der sachverständigen Behandlung, die ihm zuteil wird, fortlaufend gute Resultate gibt, dann könnte die strenge Handhabung der bakteriologischen Kontrolle auf die Zeiten der Gefahr, d. h. Zeiten des stärksten Wasserkonsums, Frostperioden, drohende Epidemien beschränkt werden; in der Zwischenzeit würde eine etwa dreitägige Untersuchung des Gesamtwassers ausreichen. (Die bakteriologische Untersuchung, wie sie jetzt geschieht, wenn sie überhaupt stattfindet, d. h. wöchentliche Untersuchung des Gesamtfiltrats ist unter allen Umständen als ungenügend anzusehen.) Für die Zeiten einer weniger strengen bakteriologischen Kontrolle müßte dann aber durch feste Abgrenzung und Kontrolle der Filtrationsgeschwindigkeit Sicherheit für den regelrechten Betrieb gegeben werden. Bis jetzt besitzen nur wenige Wasserwerke Einrichtungen zur Einstellung der Filter auf bestimmte Geschwindigkeit. Gewöhnlich wird letztere aus der Leistung des Filters innerhalb 24 Stunden im Verhältnis zu seiner Fläche berechnet. Nun weiß aber jeder, der den gewöhnlichen Betrieb der Wasserwerke kennt, daß dieselben im Laufe von 24 Stunden sehr verschieden in Anspruch genommen werden. Zu bestimmten Tagesstunden wird sehr viel Wasser, nachts dagegen wenig verbraucht. Wenn nicht ein hinreichend großes Reservoir diese Tagesschwankungen auszugleichen vermag, dann geschieht es durch Änderungen in der Filtrationsgeschwindigkeit. Die Angabe, daß ein Wasserwerk mit 100 mm Geschwindigkeit filtriert, hat, wenn sie in der angegebenen Weise auf Berechnung begründet ist, also nur einen sehr bedingten Wert.

Wenn die bakteriologische Kontrolle der Wasserfiltration in größerem Umfange durchgeführt werden soll, dann muß sie in möglichst kurzer Zeit Resultate geben. Es wird sich zu diesem Zwecke empfehlen, die Gelatineplatten ähnlich wie bei den Cholerauntersuchungen bei einer Temperatur von 22° im Brütapparat zu halten. Vielleicht läßt

sich die Zeit der Untersuchung durch Verwendung von Agarplatten bei 37° noch erheblich weiter abkürzen. In dieser Beziehung verweise ich auf das, was ich über die verbesserte bakteriologische Choleradiagnose mitgeteilt habe.

Die Annahme, daß filtriertes Wasser mit einem höheren Keimgehalt als 100 nicht genügend gereinigt sei, ist durch die Erfahrungen des Altonaer Wasserwerks, welche durch diejenigen anderer Werke bestätigt werden, vollauf begründet. Dieselbe ist selbstverständlich nicht so zu verstehen, daß ein Wasser mit 101 oder 105 Keimen schon ohne weiteres zu verwerfen ist. Es kommt eben auf eine verständige Beurteilung des Einzelfalles an und die Zahl 100 soll nur einen durch die Erfahrung gewonnenen Anhalt für diese Beurteilung geben.

Es ist eigentlich selbstverständlich, daß jedes Filter mit einer Vorrichtung zum Beseitigen ungenügend filtrierten Wassers versehen sein muß. Ich würde diese Forderung auch gar nicht ausdrücklich aufgestellt haben, wenn es nicht noch manche Filterwerke gäbe, die diese Einrichtung noch nicht besitzen. Es sollte doch endlich diesem höchst gefährlichen Mangel überall abgeholfen werden.

