

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit

**Band:** 17 (1926)

**Heft:** 3-4

**Artikel:** Die Beurteilung von Wasserversorgungsanlagen in technischer Beziehung : neuere Verfahren zum Sterilisieren von Trinkwasser

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-984171>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 28.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Menschen kennen, hauptsächlich Kropf und Zahnkaries, beim Versuchstier regelmässig als Folgen einer vitaminfreien Ernährung, also als Avitaminosen auftreten. Für Krankheiten anderer Organe, besonders des Verdauungstraktus, schafft der Vitaminmangel den zur Entstehung der Krankheit unerlässlichen «locus minoris resistentiae», die Angriffsstelle für das krankmachende Agens.

Die grosse Uebereinstimmung in der Entstehungsweise und im Wesen der bis jetzt bekannten Vitaminmangelkrankheiten beim Versuchstier und beim Menschen legt den Schluss nahe, dass der Vitaminmangel auch beim Kropf, bei der Zahnkaries und andern beim Versuchstier beobachteten Avitaminosen eine Rolle spielt, welche bei ernsthafter Forschung nach der Aetiologie dieser Krankheiten nicht mehr übersehen werden darf.

*Anmerkung.* Die vorstehenden Ausführungen wurden wirksam unterstützt durch die Vorführung eines Films, den die Gesellschaft für chemische Industrie in Basel für diesen Zweck in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt hat. Red.

## Die Beurteilung von Wasserversorgungsanlagen in technischer Beziehung.

### Neuere Verfahren zum Sterilisieren von Trinkwasser.

Von Ingenieur PETER, Direktor der städtischen Wasserversorgung Zürich.

Es ist mir die Aufgabe gestellt, über Beurteilung von Wasserversorgungsanlagen in technischer Beziehung und über neuere Verfahren zur Sterilisation von Trinkwasser zu sprechen; ich will versuchen, dieses Thema in seinen Grundzügen zu behandeln, namentlich in hygienischer Richtung, um Ihnen einen Einblick in die vielseitigen und sehr verschiedenen Verhältnisse zu verschaffen, erschöpfen lässt es sich in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit nicht.

#### I. Wasserbedarf.

Die Anforderungen sind in stetigem Steigen begriffen, weil nicht nur im Haushaltungsbetriebe für Wasch- und Badzwecke, sondern auch für landwirtschaftliche Zwecke: Gärten und Jauchebereitung, und gewerbliche Einrichtungen immer mehr Wasser verbraucht wird; mit der immer allgemeiner werdenden Erleichterung des Abflusses der Schmutzwässer durch Kanalisation der Ortschaften ist ein weiteres Moment für die Verbrauchssteigerung geschaffen worden. Von grossem Einfluss auf den Verbrauch ist sodann das System der Wasserabgabe: à direction oder auf Messung hin, selbstverständlich auch der Preis des Wassers. Man rechnete früher für ländliche Verhältnisse mit einem Wasserverbrauch von 100—150 Liter pro Kopf und Tag, in welchen Ziffern Trinkwasser für Vieh inbegriffen war, heute muss für industrielle Orte mit 200—300

Liter gerechnet werden. Die Stadt Zürich konsumiert im Jahresmittel 250 Liter pro Kopf bei einem Maximum an einzelnen Tagen bis 400 Liter. Ich kann nicht unterlassen, zu erwähnen, dass an vielen Orten wesentlich grössere Wasserverbrauchsziffern festgestellt werden. Wo dies der Fall ist, handelt es sich um unnütze Wasserverschwendungen oder um undichte Leitungsnetze. Gegen die erstere schützt am wirksamsten die Installation von Wassermessern, gegen die Wasserverluste aber nur eine ganz systematisch durchgeführte Revision aller öffentlichen und privaten Leitungen. Eine solche Untersuchung wird in der Stadt Zürich alle 3 Jahre durchgeführt, sie lohnte sich jedesmal durch Auffindung einer Reihe sonst unsichtbarer defekter Stellen. Bei dieser Arbeit muss jeder einzelne Rohrstrang mit den angeschlossenen Hausleitungen und Hydranten auf seine Wasserdichtigkeit geprüft werden.

## II. Wasserbeschaffung.

Es kommen bei uns folgende Arten der Wasserbeschaffung vor:

1. Quellwasser mit natürlichem Zufluss oder künstliche Wassерhebung;
2. Grundwasser, meist mit künstlicher Förderung;
3. Oberflächenwasser, Fluss-, See- oder Talsperrenwasser mit künstlicher Reinigung und meist auch mit künstlicher Hebung.

