

Die bacteriologische  
Wasseruntersuchung  
und ihre Ergebnisse.

Von

**Prof. Max Gruber.**

---

Vortrag, gehalten den 11. December 1889.

*(Mit Demonstrationen.)*



Die Überzeugung, dass das Trinkwasser gelegentlich zur Krankheitsursache werden könne, ist uralte. Mit besonderer Vorliebe hat man immer gewisse Masenerkrankungen auf verderbtes Wasser zurückgeführt. Es ist bekannt, wie einfach man oft zu Pestzeiten die Entstehung der Krankheit damit erklärte, dass Gift in die Brunnen gegossen worden sei, und wie verhängnisvoll diese vorgefasste Meinung für die Juden wurde. Aber auch vor dem kritischen Auge unserer Zeit hat die Trinkwasserhypothese Stand gehalten und gehäuft liegen Beobachtungen, insbesondere bei Typhus- und Choleraepidemien vor, aus denen mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit gefolgert wurde, dass der Krankheitsstoff durch das Wasser verbreitet worden sei.

Sie begreifen, dass bei dieser Sachlage die junge hygienische Experimentalforschung eine ihrer hauptsächlichsten und zähesten Bemühungen darauf richtete, in solchen Fällen den Krankheitsstoff im verdächtigen Wasser aufzufinden und damit den unwiderleglichen Beweis für die Richtigkeit des Wahrscheinlichkeitschlusses zu führen.

Es würde die Zeit, während deren ich Ihre Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen darf, nicht ausrei-

chen, wenn ich mich auf eine Kritik der epidemiologischen Wahrscheinlichkeitsbeweise für die sogenannte „Trinkwassertheorie“ einlassen wollte. Der Beweis wird entweder so geführt, dass man zeigt, dass die an Typhus oder Cholera Erkrankten gleichen Wasserbezug hatten, dass nur solche Personen, welche eine bestimmte Wasserbezugsquelle hatten, erkrankt sind, dass z. B. eine örtlich begrenzte Typhusepidemie im Versorgungsbereiche eines Brunnens aufgetreten sei, oder, wie man sich auch ausdrückt, dass Wasserfeld und Typhus- (Cholera-) Feld einander decken. — In anderen Fällen schließt man auf die Verbreitung des Krankheitsstoffes durch das Wasser, wenn im Verlaufe einer Epidemie ein verdächtiger Brunnen oder anderer verdächtiger Wasserbezug gesperrt worden und in kürzerer oder längerer Frist nachher die Epidemie erloschen ist. — Ein drittes epidemiologisches Hauptbeweisverfahren besteht darin, zu zeigen, wie nach Einführung einer neuen oder Verbesserung der alten Wasserversorgung die Häufigkeit des Typhus oder die Schwere der Choleraepidemien in ganzen Ortschaften und Städten abgenommen hat.

So überzeugend der erste Eindruck dieser That- sachen ist, so wird man doch über ihre Beweiskraft sehr zweifelhaft, wenn man hört, dass herdweises Auftreten von Typhus (und auch von Cholera) in einzelnen Ortstheilen etwas überaus häufiges ist und oft beobachtet wird, ohne dass eine gemeinschaftliche Besonderheit der Wasserversorgung dieser Ortstheile besteht;

wenn man weiß, dass Typhus- und Choleraepidemien überhaupt nur eine beschränkte Dauer haben und oft in wenigen Tagen erlöschen, auch wenn in der Wasserversorgung gar nichts geändert worden ist; wenn man erfährt, dass, ganz unabhängig von unseren sanitären Maßregeln und aus zum Theil unbekanntem Gründen, die Häufigkeit und Schwere der Erkrankungen in den verschiedenen Choleraepidemien eines Ortes überaus ungleich ist, dass insbesondere die Häufigkeit des Typhus, ebenso unabhängig von unserem Dazuthun, periodisch zu- und abnimmt und in der Reihenfolge der Jahre und Jahrzehnte innerhalb weiter Grenzen schwankt. Diesen allgemeinen Erfahrungen gegenüber steigt der Verdacht auf, ob man bei der Beweisführung für die ätiologische Bedeutung des Trinkwassers nicht dem Fehlschlusse: „Post hoc, ergo propter hoc“ verfallen sei. Um so dringender stellt sich das Bedürfnis heraus, Methoden zu finden, welche den unmittelbaren Nachweis des Krankheitsstoffes im Wasser gestatten.

Es ist noch nicht lange her, dass man klare Vorstellungen über die Natur der Krankheitsstoffe besitzt, durch deren Eindringen in den Körper die sogenannten Infektionskrankheiten hervorgerufen werden. Früher meinte man zum Beispiel, Typhus und Cholera könnten durch Aufnahme von Producten der gewöhnlichen Fäulnis erzeugt werden, und damals meinte man, die Fähigkeit eines Wassers, die genannten Krankheiten zu erzeugen, bewiesen zu haben, wenn man durch die

chemische Analyse zeigen konnte, dass das Wasser Fäulnisproducte oder Begleitstoffe derselben enthalte. Dieses Beweisverfahren, das leider noch immer nicht ganz verlassen ist, entbehrt heute durchaus der wissenschaftlichen Berechtigung, seit wir wissen, dass die Infektionskrankheiten parasitäre Krankheiten sind, dass sie durch das Eindringen und die Vegetation kleinster Lebewesen hervorgerufen werden. Typhus und Cholera können niemals durch Faulstoffe erzeugt werden, sondern nur durch die Aufnahme der spezifischen Typhus- und Cholerakeime. Wenn man also beweisen will, dass ein Wasser infectiös wirke, muss man den betreffenden Krankheitskeim im Wasser aufzufinden suchen.

Man betrat demnach den Weg der mikroskopischen Wasseruntersuchung. Man betrachtete Tröpfchen des Wassers sofort unter dem Mikroskope; man ließ Proben des Wassers längere Zeit ruhig stehen und untersuchte dann das Häutchen, das sich etwa auf der Oberfläche gebildet hatte, und den Bodensatz. Wir wenden diese Verfahren auch heute noch an und ergänzen sie, indem wir Trockenpräparate vom Wasser, Bodensätze u. s. w. herstellen und diese in verschiedener Weise färben. Aber so wertvoll diese Methoden sind, um die Beschaffenheit der Sinkstoffe eines Wassers zu erkennen, für die Auffindung von Infusorien, Algen, höher entwickelten Spaltpilzen, Eiern von Eingeweidewürmern und dergleichen größeren und charakteristisch geformten Gebilden, zum Nachweise der Infektions-

stoffe reichen sie nicht aus. Die meisten dieser Mikroorganismen sind so klein und lassen gegenüber ihren überall verbreiteten harmlosen Verwandten in ihrem Äußeren so wenig Besonderheiten erkennen, dass es meist ganz unmöglich ist, die einzelnen Individuen in einem Gemenge ähnlicher Gestalten zu erkennen. So ist man nicht im Stande, die Typhusbakterien unter den verschiedenen anderen Stäbchenbakterien, die sich fast in jedem Wasser vorfinden, mikroskopisch herauszufinden, und ebenso würde der mikroskopische Nachweis von Kommabacillen in einem Wasser nicht beweisen, dass es Cholerakeime enthält.