Besondere Vorschriften über das Reinigen und Anlassen der Filter, über die Grenze, bis zu welcher die Sandschicht abgenutzt werden darf, über die Beseitigung des ersten Wassers nach dem Aufbringen von neuem Sand und nach jeder Reinigung sind dann nicht nötig, wenn der Filterbetrieb regelmäßig bakteriologisch kontrolliert, und Wasser, welches nach dem bakteriologischen Befund als ungenügend filtriert gelten muß, beseitigt wird. Auch kann in diesem Falle die Frage, ob für unser Klima unter allen Umständen verdeckte Filter an Stelle der offenen zu setzen sind, unerörtert bleiben. Es ist eben Sache der Betriebsleitung, dafür zu sorgen, daß das filtrierte Wasser den bakteriologischen Anforderungen stets entspricht. Diejenige Konstruktion und Behandlung der Filter wird immer die beste sein, welche das keimfreieste Wasser liefert. Werden daher Einrichtungen gefunden, welche es ermöglichen, auch in Frostperioden mit offenen Filtern gut zu filtrieren, dann mag man die offenen Filter weiter benutzen, gelingt das aber nicht, dann müssen sie unweigerlich den verdeckten weichen. Jedes einzelne Wasserwerk wird mit Hilfe der bakteriologischen Untersuchung sich seine eigenen Regeln konstruieren müssen; insbesondere wird es zu ermitteln haben, wieviel Zeit erforderlich ist, damit sich aus dem betreffenden Rohwasser eine gut filtrierende Schlammschicht gebildet hat; wieviel Wasser nach dem Reinigen wegen zu großen Keimgehalts unbenutzt bleiben muß; wie weit man in der Abnutzung der Sandschicht gehen kann usw. Ebenso ist es Aufgabe der Betriebsleitung, die zweckmäßigste Abhilfe zu finden, wenn, wie es so oft der Fall ist, das Wasserwerk zu stark in Anspruch genommen wird und deswegen eine regelmäßige Filtration nicht durchzuführen ist. Im einen Falle wird nur eine Vergrößerung des Werkes Abhilfe schaffen, in einem anderen kann schon durch Beseitigung der Wasservergeudung durch Einführung von Wassermessern geholfen werden. Alles dies kann, wie gesagt, dem Wasserwerk selbst überlassen werden, wenn es sich nur verpflichtet, stets ein bakteriologisch genügendes Wasser zu liefern. Wo man sich aber nicht dazu versteht, das Wasserwerk bakteriologisch kontrollieren zu lassen, da wird es allerdings, wenn Schaden verhütet werden soll, unbedingt notwendig sein, das Werk in bezug auf alle die hier angedeuteten Fehlerquellen auf das schärfste zu überwachen. Aber wer soll diese Überwachung übernehmen? Nur der Staat kann es tun. Er kann es nicht nur, sondern er muß es übernehmen; es ist seine Pflicht. Was wird nicht schon alles überwacht und revidiert? Apotheken, Krankenanstalten, Dampfkessel, Fabriken mit ihren Arbeiterschutzvorkehrungen usw. stehen unter staatlicher Aufsicht, um zu verhüten, daß einzelne Menschen durch Ungeschicklichkeit und Fahrlässigkeit zu Schaden kommen. Bei einem Wasserwerk handelt es sich aber, wenn ein Unglück passiert, nicht um einzelne Menschen, sondern um Gesundheit

und Leben von Tausenden. Nachdem sich die Überzeugung hiervon uns unabweisbar aufgedrängt hat, können wir unmöglich diese Dinge länger sich selbst überlassen und abwarten, daß noch etwa mehr Unheil wie in Hamburg und Nietleben durch die Cholera, oder in Altona und Berlin durch den Typhus angerichtet wird. Es ist die höchste Zeit, daß man die zuwartende Haltung aufgibt und sich zu energischem Eingreifen entschließt.

