II.

MIKROSKOPISCH-BAKTERIOLOGISCHER THEIL.

I.

Nothwendigkeit und Werth der mikroskopischen und bakteriologischen Wasseruntersuchung.

Während die chemische Analyse der Trink- und Nutzwässer in hohem Grade ausgebildet ist und schon seit vielen Jahren geübt wird, ist die mikroskopische Untersuchung erst seit Kurzem zur Geltung gekommen.

Nachdem man erkannt hat, dass einige Infectionskrankheiten mit Sicherheit, andere mit Wahrscheinlichkeit auf geformte Wesen als ihre Urheber zurückgeführt werden müssen, hat die mikroskopische Untersuchung des Wassers Werth erhalten. Ausserdem aber ist der chemischen und mikroskopischen Wasseranalyse durch die bedeutungsvollen Entdeckungen Robert Koch's eine dritte Untersuchungsmethode an die Seite gestellt, nämlich die bakteriologische, welche zur Zeit an erster Stelle steht, sofern die Verbreitung von pathogenen Mikroorganismen durch das Wasser in Frage kommt; denn sie gewährt die Möglichkeit, das Wasser direct auf diese Krankheitserreger zu prüfen.

Bis jetzt ist es allerdings nur in wenigen Fällen gelungen, Krankheitserreger im Trinkwasser nachzuweisen, aber diese Befunde sind ausschlaggebend; würde die chemische Analyse jene Wässer als brauchbar gezeigt, würde das Mikroskop keine schädlichen oder verdächtigen Elemente aufgedeckt haben, der bakteriologische Nachweis allein hätte völlig genügt, die Wässer als gesundheitsgefährdend hinzustellen.

II.

Mikroskopischer Nachweis der anorganischen Stoffe.

Durch das Mikroskop lassen sich die im Wasser befindlichen geformten Stoffe, sowie diejenigen gelösten Substanzen nachweisen, welche nach Verdunstung des Wassers in fester Form zurückbleiben.

Der beim ruhigen Stehen eines Wassers sich bildende Bodensatz besteht zum grossen Theil aus anorganischem Material. Sehr häufig findet man Quarz, welcher als Hauptbestandtheil des Sandes in scharfeckigen, unregelmässig geformten, oft glänzenden Körperchen auftritt, die durch Säuren und Alkalien nicht angegriffen werden, Taf. I, Fig. 1.

Lehm, Thon und Mergel bilden rundliche, gelbliche, ebenfalls gegen chemische Agentien sehr widerstandsfähige Körnchen. Der kohlensaure Kalk stellt eckige oder runde Partikelchen dar, welche sich durch Säurezusatz unter Kohlensäureentwickelung lösen und unter der Einwirkung von Schwefelsäure in die charakteristischen Krystalle des Gypses übergehen. Eisenverbindungen, z. B. Eisenrost, Taf. I, Fig. 2, Schwefeleisen, Taf. I, Fig. 3, zeigen sich als schwarze oder braune bis braungelbe amorphe Massen, oft auch als braune Schollen, welche nicht mit den scharfkantigen, tiefdunklen Kohlensplitterchen, Taf. I, Fig. 4, verwechselt werden dürfen. — Häufig findet man auch die Kieselpanzer von Diatomeen, Taf. VI, Fig. 49 a. b. c. d., welche an ihrem regelmässigen, zarten Gefüge leicht kenntlich sind. —

Hat man einen Tropfen Wasser verdunsten lassen, so scheiden sich, und zwar hauptsächlich am Rande des Verdunstungsfeldes, vorher gelöste Salze in krystallinischer Form ab. Zwar weist die chemische Analyse dieselben mit grösserer Sicherheit nach, als die mikroskopische Untersuchung; in manchen Fällen jedoch, zumal wenn es auf eine genauere Untersuchung nicht ankommt, genügt ein Blick auf den Verdunstungsrückstand, um die Anwesenheit von Salzen festzustellen. Da es erwünscht sein dürfte, beim Mikroskopiren gesehene Krystalle deuten zu können, so lassen wir nach dem

Vorgange Reichardt's[1]) einige der hauptsächlichsten Krystallisationsformen folgen.

1. Calciumcarbonat wird am häufigsten gefunden; es scheidet sich, wenn der Wassertropfen langsam verdunstet, in den meisten Fällen in sehr kleinen, krümeligen Massen ab, welche aus kugeligen und sphäroiden, seltener rhomboëdrischen Formen bestehen, Taf. I, Fig. 10. Bei rascher Verdunstung tritt die Gestalt der Rhomboëder schärfer zu Tage, doch herrschen die Sphäroide vor, wenn auch in etwas grösserer Form; nicht selten sind Arragonitkrystalle, Nadeln oder langgezogene Prismen, welche an den spitzen Winkeln oft gabelig oder verästelt erscheinen, Taf. I, Fig. 11. Durch Aufkochen des Wassers fällt ein grosser Theil des Calciumcarbonats aus, während Kochsalz, Gyps u. s. w. in Lösung bleiben; das Aufkochen kann also dazu dienen, das mikroskopische Bild klarer zu gestalten.

2. Chlornatrium findet sich in geringer Menge in fast allen natürlichen Wässern; erheblichere Mengen entstammen gewöhnlich dem menschlichen Haushalt. Charakteristisch für seine Krystallisationen ist der Würfel. — Da Kochsalz gewöhnlich nur in geringer Menge vorkommt, so sind die gut ausgebildeten Krystalle die selteneren; es zeigen indessen die Ansätze dazu, welche sich als treppenförmige Gebilde oder als Nadeln und Zacken darstellen, stets die charakteristische, rechtwinklige oder fast rechtwinklige Dreiecksspitze, Taf. I, Fig. 12.

Bei rascher Verdunstung scheinen die Nadel-, Kreuz- und Schwertgriffformen mehr zur Entwickelung zu kommen als die Octaëder und Würfel. Taf. I, Fig. 13.

3. Magnesiumsulfat scheidet sich beim langsamen Verdunsten des Wassers als breite, flache, oft mit Einrissen versehene, federförmige oder palissadenartig neben einander stehende, bezw. sich kreuzende Krystalle aus, Taf. I, Fig. 14. Bleiben dieselben längere Zeit an der Luft liegen, oder bringt man sie für ein bis zwei Tage in den Exsiccator, so erscheinen sie makroskopisch weiss, mikroskopisch braun. Verdunstet man rasch bei mässiger Wärme, so entsteht eine dünne, glatte Haut, deren Existenz nur durch einen zufälligen Riss erkannt werden kann. Zieht man das Deckgläschen mit dem angetrockneten Tropfen durch die Flamme, so sieht man makroskopisch, dass der Rand sich an einzelnen Stellen leicht gehoben hat. Das Mikroskop zeigt dann kreisförmige, oder unregelmässig begrenzte, von vielen Rissen durchsetzte Blasen, Taf. I,

[1]) Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. Halle 1880.

Fig. 15. Erhitzt man weiter, so bekommt der eingetrocknete Tropfen einen weissen Rand, während das mikroskopische Bild eine dunkle Bräunung der nach allen Richtungen hin zerplatzten dünnen Salzschicht wahrnehmen lässt.

4. Magnesiumcarbonat bildet sowohl beim raschen als langsamen Verdunsten der wässerigen Lösung keine Krystalle, sondern nur rissige Häute; auch hier tritt bei energischem Erwärmen Bräunung ein.

5. Calciumsulfat (Gyps) findet sich im Wasser nicht selten. Die gewöhnliche Krystallisationsform sind lange, meistens zu Büscheln vereinigte Nadeln; ausserdem kommen kleine, wohlgeformte Tafeln und blattartige Bildungen vor, Taf. I, Fig. 16. Nach raschem Verdunsten zeigen sich nur Nadelanhäufungen und breite Blattformen, Taf. I, Fig. 17. Befindet sich wenig Gyps im Wasser, so ist der Rand des Tropfens oft mit Zacken, den Ansätzen zu den erwähnten Tafeln, besetzt.

Von den Salzen der Salpetersäure krystallisirt Kaliumnitrat gut; die übrigen salpetersauren Verbindungen, besonders das am häufigsten vorkommende Calciumnitrat krystallisiren schwierig.

III.

Der Nachweis der organisirten Partikel im Wasser, insbesondere der geformten Stoffe des menschlichen Haushaltes.

Ausser den anorganischen Stoffen und den gelösten, organischen Substanzen finden sich in den meisten Wässern auch organisirte Wesen und deren Reste. Wir sehen von den lebenden Wesen vorläufig ab und betrachten nur die Organtheile, die Trümmer der im Wasser gefundenen Thiere und Pflanzen. Im freien Wasser sind diese Reste immer selten; sollen sie gesucht werden, so muss man das Wasser sedimentiren lassen und seinen Bodensatz oder direct den Bodensatz des freien Wassers, den Schlamm, untersuchen. Unter sonst gleichen Umständen werden diejenigen Reste am häufigsten zur Beobachtung kommen, welche am widerstandsfähigsten sind. Hierhin gehören die Schalen, die Chitinstacheln und Chitinhüllen kleiner Thiere, Beine und Flügel von Insecten, Haare, Taf. II, Fig. 18k, Wollfäden, Taf. II, Fig. 18a, Federstrahlen, Taf. II, Fig. 18l, Pflanzenhaare, Taf. I, Fig. 5, Pflanzengefässe, Taf. I, Fig. 7, Fasern von Leinen, Taf. II, Fig. 18c, Baumwolle, Taf. II, Fig. 18b, Seide, Taf. II, Fig. 18e u. s. w., Strohpartikelchen, Taf. I, Fig. 8, Pflanzenepidermis, Taf. I, Fig. 6, Holztheilchen, Taf. I, Fig. 9, Stärkekörnchen, Taf. II, Fig. 19 und Aehnliches.

Grössere Mengen derartiger Trümmer sollen nicht in einem Wasser vorhanden sein, welches zum Trinken benutzt wird. Wenn diese Reste auch keinerlei directe gesundheitsschädigende Wirkung haben, so deuten sie doch, zum Theil wenigstens, auf ungehörige Zuflüsse hin und bilden eine ekelerregende Verunreinigung des Wassers.

Von weit grösserer Bedeutung sind diejenigen organisirten Reste, welche Abfällen des menschlichen Haushaltes angehören; denn sie beweisen durch ihre Anwesenheit, dass das Trink- und

Nutzwasser aus Abtritten, Stallungen, Küchenausgüssen, Waschplätzen u. s. w. Zuflüsse erhält, welche entweder gar nicht oder doch nicht genügend durch Bodenfiltration gereinigt sind. Ein auf diese Weise verunreinigtes Wasser aber muss nicht allein beanstandet, sondern verworfen werden; denn sein Genuss ist widerwärtig und ekelerregend, es kann auch den Zwecken der Reinigung nicht dienen, und ausserdem liegt die Möglichkeit vor, dass das Wasser mit jenen Zuflüssen direct Infectionskeime aufgenommen habe, dass es also im übertragenen Sinne des Wortes „vergiftet" sei.

Von Wichtigkeit ist es daher, zu erweisen, ob die gefundenen Verunreinigungen wirklich der menschlichen Oekonomie entstammen oder nicht. In welcher Weise die localen Verhältnisse, welche vielfach den Ausschlag geben, für die Lösung dieser Frage zu berücksichtigen sind, wird an anderem Orte angegeben; hier soll nur erläutert werden, wie man mit Hülfe des Mikroskops die Quelle jener Verunreinigungen genauer anzugeben vermag.

Finden sich in offenen Wässern Pflanzenreste, so ist nur unter besonderen Bedingungen ein Urtheil möglich, ob dieselben von dem Haushalt des Menschen direct herrühren; ebenso selten ist den Pflanzenresten anzusehen, ob sie vorher den Verdauungscanal eines Menschen oder Thieres passirt haben. Die Imbibition mit Gallenfarbstoff ist nicht so intensiv, dass sie als differentialdiagnostisches Merkmal für diese Substanzen verwendet werden könnte, nachdem dieselben einige Tage im Wasser gelegen haben. Die Stärke wird im Darm des Menschen auch bei reichlicher Zufuhr verdaut, so dass sie meistens in kleinen Partikeln, selten in ganzen Körnchen im Stuhlgange erscheint. Diese Stückchen geben, wie schon lange bekannt ist und von uns wiederum bestätigt werden konnte, nicht immer die Jodreaction. Entdeckt man gekochte Stärkekörner in dem fraglichen Wasser, so sind dieselben als ein Beweis anzusehen, dass Küchenabfälle die Verunreinigung bewirkt haben. Die Stärke löst sich nicht ohne Weiteres in heissem Wasser, sondern quillt zunächst darin auf; hierdurch verlieren die Amylumkörner ihre eigentliche Structur, vergl. Taf. II, Fig. 19, die Oberfläche wird rissig, zerklüftet, es bilden sich Stellen, die wie Facetten glänzen. Durch anhaltendes Kochen bewirkt man, dass unter dem Mikroskop nur Trümmer der einzelnen Stärkekörner gesehen werden. Nicht zerstörte Stärkekörnchen findet man oft in Bröckchen der Gemüse.

Bei geschlossenen Brunnen ist der Nachweis ungehöriger Zuflüsse leichter. War der betreffende Brunnen rein, und finden sich darin nach einiger Zeit Reste von Pflanzen, welche zur Nahrung

dienen, oder Stärkekörnchen der Getreidearten, der Hülsenfrüchte oder dergleichen, so ist eine Verunreinigung durch Wirthschaftsbetrieb vorhanden.

Der fäcale Ursprung der verunreinigenden Stoffe lässt sich aus den Ueberresten der Fleischnahrung leicht erkennen. Das Fleisch wird, besonders bei reichlicher Aufnahme, nicht in dem Grade zerlegt wie die Stärke; kleine Fleischpartikel treten stets reichlich im Stuhle auf. Sowohl die rohe als die gekochte Muskelfaser zeigt sich im mikroskopischen Bilde als deutlich mit Querstreifen versehenes Bündel mit scharfen Ecken und von grauer Farbe, Taf. II, Fig. 20 und 21. Hat aber die Muskelfaser den Darmcanal passirt, so erscheint sie als goldgelbe, glänzende Scholle von meistens rundlicher Form mit abgeschliffenen Ecken. Die Querstreifung kann deutlich erhalten sein, sie kann aber auch ganz oder fast ganz fehlen. Die Anordnung in Bündeln bleibt zuweilen deutlich bestehen, Taf. II, Fig. 22 und 23. Bei Druck platzt die Scholle aus einander. Entfernt man die Blende, so dass die volle Wirkung des Abbe'schen Beleuchtungsapparates zur Geltung kommt, so bleiben wegen der intensiven Färbung durch den Gallenfarbstoff die unverdauten Muskelpartikelchen als hellstrohgelbe Stückchen sichtbar. Die gelbe Farbe erhält sich lange. Die Zeichnungen auf Taf. II, Fig. 22 und 23 sind nach einem Koth entworfen, welcher vier Wochen hindurch mit der fünfzigfachen, wiederholt gewechselten Menge Wassers bei einer Temperatur von 20° gestanden hatte.

Findet man derartige Fleischreste in einem Wasser, wie das z. B. Snow in dem der Southwark and Vauxhall Company zu London gelang (siehe Taf. IV, Fig. 30), so ist daraus mit Sicherheit zu folgern, dass eine Verunreinigung durch Fäcalien stattgefunden hat.

Darmepithelien, Fettnadeln, Darmschleim, Bindegewebsreste, elastische Fasern und dergleichen dürften kaum jemals im Wasser entdeckt werden; Helminthen-Eier und -Embryonen hingegen sind mehrfach als gefunden angegeben worden. Dieselben kommen in den Stühlen so zahlreich vor[1]), dass man annehmen sollte, sie würden häufiger gesehen werden, wenn die Mikroskopie des Wassers mehr geübt würde. Da die Eier und Jugendzustände der Eingeweidewürmer zweifellos eine Verunreinigung durch Fäcalien anzeigen, so lassen wir eine kurze Beschreibung der beim Menschen am häufigsten auftretenden Arten derselben folgen, wobei wir uns

[1]) Szydlowski, Beiträge zur Mikroskopie der Fäces. Dorpat 1879.

im Allgemeinen den Ausführungen von Brass[1]) und Heller[2]) anschliessen.

1. Die Eier der *Taenia solium*, des gewöhnlichen Bandwurmes, Taf. II, Fig. 24, sind rund oder leicht oval, der Durchmesser beträgt 0,36 mm; sie haben eine starke, geschichtete, aus radial stehenden, mosaikartig angeordneten Stäbchen bestehende Schale, welche den rundlichen, 0,02 mm grossen und mit sechs Chitinhäkchen bewehrten Embryo birgt. Das ganze Ei liegt noch in einer weiten, zarten, mit Körnchen versehenen Membran, welche indessen auch fehlen kann. Vorkommen überall, wo das Schwein Hausthier ist.

2. Die Eier der *Taenia saginata sive medio-canellata* gleichen denen der *Taenia solium* so sehr, dass eine mikroskopische Unterscheidung nur schwer möglich ist. Das Verbreitungsgebiet deckt sich mit dem des Rindes.

3. Eier und Embryo des *Botriocephalus latus*, des Grubenkopfbandwurmes, Taf. III, Fig. 25 *a* und *b*. Die Eier sind oval, 0,06 mm lang, 0,04 mm breit. Die Schale derselben ist dünn, bräunlich, bei reifen Eiern dunkel, hat einen kleinen Deckel. Anfänglich besteht der Inhalt aus einer grobkörnigen Masse, aus welcher sich ein runder, mit sechs Chitinhaken und Flimmerkleid versehener Embryo im Laufe mehrerer Monate entwickelt. Er findet sich nur in der Nähe des Meeres und weniger Seen und Flüsse: in der Schweiz, in Südfrankreich, Nordrussland, in den Ostseeländern, in Schweden, Polen, Holland, auf Seeland, in Belgien und selten in Mitteldeutschland.

4. Eier des *Ascaris lumbricoides*, des Spulwurmes, Taf. III, Fig. 26. Die ganz frischen Eier haben eine meistens durch den Gallenfarbstoff grün gefärbte, unregelmässige, zackige oder hügelige Hülle, welche sie später verlieren; sie sind oval, 0,06 mm lang, 0,04 mm breit, haben eine derbe, dunkle, doppelt contourirte Schale mit sehr dunkelkörnigem Inhalt, welcher im Laufe von Monaten unter den gewöhnlichen Furchungsvorgängen sich in einen wurmartigen Embryo umbildet. Verbreitungsgebiet: die ganze bewohnte Erde; soll nur in Island fehlen.

5. Die Eier des *Oxiurus vermicularis*, des Pfriemenschwanzes, Taf. III, Fig. 27. Die Eier von 0,052 mm Länge und 0,024 mm Breite, sind von oben gesehen oval, von der Seite gesehen zeigen sie eine convexe Rücken- und eine flache Bauchfläche, ein stumpfes und ein weniger stumpfes Ende; sie enthalten meistens

---

[1]) Die thierischen Parasiten des Menschen, 1884.

[2]) Darmschmarotzer. Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie von Ziemssen, 7. Band, 2. Hälfte, 1878.

einen feinkörnigen Dotter oder bereits den kaulquappenförmigen Embryo. Die Entwickelungszeit ist eine sehr kurze; ausserdem gehen die Eier im Wasser rasch zu Grunde. Anscheinend über die ganze Erde verbreitet.