Diese kleinsten Wesen vermögen wir nur dadurch von einander zu unterscheiden, dass wir ihre Lebens-eigenschaften feststellen, dass wir ermitteln, von welchen Stoffen sie sich ernähren, bei welchen Temperaturen sie gedeihen, welche Fermentwicklungen sie durchlaufen, welche Zersetzungen sie in ihren Nährmedien hervorrufen u. s. w. Darin bestehen die gewaltigsten Unterschiede unter den Mikrobien, respective unter den in erster Linie in Betracht kommenden Bacterienarten.

Diese Unterschiede treten aber nur dann deutlich hervor, wenn man die Art rein und unvermischt mit anderen beobachten kann. Da man es in den Untersuchungsobjecten meist, im Wasser immer mit Gemischen von Arten zu thun hat, so ist also die erste Forderung, die erfüllt sein muss, wenn wir Infectionskeime auffinden sollen, eine Methode, welche die ein-

zelen Mikrobienarten aus Gemischen von einander zu sondern und für sich weiter zu züchten gestattet, eine Reinculturmethode, wie wir sagen. An einer solchen Methode hat es nun lange gemangelt und ihr Fehlen war lange das Haupthemmnis der Erforschung dieses Mikrokosmos.

Die erste allgemein (und auch für Wasser) anwendbare Methode der Reincultur war das Lister'sche, respective Naegeli-Buchner'sche Verfahren der Einzelaussaat. Die bacterienhaltige Substanz wird mit einer keimfrei gemachten Flüssigkeit (Wasser, Fleischbrühe u. dergl.) vermischt und aufs sorgfältigste darin gleichmäßig vertheilt. Die Verdünnung der ursprünglichen Substanz ist dabei 1000fach, 10.000fach, 100.000fach, 1-, 10-, ja 100,000.000fach. Das richtet sich nach dem Keimreichthum des zu untersuchenden Gegenstandes. Jedenfalls muss die Verdünnung soweit getrieben werden, dass die einzelnen Keime im Augenblicke der gleichmäßigen Vertheilung durch dicke Flüssigkeitsschichten voneinander getrennt und so spärlich vorhanden sind, dass durchaus nicht in jedem Tröpfchen, das entnommen wird, je ein Keim enthalten ist. Unmittelbar, nachdem man durch Schütteln u. s. w. die Trennung und Vertheilung der Keime erreicht hat, überträgt man kleine Tröpfchen des Gemisches (z. B. je 10 *mm*) in keimfrei gemachte Gefässe (z. B. Eprouvetten), welche ein Nährmedium für die Mikrobien (Fleischbrühe, Bierhefenabkochung u. dergl.) enthalten. Jedes Gefäß empfängt ein Tröpfchen. Je weiter man

die Verdünnung der ursprünglichen Substanz getrieben hat, je spärlicher jenes Mikrobium, dessen man habhaft werden möchte, in derselben vorhanden war, um so zahlreicher muss man dann auch die Aussaaten vornehmen; 50, 100 und noch mehr Culturegefäße mit Tröpfchen beschicken. Man überlässt dann die Proben sich selbst, bei Zimmertemperatur oder bei Körperwärme, und wartet die Entwicklung der ausgesäeten Keime ab. Ist der Versuch gelungen, so wird eine Anzahl der besäeten Gefäße dauernd ohne Vegetation bleiben, weil in dem eingebrachten Tröpfchen überhaupt kein Keim enthalten war; in den anderen wird sich Wachsthum einstellen, mit freiem Auge kenntlich an eintretenden Trübungen, Bodensätzen, Deckhäutchen, Farbveränderungen, Zersetzungen in den bis dahin klaren Medien. Da in jedes Gefäß nur ein Keim gebracht wurde, stammt jede Vegetation von einem einzelnen Keime ab und ist daher rein. Man kann nun jede für sich weiter züchten und studieren.

Das beschriebene Verfahren ist grundsätzlich tadellos, in umfassender Weise anwendbar, der reichsten Abänderungen bezüglich der Nährmedien und übrigen Lebensbedingungen fähig. Es wird daher in Ausnahmefällen noch immer angewandt. Seine Schattenseite werden Sie aber schon aus der kurzen Beschreibung erkannt haben. Es ist überaus mühsam und langwierig. Da man von vornherein nicht genau weiß, welche Verdünnung des Ausgangsmateriales nothwendig ist, um die Keime genügend weit voneinander zu trennen, ist

man gezwungen, mehrere Verdünnungsgrade herzustellen (z. B. 1000fach, 100.000fach, 1.000.000fach) und aus jeder Verdünnung nun, wie Sie gehört haben, 50 und 100 Culturegefäße zu besäen. Ein umfangreicher Apparat und tagelange Vorbereitungen sind für jeden einzelnen Versuch erforderlich. Hat man die richtige Verdünnung nicht getroffen, dann muss das ganze Verfahren erneuert werden, wenn nicht inzwischen das Material schon überhaupt verdorben ist.

Sie werden es glauben, dass mit dieser Methode allein nur sehr langsam Fortschritte in der Erkenntnis gemacht werden konnten, und dass es nicht gerade lockend war, sich diesen Studien zu widmen. Das wurde nun mit einem Schlage anders durch die Einführung der Reincultur auf festem Nährboden durch Robert Koch.

Bei dem Verfahren durch Einzelaussaat, wie es eben beschrieben wurde, gibt es nach jedem Durchschütteln einen Augenblick, wo in dem Gemische die Keime vollständig voneinander gesondert sind. Alsbald aber beim ruhigen Stehen senken sich die Keime zu Boden oder suchen die Oberfläche auf. Sie und ihre Nachkommenschaft bilden wieder Gemenge, mit denen nichts anzufangen ist. Deshalb muss man ja den Augenblick benutzen und die Dutzende und Hunderte von Tröpfchenaussaaten machen.

Unvergleichlich bequemer wäre es, wenn man den Zustand der Sonderung der Keime in den ursprünglichen Verdünnungen selbst aufrechterhalten könnte.

Und dies gelingt, wenn man zur Verdünnung und Vertheilung des Untersuchungsmateriales Flüssigkeiten verwendet, die momentan zum Erstarren gebracht werden können. Dies ist das geniale Princip des Koch'schen Verfahrens. Er verwendet Nährmedien, denen Leim oder Agar (ein Seetang) zugesetzt sind. Diese Medien sind bei gewöhnlicher Temperatur feste, durchsichtige Gallerten. Durch gelindes Erwärmen werden sie flüssig und können nun wie andere Flüssigkeiten zur Verdünnung und Vertheilung des Keimmateriales dienen. Im Momente, wo die Vertheilung und Sonderung der Keime vollzogen ist, kühlt man rasch ab: die Masse erstarret, jeder Keim bleibt dauernd von dem andern getrennt, seine Nachkommenschaft muss an demselben Orte liegen bleiben und sich anhäufen, an dem der Mutterkeim im Momente des Erstarrens sich befunden hat, und man hat schließlich in dem einen Medium nebeneinander, oft nächstbenachbart, aber doch völlig getrennt, Reinculturen der entwicklungsfähigen Mikroben des Ausgangsmateriales, Colonien, wie wir sie nennen. In der Hauptsache führt also hier ein höchst einfacher Handgriff zu dem Ergebnisse, das früher durch die mühsamen Einzelaussaaten gewonnen werden musste.