Unser bisheriges fast blindes Vertrauen auf die Wasserfiltration ist durch die im vorstehenden erörterten Verhältnisse erheblich herabgesetzt. Man wird sich deswegen bei Neuanlagen von Wasserwerken in Zukunft fragen müssen, ob man nicht besser tut, an Stelle des filtrierte Oberflächenwassers anderes Wasser zu wählen. Früher konnte man fast nur an Quellwasser als Ersatz für das Oberflächenwasser denken, da die Verwendung von Grundwasser wegen des Eisengehaltes, wie verschiedene mißlungene Versuche gelehrt hatten, nicht ratsam war. Aber die hier aufgeworfene Frage ist in neuerer Zeit insofern wieder in ein anderes Stadium getreten, als es jetzt gelungen ist, den Eisengehalt des Grundwassers in einfacher und wenig kostspieliger Weise durch Lüftung und Filtration zu beseitigen. Damit ist dem Oberflächenwasser ein weit überlegener Konkurrent erwachsen und es scheint auch, daß dank dieser Verbesserung die früher bestandenen Vorurteile gegen das Grundwasser mehr und mehr schwinden, denn die Zahl der Grundwasserversorgungen hat in letzter Zeit erheblich zugenommen. Die ersten derartigen Anlagen waren die von Halle, Leipzig, Dresden, Charlottenburg. Später sind Norderney, Kiel, Bonn, Köln, Elberfeld, Düsseldorf, Mannheim, Dortmund, Mülheim, Oberhausen, Barmen, Köthen, Krefeld, Linz, Preßburg, Budapest und andere gefolgt<sup>1)</sup>.

Das Grundwasser gibt uns in bezug auf Infektionsgefahr absolute Sicherheit und es sollte deswegen, wenn es nur in genügender Menge zu beschaffen ist und nicht etwa wegen chemischer Eigenschaften, z. B. wegen zu großer Härte oder zu bedeutenden Gehalts an Chloriden beanstandet werden muß, dem Oberflächenwasser unter allen Umständen vorgezogen werden.

Ich halte es sogar für wünschenswert und in einzelnen Fällen selbst für notwendig, daß schon bestehende Werke, welche Flußwasser filtrieren, in solche für Grundwassergewinnung umgewandelt werden. Wie ich mir dies denke, möchte ich an einem bestimmten Beispiel auseinandersetzen.

Das Berliner Wasserwerk vor dem Stralauer Tor befindet sich unter sehr ungünstigen Verhältnissen. Zur Zeit als das Werk erbaut wurde, war die Spree an der Stelle der Wasserentnahme noch verhältnismäßig wenig bedenklichen Verunreinigungen ausgesetzt. Das hat sich aber im Laufe der Zeit wesentlich verändert. Die Stadt hat sich über das Wasserwerk hinaus flußaufwärts mächtig entwickelt, so daß das Werk jetzt schon innerhalb der Stadt liegt. Von einem Teil der Rieselfelder im Norden von Berlin gehen die Abwässer nicht sehr weit oberhalb des Wasserwerks in die Spree; der Flußverkehr ist ein weit lebhafterer als früher; oberhalb des Werks liegt ferner Köpenick mit zahlreichen Waschanstalten. Wenn man dies alles berücksichtigt, dann wird man das Spreewasser an der Entnahmestelle der Wasserwerke kaum für besser halten als das Elbwasser unterhalb von Hamburg. Die Einrichtungen des Wasserwerks lassen in mehrfacher Beziehung zu wünschen übrig, wobei allerdings nicht vergessen werden darf, daß es das älteste Filterwerk des Kontinents ist. Über die Schwierigkeiten, mit denen das Werk mit seinen offenen Filtern im Winter zu kämpfen hat, ist im Vorhergehenden bereits die Rede gewesen. Außerdem muß das Werk im Laufe des Jahres und auch im Laufe eines Tages in so un-

<sup>1)</sup> S a l b a c h, Bericht über die Erfahrungen, welche in den letzten 25 Jahren bei Wasserwerken mit Grundwassergewinnung sich herausgestellt haben. Dresden 1893.