Die Beurteilung solcher Anlagen möchte ich von folgenden Gesichtspunkten aus vornehmen.

### 1. Quellwasser.

Die natürlich oder auf künstlichem Wege zu Tage geförderten Quellen sind bezüglich des Wasserquantums von der Ausdehnung des Einzugsgebietes und der Regenmenge abhängig, bezüglich der Wasserqualität von der geologischen Formation, der Natur der durchsickerten Bodenschichten und der Reinheit der Oberfläche. Auf dem Wege, den das Regenwasser von der Erdoberfläche bis zum Quellorte zurücklegen muss, nimmt es gewisse mineralische Bestandteile auf, die ihm gute oder schlechte Eigenschaften verleihen. Ist dieser Weg sehr lang und führt er durch kiesiges und sandiges Material, wie z. B. durch grosse Wallmoränen oder alte Bachablagerungen, so erhalten wir ziemlich konstante Quellen mit gut filtriertem Wasser, besteht aber das Einzugsgebiet der Quelle aus zerklüfteten Felsen, so läuft das Meteorwasser rasch ab und wird nicht natürlich gereinigt, bei starken Ergüssen läuft die Quelle trübe.

Zur Beurteilung einer Quelle bezüglich Eignung für Wasserversorgungszwecke empfehle ich folgendes zu beachten:

- a) Der kleinste Erguss soll im Verhältnis zum mittleren und grössten nicht starken Schwankungen unterliegen, z. B. schwanken die vortrefflichen Sihl- und Lorzequellen der Stadt Zürich nur im Verhältnis 1:1,3:1,5. Noch brauchbare Moränenquellen und Kluftquellen mögen im

Verhältnis 1:3:5 schwanken, bei stärkeren Unterschieden als 1:10 ist das Wasser selten gut.

b) Eine gute Quelle reagiert nicht schnell auf den gefallenen Regen, je länger dies dauert, umso besser ist die natürliche Filtration des Wassers. Bei der Mehrzahl der Sihl- und Lorzentalquellen konstatierten wir eine Verspätung des Ertrages gegenüber den Niederschlägen von 6 Monaten. Man kann eine Infiltrationsdauer von der Dauer einer Woche noch als lang genug ansehen, muss aber die im Gebirge häufig wahrgenommene Zeit von einigen Stunden oder etwa einem Tag als ungenügend bezeichnen.

c) Die Temperatur des Quellwassers soll möglichst konstant sein. Entspricht dieselbe der mittleren Jahrestemperatur des Einzugsgebietes, so ist dies ein Beweis dafür, dass die Quelle ca. 10 m unter der Oberfläche verläuft, ist die mittlere Temperatur höher, so liegt der Wasserlauf tiefer unter der Erdoberfläche, man kann mit ungefähr 1° Mehrwärme auf 30 m Mehrtiefe rechnen.

Wenn die Quellentemperatur stark schwankt, so ist dies ein Zeichen für wenig tiefen Wasserlauf und für erhöhte Verunreinigungsgefahr.

d) Die Fassung einer natürlichen Quelle soll möglichst tief unter der Oberfläche angelegt werden, wo immer möglich mittelst eines Stollens, damit Unreinheiten des Terrains abgehalten werden. Offene Einschnitte in erdigem Material von 3—5 m Tiefe bieten auch bei sorgfältiger Ausführung der Fassung noch keinen hinreichenden Schutz, die Fassung sollte mindestens 8—10 m tief liegen.

e) Das Einzugsgebiet einer Quelle und namentlich auch die Umgebung der Wasserfassung sind gegen Verunreinigung zu schützen. Am besten ist die Erwerbung und das Anpflanzen von Wald im Quellgebiet, wo dies nicht durchführbar ist, sollte wenigstens eine Schutzzzone geschaffen werden, deren Fläche nicht mehr mit menschlichen oder tierischen Fäkalien gedüngt wird. Die Ausdehnung dieser Schutzzonen hängt im wesentlichen von der geologischen Beschaffenheit des Quellengebietes und dem landwirtschaftlichen Betriebe in der Umgebung ab, in Moränengegenden sollte die Schutzzzone in allen Richtungen 30—50 Meter von der Fassung weg reichen.