Die bacteriologische Wasseruntersuchung, wie sie heute in der Regel ausgeführt wird, ist ein Beispiel des allgemeinen Culturverfahrens, das nur unwesentliche Anpassungen, der besonderen Aufgabe gemäß, erfahren hat. Wenn ich Ihnen, hochgeehrte Anwesende, jetzt

den Gang der bacteriologischen Wasseruntersuchung vorführe, sehen Sie die Technik des Koch'schen Verfahrens überhaupt. Vorbedingung jedes bacteriologischen Experimentes ist es, dass man über keimfreie, „sterilisierte“ Gefäße, Instrumente, Nährmedien u. s. w. verfügt. Alles, was mit den zu untersuchenden Objecten in Berührung kommt, muss vorerst von seinem natürlichen Keimgehalte befreit worden sein. Zu diesem Behufe bedienen wir uns der sichersten Verfahren zur Abtödtung der Mikroben: des Ausglühens, der trockenen Hitze von  $140 - 150^{\circ}$ , des Wasserdampfes von  $100^{\circ}$  und darüber. Solche Dinge, die wir nicht so hoch erhitzen können, sterilisieren wir durch Waschen und Benetzen mit Quecksilbersublimatlösung (1—5 g auf 1 l Wasser). Alle Geräte, die ich hier verwende, sind also entweder schon steril oder ich werde sie beim Versuche selbst sterilisieren.

Sie sehen hier in diesen Eprouvetten unter Baumwollverschluss Proben unseres gewöhnlichsten Nährmediums, der sogenannten Fleischwasserpeptongelatine (500 g Fleisch werden mit 1 l Wasser 12 Stunden lang maceriert, dann abgepresst und coliert. Die Colatur wird mit 1% Pepton, 0.5% Kochsalz und 10% Gelatine versetzt, neutralisiert, zur Abscheidung der Eiweißstoffe gekocht und filtriert). Ich verflüssige die Gallerte durch Eintauchen in circa 30 gradiges Wasser.

Hier in diesem mit einem Baumwollpfropf verschlossenen Kölbchen habe ich eine Probe des zu untersuchenden, eben geschöpften Wassers. Das Schöpfen

muss unter ganz besonderen Vorsichtsmassregeln geschehen. Ich will mich hierauf und auf den Transport der Proben ins Laboratorium nicht näher einlassen. Nur das möchte ich betonen, dass sich mit Wässern, die, in gewöhnlichen, nicht sterilisierten Gefässen ohne weitere Vorsichtsmaßregeln gesammelt, oft nach mehrtäglichem Transporte im Laboratorium anlangen, bacteriologisch nichts anfangen lässt.

Ich werde nun eine gemessene Menge des Wassers mit dem verflüssigten Nährmedium vermischen. Zu dem Behufe benetze ich mir zunächst die Hände mit Sublimatlösung, hauptsächlich um ein Abstäuben der Keime von meiner Haut zu verhüten. Ich verbrenne nun oberflächlich die Baumwollpfröpfe, welche Cultur- und Wassergefäß verschließen. Diese Pfröpfe sind vortreffliche Filter gegen die Luftkeime. Die darauffallenden Keime bleiben in den obersten Schichten liegen. Beim Öffnen des Gefäßes könnten sie aber in dasselbe hineinfallen, sie müssen daher vorher getödtet werden. Hierauf entnehme ich dieser Büchse eine kleine Pipette; sie misst genau 1 *ccm* ab. Ich lüfte den Pfropf des Wasserkölbehens, tauche die Pipette ein, sauge sie vorsichtig voll, lasse den Überschuss des Wassers bis zur Marke ausfließen und entleere sie nun in das Röhrchen mit der Nährgelatine. Sofort werden die Pfröpfe wieder aufgesetzt. Durch vorsichtiges Neigen und Wiederaufrichten und Rollen des Röhrchens mische ich nun so sorgfältig als möglich die Gelatine mit dem Wasser. So, nun bin ich sicher, dass die Mischung gleichmäßig

geworden ist. Ich könnte jetzt das Röhrchen in kaltes Wasser eintauchen und das Gemisch zum Erstarren bringen. Würde ich dann das Röhrchen bei Zimmertemperatur hinstellen, so würde ich in 2—3 Tagen in der klaren Gallerte weiße und gefärbte Kügelchen und Körnchen auftreten sehen, deren jedes eine Reincultur einer Mikrobenart darstellt.

Allein mit diesem Vorgehen wäre uns wenig gedient. Ich könnte die in dem massiven Gelatinecylinder eingeschlossenen Colonien nicht mit stärkeren Vergrößerungssystemen betrachten. Es wäre unmöglich, aus der Tiefe des Röhrchens Proben von den einzelnen Colonien, nicht verunreinigt mit anderen, hervorzuholen, um die Gestalt der sie zusammensetzenden Einzelwesen festzustellen und um sie auf neue Nährböden zur Weiterzucht zu überimpfen. Man gebraucht daher den Kunstgriff, die Gelatine in dünner Schichte ausgebreitet erstarren zu lassen.

Sie sehen hier einen dreieckigen Holzrahmen, der auf drei Stellschrauben ruht. Er trägt eine Glasschale, die mit Eiswasser vollständig gefüllt und mit einer Spiegelglasplatte bedeckt ist. Auf der Glasplatte steht diese Glasglocke. Mit Hilfe einer Libelle und der Stellschrauben stelle ich die Glasplatte vollkommen horizontal.

Ich flamme nun zunächst den Hals des Gelatine-röhrchens nochmals ab. Dann befeuchte ich mir die Hände wieder mit Sublimat, ziehe aus dieser Büchse vorsichtig eine Glasplatte heraus und lege sie auf die

schon früher mit Sublimat gereinigte Spiegelglasplatte unter die Glocke. Nun befeuchte ich nochmals die Hände und die unteren Theile der Wand des Gelatine-röhrchens, mische nochmals gründlich durch Neigen und Rollen, ziehe den Pfropf heraus, lüfte vorsichtig die Glocke und gieße nun das Gemisch auf die Glasplatte aus. Ich tauche den Rand der Eprouvete ein, vertheile rasch die Flüssigkeit möglichst gleichmäßig und gebe der Schichte eine regelmäßige Gestalt. Da die Platte horizontal liegt, ist das leicht möglich. Ich muss mich aber sehr sputen, denn die Masse erstarrt sehr rasch. Sie sehen: schon ist sie fest geworden. Ich kann die Glasplatte aufheben, neigen, umkehren, ohne dass etwas abfließen oder die Schichte ihre Gestalt verändern würde; die Culturplatte ist fertig. Nun muss die Entwicklung der Colonien abgewartet werden. Zu dem Behufe lege ich die Platte auf ein Glasbänkchen in diese Glasschale hier und stülpe sogleich den übergreifenden Glasdeckel darüber. Auf dem Boden der Schale befindet sich etwas Sublimatlösung. — Offen an der Luft dürfte ich die Platte nicht liegen lassen. Die obersten Schichten der Gallerte würden durch Verdunstung rasch austrocknen und damit wäre das Wachstum der Mikroben unmöglich gemacht.