gleichem Maße in Anspruch genommen werden, daß es mit seinem kleinen Reservoir die bedeutenden Schwankungen nicht ausgleichen und infolgedessen auch notgedrungen eine bestimmte Filtrationsgeschwindigkeit nicht einhalten kann. Stände das Werk nicht unter der ausgezeichneten Leitung des in Wissenschaft und Praxis gleich bewährten Ingenieurs P i e f k e, dann würde es wohl nicht bei der einen Typhusepidemie des Jahres 1889 geblieben sein. Die Verwaltung der Wasserwerke hat denn auch in der richtigen Erkenntnis der höchst bedenklichen Lage dieses Wasserwerks beizeiten für einen Ersatz desselben durch ein mit verdeckten Filtern versehenes Werk am Müggelsee gesorgt. Letzteres soll schon am 1. Juli d. J. in Funktion treten und am gleichen Tage das Stralauer Werk außer Betrieb gesetzt werden. Allerdings sind Zweifel erhoben, ob man das Stralauer Werk dann schon entbehren kann. Sollten diese Zweifel begründet sein, dann würde der Fall eintreten, welchen ich hier im Auge habe. Ich glaube nicht, daß, wenn zu dieser Zeit wieder Cholerafahr eintreten sollte, irgend jemand den Mut haben wird, die Verantwortung für den Weiterbetrieb eines so bedenklich situirten Wasserwerkes zu übernehmen. Dann bliebe nichts anderes übrig, als an Stelle des Spreewassers ein weniger gefährliches oder womöglich ungefährliches Wasser zu nehmen und da gibt es keinen anderen Ersatz als das Grundwasser. Glücklicherweise liegen die Verhältnisse nach dieser Richtung für das Stralauer Wasserwerk ebenso günstig, wie sie für die Benutzung des Flußwassers ungünstig sind. Frühere Untersuchungen<sup>1)</sup> des Untergrundes in der Gegend des Wasserwerkes haben ergeben, daß daselbst in der Tiefe von etwa 15 m ein ausgedehntes und außerordentlich wasserreiches Kieslager sich befindet. Ein in diese Kiesschicht getriebener Versuchsbrunnen von 1,5 m Durchmesser lieferte längere Zeit hindurch, ohne im geringsten in seiner Ergiebigkeit nachzulassen, täglich 3000 cbm Wasser. Dieses Wasser wurde eisenhaltig befunden, aber gerade aus den Versuchen mit dem Wasser dieses Brunnens hat sich zum großen Teil die Technik entwickelt, welche jetzt zur Enteisung des Grundwassers angewendet wird. Man kann also mit Sicherheit darauf rechnen, daß sich dieses Wasser vom Eisen befreien lassen wird. Wenn der Grundwasserstrom in jener Gegend durch eine entsprechende Anzahl von Brunnen aufgeschlossen wird, dann wird er mit Leichtigkeit so viel Wasser liefern, als das Stralauer Werk mit seinen Maschinen überhaupt zu bewältigen vermag. Um das Wasser vom Eisen zu befreien, muß es gelüftet und dann zur Entfernung des ausgeschiedenen Eisens auch wieder filtrirt werden. Es würde also die Einrichtung einer Lüftungsanlage notwendig sein. Für die Filtration wird es dagegen keiner besonderen Anlage bedürfen. Diese Filtration ist nämlich eine ganz andere wie diejenige, welche das Oberflächenwasser von Mikroorganismen befreien soll. Der flockige Niederschlag von Eisenoxydhydrat, welcher sich nach der Lüftung aus eisenhaltigem Wasser ausscheidet, wird schon von ziemlich grobem Sand, selbst von Kies, und bei einer sehr großen Filtrationsgeschwindigkeit zurückgehalten. Für diesen Zweck würden die drei überdeckten Filter des Werkes vollkommen ausreichen; die offenen Filter könnten ganz außer Tätigkeit gesetzt werden und somit würden auch Störungen während des Winters nicht mehr zu befürchten sein. Ich glaube damit gezeigt zu haben, daß mit verhältnismäßig geringen Änderungen dieses Wasserwerk, welches jetzt ein Wasser von zweifelhaftem Wert liefert, in ein solches umgewandelt werden kann, das ebenso große Mengen tadellosen Wassers schafft.