6. Eier des *Trichocephalus dispar*, Peitschenwurm, Taf. III, Fig. 28. Die etwas bräunlichen Eier haben eine elliptische Gestalt, sind 0,054 mm lang, 0,023 mm breit, mit kleinen glänzenden Knöpfen an beiden Polen versehen, wodurch sie ein citronenförmiges Ansehen erhalten. Der Dotter ist feinkörnig, die Eier halten sich sehr lange im Wasser. Der maden- oder wurmförmige Embryo gebraucht viele Monate zu seiner Entwickelung. Ist überall verbreitet.

7. Eier und Larven des *Anchylostomum duodenale* (des Erregers einer bösartigen Anämie), Taf. III, Fig. 29 *a*, *b*, *c*. Die ovalen Eier haben eine Länge von durchschnittlich 0,056 bis 0,063, eine Breite von 0,036 bis 0,040 mm; sie sind von einer hellen, einfach contourirten, dünnen Chitinhülle umgeben. Der Dotter ist feinkörnig, bräunlich und befindet sich bei der Entleerung der Fäces stets im Zustande der Furchung. Die wurmartigen Larven von etwa 0,250 mm Länge haben ein verjüngtes, helles Kopfende mit Mundöffnung; an letztere schliesst sich der Oesophagus an, in dessen Bulbus Y-förmige Chitinzähne die Nahrung verarbeiten. Der Bulbus geht dann in den dunkler gefärbten Darm über, welcher in einen feinen After endigt. Der Schwanz des Larvenwurmes ist glashell und spitz. Allmählich wachsen die Würmer bis zu 0,7 mm Länge heran und verlieren die Chitinzähne. Der Bulbus ist dann undeutlich geworden, und es hat sich über den Embryo eine elastische Chitinhülle gelagert. Früher hielt man dafür, dass *Anchylostomum* nur in heissen Gegenden vorkomme, doch hat es sich in den letzten Jahren nicht allein beim Bau des Gotthardtunnels, in der Nähe von Wien und in Belgien, sondern auch auf den Ziegelfeldern Kölns und in den Kohlenrevieren des Rheinlandes gezeigt. Die Chitinzähne und der spitze Schwanz bilden die hauptsächlichsten Differenzmerkmale zwischen *Anchylostomum* und *Anguillula stercoralis*. Letzterer fehlen die drei Zähnchen immer, der Schwanz derselben ist stumpf oder zweispitzig, dabei ist das Thier im Ganzen etwas schlanker als *Anchylostomum*.

Noch eines Bestandtheiles der Fäces müssen wir Erwähnung thun, welcher für die Frage nach der Verunreinigung der Wässer von grosser Bedeutung ist, nämlich der Mikroorganismen. Ein Blick durch das Mikroskop auf ein gefärbtes Präparat aus Koth zeigt, dass ein ganz erheblicher Theil der Fäces aus Bakterien besteht. Die Eigenschaften, die Lebensbedingungen derselben sind

noch nicht so studirt, wie das wünschenswerth wäre. Jedoch wissen wir, dass unter anderen Bakterien in den Fäces der meisten daraufhin untersuchten Thiere, sowie aller Menschen ein Kurzstäbchen, das *Bakterium coli commune*, in grosser Menge vorkommt. Seine Anwesenheit in einem Wasser sollte daher beweisend sein für eine Verunreinigung mit Fäcalien. Man muss indessen bedenken, dass das *Bakt. coli com.* in der Natur weit verbreitet ist — findet es sich doch regelmässig schon bald in dem Meconium des Neugeborenen — und dass es als Saprophyt leicht auf den verschiedensten Nährböden wächst. Sein Vorkommen in einem Wasser deutet daher nur auf die Möglichkeit einer directen Verschmutzung mit Koth hin, ohne sie indessen zu beweisen. Ausserdem giebt es einige Bakterien, welche dem *Bakt. coli* sehr ähnlich und nur durch umständliche Culturversuche von ihm zu unterscheiden sind. Es kommt weiter hinzu, dass das *Bakt. coli com.* in seinen Eigenschaften nicht constant ist.

IV.

Das Vorkommen lebender niederer Organismen im Wasser.

Abgesehen von den anorganischen und organischen Stoffen, sowie den geformten Resten abgestorbener Thiere und Pflanzen, enthalten die in der Natur vorkommenden Wässer vielfach auch lebende Wesen.

Für die Verwendung eines Wassers als Trink- und Nutzwasser ist sein Gehalt an lebenden Organismen zuweilen von wesentlicher Bedeutung, denn einerseits können letztere die Erreger gewisser Krankheiten sein, andererseits macht der Gehalt an mikroskopischen Wesen gegebenen Falles ein Wasser ungeniessbar.

Die zuletzt erwähnten Verhältnisse werden später besprochen. An dieser Stelle soll nur von den lebenden Wesen als solchen die Rede sein; jedoch verbietet es der Rahmen des Werkes, die im Wasser vorkommenden niederen Wesen erschöpfend zu behandeln. Dem genaueren Studium derselben dienen in vortrefflicher Weise Specialwerke: L. Eyferth: „Die einfachsten Lebensformen des Thier- und Pflanzenreiches, Naturgeschichte der mikroskopischen Süsswasserbewohner.“ Kirchner und Blochmann: „Die mikroskopische Pflanzen- und Thierwelt des Süsswassers.“ Macdonald: „A guide to the microscopical examination of drinking water.“ O. Zacharias: „Die Thier- und Pflanzenwelt des Süsswassers. Einführung in das Studium derselben,“ und andere mehr. Wir unterlassen aber nicht, einige der Formen anzuführen, welche im Trinkwasser häufiger gefunden werden und bei der Beurtheilung der Beschaffenheit des Wassers unter Umständen in Frage kommen können. Bezüglich der Reihenfolge und Eintheilung haben wir uns der von Eyferth benutzten angeschlossen, weil das Buch dieses Forschers das in Deutschland verbreitetste sein dürfte.

Die Bakterien theilen wir nach der zur Zeit am meisten üblichen Methode ein, nämlich nach der von Ferd. Cohn und

Rob. Koch angegebenen, indem wir davon nur insoweit abweichen, als neuere Forschungsergebnisse auf diesem Gebiete das nothwendig machen. Uns ganz dem neueren, auf der Fructification beruhenden Eintheilungsprincip anzuschliessen, vermochten wir nicht. Wenn wir dasselbe auch als theoretisch richtig anerkennen, so wissen wir doch augenblicklich über die Sporenbildung noch zu wenig, um darauf schon jetzt eine praktisch brauchbare Classificirung zu begründen. Die zur Zeit beste Eintheilung dieser Art ist die von Hueppe, welche mit der de Bary's fast identisch ist und welche ausser der Fructification auch die Formverbände und die Form der Einzelwesen berücksichtigt:

I. Kokkaceen: 1) Gat. Mikrokokkus; 2) Gat. Sarcina; 3) Gat. Streptokokkus.

II. Bakteriaceen: 1) Gat. Bakterium, charakterisirt durch Arthrosporen oder fehlende Endosporen; 2) Gat. Bacillen, charakterisirt durch Endosporen.

III. Spirobakterien, kürzere Schraubenstäbchen, welche zu Schraubenfäden auswachsen: 1) Gat. Spirochaeten mit Arthrosporen bezw. ohne Endosporen; 2) Gat. Spirillum, mit Endosporen.

IV. Leptothricheen: 1) Gat. Leptothrix, Spitzen und Basis besitzend, sonst den Fäden der Bakteriaceen ähnlich; 2) Gat. Beggiatoa, Schwefelkörner enthaltend; 3) Gat. Phragmidiothrix, die Fäden sind in Cylinderscheiben getheilt, welche weiter zerfallen; 4) Gat. Crenothrix.

V. Cladothricheen. Scheidenhaltige Stäbchen, Verzweigungen bildend; nur eine Gattung.

Die von Ferd. Cohn, R. Koch und uns in Anwendung gezogene Gruppirung ist absolut nicht als eine definitive, sondern als eine vorläufige und nur praktischen Zwecken dienende zu betrachten, welche umzuändern ist, sobald die Systematiker eine theoretisch bessere und praktisch brauchbarere aufgestellt haben.

A. Mikroskopische Wasserpflanzen.

1. Die Bakterien.

Zu diesen gehören die kleinsten bis jetzt bekannten Lebensformen, welche gleichwohl im Haushalte der Natur eine grosse Rolle spielen. Das Hervorrufen von Fäulnissprocessen und Gährungen, die Erregung mancher Krankheiten bei Mensch und Thier, die Bildung bestimmter Producte, z. B. von Farbstoffen, sind das Werk

der Mikroorganismen. Der Bau derselben ist meistens ein höchst einfacher; sie bestehen aus Protoplasma, also Zellinhalt, mit einer Zellhaut umkleidet. Letztere ist bei einigen Arten nicht sichtbar zu machen, während sie bei anderen durch ein besonderes Behandlungsverfahren hervortritt. Ueber das Vorhandensein eines Kernes bestehen Zweifel. Viele Forscher läugnen dasselbe; aber mit starken Vergrösserungen nimmt man bei gewissen Bacillen in der Mitte eine Plasmaanhäufung wahr, welche von Einigen als Kern angesprochen wird (Schottelius, Ernst etc.). Andere (Klebs, Bütschli, Zettnow) halten das, was wir jetzt als Mikroorganismus bezeichnen, für den Kern, während ein nur durch Beizen zur Anschauung zu bringender, dünner äusserer Theil das Plasma darstellen soll.

Die Vermehrung der Spaltpilze ist unter günstigen Bedingungen eine kolossale; sie wird dadurch bewirkt, dass die einzelnen Organismen sich vergrössern und dann in gleiche Theile zerfallen, von welchen jeder wiederum zum Ausgang neuer Generationen wird. In manchen Fällen trennen sich die einzelnen neu entstandenen Bakterien völlig von einander, in anderen bleiben sie in Verbindung, Haufen, Häutchen, Ketten, Fäden oder Schrauben bildend. Sind die Einzelwesen durch eine schleimige Substanz zu grösseren Massen mit einander verbunden, so nennt man das eine Zoogloeabildung. Dieselbe lässt sich nur bei ruhenden Mikroorganismen nachweisen. Vielen Spaltpilzen fehlt überhaupt die Fähigkeit der Locomotion, wie z. B. fast allen Mikrokokken; andere wieder besitzen eine spontane Beweglichkeit, welche indessen nach Art und Ausgiebigkeit sehr verschieden und dem Wechsel unterworfen ist, sie kann sogar — besonders in älteren Culturen — ganz schwinden. Als die Ursache der Locomotion hat man bei den beweglichen Bakterien Geisseln nachgewiesen (Koch, Löffler, Trenkmann).

Während einige Spaltpilze unter ungünstigen Verhältnissen bald zu Grunde gehen, haben andere die Fähigkeit, unter gewissen Bedingungen Formen anzunehmen, welche die Erhaltung der Art erleichtern; sie bilden Dauerzustände. In den vorher gleichmässig erscheinenden Mikroorganismen tritt eine Veränderung des Zellinhalts ein; an einer Stelle desselben bildet sich ein helles, ovales, stark lichtbrechendes Körperchen mit dunkler Contour. Diese im Inneren entstandene, also endogene Spore widersteht schädigenden Einflüssen, z. B. dem Austrocknen, extremen Temperaturgraden, chemischen Agentien, viel besser als die gewöhnliche Form, die sogenannte „Wuchsform“ der Bakterien. Bei Behandlung des

Präparates mit wässerigen Lösungen von Anilinfarbstoffen, wodurch die Bacillen sich färben, nehmen die Sporen die Farbe nicht an, sondern bleiben hell[1]). Bis jetzt hat man diese Sporen bei Bacillen und einigen wenigen Vibrionen und Spirillen nachgewiesen.

In anderen Fällen bildet sich nicht ein Theil, sondern ein ganzer Organismus, also ein Glied einer Reihe von Mikroorganismen, zu einer oder mehreren Sporen um — Arthrosporenbildung. Sterben unter ungünstigen äusseren Bedingungen alle anderen Glieder ab, so bleiben diese am Leben. Oft zeichnen sie sich dadurch aus, dass sie dicker und stärker lichtbrechend sind als ihre Genossen, anscheinend auch eine dickere oder dichtere Membran besitzen. In wieder anderen Fällen lassen sich die überlebenden Mikroben von den absterbenden nicht unterscheiden und es muss fraglich bleiben, ob man dann überhaupt von einer Sporenbildung sprechen darf.

Es lassen sich folgende Gattungen unterscheiden:

I. **Mikrokokken, Kokkaceen** (de Bary-Hueppe), Taf. III, Fig. 31. Sie stellen kleinste Körperchen dar, welche in allen Stadien ihres Lebens rund oder rundlich erscheinen.

Dieselben können sich nach einer oder nach mehreren Richtungsebenen theilen; auf diese Eigenschaft lässt sich eine Eintheilung in drei grosse Gruppen gründen. Zur ersten Gruppe gehören die Kokken, welche nur eine Theilungsebene haben.

Theilen sich die Mikrokokken in einer Ebene, welche sich immer parallel bleibt, so entstehen Kettenkokken, Streptokokken. Wechselt die Lage der Theilungsebene, so bilden sich Haufenkokken, Staphylokokken und Askokokken. Die Kettenkokken sind rosenkranzförmig zusammengelagert, sie wachsen langsam und die bis jetzt bekannten Arten verflüssigen die Nährgelatine nicht oder in sehr geringem Maasse. Zu ihnen gehören unter anderen die Erreger des Erysipels (Rose) und der langsamen progressiven Eiterung, der *Streptokokkus pyogenes*. Zu der Kategorie der Kettenkokken gehört auch *Leukonostok mesenterioides*, der Rübengallerte- oder Froschlaichpilz, welcher in zuckerhaltigen Fabrikabflusswässern oft massenhaft vorkommt; seine kleinen, ziem-

[1]) Bringt man indessen die Sporen in heisse, mit Anilinwasser bereitete Farblösungen, oder erhitzt man die Sporen auf 140°, oder legt man sie in concentrirte Schwefelsäure, so gelingt ihre Färbung. Da auch in schlecht gefertigten Präparaten ungefärbte Stellen in den Stäbchen bestehen bleiben können, und da einzelne Mikroorganismen ihrer Eigenart nach, andere aber als Alterserscheinung dasselbe Verhalten darbieten, so sei man bezüglich der nur auf den mikroskopischen Befund gestützten Diagnose: „sporenhaltig" vorsichtig.

lich dicht an einander gereihten Kokken liegen in dicker, oft knorpeliger, froschlaichähnlicher Zwischensubstanz. Im Wasser findet man die Streptokokken nur selten (*Str. albus*, *Str. vermiformis*).

Häufiger sind darin die Haufenkokken; entweder als Einzelwesen oder zu mehreren lose bei einander liegend; bisweilen treten sie in fester Zoogloeaform auf. Sind die Mikrokokken zu grösseren, festen bis knorpeligen Klümpchen vereint, und sind die einzelnen Organismen durch eine sehr feste und spärliche Zwischensubstanz verbunden, so bezeichnet man sie als Askokokken. — Einige Traubenkokken verflüssigen die Nährgelatine, andere wieder nicht.

Je nachdem die Kokken mehr oder weniger kugelig sind, lassen sich Unterabtheilungen aufstellen, welchen übrigens fest bestimmte Grenzen nicht zukommen. Abgesehen von den Formverschiedenheiten, welche durch die äusseren Lebensbedingungen, Nährmaterial etc. bewirkt werden, bedingt die Vermehrung, das Auswachsen vor der Theilung eine Abänderung der Gestalt, welche das Urtheil bezüglich der Form erschwert. Die Einreihung in Unterabtheilungen ist daher ziemlich willkürlich. Die Kokken in endospore und arthrospore Arten einzutheilen, liegt zur Zeit, wo wir noch fast nichts über ihre Sporenbildung wissen, ein Grund nicht vor.

Man kann nach der Form ohne Zwang zwei Unterabtheilungen annehmen:

a) Runde Kokken, d. h. Organismen, welche als Einzelwesen stets kugelig erscheinen. Zu diesen sind zu rechnen die verschiedenen Staphylokokken der Eiterung und viele Kokken der Luft und des Wassers. Im mikroskopischen Präparat fällt die gleichmässige chagrinirte Beschaffenheit des Bildes auf.

b) Rundliche Kokken, d. h. Organismen, die auch kurz nach der Theilung nicht rund, sondern nach der einen Richtung hin etwas in die Länge gezogen sind. Dazu gehört z. B. der durch seine schöne Farbe ausgezeichnete *Mikrokokkus prodigiosus*.

Bilden die Mikrokokken, welche sich nur in einer Ebene theilen und so Ketten und Haufen erzeugen, die erste grössere Gruppe, so setzen diejenigen Kokken die zweite Gruppe zusammen, welche sich nach zwei auf einander senkrechten Richtungen trennen, somit statt in zwei, in vier Einzelwesen zerfallen. Bei dieser Theilung ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass oft Einzel- und Doppelkokken sich finden, aber die vollständige Entwickelung liegt in der Vierzahl. Zopf nennt diese Mikroorganismen Merismopedien, Hueppe bevorzugt den Ausdruck Meristen. Von den bekannteren Spaltpilzen gehört der häufig im Lungenauswurf vorkommende *Mikrokokkus tetragenus* hierher. Taf. III, Fig. 38.

Die dritte Hauptgruppe der Kokken wird dargestellt durch diejenigen Arten, welche sich in drei auf einander senkrechten Ebenen trennen. Durch diese Theilung entstehen nicht zwei neue Wesen, wie bei den Ketten und Haufenkokken, nicht vier, wie bei den Meristen, sondern acht Einzelwesen, welche würfelförmig zusammenliegen. Mehrere Würfel an einander gelagert bilden stärkere Verbände, welche das Aussehen zusammengeschnürter Waarenballen darbieten können. Man nennt diese Organismen Sarcinen und kennt einige Arten derselben schon lange als Bewohner des menschlichen, pathologisch veränderten Magens.

Auf Nährgelatine wachsen die Sarcinen langsam; man erkennt bereits bei 100facher Vergrösserung die eckige Form der die Colonie zusammensetzenden Würfel.

II. Die zweite Gattung bilden die von Ferd. Cohn als **Bakterien** im strengeren Sinne des Wortes bezeichneten Arten, die **Bakteriaceen**, Gat. Bakterium, de Bary's und Hueppe's. Hierzu zählen diejenigen Schizophyten, welche etwa doppelt so lang wie breit sind und keine parallelen Umgrenzungslinien haben. Sie liegen entweder als Einzelwesen oder zu zweien und mehreren an einander, bilden gewöhnlich keine Fäden, sondern Ketten, d. h. die einzelnen Glieder sind meistens durch Einkerbungen von einander getrennt.

Dahin ist zu rechnen ein in allen Faulflüssigkeiten vorkommendes *Bakterium*, welches wir zu der Gruppe der früher mit *Bakterium termo* bezeichneten Mikroorganismen rechnen müssen, der Organismus der Taubendiphtherie u. s. w.

Die Charakterisirung der zweiten Gattung bietet mancherlei Unsicherheiten dar; die Bakterien im engeren Sinne werden denn auch von einigen Forschern den Mikrokokken, von anderen den Bacillen zugerechnet. So lange aber die Systematik nicht nach der einen oder anderen Richtung hin entschieden hat, liegt für uns kein Grund vor, diese sehr zahlreiche Gruppe, welche der Form nach zwischen Kokken und Bacillen steht, auszumerzen, um so weniger, als durch die Uebertragung auf die eine oder andere Seite, vorläufig wenigstens, an Klarheit nichts gewonnen wird.