Außerdem muss die Platte aber auch vor den in der Luft befindlichen Keimen geschützt werden. Ich habe früher gesagt, alles, was mit dem Untersuchungs-objecte in Berührung kommt, muss sterilisiert sein. Sie haben aber wohl bemerkt, dass dies nicht ganz der

Wahrheit entspricht. Die Luft, in der ich so viele Manipulationen vorgenommen habe, wurde keinerlei Reinigungsverfahren unterzogen. Es hat die Erfahrung eben gelehrt, dass dies nicht nothwendig ist. Wenn man sich hütet, Staub aufzuwirbeln — und Sie haben wohl bemerkt, dass ich alle Bewegungen möglichst ruhig ausgeführt habe — dann ist die Luft sehr arm an Keimen. Kürzt man die Zeit, während deren die Platte sich unbedeckt an der Luft befindet, so viel als möglich ab, so ist die Gefahr, Keime aus der Luft auf die Platte zu bekommen, sehr gering. Einige wenige Keime, die auf die Platte fallen, bringen übrigens auch keinen großen Schaden. Auch sie müssen ja dort liegen bleiben, wohin sie gefallen sind, nur hier können sie sich vermehren und Veränderungen hervorrufen. Die Reincultur stören sie in keiner Weise. Darin liegt auch ein großer Vorzug der Koch'schen Methode. Gelangt in ein flüssiges Nährmedium ein fremder Keim hinein, dann ist die Culturprobe verdorben, da sich seine Nachkommenschaft schrankenlos ausbreitet und mit den ausgesäeten Keimen vermischt.

Wollte ich die Untersuchung dieser Wasserprobe hier durchführen, so müsste ich genau so, wie Sie es eben gesehen haben, noch mehrere Platten anlegen, und zwar am besten mit abgestuften Wassermengen. Ich würde Platten mit je  $\frac{1}{2}$  ccm, 5 Tropfen, 1 Tropfen des Wassers besäen. Hätte mich die mikroskopische Untersuchung des Wassers belehrt, dass es sehr reich an Keimen ist, dann würde ich zweckmäßig zuerst

Verdünnungen machen, z. B. 10 *ccm* des Wassers mit sterilem Wasser auf 100 oder 1000 *ccm* verdünnen und erst von diesen Verdünnungen 1 *ccm*,  $\frac{1}{2}$  *ccm* oder Tropfen zur Aussaat verwenden.

Die ursprüngliche Koch'sche Plattenculturmethode hat mancherlei Abänderungen erfahren. Verwendet man statt der Platten ein Paar flacher Schälchen, wie Sie eines hier sehen — die Deckelschale greift mit ihrem Rande über die untere — dann kann man des ganzen Gießapparates mit Dreifuß, Wasserschale, Spiegelglasplatte u. s. w. entbehren. Da der aufgekrempte Rand des Schälchens das Abfließen der Gelatine verhindert, ist es nicht nothwendig, es genau horizontal aufzustellen. Für Arbeiten außerhalb des Laboratoriums noch besser geeignet ist die sogenannte Rollröhrchenmethode. Statt das Gemische von Gelatine und Wasser auszugießen, verschließe ich den Hals des Röhrchens mit einer Kautschukkappe, um Benetzung des Pfropfens und Eindringen von Wasser zu verhüten, und lege das Röhrchen horizontal auf kaltes Wasser. Während es schwimmt, rolle ich es um seine Längsaxe. Die Gelatine erstarrt in kurzer Zeit in Form eines dünnen Überzuges auf der inneren Wandfläche. Wir haben also eine aufgerollte Gelatineplatte. Jede Luftverunreinigung ist dabei ausgeschlossen, der erforderliche Apparat noch kleiner, der Transport bequem.

Da die Gelatine in dünner Schichte die Wand überzieht, ist sie ihrer ganzen Dicke nach der mikroskopischen Untersuchung zugänglich. Die Probenent-

nahme von den Colonien ist nicht behindert. Zweckmäßig ist es, zur Rollcultur Röhrchen mit verengtem Halse zu verwenden, da sonst ein Theil der Gelatine vom Pfropfe aufgesogen wird. Für Wasseruntersuchungen noch geeigneter sind derartige dünnwandige, ganz flache Fläschchen, wie Sie hier eines sehen. Das Einbringen des Wassers, das Mischen u. s. w. geschieht genau so wie früher, dann legt man das Fläschchen möglichst horizontal auf eine kalte Fläche, die Gelatine erstarrt und man hat nun eine Culturplatte unter Glas und Baumwollverschluss, welche fast alle Vortheile der offenen Platten bietet und leicht verschickt werden kann.

Ich habe schon vor mehreren Tagen Platten-, Schälchen-, Rollröhrchen-Culturen mit zweierlei Wasser, Hochquell- und Canalwasser, angelegt und Sie sehen hier die Ergebnisse. Jeder der winzigen Keime, die anfangs auch mit dem Mikroskope in der Platte nicht wären aufzufinden gewesen, hat sich unter den günstigen Lebensbedingungen, die er hier in der Platte angetroffen hat, vermehrt. Die Vermehrung dieser kleinen Kerle geht so ungeheuer rasch vor sich, dass heute nach drei Tagen die Zahl der Nachkommen jedes einzelnen schon nach Millionen zu bemessen ist. Alle diese Millionen werden im festen Nährboden beisammen gehalten und so wird die „Colonie“ schon dem freien Auge erkennbar. Alle diese verschieden gestalteten und gefärbten Tröpfchen und Schüppchen, Körnchen und Trübungen sind Bacteriencolonien. Jede einzelne

entspricht je einem Keime des ausgesäeten Wassers.<sup>1)</sup> Die Zahl der Colonien gibt uns also auch Aufschluss über den ursprünglichen Keimreichthum des Wassers. Der Unterschied zwischen unserem Trinkwasser und diesem Canalwasser in dieser Beziehung könnte kaum größer sein. Jede dieser beiden Platten ist mit je 1 *ccm* beschickt, das Trinkwasser wurde unverdünnt verwendet, das Canalwasser in tausendfacher Verdünnung. In dem einen Cubikcentimeter der Verdünnung war also nur  $\frac{1}{1000}$  *ccm*, = 1 *ccm* des ursprünglichen Wassers. Trotzdem sehen Sie hier auf der Trinkwasserplatte nur spärliche Colonien (es dürften zwischen 50 und 60 sein), während sich hier auf der Canalwasserplatte Tausende und Abertausende drängen.