f) Die *Wasserqualität* sollte eine in hygienischer und technischer Beziehung ganz einwandfreie sein; dies trifft zu, wenn das Wasser weder gesundheitsschädlich noch technisch nachteilige Stoffe enthält. Zu den gesundheitsschädlichen Stoffen gehören in erster Linie diejenigen Bakterien, welche infektiöse Krankheiten: Cholera, Typhus, Ruhr und dergleichen erzeugen. Es ist sehr schwierig, diese Bakterienarten in einem Wasser zu erkennen, man muss auf sehr umständlichem Wege Reinkulturen derselben züchten, die Methode der Zählung der Kolonien und Arten in Wasserproben reicht für sich allein nicht aus. Meist wird der sogenannte Colititer bestimmt, das ist diejenige Wassermenge, die erforderlich

ist, um darin Darmbakterien nachzuweisen. Mit dem Auffinden von Darmbakterien ist an und für sich nur bewiesen, dass ein Wasser mit menschlichen oder tierischen Fäkalstoffen beladen ist und dass deshalb die Gefahr besteht, dass damit auch krankheitserregende Stoffe hineingelangen können. Eine einmalige positive Untersuchung auf Colicommune lässt ein Wasser als stark gefährdet erscheinen, tritt dies wiederholt ein, so sind Zufälligkeiten in der Probeentnahme ausgeschlossen und das Wasser ist verdächtig. Ein einmaliges negatives Ergebnis ist noch kein Beweis für ein einwandfreies Wasser, nur ein fortgesetzt negatives Resultat liefert den vollgültigen Beweis für das Fehlen von Krankheitserregern.

Bezüglich der chemischen Eigenschaften von Trinkwasser möchte ich namentlich darauf hinweisen, dass ein hoher Gehalt an Chlor, Ammoniak und Nitraten auf Verunreinigung durch Fäkalien hinweist, ohne an und für sich giftig zu sein. Der Verein schweizerischer analytischer Chemiker hat folgende Grenzzahlen als noch zulässig erklärt:

	mg i. L.		mg i. L.
Trockenrückstand . . . . .	500	Albumoides Ammoniak . . . . .	0,05
Glührückstand . . . . .	450	Nitrite, berechnet als NO <sub>2</sub> . . . . .	0
Oxydierbarkeit als KMnO <sub>4</sub> . . . . .	6	Nitrate, » » NO <sub>3</sub> . . . . .	20
Organische Stoffe . . . . .	30	Chloride, » » Cl . . . . .	20
Freies Ammoniak . . . . .	0,02		

Auch hier ist eine einmalige günstige Untersuchung noch nicht zufriedenstellend, nur periodisch wiederholte günstige Probeergebnisse können befriedigen.

Die technischen Anforderungen an ein zur allgemeinen Wasserversorgung benutztes Wasser gehen in der Hauptsache auf eine konvenable Härte, d. h. auf einen bestimmten Gehalt an Kalk und Magnesia. Ein sehr weiches Wasser, z. B. solches aus dem Urgebirge, ist für technische Zwecke vorzüglich geeignet, schmeckt beim Genuss aber fade, ein hartes Wasser ist zu letzterem Gebrauch angenehm, dafür aber für die Haushaltung und den technischen Gebrauch unvorteilhaft; es scheidet beim Sieden kohlensauren Kalk aus und inkrustiert die Leitungsröhren. Das Zürcher Seewasser hat ca. 12 franz. Härtegrade und wird von der Bevölkerung sehr geschätzt, unser Quellwasser aus dem Sihl- und Lorzental hat 25° und ist schon für gewisse Zwecke ohne Enthärtung nicht mehr brauchbar; unsere anderen Quellwasser haben bis 32° Härte und eignen sich nur für öffentliche Trinkbrunnen. Die Bevölkerung hält vielfach das kältere Seewasser für das zum Trinken angenehmere und kann die Härtenunterschiede beim Genuss gar nicht wahrnehmen.

Sehr nachteilig für technische Zwecke sind Eisen, Mangan und freie Kohlensäure, weil diese Stoffe das Wasser beim Stehen trüben und die Rohrleitungen angreifen; wenn der Gehalt ein gewisses Mass übersteigt, so sind besondere Einrichtungen zur Beseitigung notwendig; Berieselung und Filtration.

Bezüglich Unterhalt von Quellwasseranlagen möchte ich auf die Wichtigkeit periodischer Wassermessungen hinweisen, die dem Betriebsleiter nicht nur Auskunft verschaffen über die ihm zur Verfügung stehenden Wassermengen, sondern bei aufmerksamer Verfolgung der Ertragskurven auch jeden Mangel an der Wasserfassung erkennen lassen. Solche Messungen werden in Zürich monatlich einmal, immer am gleichen Tage ausgeführt und sorgfältig registriert; bei diesem Anlasse werden immer die Brunnenstuben sorgfältig gereinigt und die Quellgebiete begangen, wobei sich die allfällige Uebertretung von Düngverboten konstatieren und Abhilfe schaffen lässt.