Ähnlich wie hier liegen die Verhältnisse auch bei mehreren anderen mir bekannten Wasserwerken und man würde dieselben nach gleichen Grundsätzen verbessern können.

<sup>1)</sup> P i e f k e, Mitteilungen über natürliche und künstliche Sandfiltration. Berlin 1881. — Die Bodenfiltration. Berlin 1883.

Um die Beziehungen der Wasserfiltration zur Cholera möglichst vollständig zu erörtern, muß ich hier noch mit einigen Worten, im Gegensatz zu der bisher besprochenen Filtration im großen, auf die Filtration im kleinen, sowohl die künstliche wie die natürliche, eingehen.

Für die künstliche Filtration im kleinen, d. h. für den Bedarf einer Familie oder eines Hauses stehen KleinfILTER der mannigfaltigsten Konstruktion zur Verfügung. Von diesen gibt es nicht viele, welche Mikroorganismen, also auch Infektionsstoffe aus dem Wasser zurückhalten und diejenigen, welche dazu imstande sind, z. B. die aus Kieselguhr, Tonerde, Asbest, Cellulose hergestellten, halten nur wenige Tage keimdicht, lassen sehr bald auch in ihrer quantitativen Leistung nach und erfordern eine sehr sorgfältige Behandlung. Mir sind keine KleinfILTER bekannt, welche imstande wären, für den praktischen Gebrauch auf die Dauer zu genügen und ich würde nicht dazu raten, sich in Cholerazeiten auf KleinfILTER zu verlassen.

Sehr viel besser steht es mit der natürlichen Filtration. Das Regenwasser geht, wenn es in den Boden eindringt und schließlich zum Grundwasser wird, durch sehr viel dickere Schichten, und mit unendlich viel geringerer Geschwindigkeit, als das Flußwasser bei der künstlichen Filtration durch Sandfilter. Wenn der betreffende Boden nur feinkörnig genug ist, dann haben wir es bei der Bodenfiltration also mit einem sehr viel vollkommeneren Filtrationsprozeß zu tun, als er uns in der künstlichen Filtration zur Verfügung steht. In der Regel besteht aber der Boden aus einem viel feinkörnigeren Material als der ziemlich grobkörnige Filtersand und es war daher zu erwarten, daß das Grundwasser, wenn es genügend dicke Schichten eines feinkörnigen Bodens durchsetzt hat, sehr arm oder gar frei von Mikroorganismen sei. Diese Vermutung ist durch C. F r a e n k e l s Untersuchungen bestätigt, welcher nachgewiesen hat, daß das Grundwasser selbst in einem an seiner Oberfläche stark und seit langen Zeiten verunreinigten Boden, wie es der Berliner ist, vollkommen keimfrei ist. Auch an anderen Orten ist dieselbe Beobachtung gemacht. Wir haben also gar keinen Grund, das im Boden fast überall zu findende Grundwasser, selbst an bewohnten Stellen von der Benutzung auszuschließen. Wir können im Gegenteil kein besser filtriertes und damit kein gegen Infektion mehr geschütztes Wasser finden, als das Grundwasser. Es kommt nur darauf an, dieses in vollkommenster Weise gereinigte Wasser für den Gebrauch so zugänglich zu machen, daß es nicht nachträglich wieder verunreinigt und infiziert wird. In dieser Beziehung wird aber noch überall in unbegreiflicher Weise schwer gesündigt.