Schon bei der oberflächlichen Betrachtung fällt Ihnen ferner gewiss auf, wie verschieden die Colonien aussehen. Am deutlichsten unterscheiden sie sich darin, dass ein Theil der Colonien das Ansehen von mit Flüssigkeit gefüllten Nöpfchen hat — diese verflüssigen eben den Leim — während die anderen die Gelatine fest lassen. Aber auch sonst bemerken Sie sofort große Unterschiede im Äußern und erkennen daraus, dass es sich wirklich um verschiedene Mikrobenarten handelt. Sie werden es glauben, dass man bei mikroskopischer Untersuchung noch weitere Unterscheidungsmerkmale entdeckt und auf diese Weise im

---

<sup>1)</sup> Auf die Einschränkungen, die dieser Satz zu erfahren hat, kann hier nicht eingegangen werden.

Stande ist, die verschiedenen Organismenarten zu erkennen und zu bestimmen.

Mit Hilfe dieses Verfahrens ist es also auch möglich, Krankheitskeime, die sich unter den unschädlichen gewöhnlichen Wassermikroben befinden, aufzufinden und damit den infectiösen Charakter des Wassers sicherzustellen.

Es ist denn auch schon einigemale gelungen, pathogene Keime in Wässern aufzufinden, so den Bacillus der Mäusesepticämie, Eitercoccen, Friedländers sogenannten Pneumonicoccus. In dem Wasser eines kleinen Teiches (Tanks) bei Calcutta konnte Koch den Cholera-vibrio nachweisen, und mehrmals will man bei Gelegenheit von Typhusepidemien Typhusbakterien im verdächtigen Wasser angetroffen haben.

Ich will Ihnen aber nicht verhehlen, dass gerade der Nachweis von Typhusbakterien im Wasser mit un-gemeinen Schwierigkeiten verbunden ist, indem in den Wässern weit verbreitet Bacterienarten vorkommen, die den Typhusstäbchen ungemein ähnlich sind, so dass diese nur durch die sorgfältigste, umsichtigste und gewissenhafteste Untersuchung von den bedeutungslosen Arten unterschieden werden können. Wenigstens einzelnen jener Funde gegenüber sind also Zweifel an ihrer Richtigkeit erlaubt.

Um so wichtiger sind daher die Ergebnisse von Versuchen, bei denen man dem Wasser absichtlich pathogene Bacterien: Cholera-vibrionen, Typhusbacterien, Milzbrandbacillen und ihre Sporen u. a. m. zuge-

setzt und deren Verhalten im Wasser unter verschiedenen Bedingungen beobachtet hat. Die Versuche werden so angestellt, dass man unmittelbar nach der Beimengung der betreffenden Reincultur durch Plattenaussaat feststellt, wie viele Keime der betreffenden Art in einem bestimmten Volumen (1 *ccm*) des Wassers vorhanden sind. Von Zeit zu Zeit säet man neue Proben aus und zählt die Colonien der betreffenden Art neuerdings. Aus der Vermehrung oder Verminderung der Colonienzahl in gleichen Wasservolumen erfährt man, ob eine Vermehrung der pathogenen Art im Wasser stattgefunden hat oder ob dieselbe abstarb, beziehungsweise mit welcher Schnelligkeit das Absterben erfolgt.

Alle Versuche, bei denen Versuchsfehler vermieden worden sind, haben übereinstimmend ergeben, dass in Wässern von der Zusammensetzung unserer Quell- und Brunnenwässer niemals ein Wachsthum, eine Vermehrung der pathogenen Bacterien eintritt, und dies gilt insbesondere auch für die Cholera- und Typhuskeime. Sie bedürfen reichlicherer, concentrirterer Nahrung, als ihnen selbst in stark verunreinigten Brunnenwässern dargeboten wird.

Dagegen kommt man zu verschiedenen Resultaten bezüglich der Lebensdauer der ausgesäeten Mikroben, je nach den Versuchsbedingungen, welche man anwendet. Es gelingt, die ausgesäeten Keime ziemlich lang lebend zu erhalten, zu conservieren, wenn man das Wasser von seinem natürlichen Keimgehalt befreit, vor Zusatz der betreffenden Cultur sterilisiert, und wenn

man die inficierten Proben bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Je mehr man sich aber mit den Versuchsbedingungen den natürlichen Verhältnissen, unter denen sich bei uns das Grundwasser und die Wasserläufe befinden, nähert, um so rascher gehen die pathogenen Bacterien zugrunde. Dauersporen zwar, wie die des Milzbrandes, bleiben auch dann fast unbegrenzt lange lebensfähig. Aber die meisten Krankheitskeime sind nicht fähig, derartige widerstandsfähige Dauerfrüchte zu bilden (so auch die Typhus- und Cholerakeime), und die vegetativen Formen sind sämtlich ungemein hinfällig.

Ganz besonders gilt dies vom Erreger der Cholera. So fanden Kraus und Hueppe übereinstimmend die zugesetzten Kommabacillen in  $10^{1/2} 0$ , respective  $10^0$  C. warmem, nicht sterilisiertem Leitungswasser binnen 24 Stunden sammt und sonders todt; ebenso Karlinski, dass in Wasser von  $8^0$  C. mit natürlichem Keimgehalt 100 bis 40.000 Choleravibrionen pro 1 *ccm* am zweiten bis längstens am vierten Tage sammt und sonders abgestorben waren.

Etwas widerstandsfähiger sind die Typhusstäbchen. Kraus fand im keimhaltigen Wasser von  $10^{1/2} 0$  am fünften Tage noch  $1/7$  der Aussaat lebend, erst am siebenten Tage alles abgestorben. Übereinstimmend damit stellte Karlinski fest, dass 40 bis 36.000 Typhusstäbchen pro 1 *ccm* binnen drei bis sieben Tagen in  $8^0$  warmem Wasser zugrunde gegangen waren. Hueppe konnte im keimhaltigen Wasser von  $10^0$  in

acht von zehn Versuchen noch am zehnten Tage vereinzelte lebende Typhuskeime auffinden. Erst am fünfzehnten Tage waren alle todt.

Bei höherer Temperatur von 16—20<sup>0</sup>, wie sie in Tagwässern zur Sommerszeit bei uns nicht selten sind, scheint die Lebensfähigkeit etwas länger erhalten zu bleiben. So fand Hueppe Choleravibrionen in nicht sterilisiertem Wasser von der angegebenen Temperatur in acht von zehn Versuchen allerdings ebenfalls binnen 24 Stunden abgestorben, einmal konnten aber noch am fünften und einmal am sechsten Tage einzelne lebende Exemplare (Colonien) aufgefunden werden.

Typhusstäbchen fand derselbe Beobachter im keimhaltigen Wasser von 16—20<sup>0</sup> in vier von zehn Versuchen am fünften Tage nach der Aussaat todt, in fünf Versuchen lebten noch am fünften, in vier noch am zehnten, ja in einem noch am zwanzigsten und dreißigsten Tage einzelne Keime.