III. Die dritte Gattung bilden die **Bacillen**, die **Bakteriaceen**, Gat. Bacillus, de Bary-Hueppe. Wir verstehen darunter Mikroorganismen, deren Länge in der Mehrzahl der normalen ausgewachsenen, noch nicht sporenhaltigen Exemplare die der Bakterien übertrifft und deren Umgrenzungen zu dieser Zeit als parallele Linien erscheinen. Sie treten entweder als Einzelwesen oder zu zwei und mehreren zusammenliegend in Form kürzerer

oder längerer Fäden auf. Bei den Bacillen lassen sich zwei Untergattungen aufstellen:

a) Bacillen ohne endogene Sporenbildung. Hueppe[1]) bezeichnet diese Gruppe als Bakterien, da nach dem Princip der morphologischen Priorität der Name Bacillus der nächsten Gruppe und einem Theil der fadenbildenden Arten gehöre; das ist zwar richtig, indessen werden diese Mikroben zur Zeit fast allgemein ebenfalls mit dem Ausdruck Bacillen belegt. Hierhin gehören die Bacillen der Mäusesepticämie, des Schweinerothlaufes, des Rotzes, des Typhus, Taf. III, Fig. 33, der violette, der rothe Bacillus aus Wasser und andere mehr.

b) Endospore Bacillen. Diejenigen Stäbchen, welche unter gewissen Verhältnissen durch endogene, d. h. in ihrem Inneren erfolgende Veränderungen des Plasmas in den Stand gesetzt werden, die Art unter ungünstigen Verhältnissen zu erhalten, heissen endospore Bacillen. Sie stellen die höhere Entwickelungsstufe dar.

Die Erreger des Milzbrandes, Taf. III, Fig. 32, des Rauschbrandes, der *Bacillus subtilis*, der wurzelförmige Bacillus aus Luft oder Wasser und viele andere setzen diese wichtige Gruppe zusammen. Hueppe trennt von den endosporen Bacillen die Clostridien ab, ein Vorgehen, dem wir beistimmen, weil das charakteristische Merkmal, die Spindelform, entweder vor oder zur Zeit der Sporenbildung so ausgeprägt ist, dass sich daraufhin die Unterscheidung leicht und sicher treffen lässt.

Das *Clostridium butyricum* mag als Specimen angeführt sein.

IV. Die vierte Gattung bilden die schraubenförmig gewundenen Bakterien, die **Spirillen**, die **Spirobakteriaceen**, de Bary-Hueppe. Erscheinen die Mikrophyten in Gestalt lang ausgezogener Schrauben, so nennt man sie nach Cohn's Vorgang **Vibrionen**. Als Beispiel diene *Vibrio rugula*, Taf. III, Fig. 35. Die eigentlichen **Spirillen** sind eng gewundene Schrauben, denen eine lebhafte Bewegung eigen ist. Bei dem *Spirillum undula*, Taf. III, Fig. 36, gelang es zuerst (Koch), die Geisseln sichtbar zu machen und zu photographiren. Als **Spirochaeten**, Taf. III, Fig. 37, bezeichnet man die schraubenförmig gedrehten und biegsamen Fäden im Gegensatz zu den starren Schrauben der Vibrionen und der Spirillen. In stark verunreinigten Wässern ist die *Spirochaete plicatilis* nicht selten, die zarten Fäden zeigen enge primäre und weite secundäre Windungen. Die Bewegungen derselben sind sehr rasch.

---

[1]) Die Formen der Bakterien 1888, S. 129.

De Bary und Hueppe weichen von dieser Auffassung ab; sie trennen wieder in arthrospore (Gat. Spirochaete) und endospore (Gat. Spirillum), schraubenförmige Bakterien. Sobald nicht mehr über die Sporenbildung bekannt sein wird, lassen sich Einwände gegen diese Eintheilung nicht erheben.

Das Charakteristische der einzelnen Organismen besteht darin, dass sie nicht gerade, sondern gewunden sind, wie ein Theil eines Schraubenganges. Legen sich zwei solcher einzelnen Glieder zusammen, so bilden sie entweder eine Art Halbkreis oder eine ≀ Form, liegen aber mehrere zusammen, so entstehen nicht Fäden, wie bei den Bacillen, sondern Schrauben. Die Beweglichkeit der Einzelwesen ist eine lebhafte, während die Schrauben eine mehr gleichmässige, ruhige, drehende Bewegung besitzen.

In die Gattung Spirillen — Untergattung Spirochaete — sind auch die sogenannten Kommabacillen zu rechnen, Taf. III, Fig. 34 *a* und *b*. Sporen bilden die Kommabacillen nicht. Der erste genauer studirte Organismus dieser Art ist der „Kommabacillus Koch's", der Erreger der Cholera.

Auch im Wasser kommen zahlreiche Bakterien vor, welche den Kommabacillen der asiatischen Cholera sehr ähnlich sehen. Es sei schon hier davor gewarnt, sich auf das mikroskopische Bild zu verlassen, die Cultur ist das Entscheidende. Siehe das Capitel: „Die pathogenen Mikroorganismen."

Von den meisten Botanikern werden auch die früher sogenannten **Wasserpilze** oder **Fadenbakterien** (*Crenothrix*, *Leptothrix*, *Beggiatoa*, *Cladothrix*), die **Leptothricheen** und **Cladothricheen** de Bary's und Hueppe's zu den Bakterien gezählt. Sie unterscheiden sich aber in einigen wesentlichen Punkten von den eigentlichen Bakterien.

Für das Trink- und Nutzwasser kommen hauptsächlich die folgenden Arten in Betracht:

1. Beggiatoa, Taf. III, Fig. 40. Dieser Organismus bildet lange Fäden mit eingestreuten Körnchen, welche, wie Cramer zeigte, aus Schwefel bestehen. Die Beggiatoen entnehmen denselben aus den Schwefelverbindungen des Wassers (Fabrikabwässer, Schwefelthermen). Durch ihre massenhafte Vermehrung kann die Beggiatoa lästig werden. Sie findet sich häufig in reichlich mit organischen Stoffen geschwängerten Wässern. Am wichtigsten ist die *Beg. alba*. Dieselbe wächst auf todten, vegetabilischen oder thierischen Substraten zu dichten Rasen heran. Die unteren Enden sind dünner als die oberen, erstere erscheinen deutlich gegliedert und enthalten wenig oder gar keine Schwefelkörnchen, je weiter

zum freien Ende hin, um so undeutlicher wird die Gliederung, um so mehr tritt die Körnchenbildung hervor; doch genügt die Färbung mit einer alkoholischen Anilinfarbstofflösung (Methylviolett), um die Scheidewände sichtbar zu machen. Den Beggiatoen ist eine grosse Biegsamkeit eigen, und machen die Fäden kriechende, schlangenartige Bewegungen. Die Dicke der scheidenlosen Fäden schwankt zwischen 1 bis 5 μ. Die freien Enden derselben brechen ab und sollen sich nach Zopf[1]) unter gewissen Verhältnissen zu Schwärmschrauben ausbilden können, welche früher als eigene Organismen, als *Ophidomonas* beschrieben wurden. Ausser der *Beg. alba* giebt es noch mehrere Arten, unter diesen sei erwähnt die *Beg. rosea persicina*, welche zuweilen den Boden der Gewässer mit schönem, rothem Ueberzuge versieht.

2. Eine andere (streitige) Form ist die Leptothrix. Dieselbe wird von einigen Botanikern als ein Jugendzustand der *Cladothrix* und *Crenothrix* aufgefasst, während sie von anderen, und zwar den meisten, als selbständige Art angesehen wird. *Leptothrix ochracea* bildet lange, dünne, brüchige Fäden, welche hell oder gelbbraun erscheinen. Letztere Farbe ist durch Einlagerung von Eisenoxydhydrat in die Scheiden bedingt. Die Gliederung ist undeutlich, tritt aber durch Abtödtung und Färbung besser zu Tage. *L. ochracea* findet sich in gewöhnlichen und in Tiefbrunnen, und soll auch im Erdboden selbst vorhanden sein [Bischoff[2])-Berlin, Eyferth-Braunschweig]; es ist jedoch, wie gesagt, der Zusammenhang mit *Crenothrix sive Leptothrix Kühniana* wahrscheinlich.

3. Die Crenothrix, Taf. III und V, Fig. 41 *a*, *b*, *c*, *d*, ist an und für sich der Gesundheit nicht nachtheilig, doch bewirkt ihr massenhaftes Vorkommen in den Wasserleitungen Trübung und schlechtes Aussehen des Wassers (Halle, Berlin u. s. w.), wodurch seine Appetitlichkeit leidet. In solchen Fällen wird häufig das an und für sich schlechtere, aber klare Wasser der Brunnen dem besseren, aber trüben Wasser der Leitung vorgezogen. Dass mit *Crenothrix* stark verunreinigtes Wasser für einzelne Zweige der Industrie unbrauchbar ist, bedarf kaum der Erwähnung. Die *Crenothrix* findet sich, wie die *Leptothrix ochracea*, in Brunnen, Tiefbrunnen, Tümpeln, Seen, Gräben, Flüssen, Drainröhren (Kühne) und Fabrikabflüssen; im Boden, selbst bis über 20 m Tiefe (Brefeld, Zopf und Bischoff) ist sie gesehen worden. Wahrschein-

---

[1]) Zopf, Morphologie der Spaltpflanzen. Leipzig 1882.

[2]) Bischoff, Bericht über die chemischen und mikroskopischen Untersuchungen der Wässer der Tegeler Anlage. Berlin 1879.

lich nimmt man mit Proskauer[1]) und nach den Untersuchungen von de Vries[2]) mit Recht an, dass die Befunde von *Crenothrix* in der Tiefe der Erde auf zufälligen Infectionen beim Graben und Bohren beruhen, und dass die Erde in ihren tieferen Schichten ebenso wenig *Leptothrix* und *Crenothrix* als andere Bakterien enthält. Die *Crenothrix* ist über einen grossen Theil Europas, Amerikas und Asiens verbreitet[3]), kommt aber nur dort fort, wo sich Eisen in genügender Menge im Wasser findet. Es scheint, als ob die Pflanze bei einem Gehalt von weniger als 0,3 mg FeO im Liter nicht mehr gedeiht.

Makroskopisch zeigt sich *Crenothrix* entweder in Gestalt heller, sowie mehr oder minder dunkler Flöckchen, Taf. III, Fig. 41 *a* u. *b*, oder als brauner, schlammiger Niederschlag. Die Flöckchen bestehen aus Rasen feiner Fäden. Letztere von 1,5 bis 5 μ Dicke sind grösstentheils deutlich gegliedert, Taf. V, Fig. 41 *c* und *d*. Die Gestalt der Glieder ist verschieden; in jungen, dünnen Fäden erscheinen sie langgestreckt, sehr regelmässig; in den älteren Theilen werden sie grösser und dicker, zerfallen aber allmählich in kürzere Stücke oder Scheiben. Alle diese Theile können sich zu neuen Fäden entwickeln. Die Scheiben selbst zerfallen in mehrere kleinere Stücke, die sich abrunden; es entstehen so die sehr zahlreichen Sporen (daher *Crenothrix polyspora*). Die Fäden haben deutliche, glashelle oder bräunliche (Eisenoxydhydrat) Hüllen, welche oft vergallerten. Die Hüllen halten die Sporen zusammen, bis dieselben durch das Wachsthum zu den oben offenen Enden herausgedrückt werden oder vermöge einer ihnen eigenen Bewegungsfähigkeit heraustreten, die leeren Scheiden zurücklassend. Die mit Schleimhülle umgebenen Sporen können sich durch Theilung vermehren und grössere Massen bräunlichen Schlammes darstellen (die *Palmellina flokkulosa* Radelkofer's[4]), doch wachsen sie oft auch ohne vorherige Vermehrung zu neuen Crenothrixfäden aus.

Andererseits vermag schon innerhalb der Scheide eine Keimung einzutreten. Die neu gebildeten Fädchen durchbrechen dann die vergallertete Hülle und bilden dichte Büschel heller, gegliederter Pflänzchen, Taf. V*c*, Fig. 41 *c* bei ×, welche erst später durch Eisenaufnahme, gerade wie ältere Palmellabildungen, braun

[1]) Zeitschr. für Hygiene 9, 174.

[2]) Die Thiere und Pflanzen in den dunklen Räumen der Rotterdamer Wasserleitung.

[3]) Zopf, Zur Morphologie der Spaltpilzpflanzen. Leipzig 1882.

[4]) Zeitschrift für Biologie 1, 26.

werden. Die alten, eisenhaltigen, wie verrostet aussehenden Fäden lassen eine Quertheilung nicht mehr erkennen.

5. Die *Cladothrix dichotoma*, Taf. V, Fig. 42 *a* und *b*, ist wohl der gemeinste der Wasserpilze. Sie findet sich überall in stehendem oder fliessendem Wasser, wo organische Materie sich zersetzt. Allein oder mit *Crenothrix* zusammen kann sie grosse Schlammmassen in Reservoiren, Canälen, Fabrikabflussgräben bilden und sowohl eine erhebliche Trübung und Verschlechterung des Trinkwassers bedingen, als auch der Industrie lästig werden.

Die *Cladothrix* bildet dünne lange Fäden von 1 bis 5 μ Dicke, welche entweder hell oder durch Eiseneinlagerung gelblich bis dunkelbraun erscheinen. Ohne Reagentien erkennt man für gewöhnlich keine Theilung, doch tritt dieselbe bei Behandlung mit schwachen Säuren oder mit Fuchsinlösung zu Tage. Die Glieder sind von einer gemeinsamen Hülle, welche auch vergallerten kann, umkleidet und treten später in Folge des Wachsthums und eigener Bewegung aus der Scheide hervor. Letztere bleibt dann leer zurück, verliert indessen die Fähigkeit nicht, Eisenverbindungen aufzunehmen. Noch in der Scheide zerfallen die Glieder in kleinere Theile, die man als Sporen ansprechen muss. (Zopf nennt sie Mikrokokken.) Diese Sporen bilden entweder nach dem Austritt kleine Zoogloeen, aus welchen die Fäden entstehen, oder sie wachsen noch in der Scheide zu Fäden aus. Ueberhaupt ähnelt in allen erwähnten Beziehungen die *Cladothrix* in hohem Grade der *Crenothrix*, nur ist sie dünner. In einem Punkte aber weicht sie in charakteristischer Weise von derselben ab, in der Verzweigung nämlich. Während des Wachsthums eines Fadens biegt sich ein Stäbchen etwas nach aussen und wächst an dem höher liegenden Nachbarstäbchen vorbei; das schräge Glied theilt sich dann in eine obere und untere Hälfte, von denen die obere sich als Ausgangspunkt des Astes, die untere als Fortsetzung des Stammes darstellt (siehe die Fig. 42 *a* und *b* bei ×). Der Ast wird grösser durch Bildung neuer Glieder. Diese sogenannte falsche Astbildung scheint der *Cladothrix* allein unter den Bakterien und Leptotricheen eigen zu sein. Die Hauptpflanze oder die Aeste entwickeln sich zu langen geraden oder gewundenen Fäden, welche wiederum in Stücke zerfallen und Ausgangspunkte neuer Generationen werden können[1]).

Die **Hefe-** oder **Sprosspilze**, Taf. III, Fig. 39 (*Blastomycetes*), bestehen aus einzelligen, runden oder ovalen Gebilden, welche sich nicht durch Theilung, sondern durch Sprossung vermehren. Es

[1]) Zopf, Zur Morphologie der Spaltpflanzen. Leipzig 1882.

bildet sich an einer Stelle der Mutterzelle eine Ausbuchtung, eine Knospe; dieselbe wächst, trennt sich ab und dient als Ausgangspunkt für neue Tochterzellen. Allgemein bekannt ist der *Saccharomyces cerevisiae*, die Bierhefe, der *Saccharomyces ellipsoides*, die Weinhefe, u. s. w. Alle diese Pilze können in Wasser, welches Zuflüsse von Fabriken der betreffenden Industrien erhält, reichlich vorkommen. Unter den Hefen finden sich auch verschiedene chromogene Arten, z. B. eine schwarze, eine rosa, weisse u. dergl. Dieselben gehören nach den Untersuchungen von Hansen[1]) und Lindner[2]) den *Saccharomyceten* nicht an, sind Torulaarten und spielen in der Gährungsindustrie keine Rolle. Die Sprosspilze wachsen in der Gelatine langsam zu Colonien aus und sind als solche schon bei 100facher Vergrösserung durch ihr grobes Korn und einen eigenthümlichen Glanz zu erkennen. Ihr Vorkommen im Wasser ist für die Gährungsindustrie nicht ohne Interesse.

Auf die Frage, wie weit die Hefen Entwickelungsstufen von Schimmelpilzen sind, sowie überhaupt auf botanische Streitfragen, gehen wir in diesem Werke nicht ein. Erwähnt werde noch, dass es oft unmöglich ist, aus dem mikroskopischen Bilde zu ersehen, ob eine vorliegende Zelle eine Hefe oder die Spore eines gewöhnlichen Schimmelpilzes ist; die Cultur hilft über diese Schwierigkeit hinweg.

2. Die Schimmel.

Von den **Schimmelpilzen** kann eine grosse Anzahl im Wasser vegetiren, doch fructificiren die Schimmel darin entweder gar nicht oder nur mangelhaft, bilden auch eigenthümliche Mycelformen, so dass die sichere Unterscheidung der Art nur dem Fachmann möglich sein dürfte. Für die Wasseruntersuchung ist dieser Umstand nicht von grossem Belang, denn bis jetzt sind schädliche Wirkungen von Schimmelpilzen, welche mit dem Wasser eingeführt wurden, nicht bekannt geworden. Häufig erscheint auf den Culturplatten, sei es als zufällige Verunreinigung, sei es ausgesäet mit dem Wasser, *Mucor*, *Aspergillus* und *Penicillium*. Aus diesem Grunde seien sie hier kurz charakterisirt.

Die *Mucorineen*, Taf. V, Fig. 43 *a*, *b*, bilden Rasen, aus welchen lange Fruchthyphen mit kugelförmigen Sporangien aufsteigen. Letztere bestehen aus kugeliger Columella, welcher die von einer dünnen Membran bedeckten reifen Sporen einfach aufliegen.

---

[1]) Allgemeine Brauer- und Hopfenzeitung 1887, Nr. 95.
[2]) Wochenschrift für Brauerei 1887, Nr. 44.

Der *Aspergillus*, Taf. V, Fig. 44 *a*, *b*, *c*, hat Hyphen, welche oben kolbig angeschwollen und dicht mit radienartig angeordneten Basidien besetzt sind. Die Basidien schnüren die runden Sporen ab.

Bei *Penicillium*, Taf. VI, Fig. 45 *a*, *b*, sind die Fruchtträger verzweigt, die Enden lösen sich in Quirle auf, welche die Sporenketten tragen.

Kommen viele dieser Pilze in einem Brunnenwasser vor, d. h. sind die Culturplatten mit Schimmelpilzen bedeckt, so ist es wahrscheinlich, dass in dem betreffenden Brunnen sich verwesende, organisirte Materie vorfindet, auf welcher eine reiche Fructification der Schimmelpilze stattgefunden hat.