## 2. Grundwasser.

Die Grosszahl der schweizerischen Wasserversorgungen ist mit Verwendung der natürlich zufließenden Quellen angelegt worden, in der Folge machte sich häufig der Uebelstand fühlbar, dass der Quellenertrag bei anhaltender Trockenheit stark nachliess, der Wasserverbrauch aber zunahm, die Folge war eine kürzere oder längere Zeit dauernde Wasser-klemme. Um dem Wassermangel abzuhelpfen, schritten die Behörden vielfach zur Verwendung des in gewissen Gegenden reichlich vorkommenden Grundwassers, das dann als Reserve für zeitweise mangelndes Quellwasser dient.

Grundwasser hat den gleichen Ursprung wie Quellwasser, seine Eigenschaften hängen wie bei diesem von der Natur der durchflossenen Erdschichten ab und sind gleich wie beim Quellwasser zu beurteilen.

Rechtlich sind Grundwasser und Quellwasser laut Zivilgesetzbuch gleichgestellt, faktisch ist dies aber nicht mehr der Fall, da verschiedene Kantone die Grundwasserströme als öffentliche Gewässer erklärt haben und dessen Verwendung von der Erteilung einer staatlichen Konzession abhängig machen. Diese Institution bezweckt, den der Allgemeinheit nachteiligen Handel mit Grundwasser auszuschalten.

Ueber das Vorkommen von Grundwasserströmen in der Schweiz und die chemischen Eigenschaften wird Herr Dr. Hug sprechen, ich beschränke mich hier darauf, einige Bemerkungen über die Wasserfassung zu machen.

In seinem unterirdischen Laufe nimmt das Grundwasser Zuflüsse von oben und von der Seite her auf. Die ersten, meist etwas unreinen, fliessen als oberste Schicht des Stromes talwärts, sie dringen nicht in grössere Tiefe ein und wenn es gelingt, die Fassung tief zu führen, so kommt dieses Wasser nicht da hinein. Die Fassung wird in der Regel mit erbohrten Filterbrunnen bewerkstelligt, die bis zur Sohle der wasserführenden Schotterschichten hinabreichen und den Wasserzutritt nur aus der Tiefe, nicht aber aus der Wasseroberfläche zulassen. Ein Wasserzutritt von der Seite des Tales zum Grundwasserstrom kann nur dann bedenklich werden, wenn die Fassung zu nahe am oberflächlichen Gewässer liegt. Meist korrespondieren beide Wasserspiegel, es tritt

überschüssiges Grundwasser in den Fluss über oder es versickert an gewissen Stellen Flusswasser in den Untergrund. Ist die Entfernung zwischen Fluss und Brunnen gross genug, so wird dieses versickernde Oberflächenwasser hinreichend filtriert und nimmt die Eigenschaften eigentlichen Grundwassers an. Bei günstigen Verhältnissen, d. h. bei Vorkommen starker Schotter- und Sandschichten im Flusstale, wird dieser Prozess durch geeignete Anlage der Wasserfassungen derart begünstigt, dass künstliches Grundwasser erzeugt wird.

Wie bei den Quellen, ist auch bei den Grundwasserfassungen zu empfehlen, Schutzzonen zu bilden, in deren Bereich alle Unreinigkeiten ferngehalten werden; diese Schutzzonen erstrecken sich in wichtigen Fällen auf das ganze Einzugsgebiet, z. B. in Basel auf einen grossen Teil des Wiesentales; an andern Orten kann man sich mit einem Radius von 20 bis 30 m begnügen. Bei vielen Grundwässern der Schweiz macht sich ein zu hoher Gehalt an freier Kohlensäure und Eisen bemerkbar, diese Stoffe lassen sich durch Berieselung und Filtration beseitigen, aber nur mit erheblichen Kosten. Noch schwieriger, aber recht selten, ist das Vorkommen von Mangan. Auf alle Fälle wird man bei grossen neuen Grundwasserwerken gut tun, den chemischen Eigenschaften während längerer Zeit gut nachzuforschen und zu beachten, dass sie mit dem Wasserstande stark ändern und dass der Gehalt an diesen schädlichen Stoffen bei Niederwasser am grössten ist.

### 3. Oberflächenwasser.

Die Beschaffung der für grössere Ortschaften und Städte benötigten Wassermengen wird wegen der stets steigenden Ansprüche hinsichtlich der Menge und der Qualität des Wassers immer schwieriger. Die Natur bietet ihre Schätze in Form von Quellen und Grundwasser nicht überall dar, so dass ein grosser Teil der Bevölkerung auf Oberflächenwasser angewiesen ist und da ist es dann Aufgabe der Technik, dieses Wasser so zu bereiten, dass es allen Anforderungen der Gesundheitspflege genügt.