Es bedarf keiner langen Ausführungen, wie wichtig derartige Versuchsergebnisse für die Epidemiologie der beiden Krankheiten sind. Es folgt aus ihnen, dass die alten Vorstellungen, als ob das Grundwasser eines ganzen Ortes von Typhus- und Cholerakeimen durchwuchert werden könnte, haltlos sind; dass selbst eine länger dauernde Infection eines einzelnen Brunnens unmöglich ist, wenn nicht stets neue Mengen von Krankheitskeimen hineingebracht werden. Andererseits lehren sie uns aber, dass Infectionskeime, die als locale Verunreinigung in das Wasser hineingelangen,

sich doch durch eine kurze Zeit — wenigstens in den kräftigsten Exemplaren — darin lebend erhalten können, selbst Cholerakeime bis zu drei Tage lang.<sup>1)</sup> Die Möglichkeit der Infection durch Brunnen- und Leitungswasser ist daher durchaus nicht mehr zu leugnen, und wir müssen daher alles thun, um uns vor derselben zu schützen.

Der beste Schutz wäre offenbar der, wenn wir Mittel hätten, einem Wasser von vornherein anzukennen, ob es Infectionsgefahr darbieten kann oder nicht, ob in dasselbe Infectionskeime überhaupt jemals hineingelangen können oder nicht.

Die Prüfung des Wassers auf Gehalt an pathogenen Mikrobien wäre ein ganz unzulängliches Schutzmittel. Denn ein Wasser, welches heute frei von Infectionskeimen ist, kann ja offenbar morgen welche enthalten, wenn die Möglichkeit ihres Eindringens überhaupt gegeben ist. Ist aber der Nachweis von Krankheitskeimen gelungen, dann ist es meist schon zu spät, die Infectionen haben bereits stattgefunden. Die Ermittlung der Identität einer verdächtigen Bacterienart mit einer bekannten pathogenen verursacht, wie ich schon früher hervorgehoben habe, soviel Zeit und Mühe, dass solche Versuche nur vorgenommen werden, wenn schon der bestimmte Verdacht gegen ein Wasser vorliegt. Es

---

<sup>1)</sup> Wenn im Wasser etwa Partikelchen guter Nährstoffe suspendiert sind, werden die Chancen der Conservierung pathogener Keime noch günstigere sein.

wäre unmöglich, derartige Untersuchungen auf alle Trink- und Brauchwässer auszudehnen.

Dazu kommen aber noch andere Erwägungen. Ich will Ihnen nicht verhehlen, dass unserem Plattenculturverfahren viele Mängel anhaften. Die gewöhnlichen Wasserbakterien entwickeln sich auf den Platten oft so rasch und mächtig, dass den langsamer wachsenden Krankheitskeimen keine Zeit bleibt, sichtbare Colonien zu bilden. Besonders verderblich erweisen sich in dieser Richtung die in den Wässern so verbreiteten, die Gelatine verflüssigenden Bakterien. Einige wenige Exemplare von solchen sind manchmal im Stande, in 2—3 Tagen die ganze Platte zu zerstören. Nur ausnahmsweise können wir die Beobachtung über 4—5 Tage hinaus erstrecken. Was bis dahin nicht zur Sichtbarkeit herangewachsen ist, entgeht dauernd unserer Wahrnehmung. — Manche Krankheitserreger wachsen überhaupt nicht bei niederen Temperaturen oder nicht auf Gelatine. — Noch schlimmer ist es, dass wir die pathogenen Mikroben bei zahlreichen Infektionskrankheiten, so auch bei den hier in Betracht kommenden Ruhr und Wechselfieber nicht, beziehungsweise nur sehr unvollkommen kennen. Die Keime dieser Krankheiten können also im Wasser vorhanden sein, ohne dass wir es merken.

Wir müssen uns daher nach anderen Mitteln umsehen, um „gutes“ und „schlechtes“, infectionsverdächtiges von unverdächtigem Wasser zu unterscheiden und darnach unsere Wasserversorgungseinrichtungen zu können.

Auch hier hat<sup>6</sup> man zunächst zur chemischen Analyse des Wassers gegriffen. Wir benützen sie noch heute und es wäre unvernünftig, uns dieses Hilfsmittels zu entschlagen, das uns recht wertvolle Aufschlüsse über die Beschaffenheit eines Wassers geben kann. Bei der chemischen Wasseranalyse gehen wir (von dem Nachweise eigentlicher Giftstoffe abgesehen) hauptsächlich darauf aus, das Wasser auf den Gehalt an Fäulnisproducten zu prüfen, beziehungsweise aus dem Befunde zu erschließen, ob das Wasser mit Fäulnisherden in Berührung gekommen ist und ob es in diesem Falle seitdem eine genügende Reinigung erfahren hat oder nicht. Ein hoher Gehalt an frischen Fäulnisstoffen könnte das Wasser direct gesundheitsschädlich machen. Jedenfalls ist ein Wasser höchst unappetitlich, wenn es mit faulenden Stoffen in Berührung gekommen und seitdem nicht gereinigt ist. An dem Werte der chemischen Untersuchung wird der nicht zweifeln, dem es wie mir einmal passiert ist, dass er auf Grund der Analyse einem Brunnenbesitzer mittheilt, es müsste ein frischer Fäulnisherd mit dem Brunnen in Zusammenhang stehen, dass daraufhin der Brunnen untersucht und aus demselben fünf Stück ersäufte Kätzchen gezogen werden.

Hauptsächlich fahnden wir aber im Wasser nach Fäulnisstoffen auf Grund folgender Erwägung: „Fäulnisstoffe gelangen in den Boden hauptsächlich mit den menschlichen und thierischen Abfallstoffen. Mit und in den Abfallstoffen gelangen aber unter Umständen

auch Infectionskeime in den Boden. Unter normalen Verhältnissen hält der Boden die Fäulnisstoffe zurück und zerstört sie, so dass in den tieferen Schichten des Bodens und im hier befindlichen Wasser nichts mehr von ihnen aufzufinden ist oder doch nur Endproducte ihrer Zersetzung (Salpetersäure, Kohlensäure u. s. w.). Verlaufen die Dinge so, dann ist auch von den Infectionskeimen, die in den Boden gelangen, nichts mehr zu fürchten, auch sie werden gegebenenfalls entweder zurückgehalten oder zerstört werden.<sup>1)</sup> Finden sich aber Fäulnißstoffe oder Stoffe, welche auf unvollkommene Zersetzung derselben hinweisen, im Wasser vor, so ist dies ein Beweis, dass das Wasser keine oder keine genügende Reinigung im Boden erfahren hat, und dann können auch Infectionsstoffe in das Wasser übergehen. Solches Wasser ist daher schlecht, verdächtig, nicht verwendbar.“

Dieser Art zu schließen gegenüber ist aber große Vorsicht geboten. Nur mit wesentlichen Einschränkungen können wir diese Erwägungen verwerten.

Dass es niemals zulässig ist, im Falle einer Ortsepidemie aus dem Gehalte eines Wassers an Fäulnisstoffen den Schluss zu ziehen, dass das Wasser inficierend gewirkt habe, haben wir schon eingangs hervorgehoben.