Das *Oidium lactis* bildet starke, kurze Hyphen; die in cylindrische, ovale oder kugelige Gemmen zerbröckelten Aeste zeigen meistens ein perlschnurartiges Gefüge. Diese Pilze finden sich sehr zahlreich in saurer Milch und im Koth von Individuen, die sich hauptsächlich von Milch nähren (Kinder).

Noch zwei Pilze bedürfen besonderer Erwähnung. Der eine ist *Selenosporium aquaeductuum*, Taf. VI, Fig. 46, welcher zuweilen in Wasserleitungen (München), an Mühlen und Turbinen (Braunschweig) durch seine starke Entwickelung unbequem wird. Er bildet an der Luft faserig gallertige, hier und da leicht röthlich gefärbte Massen, aus welchen die verzweigten sporentragenden Fäden aufsteigen. Die Sporen selbst sind spindel- oder sichelförmig und durch Querscheidewände getheilt.

Der andere ist *Leptomitus lacteus*, Taf. VI, Fig. 47, welcher hier und da in den Abwässern von Brauereien, Zuckerfabriken und dergleichen in so grossen Mengen auftritt, dass er lästig werden kann.

3. Chlorophyllhaltige kleine Wasserpflanzen.

Die chlorophyllhaltigen, mikroskopischen Wasserpflanzen sind gesundheitlich von geringem Belang. An und für sich schädliche mikroskopische grüne Wasserpflanzen sind nicht bekannt. Faulen aber grössere Mengen derselben, so können sie dadurch ungünstig wirken. Nur um einen ganz allgemeinen Ueberblick zu geben, mögen die folgenden Angaben dienen. Den Spaltpilzen stehen die sogenannten **Spaltalgen** (*Schizophyceen* oder *Phycochromaceen*) am nächsten. Diese Pflänzchen erscheinen nicht chlorophyllgrün, sondern spangrün, blaugrün etc., bestehen aus Reihen einfacher Zellen und vermehren sich nur durch Theilung. Unter ihnen sind zu nennen: Die *Oscillarien*. Sie bilden spangrüne oder grünliche, bewegliche, sich schlängelnde, unverzweigte Fäden, welche meistens in der

Höhe der Wasserlinie festsitzen, jedoch auch in der Tiefe des Wassers vorkommen. Sie verbreiten einen eigenthümlichen Modergeruch (Taf. VI, Fig. 48).

Die **Diatomeen** finden sich häufig in Wässern, welche dem Licht und der Luft zugängig sind. Diese eigenthümlichen Pflanzen besitzen als charakteristisches Merkmal einen Kieselpanzer, dessen eigenartige Structur durch Kochen der Pflänzchen mit Salpetersäure oder durch Glühen sichtbar gemacht werden kann. Zwischen zwei den Panzer zusammensetzenden Kieselschalen findet sich das Zellplasma, in welchem der gelbe oder gelbbraune Farbstoff, das Endochrom, in Körnern oder Platten abgelagert ist. Die Diatomeen sind selbständiger Bewegung fähig. Oft hängen sie paarweise oder zu mehreren zusammen. Die Vermehrung geschieht durch Bildung zweier neuer Schalen in der Mutterpflanze oder durch eine Art Sporenbildung. Der Formenreichthum ist ein sehr grosser, Taf. VI, Fig. 49 *a*, *b*, *c*, *d*.

Die **Conjugaten** sind Algen, welche in Fäden angeordnet oder in einzelnen Zellen auftreten. Eine Astbildung findet nicht statt. Die Vermehrung erfolgt durch Copulation oder durch Theilung.

Sie zerfallen in zwei Classen, die *Zygnemaceen* und *Desmidiaceen*. Erstere bilden Fäden, welche aus kräftigen, cylindrischen Gliedern bestehen. Ausgezeichnet sind sie durch die Anordnung des Chlorophylls in Bändern oder in Gruppen und durch die Sporenbildung. Entweder treiben zwei über einander liegende Zellen desselben Fadens je einen Fortsatz, diese verschmelzen mit einander und bilden so die Zygospore; oder je zwei Zellen von neben einander liegenden Fäden schicken Fortsätze aus, welche in Conjunction treten. Die Spore kann sich in einer der ursprünglichen Zellen oder in dem Verbindungsstück bilden.

Die *Desmidiaceen* bestehen aus verschieden geformten, dreieckigen oder viereckigen, mit Zacken und Spitzen versehenen Zellen, welche meistens in symmetrische Hälften zerfallen und entweder einzeln oder in Gestalt von Fäden vorkommen. Die Zygospore wird durch Copulation gebildet. Andererseits findet auch eine Vermehrung durch Auswachsen und Theilung in der Medianlinie statt.

Fast alle Conjugaten leben in stehenden offenen Gewässern. Sie werden daher bei der Trinkwasseruntersuchung nicht oft beobachtet; am häufigsten sind vielleicht *Closterium*, Taf. VI, Fig. 50, und *Cosmarium*, Taf. VI, Fig. 51.

Die grösseren Arten der Algen, die *Siphophyceae*, *Confervoideae*, *Characeae* und *Florideae* unberücksichtigt lassend, möge nur noch

der *Protococcoideae*, der kleinsten und zierlichsten Algen, Erwähnung gethan werden.

Diese Pflänzchen kommen entweder einzeln oder zu Familien verbunden vor und zeichnen sich durch ihre Kleinheit und Zierlichkeit aus. Auf Taf. VI sind abgebildet:

Scenedesmus, Fig. 52 und 53,
Pediastrum, Fig. 54,
Protokokkus, Fig. 55.

Die verschiedenen Protokokkusformen sind vielleicht nur Entwickelungszustände anderer Algen.

B. Mikroskopische Wasserthiere.

Ueber den Gehalt des Wassers an kleinen thierischen Bewohnern liegen verschiedene Angaben vor.

Franz Hulva[1]) hat in den Jahren 1877 bis 1881 mehr als 60 Untersuchungen des Oderwassers vorgenommen. In seinen Tabellen führt er als Befund drei verschiedene Arten von Rhizopoden auf; unter den Infusorien sind die Flagellaten mit drei, die Acinetinen mit einer Art verzeichnet, während vierzehn verschiedene Ciliaten, aber nur ein Rotifer und eine Annelide angegeben werden.

In den mehr die Flora des Brunnenwassers berücksichtigenden Beobachtungen von Bischoff (Berlin) und Harz (München) werden verschiedene Amoeben, Infusorien und Rotiferen genannt.

Hulva fand in den Breslauer Stadtbrunnen u. a. Monaden, *Antophysa*, *Paramaecium*, *Oxytricha* u. s. w.

Eyferth untersuchte im Sommer 1882 570 Brunnen der Stadt Braunschweig. In seinem Bericht in den „Braunschweiger Anzeigen“ Nr. 141, 1882 sagt dieser Autor:

„Unter den Thierformen waren Infusorien, namentlich Monaden, fast immer vorzufinden, meist auch grössere Wimperinfusorien: *Vorticella*, *Cyclidium*, *Urostyla* etc.“

96 mal fanden sich dem Berichte nach diese Infusorien, daneben Rotatorien: *Rotifer*, *Colurus*, *Lepadella* (21 mal); Würmer: *Nais* (6 mal), *Anguillula* (34 mal); Milben und kleine Crustaceen: *Cyclops*, *Cypris* und *Daphnia* (13 mal).

„Im Allgemeinen dürfte eine schnellere Erneuerung des Wassers in den Brunnen, d. h. ein häufiges Benutzen und Auspumpen in vielen Fällen von grossem Vortheil sein; die Wässer glei-

[1]) Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege, Ergänzungshefte, Bd. I, Heft 2. Beiträge zur Schwemmcanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau.

chen häufig in mikroskopischer Beziehung den Wässern stehender Sümpfe. Die weitaus grösste Mehrzahl der Stadtbrunnen (Braunschweigs) liefert schlechtes Trinkwasser."

In den Jahren 1879/81 wurden die Brunnen der Stadt Prag revidirt; in 115 derselben fand Vejdowsky unter den Protozoen 22 Rhizopodenarten, 3 Sporozoen und 45 verschiedene Infusorien; unter den Würmern 6 Platelminthen, 2 Nematoden, 3 Rotatorien und 14 Anneliden, unter den Arthropoden 10 Crustaceenarten. Vejdowsky untersuchte nicht allein das Brunnenwasser, sondern auch den Brunnenschlamm und beobachtete in letzterem die meisten der angegebenen Formen.

In den Jahren 1884 bis 1886 untersuchte Rzehak[1]) 40 Brunnen der Stadt Brünn und fand in denselben 11 verschiedene Arten von Protozoen, 18 Arten von Infusorien, 5 Wurmarten und 1 Crustacee.

Eine Zusammenstellung der Fauna und Flora der Trinkwässer des Staates Connecticut ist von Lewis in dem „Fifth annual report of the state board of health of Connecticut for the year 1882" veröffentlicht. Aus derselben geht hervor, dass die in jenem Staate vorkommenden Organismen mit den in Norddeutschland gefundenen nahezu übereinstimmen.

Ueber die Fauna der Tiefbrunnen, und über die in die Tiefbrunnen von oben hineingelangte Fauna ist noch wenig bekannt. Eyferth hat sieben derartige Brunnen untersucht. Er fand meistens *Crenothrix* und führt nur bei einem Brunnenwasser „wenig lebende Infusorien" an. Bischoff hat in vier Tiefbrunnen der Umgegend von Berlin ebenfalls *Crenothrix* gesehen, macht jedoch keine Angabe über thierische Organismen.

Ueber die Fauna des nicht oder schlecht filtrirten Leitungswassers in den dunklen Reservoiren, Canälen und Leitungsröhren liegen drei Untersuchungen vor. Die erste bezieht sich auf das Hamburger Leitungswasser und ist von Petersen und Kraepelin[2]) ausgeführt, letzterer fand 60 verschiedene Arten von Thieren; die zweite von Potts[3]) bezieht sich auf das Hochreservoir von Philadelphia; die dritte, auf die Reservoire und Canäle der Rotterdamer Leitung sich erstreckend, stammt von de Vries[4]).

[1]) Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung des Trinkwassers der Stadt Brünn. 1886.

[2]) Verhandlungen des Vereins für naturwissenschaftliche Unterhaltung 2, 1876 und Abhandlungen des naturw. Vereins in Hamburg 9, 1886.

[3]) Proceedings Acad. Nat. Science Philad. 1884.

[4]) De Vries, Die Pflanzen und Thiere in den dunklen Räumen der Rotterdamer Wasserleitung. 1890.

Die Fauna wurde an allen drei Orten als sehr übereinstimmend erkannt. Verschiedene Arten von Mollusken (*Bythynia*, *Lymnaea*, *Sphaerium* etc.), von Crustaceen (*Gammarus* und *Asellus aquat.*), von Bryozoen, sodann Hydrapolypen und Schwämme waren die Bewohner jener Systeme.

Auch sehr reichhaltige, aus grösserer Tiefe und weiter Entfernung kommende Quellen können Thiere in reicher Menge enthalten. So findet sich, wie sich der Eine von uns überzeugen konnte, in den Quellen der Stadt Soest[1]), welche täglich mehrere 1000 Cubikmeter Wasser liefern, zu gewissen Zeiten der Gammarus in so grosser Anzahl, dass er abgesiebt werden muss.

Temperatur und Jahreszeit, sowie andere äussere Umstände üben, wie auf das Wachsthum der Flora, so auf das Gedeihen der Fauna den grössten Einfluss aus. Man kann also zu verschiedenen Zeiten ganz verschiedenartigen Lebensformen in demselben Wasser begegnen.

Die im Wasser vorkommenden, hier hauptsächlich interessirenden Thiere lassen sich in die folgenden Hauptgruppen unterbringen.

1) Rhizopoden, Wurzelfüssler,
2) Infusorien, Aufgussthierchen,
3) Rotatorien, Räderthierchen,
4) Vermes, Würmer,
5) Arthropoden, Gliederfüssler.

Die **Rhizopoden** sind Schleimklümpchen aus homogenem Plasma, in welchem Körnchen, Kerne, Vacuolen, Blasen, auch Chlorophyllkörnchen, Nahrungsstoffe u. s. w. eingeschlossen sind. Das Plasma besitzt die Fähigkeit, an verschiedenen Stellen anscheinend willkürlich Fortsätze auszuschicken und wieder einzuziehen. Die Aufnahme der Nahrung findet unmittelbar in die Körpersubstanz statt. Einige der Wurzelfüssler bilden sich eine Hülle, sei es durch Differenzirung des Plasmas in eine äussere, etwas consistentere Masse und eine innere, weichere Schicht, sei es durch ein Festkleben von Diatomeenschalen etc. auf der Oberfläche ihres Körpers; jedoch bleiben eine oder mehrere Oeffnungen bestehen, durch welche die Pseudopodien in wechselnder Gestalt hervortreten. Unter den Rhizopoden sind in erster Linie die Amoeben zu nennen. Die meisten derselben halten sich im Schlamme der Brunnen und Gewässer auf oder befinden sich zwischen Algenfäden; doch schwimmen manche auch frei im Wasser

[1]) Acten des hygienischen Instituts zu Jena.

umher. Die *Amoeba princeps*, Taf. VI, Fig. 56, ein Repräsentant der unbeschalten Gattungen, findet sich häufig im stehenden, viel organische und organisirte Stoffe führenden Wasser. Sie enthält stark lichtbrechende Körperchen, welche mit in die Wurzelfüsse hineingehen.

Die *Difflugia* bildet sich Schalen aus Diatomeenpanzern, Quarzkörnchen u. s. w., während die *Arcella* ein Gehäuse aus verdichtetem Protoplasma in Gestalt zweier schildförmiger Platten besitzt.

Eine nicht seltene Art der Rhizopoden sind die Sonnenthierchen, unter ihnen *Actinophrys sol.*, Taf. VI, Fig. 57.

Die **Infusorien** bestehen aus einer mehr oder weniger deutlich erkennbaren äusseren Haut, der Cuticula, einer stärkeren Rindenschicht, dem Aussenparenchym und dem farblosen, körnigen Protoplasma des Innenparenchyms. Stets birgt das Aussenparenchym mindestens eine contractile Blase und einen oder mehrere Kerne. Unter ungünstigen Lebensbedingungen können sich die Infusorien encystiren, also Dauerformen bilden. Je nach der Art der Anhänge, welche die Aufgussthierchen besitzen, theilt man sie in solche mit einer oder mehreren Geisseln: *Flagellatae*, ferner in solche, welche mit Saugröhren ausgestattet sind: *Acinetinae* (Sauger) und endlich in solche, deren Körper in grösserer oder geringerer Ausdehnung mit kurzen Härchen, Wimpern, besetzt sind: *Ciliatae*.

Die Flagellaten besitzen als charakteristisches Merkmal die Geissel, ein Organ, durch welches sie sich entweder fortbewegen oder Wirbel erzeugen; auf letztere Weise ziehen sie die Nahrung in ihren Bereich. Die Zahl der Geisseln ist bei den verschiedenen Arten verschieden. Die Geisseln sind oft sehr zart und schwer zu erkennen, so dass es in manchen Fällen der Färbemittel bedarf, um sie sichtbar zu machen. Viele Flagellaten haben in der Nähe des Geisselansatzes eine Mundöffnung. Die Gestalt der Wesen dieser Gattung ist rundlich oder oval, bei einigen Arten aber fischartig in die Länge gezogen. Häufig wechselt bei demselben Organismus die Form. Manche schwärmen als Einzelwesen frei umher, andere sind zu Colonien vereinigt (Coenobien), wieder andere sind auf Stielen befestigt. Während einige Arten farblos erscheinen, zeigen andere pflanzengrünen oder bräunlichen, an bestimmte Plasmaschichten gebundenen Farbstoff. Eine der gewöhnlichsten und kleinsten Formen ist *Cercomonas* und *Monas*, Taf. VI, Fig. 58, welche fast in allen Infusionen vorkommen. Zu den baumförmigen Monadinen gehört *Anthophysa*, Taf. VI, Fig. 59, deren Stiele als verfilzte braune Flocken im Wasser schwimmen. Zu den in

Coenobien auftretenden Flagellaten werden die grössere Gallertkugeln bildenden *Volvocinen*, sowie einige verwandte Species gezählt. Bei manchen derselben besitzen die einzelnen Organismen Platten mit gelbbraunen Farbstoffen. Die *Eugleniden* sind längliche, spindel- oder fischförmig gestaltete Flagellaten. Viele Arten dieser Gattung sind grün gefärbt und haben am Vorderende ein rothes Stigma, welches oft in einer hyalinen Blase sitzt. Die Geissel erscheint zuweilen zungenförmig. Die gewöhnlichste Form ist die *Euglena viridis*, Taf. VII, Fig. 60.

Die kleine Gruppe der *Acinetinen* oder *Suctorien*, welche in Brunnenwässern nicht häufig zu sein scheint, zeichnet sich durch die an der Spitze zu Saugnäpfen ausgebildeten Tentakeln aus. Mit diesen Apparaten fassen die formbeständigen, farblosen, bei manchen Arten an Stielen befestigten Thiere ihre Beute und saugen sie aus.

Die Ciliaten sind unter den Infusionsthieren sehr zahlreich vertreten; sie charakterisiren sich, wie schon der Name sagt, durch die Wimperbildung. Die Wimpern sind verschieden stark und vielfach so fein, dass man sie kaum erkennen kann. Sämmtliche Ciliaten haben eine Mundöffnung, welche oft in einer Vertiefung, dem Peristom, liegt und mit einem Saume stärkerer Wimpern, adorale Wimpern, oder einer schwingenden Membran umgeben ist. An den Mund schliesst sich ein Schlund, der bei einigen Arten durch stäbchenförmige Gebilde fischreusenartig erscheint und in das Innenparenchym führt. In letzterem sieht man zuweilen eine Anzahl von Ballen, welche aus verschluckten Stoffen bestehen; ferner sind Chlorophyllkörner und gelbbrauner Farbstoff im Inneren der Thiere nicht selten. Eine oder mehrere contractile Blasen, sowie einen oder mehrere Kerne birgt jede Ciliate.

Je nach der Art der Bewimperung unterscheidet man:

Holotricha; bei denselben sind die Wimpern über den ganzen Körper gleichmässig vertheilt, ohne dass sich um den Mund eine Zone stärker entwickelter Härchen befindet;

Heterotricha; neben der allgemeinen Bewimperung ist eine adorale Reihe stärkerer Wimpern vorhanden;

Hypotricha; nur auf der Bauchseite befinden sich Wimpern, während der Rücken nackt ist;

Peritricha; die Wimpern treten nur in einzelnen Zonen oder Bündeln auf.

Zu der ersten Kategorie gehört *Colpidium*, Taf. VII, Fig. 61, mit querliegendem Peristom und zahlreichen Speiseballen; das zierliche, kleine, durch seine schnellenden Bewegungen auffallende

Cyclidium, Taf. VII, Fig. 62, sodann *Coleps hirtus*, Taf. VII, Fig. 63, sich auszeichnend durch die tonnenförmige Gestalt und stark ausgesprochene Längs- und Querfurchung; *Paramaecium Aurelia*, Taf. VII, Fig. 64, und das kleinere *Paramaecium putrinum*. Die letztere Gattung ist stark bewimpert, der Mund liegt als ovales Gebilde in dem Grunde einer schief verlaufenden, tiefen Längsfurche. Häufig findet sich auch das ovale *Glaucoma*, Taf. VII, Fig. 65; der grosse Mund hat zwei beständig sich bewegende Lippen.