In der Schweiz wird Seewasser von den Städten Zürich, Genf und St. Gallen benutzt, daneben von einer grösseren Anzahl von Ortschaften am Bodensee, am Genfersee und in neuester Zeit werden solche Anlagen am Zürichsee gebaut. Seewasser hat den Vorteil, dass es sich durch Sedimentation selbst klärt und nur in seltenen Fällen trübe ist. Die darin enthaltenen Unreinigkeiten sind mineralischer und pflanzlicher Art und lassen sich durch Filtration beseitigen. Etwas weniger günstig ist die Verwendung von Flusswasser, das namentlich bei Hochwasser trübe läuft und der Reinigung grössere Schwierigkeiten entgegengesetzt. Dieses erfordert in den meisten Fällen eine Sedimentation unter Verwendung von Fällungsmitteln mit nachfolgender Filtration oder Sterilisation. Ähnliche Eigenschaften wie Seewasser hat Talsperrenwasser, wofür in der Schweiz zwar keine Anlage besteht, wohl aber in Deutschland und Ame-

rika, so ist z. B. die Stadt New-York zum grössten Teil mit solchem Wasser versorgt. Die Behandlung ist dieselbe, wie bei Seewasser.

Ueber die verschiedenen Systeme der Wasserreinigung ist folgendes auszuführen:

a) Die älteste und am meisten verbreitete Art ist die sogenannte *langsame Sandfiltration nach Simpson*, die sich am besten eignet zur Reinigung solcher See- und Flusswasser, die farblos und nicht zu stark mit Plankton verunreinigt sind. Die Filter bestehen aus gemauerten Bassins von ca. 2,5 m Tiefe, die mit einer Sandschicht von ca. 1,0 m Stärke, die auf einer kiesigen Tragschicht von ca. 0,40 m ruht. Das Wasser fliesst über dem Sand auf das Filter, sickert durch die Filterschicht durch und fliesst durch die Drainage ab. Es lässt alle Unreinigkeiten und insbesondere die Bakterien an der Oberfläche des Sandes zurück. Die Ergiebigkeit eines derartigen Filters beträgt bei günstigem Rohwasser 6—8 m pro 24 Stunden, bei etwas ungünstigem Rohwasser 3 m. Die Reinigung der Sandfilter erfolgt durch Abheben der Oberfläche des Sandes in einer Stärke von ca. 2 cm, welche Arbeit je nach der Natur des Rohwassers in Zeiträumen von 4—20 Wochen durchzuführen ist.

b) *Klärung vor der Filtration ist bei Flusswasser*, das mineralische Trübungen enthält, notwendig. Die Erfahrung lehrt, dass die Wirkung um so besser ist, je länger der Prozess der Ablagerung dauert. Die Klärung wird unterstützt durch eine Zumischung von Fällungsmitteln, am meisten ist schwefelsaure Tonerde im Gebrauche, die in Mengen von 10—60 g pro m<sup>3</sup> zugesetzt wird. Um eine sichere Wirkung zu erzielen, ist bei stark getrübtem Wasser eine 8—10stündige Klärung notwendig, woraus sich die Grösse der Ablagerungsbecken berechnen lässt.

c) *Stufenfilter*. Zur Behandlung stark verunreinigter Flusswasser sind in den letzten Jahren in einer Reihe gröserer Städte, z. B. Magdeburg, Suresnes, Cherbourg etc. sogenannte Stufenfilter, System Puech-Chabal, gebaut worden, die die Unreinigkeiten des Wassers durch drei- bis fünfmalige Filtration entfernen. In der obersten Stufe, die mit grobem Filtermaterial beschickt ist, werden nur die grössten Schwebestoffe zurück behalten. In der letzten Stufe, die mit ganz feinem Material angelegt ist, werden wie beim Simpson-Filter, auch die Bakterien zurückgehalten.

d) *Die amerikanischen Schnellfilter* erheischen ohne Ausnahme eine Vorklärung des Wassers mit Aluminiumsulfat, Thiosulfat, Permanganat oder ähnlichen Mitteln. Sie arbeiten mit grosser Durchflussgeschwindigkeit bis 120 m in 24 Stunden, sie zeichnen sich aus durch geringes Raumbedürfnis und mechanische Betätigung der Filter; ihr Produkt ist jedoch ohne nachfolgende Sterilisation des Wassers nicht so einwandfrei, wie dasjenige der Sandfilter.