Wenn man das Grundwasser vermittels eiserner Röhrenbrunnen hebt, dann ist jede nachträgliche Verunreinigung ausgeschlossen. Das Erdreich legt sich an das Rohr so dicht an, daß durch den Brunnen keine eigentliche Störung der filtrierenden Bodenschichten bewirkt wird. Alle Flüssigkeiten, selbst die am stärksten verunreinigten, müssen, ehe sie bis in die Tiefe eindringen, von wo das Wasser gehoben wird, starke und gut filtrierende Schichten passieren, in denen sie von Infektionsstoffen absolut sicher befreit werden. Namentlich wird man hierauf rechnen können, wenn das Brunnenrohr durch eine obere undurchlässige Schicht in tiefere wasserführende Sand- oder Kieslager getrieben ist. Wasser, welches aus solchen Tiefen stammt, wird allerdings fast immer eisenhaltig sein. Doch kann dies auch für den Kleinbetrieb des einzelnen Brunnens ebenso wenig wie beim Großbetrieb einen Grund zur Verwerfung des Wassers abgeben. Man wird nur genötigt sein, das Wasser nach den früher angegebenen Prinzipien, d. h. durch Lüftung und Filtration, vom Eisen zu befreien und wird dann ein ganz vorzügliches Wasser erhalten, das dem besten Quellwasser nicht nachsteht. Für diesen Zweck ist das von P i e f k e <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> P i e f k e, Über die Nutzbarmachung eisenhaltigen Grundwassers für die Wasserversorgung von Städten. Schillings Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 1891.

angegebene Verfahren zu empfehlen, welches sich in Hamburg bei einer Anzahl von Brunnen mit stark eisenhaltigem Wasser sehr gut bewährt hat.

Die Aufschließung des Grundwassers durch eiserne Röhrenbrunnen ist entschieden die rationellste. Man hat gegen dieselbe freilich geltend gemacht, daß die Röhrenbrunnen in ihrer Ergiebigkeit allmählich nachlassen. Wo dies beobachtet ist, da hat es fast immer daran gelegen, daß das Metallsieb, welches das Rohr an seinem unteren durchlöcherten Ende gegen Eindringen von Sand schützen soll, verschlammte oder inkrustiert war. Dagegen wird aber leicht Abhilfe zu schaffen sein, wenn dem unteren Rohrstück eine derartige Konstruktion gegeben wird, daß das Metallsieb, wenn es verstopft sein sollte, gewechselt werden kann.

Eiserne Röhrenbrunnen werden leider noch immer viel zu wenig benutzt, fast überall wird das Grundwasser in althergebrachter, aber auch in irrationellster Weise mit Hilfe von Kesselbrunnen gewonnen. Die Konstruktion der Kesselbrunnen ist so, daß von unten, d. h. vom Grundwasser her, wenn die Sohle des Brunnens tief genug ist und in gut filtrierendem Erdreich steht, nur gut filtriertes Wasser in den Brunnen gelangt. Aber von oben her ist der Brunnen fast immer den bedenklichsten Verunreinigungen ausgesetzt. Sehr häufig sind die Brunnen überhaupt offen oder nur notdürftig verdeckt; aber auch wenn sie durch Mauerwerk oder selbst Eisenplatten oben abgeschlossen sind, bilden sich doch immer in den obersten, den Brunnen umgebenden Bodenschichten, welche im Sommer austrocknen, im Winter dem Frost ausgesetzt sind, Spalten und Risse, welche von oben kommendes Wasser unfiltriert eindringen lassen. Mauerwerk, selbst Zementkonstruktionen werden durch die gleichen Einflüsse gelockert und zerrissen und halten das zum Brunnen von der Bodenoberfläche her fließende Wasser nicht ab. Aber gerade dieses Wasser kann in der ärgsten Weise verunreinigt sein. Schon das Brunnenwasser selbst wird am Brunnen zum Spülen von Wäsche, zum Reinigen von Nachtgeschirren und ähnlichen Verrichtungen benutzt. So verunreinigt und möglicherweise infiziert fließt es auf kürzestem Wege durch Spalten und Risse der Bedeckung und Wandung in den Brunnenkessel zurück. Außerdem liegen die Brunnen gewöhnlich an der tiefsten Stelle ihrer Umgebung. Infolgedessen fließt ihnen der Unrat von überfüllten Düngestätten, Rinnsteinen usw. zu; namentlich spült auch der Regen oft von ziemlich weiter Entfernung her den in der Umgebung der menschlichen Wohnungen abgelagerten Schmutz in die Brunnen. Solchen Verhältnissen ist es offenbar zuzuschreiben, daß von Brunnen ausgehende Epidemien besonders nach starken Regengüssen beobachtet werden. Einen Beweis dafür, daß auch die Cholerainfektion von einem in solcher Weise verunreinigten Kesselbrunnen ausgehen kann, liefert ein in Altona beobachteter Choleraausbruch in der Umgebung eines Brunnens, in welchen Unrat von oben her gelangt war. Über diesen Fall werde ich an einer anderen Stelle zu berichten haben.