Von den Heterotricha werde *Stentor polymorphus*, Taf. VII, Fig. 66, erwähnt. Das Thier vermag die verschiedensten Formen anzunehmen. Es ist überall mit feinen Härchen besetzt, das Peristom nimmt das ganze Vorderende des Körpers ein und ist mit starken Wimpern, welche zu dem tiefliegenden Munde führen, umgeben.

Die Hypotricha sind bilateral gebaut, der Rücken ist gewölbt, die Bauchseite flach, bewimpert, mit Mund und After versehen. Sehr gewöhnlich ist *Euplotes Charon*, Taf. VII, Fig. 67. Ueberall gemein ist auch *Chilodon*, Taf. VII, Fig. 68, dessen Körper sich vorn in eine gebogene „tastende" Membran fortsetzt. Dieses Thier zeigt deutlich den fischreusenartigen Schlund. Ebenfalls häufig ist *Stylonichia*, Taf. VII, Fig. 69. Die Bewimperung des Randes kann leicht zu der Annahme einer totalen Bewimperung Veranlassung geben.

Die Peritricha haben drehrunde Körper, die Härchen bilden entweder einen geschlossenen Ring oder eine adorale Spirale, daneben sind zuweilen noch einzelne Wimperbüschel oder Ringe vorhanden.

Eine der verbreitetsten und merkwürdigsten Arten bilden die *Vorticellinen*, Taf. VII, Fig. 70. Die glocken- oder napfförmigen Thiere können sich strecken und zusammenziehen. Das weite Peristom birgt das Wimperorgan. Mit dem Hinterende des Körpers sitzen die Einzelwesen fest, und zwar an contractilen Stielen, welche vereinzelt oder zu mehreren, verästelt oder unverästelt an irgend einem Gegenstande haften. Hier und da trennen sich die Vorticellen von ihren Stielen; es bildet sich dann an dem hinteren Ende eine ringförmige Furche (siehe Fig. 70) mit einem Wimperkranz; vermittelst desselben schwimmen die Thiere frei umher. Andere Peritrichen leben als runde Körper immer frei im Wasser. Zu diesen gehört die *Halteria*, Taf. VII, Fig. 71, welche ausser dem Wimperkranz des Peristoms auch noch in der Mitte des Körpers einen Ring feiner, langer Springborsten trägt. Die Bewegungen dieser kleinen, grünlich erscheinenden Kugel sind sehr lebhafte.

Die **Rotiferen** haben einen bilateral symmetrischen Bau; Rücken und Bauch sind verschieden. Man unterscheidet drei Theile, Kopf, Fuss und Rumpf. Die beiden ersteren können gewöhnlich in den letzteren zurückgezogen werden. Am Kopfe befindet sich der Mund, welcher bei einigen Arten nicht genau in der Mittellinie liegt. Derselbe ist umgeben von dem Räderorgan, d. h. Wimpern, welche nicht alle zu gleicher Zeit, sondern nach einander schwingen, wodurch der Eindruck eines mit Zähnen versehenen, um den Mund sich bewegenden Rades hervorgerufen wird. Zwischen dem oft lappig erscheinenden Räderorgan tritt ein mehr oder weniger grosser, bewimperter Rüssel hervor. Die rothen Pigmentflecken des Kopfes werden für Augen gehalten. In dem Rumpfe liegt das Verdauungsorgan, welches übrigens nur bei den Weibchen vorhanden ist, und die Fortpflanzungsapparate. Als charakteristisches Erkennungsmerkmal für die Rotatorien ist das zwischen Mund und Schlund eingeschaltete, fast beständig in Bewegung befindliche, mit Chitinkiefern besetzte Kauwerkzeug anzusehen.

Der Fuss, die directe Fortsetzung des Körpers, kann stielartig oder gegliedert sein. Das Endglied des Fusses ist griffelförmig oder es besteht aus zwei getrennten zehenartigen Gebilden. Die Männchen, welche seltener gefunden werden, weichen von den Weibchen oft sehr in Gestalt und Grösse ab.

Am häufigsten begegnet man im Trinkwasser dem *Rotifer vulgaris*, Taf. VII, Fig. 72. Das Räderorgan ist nur mässig entwickelt, die Augen befinden sich, wenn das Thier sitzt, vor dem Rüssel.

Von den **Vermes** kommt sehr häufig vor *Anguillula*, Taf. VII, Fig. 73, die sich schlängelt, aber nicht eigentlich zu schwimmen vermag, ferner die mit Borsten versehenen *Nais*-Arten.

Die **Arthropoden** zeigen bereits so eigenthümliche und grosse Formen, dass zu ihrer Charakteristik die Abbildung einiger Arten genügen dürfte. Zu den am häufigsten vorkommenden gehören:

Cyclops quadricornis, Taf. VII, Fig. 74. Ebenfalls nicht selten sind die *Wassermilben*, Taf. VII, Fig. 75, und die *Bärthierchen*, Taf. VII, Fig. 76.

V.

Allgemeine Beziehungen der im Wasser vorkommenden Organismen zum Wasser.

Cohn theilt in seinen Beiträgen zur Biologie der Pflanzen, Bd. I, S. 113, die im Wasser vorkommenden Organismen in drei Kategorien, „welche einem verschiedenen Grade der Reinheit des Wassers entsprechen. 1) Diatomeen und grüne Algen (*Conferven, Protococcus, Scenedesmus*, etc.) setzen ein an organischen Stoffen armes Wasser, sowie Zutritt des Lichtes voraus, unter dessen Einfluss sie die Kohlensäure des Wassers zerlegen und zu ihrer Ernährung verwerthen. In faulendem Wasser gehen diese Algen bald zu Grunde; von ihnen ernähren sich gewisse grössere Infusorien, insbesondere viele Ciliaten (*Nassula, Loxodes, Urostyla* etc.), von letzteren oder direct von den Algen wieder Entomostraceen (*Daphnia, Cyclops, Cypris*) und die meisten Räderthiere, sowie Borstenwürmer (Naiden) und Mückenlarven. Ihre Gegenwart in geringer Zahl ist daher innerhalb gewisser Grenzen mit der Reinheit des Wassers durchaus nicht unvereinbar. — 2) Brunnenwasser, das viel organische Reste in fester Form suspendirt enthält, ist der Boden für Wasserpilze, welche sich von jenen Ueberresten nähren. Von organischen Resten leben auch die carnivoren Infusorien (gewisse Amoeben, *Paramaecium Aurelia, Amphileptus Lamella, Oxytricha Pellionella, Epistylis spec., Chilodon Cucullus, Euplotes Charon* etc., ferner *Anguillula* und das Räderthier *Rotifer vulgaris*, sowie gewisse Tardigraden und Milben). — 3) Brunnenwasser endlich, welches organische Stoffe in grosser Quantität gelöst enthält, befindet sich in einem Zustande der Fäulniss oder Gährung, der sich oft durch üblen Geruch und Entwickelung von Gasen bemerklich macht, und wimmelt in Folge dessen von Gährungspilzen und den eigentlichen Fäulnissinfusorien, die, mundlos, sich ausschliesslich von gelösten organischen Verbindungen ernähren und mit dem Aufhören des Fäulnissprocesses verschwinden. Es sind das Schizomyceten aller Art und die meisten *Infusoria flagellata:* Bakterien (Zoogloea), Vi-

brionen, Spirillen, Monaden, Chilomonaden, Cryptomonaden u. s. w.; gewisse Amoeben, *Peranema trichophorum*, auch wenige grössere bewimperte Infusorien (*Glaucoma scintillans*, *Vorticella infusionum*, *Colpoda cucullus*, *Enchelys*, *Paramaecium putrinum*, *Cyclidium glaucoma*, *Leucophrys pyriformis*), welche sich unter solchen Bedingungen am reichlichsten, und zwar so massenhaft entwickeln, dass das Wasser von ihnen oft undurchsichtig, milchähnlich getrübt, opalisirend aussieht. Solches Wasser ist offenbar zum Getränk nicht geeignet, gleichwohl habe ich gefunden, dass einige Breslauer Brunnen diesen Charakter an sich tragen".

Zu ähnlicher Aufstellung gelangte Hirt[1]), auch ihn hatte ebenso wie Cohn eine Untersuchung der Brunnenwässer Breslaus zu dieser Auffassung gebracht.

Franz Hulva untersuchte das Oderwasser vor und hinter den Einflüssen der Stadtcanäle Breslaus; während sich an den ersteren Entnahmestellen nur grüne Algen, Diatomeen und wenige Infusorien zeigten, traten nach der Aufnahme der Stadtabwässer Wasserpilze und Infusorien in reicher Menge auf.

In diesen Ausführungen ist nur von der Reinheit des Wassers und nicht von der Möglichkeit, Krankheitskeime aufzunehmen, die Rede. Lassen wir letzteren Punkt ebenfalls zur Zeit völlig ausser Acht, so kann man ohne Weiteres dem Satze Cohn's beipflichten, dass die chlorophyllhaltigen Pflanzen, sowie die pflanzenfressenden Infusorien und Crustaceen, wenn sie nur in mässiger Anzahl vorkommen, ein sonst brauchbares Wasser überhaupt nicht oder nur wenig in seinem Werthe heruntersetzen.

Ebensowenig ist dem letzten Satze Cohn's die volle Anerkennung zu verweigern. Wenn ein Wasser von Spaltpilzen, Amoeben, Monaden, Ciliaten u. s. w. so erfüllt ist, dass es opalisirend oder getrübt erscheint, so befindet es sich im Zustande der Fäulniss und ist zum Gebrauch ungeeignet.

Zwischen diesen beiden Extremen aber finden sich unendlich viele Abstufungen in dem Gehalt der Wässer an Organismen. Wir haben daher weiter zu prüfen, ob aus der Anwesenheit bestimmter Pflanzen oder Thiere ein Schluss auf die Reinheit und damit auf die Brauchbarkeit eines Wassers gezogen werden kann.

Betrachten wir zuerst die Pflanzen, so legt Cohn den Wasserpilzen oder Fadenbakterien (*Crenothrix*, *Beggiatoa*, *Cladothrix* etc.) ein gewisses Gewicht bei. Von der *Beggiatoa* ist bekannt, dass sie ein Wasser liebt, welches reichlich organische Substanz enthält,

---

[1]) Zeitschrift f. Biologie 15, 91.

z. B. Fabrikabflusswässer, und dass sie in solchem Wasser zu üppiger Entwickelung kommt. Es würde also starke Wucherung derselben ein verschmutztes Wasser anzeigen. Andererseits aber findet sie sich auch zahlreich in Schwefelquellen, deren Gehalt an organischer Substanz nur gering ist. In reinem Brunnenwasser, in strömendem Flusswasser kommt sie nur vereinzelt, im Wasser von Teichen und kleinen Seen häufiger vor. Die Anwesenheit von Beggiatoa weist also hin auf die Anwesenheit von Schwefelverbindungen; wo diese dem Erdreich nicht entstammen, entstehen sie aus der Zersetzung organischer schwefelhaltiger Substanzen; in letzterem Falle bezeugt also die Beggiatoa im Schlamm verlaufende Fäulnissprocesse, welche sich dem Wasser mittheilen.

Cladothrix ist ein Pilz, dessen reichliches Wachsthum auf schlechte Wasserbeschaffenheit schliessen lassen soll. Es steht fest, dass diese Fadenbakterie in gutem Brunnenwasser und rasch strömendem Flusswasser selten, in stagnirendem Wasser aber häufig angetroffen wird. Da Cladothrix mit Vorliebe auf verwesenden Stoffen wächst, so zeigt sie ebenfalls die Anwesenheit fäulnissfähiger Substanzen im Schlamm an.

Die *Crenothrix* ist abhängig vom Eisengehalt des Wassers, sie giebt nur Aufschluss über diesen. Selbstverständlich wird sie, wenn neben dem Eisen noch viel organische Substanz vorhanden ist, besser wachsen, als wenn wenig davon sich in dem Wasser befindet. In Berlin wurde die Crenothrix durch ihr massenhaftes Vorkommen so lästig, dass zur Anlage kostspieliger Filteranlagen geschritten werden musste, und dabei hatte das Wasser der Tegeler Brunnen, in welchem sie mehrere Fuss hoch lagerte, einen nur geringen Gehalt an organischen, also fäulnissfähigen Substanzen. Die in 100000 Theilen Wasser vorhandene organische Materie reducirte im Durchschnitt 1,36 Theile Kaliumpermanganat.

Ein grosser Gehalt an Wasserpilzen ist also durchaus nicht immer durch einen hohen Gehalt des Wassers an zersetzbaren Substanzen begründet.

Diese an und für sich unschädlichen Pflanzen machen jedoch, wenn sie in grösseren Mengen auftreten, das Wasser unansehnlich und unappetitlich; sie können zudem dadurch lästig werden, dass sie nach dem Absterben in Fäulniss übergehen, oder wie die Crenothrix die Leitungsrohre verlegen.

Was die einzelnen Classen der niederen Thiere anlangt, so kennen wir die Existenzbedingungen der Rhizopoden zu wenig, um auf die Anwesenheit einzelner Organismen dieser Classe hin

eine Ansicht über die Beschaffenheit eines Wassers zu begründen. Die Infusorien leben von Pflanzen, von Spaltpilzen, von faulenden Stoffen oder von anderen Thieren. Die Flagellaten, unter ihnen z. B. Monas, Cercomonas, zeigen sich in fauligen Infusionen immer in reicher Anzahl, aber man begegnet den Monaden gelegentlich auch in notorisch guten Brunnen oder sonstigen Wasserbezugsquellen. Unter den Ciliaten sind *Paramaecium putrinum*, *Euplotes Charon*, *Colpidium colpoda* und andere zu nennen, welche in faulendem Wasser fast nie fehlen. Es ist indessen nicht wahrscheinlich, dass sie in brauchbaren Wässern gar nicht vorhanden seien. So viel in Zersetzung befindliche Substanz, als nöthig ist, um einigen Exemplaren das Leben zu fristen, dürfte, vereinzelte Fälle vielleicht ausgenommen, überall vorhanden sein. Rotiferen, Würmer und Crustaceen finden sich sowohl in schlechtem als auch in gutem Wasser.

Mit Sicherheit kann daher vorläufig noch keine Species als charakteristisch für verunreinigtes Wasser angesehen werden. Zudem ist es für den Laien nicht leicht, die im Schmutzwasser lebenden von ähnlichen in reinem Wasser lebenden Thieren zu unterscheiden. Eyferth sagt von *Stylonichia pustulata:* „Sehr gemein in allen fauligen Infusionen", von *Stylonichia histrio:* „Ueberall in klaren Wässern". Die beiden Thiere sind aber in ihrer Form so wenig verschieden, dass der Nichtzoologe sie schwerlich immer aus einander halten dürfte. Auch Hirt erkennt diese Schwierigkeiten an, wenn er sagt: „Aus jeder einzelnen Wasserprobe werden von dem Niederschlage und dem Häutchen 30 bis 40 Präparate angefertigt und so lange untersucht, bis man über den allgemeinen Charakter derselben ins Klare gekommen ist; erst dann geht es an die für den Hygieniker eher entbehrliche detaillirte Bestimmung der einzelnen Organismen. Die hierzu erforderlichen Kenntnisse, welche theils der Botanik, theils der Zoologie angehören, können natürlich nur durch längere Uebungen und methodischen Unterricht erlangt werden".

Giebt uns somit die Art der Organismen, abgesehen von den Spaltpilzen und Thieren, welche bestimmte Krankheiten erregen, und abgesehen von den Bakterien überhaupt, von welchen später ausführlicher die Rede sein wird, nicht den nöthigen Anhalt, um über die Mehr- oder Minderwerthigkeit eines Wassers zu urtheilen, so thut dieses doch in gewisser Beziehung die Anzahl der kleinen Lebewesen. Jeder noch so geringe Brunnenschlamm, die Brunnenwände, die Fassung der Quelle liefern genügendes Material, um einige Algen oder Wasserpilze zu ernähren. Sterben diese ab,

so sind sicherlich Schizomyceten vorhanden, um die Fäulniss einzuleiten; von den Bakterien nähren sich wieder andere Wesen, die wiederum absterben oder weiter entwickelten Thieren zur Nahrung dienen. Kleine Mengen in Zersetzung begriffener Substanzen sind daher fast überall vorhanden, einzelne niedere Organismen somit in fast jedem Wasser zu erwarten. Dahingegen kann ein reiches pflanzliches und thierisches Leben nur dort zur Entwickelung kommen, wohin leicht die verschiedenen Thiere und Pflanzen gelangen können, und wo reichliche Nahrung sich vorfindet. Wir dürfen also mit vollem Rechte aus dem Vorhandensein vieler und mannigfaltiger Organismen auf einen grösseren Gehalt des Wassers an zersetzungsfähigen Körpern, sowie eine bequeme Verbindung desselben mit der Aussenwelt und damit auf eine Verschmutzung desselben schliessen.

Cohn selbst betont in den vorstehend angeführten Sätzen an zwei Stellen die Wichtigkeit der Menge. Hirt sagt wörtlich: „Bei der Beurtheilung der Güte des Wassers wird vorzugsweise auf die Menge der Saprophyten Rücksicht zu nehmen sein, da aus dem Vorkommen einiger Exemplare wenig oder nichts zu schliessen ist; eine beschränkte Anzahl vereinzelter findet sich bisweilen in gutem Wasser". Chamberlain erklärt[1]): „Wenn die niederen Formen der Infusorien reichlich gefunden werden, zeigen sie Verunreinigung an. In der That, ein Wasser, welches mehr als gewöhnlich mit niederen Lebewesen angefüllt ist, muss als verdächtig betrachtet werden". Roth und Lex[2]) äussern sich darüber in folgender Weise: „Die eigentliche Heimath aller dieser Wesen sind bekanntlich Sümpfe und andere stehende oder langsam fliessende, organische Substanzen enthaltende Wässer, Flüsse, Tümpel und Rinnsteine. In relativ reinem Brunnenwasser und dem Filtrat der Wasserwerke finden sich auch nur die kleinsten Formen derselben und nur in kleinen und vereinzelten Exemplaren. Am sichersten trifft man sie hier in der Nähe von kryptogamischen Vegetationen oder Gewebstrümmern, die meist mit blossem Auge zu bemerken sind. — Das Vorkommen grösserer Formen (Vorticellen) und grösserer Mengen scheint in der Regel auf einer stärkeren Insufficienz der künstlichen oder natürlichen Filterschichten oder darauf zu beruhen, dass sich im Brunnenkessel vermöge der Anwesenheit von viel organischer Substanz und wenig Bewegung eigene Bildungs- resp. Vervielfältigungsherde dieser Wesen etablirt

[1]) Organic impurities in drinking water. 5. Annual report of the state board of health of the state of Connecticut 1883.

[2]) Handbuch der Militair-Gesundheitspflege. I. Band.

haben. Sie setzen also in der Regel erhebliche Verunreinigungen oder doch die gewöhnlichen Bedingungen derselben im Wasser voraus und können dann auch durch ihr Absterben und ihre Zersetzung neue Quellen der Verunreinigung werden".

Hieraus ergiebt sich, dass zur Zeit mehr Werth auf die Menge als auf die Art der mikroskopischen Pflanzen und Thiere zu legen ist.