e) *Doppelfiltration*. Die Stadt Zürich wendet für ihr Seewasser ein vom Sprechenden eingeführtes System der Doppelfiltration an, das darin

besteht, dass das Röhewasser erst einen Schnellfilter passiert mit einer Durchflussgeschwindigkeit von ca. 2 m pro m<sup>2</sup> und Stunde und hierauf ein Simpson'sches Sandfilter. Auf dem Schnellfilter werden ca. 90% des Planktons zurückgehalten und annähernd  $\frac{2}{3}$  der Bakterien. Das Wasser kommt kristallklar auf die Feinfilter, woselbst alle Bakterien zurückgehalten werden. Die Vorfilter werden etwa alle drei Tage mechanisch gereinigt, die Reinfilter nur ein- bis zweimal im Jahr. Die Kosten des Filterbetriebes sind relativ niedrig, ihre Wirkung ist vollständig befriedigend. Es ist ausserordentlich wichtig, dass der Filterbetrieb durch die Reinigung wenig gestört werden muss, was sehr zur Erreichung des Zweckes, d. h. eines keimfreien Wassers beiträgt.

Nachdem wir die einfachen Filtermethoden mit und ohne chemische Vorklärung des Wassers behandelt haben, gehen wir über zu den Methoden der Sterilisierung des Wassers. Mit denselben wird angestrebt, ein gut geklärtes Wasser, das aber bakteriell noch unrein ist, keimfrei zu machen; die Anlagen stehen immer in Verbindung mit einem Filterwerk, das die Vorbereitung zu übernehmen hat.

*f) Verfahren mit Chlor.* Das Verfahren, Wasser in grossen Mengen mittelst Chlorkalk keimfrei zu machen, wurde im Jahre 1894 von Traube bekanntgegeben und in den Jahren 1896/97 bei einer in der österreichischen Hafenstadt Pola herrschenden Typhusepidemie im Grossen praktisch angewendet. Weitere Versuche wurden im Jahre 1903 mit Seinewasser angestellt. In der Folge gelangte Chlor in Amerika in grossem Masse zur Anwendung, vorerst in Form von Chlorkalk, später in Form von flüssigem Chlor. Noch im Jahre 1920 existierte beim Wasserwerk der Stadt Paris St. Maur eine Chlorkalkanlage als Ersatz für eine vor dem Kriege gebaute Ozonanlage. Seit dieser Zeit ist fast überall Chlorkalk durch flüssiges Chlor ersetzt worden. Die Wirkung des Chlors im Wasser besteht darin, dass Sauerstoff aus dem Wasser ausgeschieden wird. Das in Stahlflaschen bezogene flüssige Chlor wird durch einen Apparat ähnlich wie bei einer Kohlensäurepression in einem bestimmt abgemessenen Quantum entnommen und in Wasser aufgelöst. Das so hergestellte Chlorwasser wird dem zu behandelnden Wasser beigemischt. Es ist klar, dass das Chlor nur bei reinem Wasser richtig wirken kann, Plankton und mineralische Stoffe werden durch dasselbe nicht beseitigt, es soll also eine Filtration des Wassers vorausgehen.

Die Menge des benötigten Chlors hängt von der Reinheit des Wassers ab. Bei klarem Wasser kommt man mit 0,2—0,5 g pro m<sup>3</sup> Wasser aus, bei stark verunreinigtem Wasser sind Mengen von 0,5 bis 1,0 g pro m<sup>3</sup> notwendig.

Die Kosten der Chlorbehandlung für sich allein sind sehr niedrig, sie betragen bei Anwendung von 0,5 g Chlor auf den m<sup>3</sup> Wasser 0,04 Rappen pro m<sup>3</sup>.

*g) Die Sterilisation des Wassers mittelst Ozon* nach dem Verfahren Siemens-de Fris wurde vor dem Kriege in Petersburg, Paris, St. Maur, Hermannstadt und andern Orten angewendet. Das Ozonwerk St. Maur bei Paris ist im Jahre 1912 für eine Tagesleitung von 90 000 m<sup>3</sup> gebaut worden. Das sehr schlechte Wasser der Seine wird erst in einem Klär-bassin sedimentiert, geht dann durch Vorfilter und hierauf durch Rein-filter. Nach der Reinfiltration passiert das Wasser die Ozonanlage, wo-bei ca. 2 g Ozon pro m<sup>3</sup> Wasser verbraucht werden. Die Herstellung des Ozongases erfolgt auf elektrischem Wege aus dem Luftsauerstoff mit Hilfe der elektrischen Glimmentladung, indem ein Luftstrom mit berech-neter Geschwindigkeit zwischen den Polen der Ozonatoren hindurchge-schickt wird. Das so erzeugte Gas wird in sogenannte Sterilisertürmen durch das zu entkeimende Wasser durchgepresst. Ozon wirkt keimtötend auf das Wasser, wenn es in genügender Menge und genügender Dauer ver-wendet wird. Verlangt wird aber ein klares Wasser, d. h. eine voraus-gehende Filtration. Die Kosten der Ozonisierung des Wassers sind ziem-lich hoch, es ist mit 3 Rappen pro m<sup>3</sup> zu rechnen, wovon der grösste Teil auf Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals entfallen.