Aber auch bei dem Urtheile, ob ein Wasser verdächtig oder unverdächtig sei, wird man äußerst vor-

---

<sup>1)</sup> Derartiges Wasser ist demnach gut, unverdächtig, zum Genusse zulässig.

sichtig sein müssen. Freilich wird man im allgemeinen, wenn die Wahl möglich ist, ein Wasser bevorzugen, welches keinerlei der Abstammung von Fäulnisherden verdächtige Stoffe enthält. Man wird aber nicht vergessen dürfen, wie winzig klein die Mikroben sind (250—10.000 Millionen wiegen erst 1 *mg*), so dass sie in ungeheurer Zahl in einem Wasser vorhanden sein können, ohne dass die kleine Menge gleichzeitig hineingelangter faulender oder fäulnisfähiger Substanz chemisch nachweisbar wäre. Ebensowenig ist zu übersehen, dass Infectionskeime auch ganz unabhängig von Menschen und seinen Ausscheidungen Verbreitung finden können, wie es ganz sicher mit den Keimen der Malaria der Fall ist. Trotz Reinheit im chemischen Sinne kann also ein Wasser infectiös sein oder werden.

Andererseits wird man sich aber auch vor einer zu rigorosen Verurtheilung eines Wassers hüten müssen, wenn die chemische Analyse Verdachtsmomente auf Fäulnisstoffe liefert. In den meisten Wässern finden wir Spuren von Verunreinigungen, und in manchen Gegenden sind gar keine Wässer aufzutreiben, die nicht in einem gewissen Grade verunreinigt wären. Die Grenze zwischen dem noch zulässigen und dem unzulässigen Grade der Verunreinigung ist aber fast rein arbiträr. Die Anwesenheit von gelösten Stoffen aus Fäulnisherden beweist auch noch keineswegs, dass nun auch Keime von dort im Wasser vorhanden sind oder ins Wasser gelangen können, denn gelöste Stoffe verhalten sich im Boden ganz anders als feste Theil-

chen, auch wenn diese so klein sind wie die Bacterien. Ein Wasser kann verhältnismäßig reich an gelösten Fäulnisproducten und doch dauernd frei von Keimen aller Art sein, wenn der Boden, durch den es gesickert ist, ein keimdichtes Filter darstellt. Ein solches Wasser kann dann auch nie Infectionsgefahr bieten und ohne Schaden genossen werden. Sie sehen, verehrte Anwesende, die chemische Analyse des Wassers bedarf einer Ergänzung und Richtigstellung durch andere Methoden.

Hier tritt nun wieder die bacteriologische Untersuchung des Wassers ein. Wir verfahren genau so, wie wir es früher besprochen haben. Auf den fertigen Platten suchen wir aber nicht lange nach Colonien pathogener Keime, die ja glücklicherweise in der ungeheuren Mehrzahl der Wässer überhaupt nicht vorhanden sind, sondern wir begnügen uns in der Hauptsache mit der Zählung aller Colonien.

Die Zählung der Colonien auf den Platten erleichtern wir uns durch einen Zählapparat, den Sie hier sehen. Die Culturplatte wird auf dieses schwarze Glas gelegt, dann wird diese Glasplatte darübergelappt, welche im Quadrate von 1, resp.  $\frac{1}{3}$  cm Seitenlänge getheilt ist. Man zählt entweder Quadrat für Quadrat alle Colonien ab, oder man zählt, wenn die Zahl der Colonien sehr groß ist, nur die Colonien in einer gewissen Anzahl von Quadraten, berechnet die Durchschnittszahl von Colonien auf einen Quadratcentimeter Fläche, misst die Gesamtfläche der Culturschichte

aus und multipliciert die pro ein Quadratcentimeter ermittelte Zahl mit der Zahl der von der Culturschichte eingenommenen Quadratcentimeter.

Die Zahl, welche angibt, wie viele Colonien (also Keime) in 1 *ccm* des unverdünnten Wassers vorhanden sind, dient uns als Grundlage der Beurtheilung. Wie ist es aber möglich, aus der Zahl der ganz unschädlichen Mikroben (Saprophyten, die nur auf todttem Material gedeihen können) einen Schluss auf die Güte und Verwendbarkeit des Wassers zu ziehen?

Die bacteriologische Prüfung des Wassers, wie sie gewöhnlich vorgenommen wird, ist eigentlich eine Probe darauf, ob ein Wasser zuverlässig gut filtriert ist oder nicht, und zwar die feinste Probe, die sich überhaupt anstellen lässt. Und die Möglichkeit, aus dem Auftreten und der Zahl der Saprophytenkeime im Wasser auf die Beziehungen des Wassers zu Infektionskeimen zu schließen, beruht darauf, dass beide Wesen gleicher Gattung, insbesondere in physikalischer Beziehung gleichartig sind.

Die Berechtigung zu diesem Rückschlusse ergibt sich ganz klar, wenn wir die Controle der künstlichen Wasserfiltration durch die bacteriologische Untersuchung betrachten. An vielen Orten ist man gezwungen, stark verunreinigtes, verdächtiges Flusswasser zur Wasserversorgung zu benützen. Man unterwirft dann solches Wasser der Filtration durch große Sandfilter. Sowohl das unfiltrierte als das filtrierte Wasser werden

auf ihre Keimzahl geprüft. Stellt sich nun z. B. heraus, dass die Keimzahl im Filtrate nur 2<sup>0</sup>/<sub>100</sub> der Keimzahl des unfiltrierten Wassers beträgt, dass also 98<sup>0</sup>/<sub>100</sub> der saprophytischen Keime im Filter zurückgehalten worden sind, dann lässt sich mit aller Sicherheit erwarten, dass von etwa anwesenden Parasiten auch mindestens 98<sup>0</sup>/<sub>100</sub> zurückgehalten worden sind, dass demnach durch die Filtration die Infektionsgefahr um  $\frac{98}{100}$  mindestens verringert worden ist.

In ganz ähnlicher Weise verwerten wir auch den Keimgehalt der natürlichen Wässer. Hier hat es freilich viel länger gedauert, bis man auf die richtige Fährte gekommen ist. Von dem ursprünglichen Irrthume, dass die Anzahl der Keime direct, etwa durch Beförderung von Verdauungsstörungen Einfluss auf die Gesundheit habe, ist man freilich bald zurückgekommen. Aber man erhielt anfänglich so wirre Ergebnisse bezüglich des Keimgehaltes der natürlichen Gewässer, dass man daraus Schlüsse überhaupt nicht ziehen konnte. Insbesondere waren es gewisse Versuchsfehler bei Aufsammlung und Transport der Probe, welche man erst vermeiden lernen musste, bevor man zu zuverlässigen Resultaten kam.