Die Beziehungen der in einem Wasser vorhandenen Organismen zum Wasser lassen sich in folgender Weise darstellen, wobei wir, wie schon erwähnt, nur seine Reinlichkeitsverhältnisse, aber nicht die mehr oder minder grosse Möglichkeit seiner Infection mit Krankheitserregern im Auge haben.

1. Ein Wasser, welches grüne Algen und Diatomeen in nicht zu grosser, Wasserpilze und niedere Thiere aber in geringer Zahl enthält, ist desshalb allein noch nicht als unrein zu betrachten.

2. Mit zunehmender Zahl der Organismen nimmt die Ansehnlichkeit und Appetitlichkeit, kurz, die gute Beschaffenheit des Wassers ab. Enthält ein Wasser reichliche Mengen von Organismen, so ist dasselbe als unrein, und da Niemand unreines Wasser verwenden kann oder will, auch als unbrauchbar zu bezeichnen.

Erwähnt sei, dass der Ort der Entnahme auf die Menge der in die Wasserprobe übergehenden Organismen von Einfluss sein kann. An der Oberfläche, am Rande, zwischen grösseren Pflanzen, am Boden des Wassers oder gar im Schlamm ist die Zahl der Lebewesen eine grössere als im freien Wasser.

VI.

Organismen als Krankheitserreger.

Wenn auch die thierischen und pflanzlichen Organismen durch ihre Anwesenheit die geringere Qualität eines Wassers darthun oder bedingen, so ergiebt sich daraus keineswegs von vornherein, dass sie auch im Stande sind, unsere Gesundheit zu schädigen.

Um über diesen Punkt Aufklärung zu erhalten, müssen die einzelnen Thier- und Pflanzenarten bezw. Species untersucht und beobachtet, sowie die Beziehungen der Krankheiten zum Wasser erforscht werden. Diese Aufgabe ist erst seit wenigen Jahren in Angriff genommen und nur zum geringsten Theil gelöst, wir stehen auch hier noch am Beginn der Erkenntniss; dennoch sind schon zahlreiche Resultate erreicht und mannigfaltige Wege vorgezeichnet, welche voraussichtlich zu weiteren Erfolgen führen werden.

Eigentlich giftige Thiere, d. h. solche, deren Genuss toxisch wirkt und die so klein sind, dass sie beim Trinken unbemerkt verschluckt werden könnten, sind bis jetzt nicht bekannt. Dahingegen können mit dem Trinkwasser kleine Thiere, resp. deren Larven oder Eier eingeführt werden, welche die Gesundheit und das Leben des Menschen dadurch zu gefährden vermögen, dass sie im Körper weiter leben, sich entwickeln und eventuell vermehren.

Zweifellos vermögen die Eier oder Embryonen von Eingeweidewürmern, wenn sie mit der Nahrung oder dem Getränk genossen und nicht im Magen verdaut werden, Helminthiasis zu bewirken.

Hierbei ist es gleichgültig, ob die Eier bezw. Embryonen direct oder in ihren Zwischenwirthen im Trinkwasser genossen werden.

Von dem *Ascaris lumbricoides* und dem *Trichocephalus dispar* nahm man nach dem Vorgange Davaine's schon seit langer Zeit an, dass sie ausser auf andere Weise auch durch das Wasser verbreitet werden können.

L. Sievers[1]) hat versucht, aus dem Material des pathologisch-anatomischen Institutes zu Kiel den Einfluss des Trinkwassers auf die Verbreitung jener beiden Entozoen nachzuweisen. Bereits seit dem Jahre 1872 wurde unter Heller's Leitung genau auf die Darmeinwohner bei den Sectionen geachtet und für die Jahre 1872 bis 1877 von Gribbohm, für die Jahre von 1877 bis 1887 von Sievers eine Zusammenstellung gemacht. Für die statistische Bearbeitung dieser Frage lagen die Verhältnisse insofern günstig, als Kiel sein Wasser bis zum Jahre 1880/81 aus einem offenen, in allernächster Nähe der Stadt liegenden, vielfachen Verunreinigungen durch Fäcalien ausgesetzten Teiche bezog, während nach dieser Zeit eine Wasserversorgung aus Brunnen eingeführt wurde, die vor Verschmutzung mit Fäcalien gesichert waren.

Es	fanden	sich	in	den	Jahren	*Ascariden* bei	Proc.	der Leichen
„	„	„	„	„	1872—77	„ „	18,3 „	„
„	„	„	„	„	1877—81	„ „	19,6 „	„
„	„	„	„	„	1881—87	„ „	15,7 „	„

Trichocephalus dispar war vorhanden

in den Jahren	bei Proc. der Leichen	
1872/77	32 „	(Gribbohm)
1877/78	28,6 „	(Sievers)
1878/79	19,7 „	„
1879/80	25,0 „	„
1880/81	23,1 „	„
1881/82	28,8 „	„
1882/83	17,5 „	„
1883/84	13,6 „	„
1884/85	16,4 „	„
1885/86	15,7 „	„
1886/87	17,2 „	„

Hiernach hat also mit Einführung des besseren Trinkwassers die Zahl der beiden Wurmkrankheiten abgenommen und es ist mit einiger Wahrscheinlichkeit dieses Verhältniss ein causales.

Ein für den Menschen seltener, für die Einhufer, Wiederkäuer und Nager häufiger und gefährlicher Schmarotzer ist der Leberegel, *Distoma hepaticum*. Seine Eier und Larven finden sich in gewissen Stadien ihrer Entwickelung frei im Wasser, später leben sie in kleinen Wasserthieren, z. B. der Schnecke *Limnaeus*

[1]) L. Sievers, Schmarotzerstatistik aus den Sectionsbefunden des pathologischen Institutes zu Kiel vom Jahre 1877 bis 1887. Kiel 1887.

minutus, Lim. pereger, was Leuckart nachgewiesen hat, und gelangen von dort aus in den Darm der Warmblüter, besonders der Schafe. In einem Jahre gingen in England zwei Millionen Schafe an der durch Distomen bedingten Leberfäule zu Grunde.

Distoma haematobium ist ein in Afrika häufiger Parasit, welcher in den Blutgefässen des Menschen angetroffen wird und den Tod des befallenen Individuums bewirken kann. Die Distomenbrut lebt in jungen, kleinen Mollusken und Wasserinsecten, welche beim Trinken verschluckt werden. Im Magen und Darm gehen die Zwischenwirthe zu Grunde, die Distomen werden frei und dringen in die Gewebe.

In vielen tropischen und subtropischen Gegenden Afrikas, Asiens und Amerikas ist die *Filaria medinensis* ein nicht seltener Gast in dem Zellgewebe des Menschen. Fedschenko[1]) wies nach, dass die Embryonen der Medinawürmer in Cyklopen hausen. Mit dem Trinkwasser gelangen die kleinen Crustaceen in den Magen; der Wurm wird daselbst frei und erlangt im Darm seine Reife. Von dort aus treten dann die befruchteten Weibchen ihre Wanderungen an.

Die *Filaria sanguinis*, ein in Asien und Amerika weit verbreiteter Wurm, bewirkt eine eigenthümliche Chylurie beim Menschen. Nach Manson's und Meyer's Untersuchungen[2]) gehen die Filarien mit dem Blute in die blutsaugenden Musquitoweibchen über. Einige Würmer wandeln sich in diesen zu Larven um und gelangen mit den Musquitos, wenn die Eier abgesetzt werden, in das Wasser, um von dort aus entweder direct oder durch Zwischenwirthe zum Menschen zurückzukehren.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass die sogenannte *Cochinchina-Diarrhöe* auf der Anwesenheit von Anguillen beruht, welche mit dem Wasser eingeführt werden. Indessen sind manche Forscher geneigt, die Anguillen nur für Begleiter der Diarrhöen zu halten. Auch Blanchard[3]), bei welchem man ein sehr genaues Eingehen auf alle Parasiten findet, welche mit dem Wasser eingeführt werden können, neigt dieser Ansicht zu.

Die *Anchylostomasie* wird, wie bereits Seite 423 angegeben, durch das die Larven enthaltende Wasser verbreitet. Leichten-

---

[1]) Leuckart, Die menschlichen Parasiten und die von ihnen herrührenden Krankheiten. 1876.

[2]) Manson, The filaria sanguinis hominis. London 1883, und Meyer, Lancet 1887, pag. 713.

[3]) Les animaux parasites introduits par l'eau dans l'organisme. Revue d'hygiène 1890, pag. 828 und 923.

stern[1]) nimmt an, dass auf den Ziegelfeldern Kölns nicht so sehr das Trinkwasser als das zum Verarbeiten des Lehms gebrauchte Nutzwasser der Vermittler der Krankheit sei.

Aus den Beispielen ist ersichtlich, dass einigen der im Wasser vorhandenen Angehörigen des Thierreiches eine specifische Schädlichkeit innewohnt und dass das Verschlucken kleiner Thierchen nicht ganz so ungefährlich ist, wie man glauben könnte. Diese Schädlichkeit tritt jedoch sehr zurück gegenüber der Verbreitung der eigentlichen Seuchen durch das Wasser.

Seit langer Zeit bereits glaubte man, dass das Trinkwasser geeignet sei, Krankheiten zu verbreiten. Schon die „Brunnenvergiftungen" der alten Zeit und des Mittelalters deuten auf das Wasser als die Quelle der Ansteckung hin. Seitdem haben sich die Begriffe geklärt, und es hat sich gezeigt, dass man mit der Beschuldigung des Trinkwassers häufig zu weit gegangen ist. Durchmustern wir jetzt die Reihe der Infectionskrankheiten, so muss gleichwohl zugegeben werden, dass bei einigen die Uebertragung durch Wasser nicht von der Hand zu weisen ist.

Bezüglich der Ruhr führt Hirsch[2]) mehrere Beispiele auf. So erzählt er einen von Read angegebenen Fall. Jm Jahre 1870 herrschte in Metz bei zwei Regimentern eine schwere Ruhrepidemie, während die übrigen Truppenkörper von dieser Krankheit ganz verschont blieben. Jene hatten ein mit Fäcaljauche stark verunreinigtes Brunnenwasser getrunken. Nach Schliessung der Brunnen hörte die Krankheit schnell auf. Im Jahre 1881, als die bis dahin verschlossenen Brunnen wieder in Gebrauch gezogen wurden, traten abermals Ruhrfälle auf. Das Schliessen der Brunnen hatte auch dieses Mal den gewünschten Erfolg.

Nach den Untersuchungen von Kartulis[3]) ist die epidemische Dysenterie auf Amoeben zurückzuführen, welche regelmässig in den dysenterischen Stühlen und in den dysenterischen Geschwüren vorhanden sind, während sie ebenso regelmässig bei anderen Krankheiten fehlen sollen. Kartulis glaubt, dass nicht selten durch Wassergenuss die Amoeben dem Darm einverleibt werden.

Die Malaria wird in einzelnen Fällen gleichfalls zu dem Genuss von Trinkwasser in Beziehung gebracht. Boudin (Hirsch l. c.) führt an, dass auf einem von Bona nach Marseille bestimmten Kriegsschiffe eine schwere Malaria-Epidemie ausbrach.

---

[1]) Deutsche medicinische Wochenschrift, Juli 1885.

[2]) Handb. d. historisch-geographischen Pathologie, 2. Aufl., 3. Abth., 1886.

[3]) Zur Aetiologie der Dysenterie in Aegypten. Virchow's Archiv 1887, S. 521.

Von der 229 Mann starken Besatzung erlagen 13, und 98 mussten in Marseille dem Lazareth überwiesen werden. Die Untersuchung ergab, dass mehrere Tonnen widerlich riechenden und schmeckenden Sumpfwassers mitgenommen waren. Nur diejenigen Personen erkrankten, welche von dem unreinen Wasser genossen hatten, während unter denen, die reines Wasser getrunken hatten, auch nicht ein Erkrankungsfall vorkam. Erzeugt wird die Malaria durch kleine Lebewesen, die Hämatozoen der Malaria, welche den Sporozoen zuzurechnen sein dürften.

Dass das Gelbfieber ebenfalls durch den Genuss bezw. Gebrauch von Wasser übertragen werden kann, ist kaum zu bezweifeln. Schon das vorwiegende Gebundensein dieser verheerenden Seuche an die See- und Flussufer, sowie das auffallend häufige Erkranken von Schiffsbesatzungen spricht für diese Annahme.

Man darf annehmen, dass auch Milzbrand[1]), Rotz und ähnliche Affectionen hier und da durch das Wasser verbreitet werden. Für den Milzbrand liegt sogar eine direct beweisende Beobachtung[2]) vor.

Schwarz[3]) hat nachgewiesen, dass Tetanusbacillen im nichtsterilisirten Brunnenwasser noch nach 152 Tagen virulent waren, während sie im nichtsterilisirten Meerwasser rasch ihre Wirksamkeit verloren hatten.

Während aber die Propagation der erwähnten Krankheiten durch das Wasser eine relativ seltene zu sein scheint, kommt sie bei zwei anderen Seuchen, dem Abdominaltyphus und der Cholera, häufiger vor. Selbstverständlich können diese Krankheiten ausser durch Wasser auch noch durch manche andere Medien und auf manche andere Weise übertragen werden. Aber jedenfalls hat die epidemiologische Forschung eine grössere Anzahl von Beweisen für die Verbreitung von Cholera und Typhus durch das Wasser erbracht. Aus der grossen Reihe der einschlägigen Erfahrungen sollen nur die folgenden als Beispiele angeführt werden:

Während der Choleraepidemie des Jahres 1854 zu London[4]) erfolgte in der Broadstreet und deren nächster Umgebung ein plötzlicher, explosionsartiger Ausbruch der Krankheit. Am zweiten Tage nach Beginn dieses Ausbruches erkrankten 143 Personen,

---

[1]) Beisswänger, Zur Verbreitung des Milzbrandes in Württemberg. Zeitschr. f. Hygiene u. Infectionskrankheiten 8, 179.

[2]) Diatroptoff, Annales de l'Institut Pasteur 1893.

[3]) Arch. p. l. scienze med. Vol. XV, Nr. 8.

[4]) Snow, On the mode of communication of Cholera. London 1855.

von denen 70 starben; am dritten erkrankten 116 und erlagen 127 Personen. Von da an nahm die Zahl der Erkrankungen schnell ab. Es wurde nachgewiesen, dass fast alle Befallenen das Wasser des öffentlichen Brunnens vor dem Hause Nr. 40 jener Strasse getrunken hatten, während solche Leute, die jenes Wasser nicht genossen, z. B. 70 Arbeiter einer nahegelegenen Brauerei, nicht von der Seuche zu leiden hatten.

Nun ereignete es sich, dass in Hampstead (Westend) eine Dame am dritten Tage nach jenem Ausbruch an Cholera erkrankte und starb. Der Sohn dieser Frau besass eine Fabrik in Broadstreet und brachte seiner Mutter täglich eine Flasche Trinkwasser aus besagter Pumpe mit, da sie dieses Wasser dem von Hampstead vorzog. Auch eine Nichte der Dame, welche dort zum Besuch war, trank von dem Wasser; sie kehrte dann nach ihrer Behausung in Islington zurück und erlag ebenfalls der Cholera. Zu jener Zeit war weder in Westend noch in Islington Cholera. Ausser diesen beiden Personen trank nur noch eine Dienerin von dem Inhalt der Flasche, auch sie erkrankte, genas jedoch.

Die directe Verunreinigung jenes Brunnens mit Fäcalien von Cholerakranken konnte nicht nachgewiesen werden. Es fiel jedoch mehreren der Personen, welche das Wasser zu trinken pflegten, auf, dass es zu jener Zeit einen widerlichen Geruch hatte. In Broadstreet wohnte der Ornithologe Gould; von einem Ausfluge am dritten Tage nach dem Ausbruch der Seuche zurückgekehrt, liess er sich Wasser aus jener Pumpe holen, doch schreckte der ekelhafte Geruch desselben ihn und seinen Assistenten vom Genusse zurück; sie blieben gesund, während das Hausmädchen, welches das Wasser getrunken hatte, erkrankte.

Ein deutliches Beispiel, wie die Choleraausbreitung an die Wasserversorgung geknüpft sein kann, bieten die südlich der Themse gelegenen Bezirke Londons. Die Hauptstadt Englands bezieht ihr Wasser von verschiedenen Gesellschaften. Wir lassen die nördlichen Wasserwerke ganz ausser Betracht und beschränken uns auf die südlichen, die Southwark-Vauxhall, die Lambeth und die Kent Company. Letztere beschäftigt uns hier nicht, da sie ihr Wasser nicht aus der Themse, sondern anfänglich aus dem Flüsschen Ravensbourne, später aus Tiefbrunnen entnahm. Die Southwark and Vauxhall Company schöpfte bis über das Jahr 1832 hinaus ihr Wasser an Londonbridge, einem Ort, wo die Themse schon die Abfälle fast der ganzen Stadt aufgenommen hatte; dann verlegte sie die Entnahmestelle nach Battersea, welches weiter westlich, somit stromaufwärts gelegen ist. Dennoch war

das Wasser dort um das Jahr 1849 unreiner, als es bei Londonbridge im Jahre 1832 gewesen war. In dieser Zeit war nämlich die Einwohnerzahl der Stadt um ein Bedeutendes gestiegen; auch hatte man die Kothgruben abgeschafft und Wasserclosets eingerichtet, deren Inhalt in den Fluss geschwemmt wurde.

Die Lambeth Company entnahm von Beginn ihres Bestehens an das Wasser gegenüber der Hungerfordbridge. Diese Brücke liegt fast in der Mitte der Stadt. Im Jahre 1851 indessen verlegte sie ihre Schöpfstelle aus London heraus nach Thames Ditton, einem Ort, bis zu welchem die Fluth nicht mehr dringt, wo also ein Wasser zur Verfügung stand, welches durch die Spüljauche der Hauptstadt nicht verunreinigt werden konnte. Nach dem Jahre 1854 kam das Gesetz von 1852, die bessere Wasserversorgung Londons betreffend[1]), zur Ausführung. Durch das Gesetz wurde unter Anderem verlangt, dass kein Wasser für den Bedarf der Stadt unterhalb Teddington Lock — also höher wie Kingston, der gewöhnlichen Fluthgrenze — genommen werde und dass alles für den Hausbedarf bestimmte Wasser filtrirt sein müsse. Diesem Gesetz Folge gebend, verlegte die Southwark and Vauxhall Company ihre Entnahmestelle nach Hampton und lieferte von da ab ein brauchbares, filtrirtes Wasser.

Zwischen der Wasserversorgung des Südens der Stadt und ihrer Cholerasterblichkeit bestehen nun deutliche Beziehungen.

Die Cholera brach zum ersten Male über London im Jahre 1832 herein; dann erschien sie wieder 1849, 1854 und 1866. In dem ersten Seuchejahr war die grösste Sterblichkeit mit 110 Choleratodesfällen auf 10000 Einwohner in Southwark, dem Bezirk an Londonbridge, also dort, wo zu der Zeit das schlechteste Wasser geschöpft wurde. Im Jahre 1849 verloren die südlichen Theile an Cholera durchschnittlich 121 Personen auf 10000, und zwar die Districte, welche von der Southwark und Vauxhall Company allein versorgt wurden, 135, die von der Lambeth Company allein versorgten 93. (Ein nicht unbedeutender Häusercomplex erhielt gleichzeitig von beiden Compagnien sein Wasser, doch berühren wir diese Verhältnisse hier nicht weiter, um einfache und correcte Zahlen geben zu können.)