Kesselbrunnen, mögen sie nun konstruiert sein wie sie wollen, dürfen in Zukunft nicht mehr geduldet werden, wenn sie Verunreinigungen der geschilderten Art ausgesetzt sind, selbst wenn nur der Verdacht vorliegt, daß etwas Derartiges eintreten könnte.

Es wird allerdings nicht leicht zu erreichen sein, daß schon bestehende Kesselbrunnen, auch wenn sie noch so schlecht konstruiert und noch so bedenklich gelegen sind, einfach aufgegeben werden. Das ist aber auch nicht immer nötig. Man wird mit verhältnismäßig einfachen Mitteln in den meisten Fällen einen Kesselbrunnen so abändern können, daß alle Gefahr der Verunreinigung von oben her ausgeschlossen wird. Es ist nur notwendig ihm denselben oder wenigstens einen annähernd gleichen Schutz gegen verunreinigende Zuflüsse durch gut filtrierende Bodenschichten zu geben, wie sie der einfache Röhrenbrunnen besitzt. Zu diesem Zwecke kann man so verfahren, daß man den Brunnenkessel bis zum höchsten Wasserstand mit Kies füllt und darüber feinkörnigen

Sand bis zum Brunnenrand schichtet. Dabei ist natürlich vorausgesetzt, daß der Brunnen mit einem eisernen Pumprohr versehen ist, oder wenn dies nicht der Fall ist, vor der Auffüllung damit versehen wird. Durch solche Änderung wird der Kesselbrunnen in einen Röhrenbrunnen verwandelt und er hat vor dem gewöhnlichen Röhrenbrunnen noch den Vorzug, daß sein unteres Ende in eine dem Grundwasser fast gar keinen Widerstand bietende Schicht taucht. Soll der eigentliche Kessel des Brunnens mit seinem Wasservorrat erhalten bleiben, um beispielsweise für Feuerlöschzwecke immer über ein gewisses Quantum Wasser sofort verfügen zu können, dann muß oberhalb des höchsten Wasserstandes eine Konstruktion aus Mauerwerk oder eisernen Trägern angebracht werden, welche imstande ist, die schützende Sanddecke zu tragen. Letztere darf aber nicht schwächer als zwei Meter stark bemessen sein. Sehr zu empfehlen ist es auch, die Pumpe nicht unmittelbar oberhalb des Brunnens, sondern in einer angemessenen Entfernung davon aufzustellen und vermittels eines Bleirohrs mit dem Brunnenkessel in Verbindung zu setzen. Es wird dann verhütet, daß das Wasser des Brunnens, welches am Brunnen selbst durch Spülen und Waschen verunreinigt ist, in zu großer Nähe desselben im Boden versickert.

Brunnen, die in solcher oder ähnlicher Weise durch sicher filtrierende Schichten geschützt sind, gewähren dieselbe Sicherheit gegen Infektion des Wassers, wie die Sandfiltration der großen Wasserwerke; eigentlich noch eine größere, da sie nicht den vielfachen früher erwähnten Betriebsstörungen ausgesetzt sind und namentlich nicht durch Frostwirkung gefährdet werden.

So wie man jetzt überall danach trachtet die Wasserversorgung im großen möglichst zu vervollkommen, so sollte man auch die Wasserversorgung im einzelnen nicht außer acht lassen und durch Verbesserung der Brunnen in der angedeuteten Weise die Verbreitung der Cholera, soweit sie durch Wasser bedingt ist, auf ein möglichst geringes Maß zu beschränken suchen. Es kann gerade in dieser Beziehung noch sehr viel getan werden.

---