Es stellte sich schließlich heraus, dass das Wasser gut gefasster, gegen Verunreinigung durch Tagwasser geschützter, aus tieferen Bodenschichten stammender Quellen sehr arm an Keimen ist, selten findet man mehr als 50 Keime in 1 *ccm*, nie mehr als 100. Etwas reicher an Keimen findet man häufig das Wasser aus

Brunnen, so dass vielfach für solche Wässer — allerdings ganz willkürlich — noch 300 Keime pro 1 *ccm* als Grenze des Zulässigen angesehen werden. Aber dieser im allgemeinen größere Keimgehalt der Brunnenwässer stammt nicht aus dem Grundwasser, sondern von den Wandungen des Brunnenschachtes, aus den Brunnenröhren, wo, begünstigt durch den Zutritt von Luft oder durch organische Substanzen aus dem Holze der Brunnenröhren u. s. w., Wucherungen von Saprophyten sich ansiedeln.

Das Grundwasser selbst ist meist vollkommen keimfrei. Fränkel hat vor kurzem erst die insbesondere den Uneingeweihten überraschende Thatsache festgestellt, dass selbst das Grundwasser im ältesten Stadttheile von Berlin in 4·5 *m* Tiefe keinerlei Keime enthält. Bedenken wir, dass in den obersten Bodenschichten stets ganz ungeheure Mengen von Mikroben, insbesondere Bacterien und Schimmelpilze, enthalten sind, so sehen wir, dass der natürliche, gewachsene Boden ein ganz ausgezeichnetes Keimfilter ist, ein viel besseres, als wir künstlich herstellen könnten.

Allerdings wird er sich nicht immer als solches erweisen. Ein grobporiger Kies- und Geröllboden wird selbstverständlich suspendierte Partikelchen und daher auch Keime durchtreten lassen. Steht das Grundwasser hoch, nahe der Oberfläche des Bodens, reicht es in die keimreichen Schichten des Bodens hinauf, dann wird es auch selbst Keime führen. Durchbrechen wir selbst die schützende Filterschichte und graben

z. B. Versitzgruben bis in die Grundwasserschichte hinab, dann werden wir uns nicht wundern, wenn das Grundwasser keimhaltig wird, eventuell auch bedenkliche Keime führt.

Im allgemeinen aber lässt eine wenige Meter hohe Schichte dichteren Bodens von den ungezählten Milliarden Keimen keinen einzigen in die Tiefe treten, und es ist ausgemacht, dass durch eine solche Bodenschichte hindurch auch Infectionskeime, die etwa auf und in den Boden verbracht worden sind, niemals in das Wasser und darin an uns heran gelangen können.

Wieder gibt uns der Gehalt an Saprophyten den Maßstab für die Leistungsfähigkeit und Schutzkraft des filtrierenden Bodens, und wir müssen von unseren Trink- und Brauchwässern fordern, dass sie keimfrei oder, weil dies in der Praxis nicht zu erreichen ist, keimarm seien.

Wieviele Keime in 1 *ccm* Wasser sind noch zulässig?

Hier ist die Achillesferse der bacteriologischen Wasserprobe. Sie vermag hier ebenso wenig eine feste Regel zu geben als die chemische Analyse in ihren Grenzwerten. Da reines Grundwasser keimfrei ist, so ist jeder Keimgehalt zu beanständen und eine entscheidende Grenzzahl nicht anzugeben. Thatsächlich werden wir das Wasser und seine Bezugsquelle bei gleichem Keimgehalte aber doch ganz verschieden beurtheilen, je nachdem die Keime aus lockerem Boden, hochstehendem Grundwasser oder von durch Undichtig-

keiten der Quellfassung, des Brunnenschachtes eindringenden Tagwässern oder von harmlosen Vegetationen von Wasserbakterien im Schacht und Rohr selbst herrühren.

Mit einem gewissen Grade von Sicherheit können wir zwischen diesen Möglichkeiten entscheiden, wenn wir neben der Zahl auch die Arten der Saprophytencolonien, die wir aus einer Wasserprobe erhalten haben, in Betracht ziehen. Reine Wässer sind auch arm an Bakterienarten; spezifische Wasserbewohner sind beinahe allein vorhanden. Artreichtum, Auftreten fremdartiger Keime stützen den Verdacht einer unzulässigen Verunreinigung.

Die wichtigste Ergänzung erfahren aber chemische und bacteriologische Untersuchungen durch die Untersuchung der Wasserbezugsquelle und ihrer Anlage selbst.

Es ist zweifellos als das wertvollste praktische Ergebnis der bacteriologischen Forschungen über das Wasser anzusehen, dass die Aufmerksamkeit mit allem Nachdrucke auf die Bedeutung der Art des Wasserbezuges, der richtigen Anlage der Quellen- und Brunnenfassungen für das Bestehen oder Nichtbestehen einer Infectionsgefahr hingelenkt wurde.

Nur solches Wasser, welches auf natürlichem oder künstlichem Wege gut filtriert worden ist, ist unverdächtig. Unfiltriertes Wasser, wie es alles Wasser der oberflächlichen Gerinne ist, darf nicht benützt werden, auch wenn im Augenblicke

der Untersuchung das Wasser chemisch und bacteriologisch keine Bedenken erweckt. Denn solches Wasser ist ungeschützt gegen Verunreinigungen. Es hängt von unüberwachbaren Zufällen ab, ob in derartiges Wasser Infectionskeime hineingelangen oder nicht.

Da das Wasser in tieferen Bodenschichten — von grobporigem Boden abgesehen — keimfrei ist, können Infectionskeime durch dasselbe niemals weithin verschleppt werden. Wenn von Quellen und Brunnen Infectionen ausgehen, so kann dies nur durch örtliche unreine Zuflüsse bewirkt worden sein. Es muss daher alles gethan werden, um derartige Zuflüsse fernzuhalten. Quellen müssen in der Tiefe von mehreren Metern gefasst und gegen Tagwässer geschützt abgeleitet werden. Die Schachtbrunnen sind durch die sichereren sogenannten abyssinischen Röhrenbrunnen zu ersetzen oder, wo dies nicht angeht, dicht einzudecken, durch die oberen Bodenschichten mit wasserdichten Wandungen zu führen; die Mauer des Schachtes ist über das umgebende Erdreich soweit zu erhöhen, dass Regenwässer niemals in den Brunnen eindringen können; in der Umgebung des Brunnens ist größte Reinlichkeit aufrecht zu halten u. s. w. Es würde zu weit führen, wenn ich mich in die Einzelheiten dieses Brunnen- und Quellenschutzes einlassen würde. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, dass mit Aufwand geringer Mittel in dieser Richtung weitgehende Verbesserungen der gegenwärtigen Zustände zu erzielen wären.

Nach meiner Überzeugung müssen diese Verbesserungen, die ein wichtiges Glied in der Reihe der Mittel zur Verhütung der Infectionskrankheiten darstellen, durchgesetzt werden, und es wäre mir eine Freude, wenn es mir gelungen sein sollte, Ihr Verständnis und Ihre thätige Theilnahme für diese Bestrebungen zu erwecken.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Gruber Max von

Artikel/Article: [Die bacteriologische Wasseruntersuchung und ihre Ergebnisse. 127-162](#)