Die zweite Epidemie erreichte somit im Süden Londons eine höhere Durchschnittssterblichkeit, als die höchste Sterblichkeit von 1832.

---

[1]) The London water supply past, present and future by Ph. Bevan. London 1884.

Es hatte aber auch das Trinkwasser in der Zeit von 1832 bis 1849 sich wesentlich verschlechtert, besonders durch die Einleitung der Cloaken in die Themse.

Bei der dritten Epidemie 1854 zeigte sich nun eine höchst merkwürdige Erscheinung. Es starben nämlich in den Vierteln, welche ihr Wasser von der Southwark and Vauxhall Company bezogen, 154 Personen auf 10000, während in den Bezirken, die ihr Wasser von der Lambeth Company bekamen, nur 17 auf 10000 starben. Die letztere Gesellschaft lieferte damals schon das reine Wasser von Thames Ditton, während die erstere noch das schlechte Wasser von Battersea verabfolgte. Wie verunreinigt dieses Wasser war, insonderlich wie viel Fäcalreste es enthielt, zeigt klar die Zeichnung eines mikroskopischen Präparates, welches aus dem Bodensatz desselben nach mehrstündigem Stehen angefertigt worden ist. Diese Abbildung, Tafel IV, ist dem Appendix to the report of the committee for scientific inquires in relation to the Cholera epidemic of 1854 entnommen.

Farr[1]) drückt sich in folgender Weise über die Beziehungen zwischen dieser Epidemie und der Wasserversorgung aus:

„Alle die in Frage kommenden möglichen Ursachen: die Möglichkeit, sich der Infection auszusetzen, schlechte Canalisation, Ueberfüllung, Armuth, ungenügende ärztliche Hülfe und unreines Wasser sind, soweit Lambeth in Betracht kommt, im Jahre 1849 und 1854 dieselben geblieben, mit Ausnahme des Wassers, welches in dem ersten der beiden Jahre sehr unrein, in dem letzten aber viel reiner war.

Alle die erwähnten Ursachen mit Ausnahme des Wassers waren im Jahre 1854 die gleichen in den Southwark-Vauxhall und den Lambeth-Bezirken, aber während das Wasser in den von Southwark-Vauxhall versorgten Vierteln schlechter wurde, nahm die Mortalität zu, wohingegen in dem Bereiche der Lambeth-Gesellschaft das Gegentheil stattfand."

Als im Jahre 1866 die Cholera abermals über die Hauptstadt Englands hereinbrach, starben, soweit die Bezirke der besprochenen Wasserversorgungsgesellschaften in Betracht kamen, welche jetzt beide gutes, filtrirtes Wasser lieferten, nur 6 von 10000 Einwohnern. Auch die nördlich von der Themse liegenden Theile Londons blieben auffallend verschont, nur einer derselben, welcher sein Wasser aus dem Leafluss entnahm, litt bedeutend. Hier liess sich wiederum eine directe Verunreinigung des Trinkwassers nachweisen.

---

[1]) Report on the Cholera Epidemic of 1866 in England.

Beweisend für die Vermittelung der Cholera durch Wasser ist die Epidemie des Jahres 1892 zu Hamburg. Diese Stadt bezog ihr Trinkwasser aus einer Stelle der Elbe, welche der Verunreinigung durch die Canaljauche der Stadt selbst in hohem Maasse ausgesetzt war, und filtrirte dieses Wasser nicht. Altona, welches mit Hamburg so verwachsen ist, dass die Grenze fast ganz verwischt ist, trinkt filtrirtes Elbwasser; Wandsbek, man kann beinahe sagen ein Vorort von Hamburg, gewinnt sein Trinkwasser aus Landseen. Nun erkrankten in Hamburg 30 von 1000 Einwohnern, in Altona bezw. Wandsbek nur 4 bezw. 3 auf 1000, und von den allermeisten dieser letzteren Erkrankten liess sich die Infection auf Hamburg zurückführen. Da Hamburg, Altona, Wandsbek eigentlich eine einzige Stadt bilden und somit geologische und meteorologische Unterschiede nicht zeigen, da die Bevölkerung nach Stamm, Eigenart und Eigenthümlichkeiten in allen drei Orten dieselbe ist, Differenzen zwischen den drei Orten überhaupt nur in der Wasserversorgung sich finden, so ist die Ursache für die epidemische Verbreitung der Cholera nur in letzterer zu suchen. Diese Annahme liess sich ausserdem direct beweisen: Die in Hamburg gelegene Kaserne mit einer Belegschaft von 540 Köpfen, welche ihr Wasser nur aus Brunnen bezieht, blieb vollständig verschont, während das in der Umgebung der Kaserne in Bürgerquartieren befindliche dritte Bataillon des 85. Inf.-Reg. bis zum 24. August, wo es verlegt wurde, schon 17 Choleraerkrankungen hatte. Hamburg hat ferner vier geschlossene Anstalten, welche gleichfalls nur Brunnenwasser benutzten, die Alstersdorfer Anstalten mit 575, das Pestalozzistift mit 94, das Centralgefängnis mit 1100 und die Correctionsanstalt mit 600 Insassen. In allen diesen Anstalten kam kein Fall von Cholera vor; dahingegen kamen auf die Irrenanstalt Friedrichsberg mit 1363 Insassen 123, auf das Werk- und Armenhaus mit 1230 Insassen 45 Erkrankungen; beide Anstalten waren mit Hamburger Leitungswasser versehen. Sehr beweisend ist noch Folgendes: An der Altonaer Grenze liegt ein zu Hamburg gehöriger Hof mit 345 Einwohnern, welcher indessen nur von Altona aus zugängig ist und von Altona aus sein Wasser bezieht. Auf dem Hamburger Gebiet dieser Gegend ereigneten sich zahlreiche Cholerafälle, während dieser Hof vollständig frei blieb.

Im Winter 1892/93 erkrankten in Altona[1]) in einem sonst von der Cholera völlig freien Stadttheil nur Personen, welche ihr

[1]) R. Koch, Die Cholera in Deutschland während des Winters 1892 bis 1893. Zeitschr. f. Hygiene und Infectionskrankheiten 15, 89.

Wasser aus einem Brunnen in einem mit kleinen Gebäuden besetzten Hofe, dem „Langen Jammer", bezogen, während die umliegenden von der Wasserleitung versorgten Häuser keine Cholerafälle hatten. Es gelang nicht nur, die unreinen Zuflüsse zu dem Brunnen aufzufinden, sondern auch, worauf wir alsbald zurückkommen, die Erreger der Cholera aus dem Brunnenwasser selbst herauszuzüchten.

Als ein eclatantes Beispiel der Typhusverbreitung durch Wasser möge die Typhusepidemie im Waisenhause zu Halle a. d. S. im Jahre 1871 [1]) angeführt werden. Am rechten Saaleufer, im Südtheile der Stadt, liegt der grosse Gebäudecomplex der sogenannten Francke'schen Stiftungen. Die Anstalt war im Jahre 1871 bewohnt von 703 Personen; ausserdem verkehrten dort täglich gegen 3000 Schüler aus allen Theilen der Stadt. Die Anstalt hat zwei eigene Wasserleitungen, den Unterstollen und den Oberstollen; ausserdem war für eines der Häuser die städtische Wasserleitung allein, für zwei andere diese und die Oberstollenleitung in Gebrauch gezogen. Seit dem Jahre 1854 war in den Anstalten kein Typhus vorgekommen. Plötzlich, am 22. Juli 1871, traten Typhusfälle auf, und bis zum 19. August waren von 703 Bewohnern der Anstalt 282 am Typhus erkrankt; von den 3000 Besuchern aber erkrankten nur 77. In Halle selbst war die Typhussterblichkeit während des ganzen Jahres eine geringe, 1,1 Todesfall auf den Monat, den Durchschnittszahlen früherer Jahre entsprechend. In den Häusern der Stiftung, in welchen das Wasser des Oberstollens getrunken war, erkrankten insgesammt von 669 Personen 282 und es starben 17. Nur zwei Wohnungen mit zusammen 5 Einwohnern hatten trotz Wassergebrauchs aus dem Oberstollen keine Erkrankungsfälle. Die städtische Leitung versorgte ein Haus mit 24, die Unterstollenleitung eines mit 15 Einwohnern, und Niemand von diesen erkrankte. Dahingegen wurden in vier ausserhalb des Terrains liegenden Häusern, in welchen das Oberstollenwasser ebenfalls benutzt wurde, noch 7 Personen vom Typhus befallen. Die Krankheit erstreckte sich also nur so weit, als das Wasser des Oberstollens in Gebrauch gezogen war. Sie hörte da auf, wo dasselbe nicht mehr getrunken wurde. Der Verdacht wurde bald auf das Trinkwasser gelenkt. Schon im Juni war das Wasser des Oberstollens trübe, man konnte mit „blossem Auge Pilzfäden etc. darin entdecken, das Mikroskop zeigte eine grosse

[1]) Dr. Zuckschwerdt, Publicationen des Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege in Halle. Nr. IV.

Menge von Vibrionen, Bakterien, Spirillen, Fäulnisspilzen u. s. w". Am 11. August wurden die Brunnen geschlossen. Die Incubationsdauer für den Typhus beträgt ungefähr eine Woche. Mit dem 18. August war die Epidemie wie abgeschnitten, es kam nur noch im September ein auf directe Infection zurückzuführender Fall vor. Die typhösen Erkrankungen dauerten also so lange, als das Wasser des Oberstollens getrunken wurde; sie hörten auf, nachdem dasselbe abgestellt war.

Die Untersuchung der Oberstollenleitung ergab an der Stelle, wo sie unter dem sogenannten Fluthgraben durchgeführt war, erhebliche Undichtigkeiten im Mauerwerk. Das Schmutzwasser sickerte an vielen Stellen ein und vermischte sich mit dem auf der Sohle des Canals fliessenden Leitungswasser. Der erwähnte Fluthgraben nimmt die Abwässer einer Fabrik auf; ausserdem aber gelangen in ihn die Schmutzwässer der ganzen Lindenstrasse, der Strasse eines Stadttheils, in welchem Typhus endemisch war. Im Monat Juni fielen starke Regen, welche eine Menge Schmutz in den Fluthgraben schwemmten und denselben anfüllten. Es ist also wahrscheinlich, dass Typhuskeime in den Fluthgraben und von dort in die Oberstollenleitung gelangt sind.

Noch in anderer Weise ist die Francke'sche Stiftung merkwürdig. Zu sechs verschiedenen Malen suchte die Cholera die Stadt Halle heim und tödtete im Ganzen 4020 Menschen. In der Anstalt kam in allen diesen Epidemien nur ein Todesfall vor und dieser betraf eine Waschfrau, welche Wäsche aus der Stadt besorgte. Damals war das Waisenhaus nur auf seine eigene Wasserleitung beschränkt, der Anschluss an die städtische Wasserversorgung hatte noch nicht stattgefunden. In dem ersteren Falle ist hiernach die eigene Leitung die Vermittlerin der Infection gewesen, während sie in den anderen Fällen die Anstalt vor Invasionen der Cholera geschützt hat.

Dass ein inficirtes Wasser nicht alle Personen krank macht, welche davon trinken, ist eine bekannte Thatsache. Macnamara[1]) erzählt, dass 18 Personen von einem Wasser tranken, welchem durch unglücklichen Zufall Cholerakoth beigemischt war; nur fünf derselben erkrankten: am folgenden Tage wurde eine, am nächsten Tage wurden zwei und nach drei Tagen noch zwei Personen ergriffen; die übrigen blieben gesund.

Zur Zeit, als die älteren der erwähnten Beobachtungen gemacht wurden, kannte man die specifischen Erreger des Typhus

---

[1]) A history of Asiatic Cholera. London 1876.

und der Cholera, wie überhaupt der Infectionskrankheiten noch nicht. Man konnte sich von dem „*ens morbi*“, dem „*genius Epidemicus*“ keine Vorstellung machen; man stand einem unbekannten „Etwas“ gegenüber.

Da entdeckte Pollender (im Jahre 1849, publicirt 1855), dass im Milzbrandblut Stäbchen vorkommen, welche im Blut gesunder Thiere nicht vorhanden sind. Andere Forscher beschäftigten sich ebenfalls mit dieser Frage, wobei sich herausstellte, dass diese Stäbchen nicht die Begleiter, sondern die Erreger des Milzbrandes sind. Nachdem man einmal auf die Mikroorganismen aufmerksam gemacht worden war, wurde unablässig weiter geforscht. Aber erst nachdem man die vervollkommneten Färbemethoden (Weigert-Koch) in Gebrauch gezogen und besonders, seitdem Rob. Koch den festen durchsichtigen Nährboden und die Reincultur eingeführt hatte, sind uns bedeutsame Aufklärungen über das Wesen der Infectionskrankheiten geworden. Mit Sicherheit kennt man bis jetzt, soweit die Krankheiten des Menschen in Frage kommen, die Keime des Milzbrandes (Pollender), des Rückfalltyphus (Obermeyer), der Tuberculose (Koch), des Lupus (Koch), der Lepra (Hansen), des Rotzes (Löffler und Schütz), des Abdominaltyphus (Eberth-Gaffky), der Eiterung (Becker, Rosenbach, Krause), des Erysipels (Fehleisen), der Cholera (Koch), des Wundstarrkrampfes (Nicolaier-Rosenbach), der Diphtherie (Löffler), der Influenza (R. Pfeiffer), der Pneumonie (A. Fränkel), der Gonorrhöe (Neisser) und mehrere andere. Voraussichtlich wird in nicht allzu ferner Zeit der Nachweis geführt werden, dass auch die übrigen ansteckenden Krankheiten durch Organismen, welche aber nicht immer Bacillen oder Kokken, oder überhaupt pflanzlicher Natur zu sein brauchen, hervorgerufen werden.

Kaum sind ein paar Jahre verflossen, seitdem man die Infectionskeime kennt, seit Koch gelehrt und erwiesen hat, dass zur sicheren Diagnose der Mikroorganismen das Mikroskop allein nicht ausreicht, sondern die Cultur nothwendig ist, und schon ist es gelungen, Krankheitserreger im Wasser zu finden. So entdeckte Gaffky einen für Mäuse tödtlichen Organismus in dem Wasser der Panke zu Berlin.

Wichtiger ist der Nachweis des Kommabacillus der Cholera durch Koch[1]) in dem Wasser eines Weihers. In einer Vorstadt

---

[1]) Bericht über die Thätigkeit der zur Erforschung der Cholera im Jahre 1883 entsandten Commission. Berlin 1887, S. 182.

Kalkuttas kamen viele Erkrankungen an Cholera mit 18 Todesfällen vor. Dieselben beschränkten sich alle auf die Hütten, welche an einem Weiher lagen, während in einiger Entfernung davon und im ganzen zugehörigen Polizeidistrict die Cholera nicht herrschte. Das Wasser des Weihers diente zum Baden, Waschen und Trinken, auch hatte man die mit Koth verunreinigten Kleider der ersten Cholerakranken in jenem Tank gereinigt. Es wurden eine Anzahl Wasserproben zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Stellen des Weihers entnommen, mit Hülfe der Nährgelatinecultur untersucht und eine reichliche Anzahl von Cholerabacillen in mehreren der ersten Wasserproben gefunden. Unter den zu Ende der Epidemie geschöpften Proben enthielt nur noch eine die Cholerabacillen in geringer Zahl.

Ein zweites Mal sind die Erreger der Cholera im Seewasser gefunden. Nicati und Rietsch[1]) untersuchten das Wasser des alten Hafens von Marseille zur Zeit der Cholera; in vier Fällen gelang es ihnen, durch das Plattenculturverfahren die Kommabacillen nachzuweisen.

Ein drittes[2]) Mal sind sie von C. Fränkel im Wasser des Zollhafens in Duisburg gefunden worden. Dort erkrankte und starb ein Schiffer am 24. September 1892, welcher noch am selben Tage seine Nothdurft in den Hafen hinein verrichtet hatte. Am 27. September wurde aus dem Zollhafen eine Probe Wasser eingefüllt und am 29. untersucht. Die Plattencultur ergab nach weiteren 40 Stunden unzweifelhaft Cholera. Hier hatten sich also die Bacillen mindestens $4^1/_2$ Tage im Wasser gehalten.

Lübarsch[3]) fand die Cholerabacillen in dem Bilge-(Kiel-)wasser eines Elbdampfers, welcher in Hamburg gelegen hatte und an dessen Bord das Kind des Schiffsführers an Cholera erkrankt war.

Koch[4]) giebt an, dass durch Anwendung der später zu beschreibenden Cultur in Peptonwasser Cholerabacillen in dem vorhin besprochenen Brunnen des „Langen Jammers“ noch 10 Tage nach Ausbruch der Epidemie aufgefunden wurden und sich in der geschöpften Probe 18 Tage lang lebendig erhielten, während sie im Brunnen selbst nicht wieder entdeckt werden konnten. In derselben Abhandlung S. 146 weist Koch nach, wie in der Nietlebener

[1]) Revue d'hygiène. 20. Mai 1885.
[2]) Deutsche medicinische Wochenschrift 1892, Nr. 41.
[3]) Deutsche medicinische Wochenschrift 1891.
[4]) Die Cholera in Deutschland während des Winters 1892 bis 1893. Zeitschr. f. Hygiene und Infectionskrankheiten 1893, 15, 119.

Epidemie des Winters 1892/93 alle Anzeichen für eine Infection durch das Wasser sprachen, trotz der bestehenden Rieselanlage und der Sandfiltration. Beide Anlagen functionirten nicht in zweckentsprechender Weise, und es gelang Koch, die Cholerabacillen aufzufinden, sowohl bei dem Eintritt des Rieselwassers auf die Felder, als auch auf den Rieselfeldern selbst, sowie in ihrem Hauptableitungsdrain. Ferner wurden sie gefunden im Wasser der Saale dicht unterhalb der Einmündung jenes Ableitungsrohres, in dem filtrirten Wasser des Filters Nr. II und in einer Wasserprobe aus einem Leitungshahn innerhalb der Irrenanstalt Nietleben. Von Koch bezw. im Institut für Infectionskrankheiten sind zur Zeit der kleinen Winterepidemie in Altona[1]) Cholerabacillen sowohl im Elbwasser als in dem Wasser eines Absitzbassins von Altona und in einem Brunnen aufgefunden worden.

Zahlreiche Beobachtungen über Verbreitung von Cholera aus der neuesten Zeit bringt Clemow[2]).

Den Erreger des Typhus im Trinkwasser zu entdecken, gelang zu verschiedenen Malen. Zuerst wurden Typhusbacillen von Dr. Moers[3]) in einem durch Jauche stark verunreinigten Brunnenwasser eines Gehöftes bei Mülheim a. Rh. aufgefunden. Vom Herbst 1884 bis Ende Mai 1885 erkrankten auf diesem Hofe 15 Personen an Typhus. Ende Mai bezw. Anfang Juni liessen sich in einer von vier Wasserproben, welche 4350, 4600, 4700 und 5300 Keime im Cubikcentimeter enthielten, Bacillen nachweisen, welche nicht von den Erregern des Unterleibstyphus zu unterscheiden waren.