*h) Die Sterilisation des Wassers mittelst der ultravioletten Strahlen* der Quecksilberdampflampe ist eine Methode, die in der jüngsten Zeit vor dem Kriege viel von sich reden machte, wir haben auch in Zürich Versuche mit diesem System durchgeführt. Das zu behandelnde Wasser muss wie bei Ozon vollständig klar sein, also eine Sandfiltration passiert haben. Das Verfahren ist ähnlich wie bei Ozon, die Kosten sind wenig geringer als bei jenem. Die Quecksilbersterilisatoren bestehen in der einfachsten Form aus einem Behälter mit Quecksilberlampe, in dem das Wasser so geführt wird, dass es möglichst lange und auch in dünner Schicht der Ultraviolettrahlung ausgesetzt wird. Die Bestrahlungsdauer beträgt in den einzelnen Apparaten zwischen  $\frac{1}{2}$  bis 2 Minuten, und unter ungünstigen Wasserverhältnissen noch mehr. Alle Apparate sind mit automatisch wirkenden elektromagnetischen Einrichtungen zur Ab-sperrung des Wasserzuflusses versehen, wenn der Betriebsstrom versagt. Als Quarzlampen kommen entweder Ueberwasserbrenner oder Unterwas-serbrenner zur Anwendung. Die ersten bestehen, wie z. B. beim Westing-house-Sterilisator, stets nur aus einem einfachen Quarzrohr als Leucht-röhre, während die letzteren mitunter von einem zweiten weiteren Quarz-rohr umgeben sind. Es ist allerdings die Sicherheit der vollständigen Keim-tötung auch etwas kleiner, namentlich wegen der Gefahr des gelegent-lichen Versagens einzelner Quecksilberdampflampen.

### **III. Wasseraufspeicherung und Verteilung.**

Die täglichen Schwankungen des Wasserverbrauches bewegen sich etwa innert folgenden Ziffern:

Kleinster Verbrauch pro Stunde 1,7% des ganzen Tagesverbrauches, Mittlerer Verbrauch pro Stunde 4,17% des ganzen Tagesverbrauches, Grösster Verbrauch pro Stunde 6,4% des ganzen Tagesverbrauches.

Der grösste Verbrauch an einem Tage ist ungefähr das 1,6fache des mittleren Jahresverbrauches.

Weil Wasserzufluss und Verbrauch im Laufe jeden Tages sehr stark schwanken, ist es notwendig, eine diesen Schwankungen entsprechende Wassermenge aufzuspeichern. Nur in sehr seltenen Fällen ist es möglich, die jahreszeitlichen Schwankungen durch Anlage sehr grosser Reservoirre auszugleichen, die Kosten hiefür sind meist viel zu hoch. Man rechnet bei uns, dass zur Ausgleichung der täglichen Verbrauchsschwankungen ein Reservoirinhalt gleich  $\frac{1}{4}$  des Tagesverbrauches notwendig sei, ohne Feuerreserve. In Amerika habe ich Reservoirre gesehen, die für den Verbrauch von 1—2 Monaten ausreichen; es sind dies offene Teiche von 5—10 m Tiefe, mit gemauerten Seitenwänden und Sohle. Solches Wasser wird beim Ausfluss aus dem Reservoir mit Chlor behandelt.

Die Anlagen zur Aufspeicherung des Wassers bestehen bei uns meist aus gemauerten und überwölbten Kammern in Betonmauerwerk oder Eisenbeton. Bei der Anlage und Disposition der Apparate ist darauf zu sehen, dass das Wasser im Reservoir sich bewege, es soll nicht an gleicher Stelle ein- und austreten. Mindestens ein, besser zweimal im Jahre sind die Reservoirre zu reinigen, ich empfehle, dem Waschwasser etwas Chlorkalk beizugeben, um diejenigen Keime zu zerstören, die allfällig durch die Arbeiter eingeschleppt wurden.

Die Anlagen zur Verteilung des Wassers, also die Rohrleitungsnetze und die Zuleitungen in Privatgrundstücke bestehen meist aus gusseisernen oder auch schmiedeisernen Röhren; Blei wird wegen der Gefahr von Bleivergiftungen bei Trinkwasserleitungen nicht mehr verwendet. Guss-eisen hat sich bisher am besten bewährt, sein einziger Nachteil ist die Brüchigkeit dünner Röhren, die bei den Stahlröhren von Mannesmann und Thyssen nicht besteht; dagegen rostet Gusseisen viel weniger und widersteht auch elektrolytischen Angriffen vagabundierender Strassenbahnströme besser als Stahl. Die Leitungsnetze müssen so reichlich berechnet werden, dass sie alles Gebrauchswasser ohne zu grossen Druckverlust durchfliessen lassen, dazu im Brandfalle die sehr grossen Wassermengen, die die Feuerwehr beansprucht; in grossen Ortschaften bis zu 10 Wendlöhren à 5 Sekundenliter. Wichtig bei der Disposition des Leitungsnetzes ist die Herstellung einer steten Wasserzirkulation, nur wo dies nicht anders gemacht werden kann, dürfen lange Endleitungen gemacht werden und an solchen Orten muss periodisch etwa alle Wochen tüchtig gespült werden; wird dies unterlassen, so verdirt das Wasser in der grossen Rohrleitung wegen ungenügender Erneuerung, es wird rostbraun und ist zum Trinken unappetitlich, zum Waschen unbrauchbar.

Bei der Montage solcher Leitungen werden die einzelnen Rohrstücke durch Muffen mit Teerseil und Bleidichtung verbunden. Man beobachtet nun häufig bei neuen Anlagen einen unangenehmen Teergeruch im Wasser und schreibt diesen Uebelstand ganz dem Innenanstrich der Röhren zu. Unsere diesbezüglichen Erfahrungen lehren, dass nicht dieser Innenanstrich, der siedend heiss auf das vorgewärmte Rohr durch Eintauchen erzeugt wird, die Ursache des Uebelstandes war, sondern geteerte Jutestricke. Man verwendet lieber rohe Hanfstricke unter den Bleiverguss und bleibt dabei von derartigen Reklamationen verschont.

Zum Schlusse möchte ich noch darauf hinweisen, dass es zu den Aufgaben eines sorgfältigen Wasserversorgungsbetriebes gehört, die Rohrnetze mit ihren Apparaten (Schieber, Hydranten und Abzweigungen) gut zu unterhalten, hiezu gehört namentlich die periodische Prüfung auf Wasserdichtigkeit und das Aufsuchen allfälliger Wasserverluste. Mindestens zweimal im Jahre sind die Haupt- und Seitenleitungen gut durchzuspülen; in den letztern stagniert das Wasser häufig, namentlich bei unbenützten Hydranten und verdirbt dann das vorbeifließende Wasser. Neue Rohrleitungsstränge werden bei uns vor der Inbetriebsetzung mittelst gechlortem Wasser durchgespült, wodurch eine Desinfektion des Innern vor sich geht.

## Die Beurteilung der Wasserversorgungsanlagen in geologischer Hinsicht.

Von Dr. J. HUG, Geolog, Zürich.

### 1. Einleitung.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass die Hydrologie des Untergrundes für die qualitative Beurteilung unserer Wasserfassungen eine sehr grosse Rolle spielen muss. Die geologischen Verhältnisse der Schweiz sind aber ausserordentlich kompliziert, so dass es unmöglich erscheint, im Rahmen eines Vortrages eine erschöpfende Darstellung aller vorkommenden Möglichkeiten zu geben; wir müssen uns auf einige typische Fälle beschränken. Ich glaube zu dem schwierigen Problem der Wasserbeurteilung auch dadurch etwas beizutragen, wenn ich einige Fragen geologisch-chemischer Natur streife, die sich im Laufe der Zeit aus meiner Gutachterpraxis ergeben haben.

Bei meinen Ausführungen gedenke ich mich in Bezug auf die Nomenklatur für die Bezeichnungen «Grundwasser» und «Quellwasser» an die neuere Auffassung zu halten, die allgemein als «Grundwasser» alles Wasser bezeichnet, das unter der Erdoberfläche sich befindet. Die Quelle ist lediglich die Stelle, wo das «Grundwasser» zu Tage tritt. Eine stoffliche Unterscheidung zwischen «Grundwasser» und «Quellwasser» existiert also nicht. Ich glaube seinerzeit in der Einleitung zu meinem vom Schweiz.