Die Angaben Moers' wurden von Hueppe[4]) einer Kritik unterzogen, welche für Moers ungünstig ausfiel. Hueppe war hierbei im Recht, denn die Angaben Moers' sind ungenau. Auch uns kam die Sache zweifelhaft vor. Wir haben daher die von Herrn Dr. Moers erbetenen Culturen in dem hygienischen Institut zu Jena untersucht. Die Moers'schen Bacillen waren in nichts von Typhusbacillen verschieden. Sind auch damals, als man noch das Wachsthum auf Kartoffeln für ein durchschlagendes Criterium hielt, die jetzt erforderlichen Untersuchungen nicht alle gemacht, so müssen wir dennoch die Identität der Moers'schen Bacillen mit den Typhusbacillen aufrecht erhalten, denn nicht nur auf der Kartoffel, sondern auch auf anderen Nährböden wuchsen beide Mikroben gleich, und ferner konnte weder im mikroskopischen Bilde noch in der Bewegung etc. irgend ein Unterschied zwi-

[1]) Zeitschr. f. Hygiene und Infectionskrankheiten 14, 417. Wasserfiltration und Cholera.

[2]) Brit. med. Journ. 1894, p. 801.

[3]) Dr. Moers, Die Brunnen der Stadt Mülheim a. Rh. vom bakteriologischen Standpunkte aus betrachtet. Ergänzungshefte zum Centralblatt für allgem. Gesundheitspflege 2, 2. Heft, 144, 1886.

[4]) Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Die hygienische Beurtheilung des Trinkwassers vom biologischen Standpunkte, 1887.

schen ihnen und den Controlculturen bezw. Präparaten aufgefunden werden. Obschon bei einer einmaligen Untersuchung eine Verwechselung zwischen Typhus- und Colibacillen vorkommen kann, so wird dennoch der geübte Untersucher, wenn, wie hier, Reihen von Beobachtungen vorliegen, beide Arten auch ohne chemische Proben sicher auseinander halten können.

Moers hat hiernach als der Erste Typhusbacillen im Wasser gefunden.

Während man die Cholerabacillen durch die Cultur und das Mikroskop mit ziemlicher Sicherheit erkennen kann, weil mehrere hervorstechende Merkmale vorhanden sind, ist die Diagnose des Typhus nicht so sicher, und zweifellos liegen in einer Reihe von Fällen, wo man das Auffinden von Typhusbacillen im Wasser behauptet hat, Irrthümer vor.

Man geht indessen entschieden zu weit, wenn man alle die bezüglichen Beobachtungen als irrthümlich zurückweist. Wie später gezeigt werden wird, sind erst in der letzten Zeit Merkmale bekannt geworden, welche den Typhusbacillus von ähnlichen Bacillen unterscheiden lassen. Aber in manchen Fällen ist diese Entscheidung auch möglich ohne Anwendung aller differential-diagnostischen Hülfsmittel.

Der zweite Forscher, welcher die erwähnten Bacillen im Wasser nachwies, war Dr. Michael[1]) in Dresden, welcher unter Prof. Johne's Leitung arbeitete. In Grossburgk i. S. glaubte man mehrere im December 1885 aufgetretene Typhusfälle auf den Genuss des Wassers eines bestimmten Brunnens beziehen zu sollen.

Auf den mit dem Wasser dieses Brunnens und Nährgelatine beschickten Platten liessen sich etwa 12 Typhuscolonien nachweisen.

Zum dritten Male wurden die Typhusbacillen im Trinkwasser gefunden von Dreyfus-Brisac und Widal[2]). Als Quelle der Infection wurde ein laufender, unreines Wasser führender Brunnen in Ménilmontant beschuldigt, woselbst seit einigen Monaten Typhus herrschte. Bei der bakteriologischen Untersuchung kamen vereinzelte Colonien zur Entwickelung, deren Identität mit Typhusbacillen durch das morphologische Verhalten und durch das charakteristische Wachsthum auf verschiedenen Nährböden festgestellt werden konnte.

Ein fernerer Fund ist von Chantemesse und Widal[3]) in Pierrefonds gemacht worden. Die Hauptzahl der Erkrankungen fiel

[1]) Dr. Michael, Typhusbacillen im Trinkwasser. Fortschritte der Medicin 4, Nr. 11, 353, 1886.

[2]) Dreyfus-Brisac et F. Widal, Epidémie de famille de fièvre typhoïde. Considérations cliniques et recherches bactériologiques. Gaz. hebdom. 1886, Nr. 45.

[3]) Enquête sur une Épidémie de fièvre typhoïde qui a régné à Pierrefonds 1886. Revue d'hygiène, Tom. 9, pag. 116, und Archiv. de physiologie et pathol. 1887, pag. 217.

in den Monat August und September des Jahres 1886; am 13. October wurden die Bacillen des Typhus in einem Brunnenwasser gefunden. Brouardel nimmt an, es habe hier von den Abortgruben aus ein Fortschwemmen der Typhusbacillen durch 20 m Sandboden hindurch stattgefunden. Hueppe hingegen hält es für wahrscheinlicher, dass die Typhuskeime während der schon bestehenden Epidemie mit dem Tagewasser in den Brunnen geschwemmt seien, welcher Ansicht wir beistimmen.

Kurze Zeit darauf gelang es Brouardel und Chantemesse[1]), den Erreger des Typhus abermals, und zwar in dem Reservoir eines Hauses zu Clermont-Ferrand aufzufinden.

Sodann sind von Beumer[2]) in einem Brunnen in der Nähe von Greifswald Typhusbacillen gefunden.

Fünfmal hat Kowalski[3]) Typhusbacillen im Brunnenwasser der Pionircaserne in Klosterneuburg nachweisen können.

Jäger[4]) entdeckte Typhusbacillen in dem Brunnen einer Caserne in Ulm.

Henrijean[5]) fand noch zehn Tage nach Auftreten der letzten Typhusfälle Bacillen im Trinkwasser, welche morphologisch und in ihrem Wachsthum auch auf Kartoffeln von den Typhusbacillen nicht zu unterscheiden waren.

Martinotti und Barbacci[6]) sahen in zwei Schulbrunnen, deren Wasser bis zu 1,3 bezw. 0,8 m unter der Erdoberfläche stand, den Typhusbacillen anscheinend gleiche Mikroorganismen.

Kamen konnte nach der von Parietti angegebenen Methode in dem Wasser eines Casernenbrunnens, in dessen Nähe explosionsartig eine Epidemie aufgetreten war, Typhusbacillen nachweisen.

Zwei dem Autor ganz fernstehende Forscher, Remy[7]) und Sugg, in Gand-Belgien haben später durch Vergleich mit 12 Typhusculturen der verschiedensten Herkunft und 33 typhusähnlichen Mikroorganismen die Identität der Kamen'schen Bacillen mit Typhusbacillen mit allen zur Zeit zu Gebote stehenden Mitteln erwiesen.

---

[1]) Enquête sur les causes de l'épidémie de fièvre typhoïde à Clermont-Ferrand. Revue d'hygiène, Tom. 9, pag. 368.

[2]) Zur Aetiologie des Abdominaltyphus. Deutsche medic. Wochenschrift 1887, Nr. 28.

[3]) Ueber bakteriologische Wasseruntersuchungen. Wiener klinische Wochenschrift 1888, Nr. 10, 11, 14, 15, 16.

[4]) Zeitschrift für Hygiene 1891, S. 197.

[5]) Annal. de micrographie 1889, p. 401.

[6]) Estr. di Giorn. d. R. Accad. d. Med. di Torino 1889, p. 15.

[7]) Recherches sur le bac. d'Eberth-Gaffky. Gand 1893.

Prof. v. Fodor[1]) berichtet, dass ihm im Jahre 1890 bei einer sehr starken Typhusepidemie unter vielen Hunderten von Untersuchungen fünfmal Typhusbacillen begegnet seien. Zur Sicherung der Diagnose wurden Culturen an Prof. Löffler gesandt, welcher sie ebenfalls als Typhusbacillen anerkannte. Als Ursache der Epidemie ergab sich, dass lecke Closets des Krankenhauses directe Zuflüsse in das Wasserversorgungsrohr der Stadt entsendet hatten.

Nach Schneider[2]) sind in Frankreich in den Jahren 1887, 1888 und 1889 von 194 Typhusepidemien 187 mit mangelhaftem Wasser in Zusammenhang gebracht worden; in 21 dieser Fälle war das Wasser durch Fäcalien verunreinigt und enthielt das *Bact. coli commune;* in 7 Fällen wurde der Typhusbacillus gefunden.

In einer allen Anforderungen gerechten Weise hat Schild[3]) in zwei Brunnen von Seehausen, in deren Nähe mehrere Typhusfälle vorgekommen waren, während die übrige Stadt frei blieb, Typhusbacillen nachgewiesen.

Diese Beispiele, welchen sich noch viele andere hinzufügen liessen, zeigen, dass in Trinkwässern Organismen nachgewiesen worden sind, welche von den Typhusbacillen nicht zu unterscheiden waren, und zum Theil wirklich als Typhusbacillen angesprochen werden müssen.

Diatroptoff[4]) hat Milzbrandsporen in dem Schlamme eines Brunnens gefunden.

Eiterkokken sind mehrfach aus Wasser herausgezüchtet, so der *Streptokokkus pyogenes* von Landmann aus einem Brunnenwasser, der *Staphylokokkus pyogenes* von Tils aus Freiburger Leitungswasser etc. Wenn man danach suchen wollte, so könnte man die Staphylokokken in sehr vielen offenen Wässern nachweisen, doch sind diese Organismen für die Aetiologie ziemlich belanglos.

Nachdem die Epidemiologie mit zwingender Nothwendigkeit auf das Wasser als einen der Infectionsvermittler hinzeigt, und nachdem das Mikroskop sowie die bakteriologische Untersuchungsmethode die Erreger von Krankheiten im Wasser nachgewiesen haben, darf man sich der Einsicht nicht mehr verschliessen, dass das Wasser Krankheiten vermitteln kann.

---

[1]) Deutsche medicinische Wochenschrift 1892, S. 744.

[2]) Revue d'hygiène 1890, p. 193.

[3]) Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankheiten **16**, 373.

[4]) Bactéries charbonneuses dans la vase du fond d'un puits. Annales de l'Institut Pasteur. 1893, p. 286.

VII.

Die Bakterien in ihrem Verhältniss zum Wasser.

Durchmustert man die Reihe der Organismen, welche im Wasser vorkommen und die menschliche Gesundheit zu schädigen vermögen, und forscht man weiter nach, welche Arten der Pflanzen oder Thiere sich am zahlreichsten im unreinen Wasser finden und durch ihre Anwesenheit die Unsauberkeit des Wassers andeuten, so stehen in erster Linie die Bakterien. Wenn also

1. unter den Bakterien Arten vorkommen, welche dem Menschen in sehr hohem Grade gefährlich sind, und
2. aus der grösseren oder geringeren Menge, in welcher auch an und für sich unschädliche Mikroorganismen im Wasser auftreten oder aus der Art derselben sich ein gewisser Anhalt für die Beurtheilung der Brauchbarkeit des Wassers gewinnen lässt,

so ist es nothwendig, dieser Kategorie von Organismen ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Eine Zeit lang glaubte man, in jedem Schluck Wasser seien Tausende kleiner Lebewesen und hielt dieselben für völlig unschädlich; dann änderte sich die Ansicht und man meinte, ein gutes Trinkwasser enthalte überhaupt keine Spaltpilze, ein Wasser aber, in welchem Spaltpilze sich vorfänden, sei zum Genuss unbrauchbar. Erst seit Anwendung der Färbetechnik, seit Benutzung des Mikroskopes mit Beleuchtungsapparat und homogener Immersion und vor Allem seit der Anwendung des von Koch angegebenen festen, durchsichtigen Nährbodens, welcher gestattet, die Keime getrennt zum Wachsen zu bringen und die entstandenen Colonien zu beobachten, vermag man die Zahl und Art der Mikroorganismen des Wassers sicherer zu beurtheilen.

Die beiden Verfahren, mikroskopische Untersuchung und Cultur, dürfen nicht von einander getrennt werden, sie ergänzen sich

gegenseitig. Die Cultur muss das Mikroskop unterstützen; denn in vielen Fällen sind die Unterschiede, welche die Einzelwesen zeigen, so gering, dass sich mit dem Mikroskop allein die Frage nach der Art des Spaltpilzes nicht entscheiden lässt. Ferner dürfte es unmöglich sein, bei auch nur mässigem Reichthum eines Wassers an Spaltpilzen alle in einem Cubikcentimeter enthaltenen Keime zu zählen. Das Culturverfahren hilft uns über diese Schwierigkeiten hinweg. Wir erhalten durch dasselbe nicht Einzelwesen, sondern Colonien, d. h. dicht zusammengedrängte Anhäufungen von Bakterien, welche, aus einem Keime hervorgegangen, die charakteristischen Eigenschaften des Wachsthums der Art deutlich zu Tage treten lassen; dadurch ferner, dass die im Wasser enthaltenen Keime einzeln in dem Nährsubstrate vertheilt werden und, durch die Gelatine an den Ort festgebannt, zu Colonien auswachsen, können wir durch Zählen der letzteren leicht ein Urtheil über den ursprünglichen Keimreichthum gewinnen.

Für sich allein aber reicht die Züchtung nicht aus. Auch das Wachsthum der einzelnen Arten zeigt häufig grosse Aehnlichkeiten. In solchen Fällen lässt uns das Mikroskop vielfach die Unterschiede in der Form, Bewegung u. s. w. der Einzelwesen und damit die Art der Spaltpilze erkennen. Noch einen anderen Vortheil, nämlich eine Art Controle über die Cultur, gewährt uns dieses Instrument. Bis jetzt kennt man noch keinen Nährboden, auf dem alle Spaltpilze gedeihen; bei der Cultur wird also eine Anzahl Mikroorganismen nicht zum Wachsen kommen. Es bedarf daher der Revision durch das Mikroskop, ob die in den Colonien enthaltenen Keime denen gleich sind, welche das gefärbte Präparat zeigt.

Die eine Methode ohne die andere sollte daher nicht in Anwendung gezogen werden.

VIII.

Die Menge der in verschiedenen Wässern gefundenen Bakterien.

Um die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung des Wassers, abgesehen von den pathogenen Mikroorganismen, bei der Beurtheilung seiner Beschaffenheit verwerthen zu können, ist es nothwendig, vorher zu wissen, wie viel entwickelungsfähige Mikroorganismen gewöhnlich oder häufig in den natürlichen Wässern vorkommen, ohne dass eine aussergewöhnliche Verunreinigung derselben anzunehmen ist.

Zuvor sei jedoch Aufschluss gegeben über den Gehalt des Schnees an Mikroorganismen.

Janowski[1]) untersuchte Schnee, welcher bereits einige Zeit am Boden gelegen hatte. Um die Bakterien zu vermeiden, welche nachträglich aus der Luft auf den Schnee gefallen sein konnten, nahm er die obersten Lagen des Schnees fort, füllte dann von den tieferen, also vor zufälligen Verunreinigungen geschützten Lagen in ein Probirgläschen und erwärmte.

Aus 1 ccm des frisch bereiteten Schmelzwassers wuchsen von einem Schnee

Probe	1 Tag alt mittlere Lufttemperatur — 6° C.	2 Tage alt mittlere Lufttemperatur — 6,5° C.	3 Tage alt mittlere Lufttemperatur — 1 ° C.	4 Tage alt mittlere Lufttemperatur — 11,6° C.
I.	2	18	228	145
II.	4	20	—	212

Bakterien zu Colonien aus.

[1]) Ueber den Bakteriengehalt des Schnees. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde 2, Nr. 18.

Sogar in einer Höhe von 1800 bis 2000 m ist der Schnee, wenn er einige Zeit gelegen hat, nicht bakterienfrei.

Schmelck[1]) fand in dem Schmelzwasser aus dem Schnee des Jostedalgletschers in Norwegen, welcher eine Fläche von 1600 qkm einnimmt, in zwei Proben je zwei Bakterien und zwei Schimmelpilze pro Cubikcentimeter Wasser.

Ein Gletscherbach, 1600 m über dem Meere und 50 m unterhalb des Gletscherthores, enthielt in zwei Proben vier und sechs Mikroorganismen pro Cubikcentimeter. Die Temperatur des Bachwassers betrug 2° C.

Um in Erfahrung zu bringen, wie viel Keime im frisch gefallenen Schnee enthalten sind, stellte Janowski in der Umgebung von Kiew Untersuchungen an. Ein Cubikcentimeter Schmelzwasser lieferte

Probe	am 2. Febr. 1888 bei mittlerer Lufttemp. von — 7,2° C. und einem Niederschlag von 0,1 mm	20. Febr. 1888 bei mittlerer Lufttemp. von — 11,1° C. und einem Niederschlag von 1,1 mm	28. Febr. 1888 bei mittlerer Lufttemp. von — 12,2° C. und einem Niederschlag von 0,9 mm	29. Febr. 1888 bei mittlerer Lufttemp. von — 3,4° C. und einem Niederschlag von 1,7 mm
I.	34	203	140	134
II.	38	384	168	463

Bakterien. Die letzte Untersuchung wurde während eines Schneegestöbers vorgenommen.

Foutin[2]) untersuchte ein etwa wallnussgrosses Hagelkorn und fand, nachdem das Korn vorher in sterilisirter Kochsalzlösung abgespült war, im Cubikcentimeter seines Schmelzwassers 729 Bakterien, die neun verschiedenen Arten angehörten; Schimmel und Hefen waren anscheinend in dem Korn nicht enthalten.

Wenn selbst frisch gefallener Schnee und Hagel, sowie Schnee aus Regionen, die mit ewigem Eis bedeckt sind, nicht keimfrei ist, dann darf von vornherein angenommen werden, dass in den Wässern, welche Verunreinigungen zugängig sind, viele Bakterien gefunden werden. Indessen nehmen auch die grössten Mengen von Bakterien immer nur einen verhältnissmässig geringen Raum ein.

[1]) Eine Gletscherbakterie. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde 1888, S. 545.

[2]) Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde 1890, S. 372.

Fol und Dunant[1]) rechneten aus, dass erst 1000 Milliarden von Bakterien, deren jede etwa 0,001 mm Durchmesser habe (0,001 mm = 1 μ = 1 Mikron), genügen würden, einen Cubikcentimeter völlig auszufüllen. Diese hohe Zahl wird aber selbst in den bakterienreichsten Wässern nur zu einem minimalen Bruchtheil erreicht.

Am stärksten mit Bakterien angefüllt sind die Waschwässer. Miquel[2]) untersuchte in drei innerhalb der Stadt Paris in der Seine liegenden schwimmenden Waschanstalten (*bateaux-lavoirs*) die Wässer, welche zum Einweichen des Zeuges vor der Behandlung desselben mit Lauge gedient hatten, und fand in sechs Mischproben 25, 37½, 12, 32, 19 und 40 Millionen Bakterien im Cubikcentimeter. Zum Vergleich giebt er die nachstehenden, wegen ihres allgemeinen Interesses wichtigen Zahlen. Obschon Miquel für seine Versuche eine abweichende Methode benutzt hat, und seine Resultate sich daher mit den durch die Gelatineplattenmethode erzielten nicht vollständig decken, so gewähren sie doch unter sich ein gut vergleichbares Material. Miquel fand als Mittelzahlen aus einer grossen Reihe sehr sorgfältig angestellter Experimente, dass ein Cubikcentimeter

condensirter Wasserdunst (Montsouris)	1,4	Keime	enthielt
Regenwasser (Montsouris, regnerische Zeit)	4,3	„	„
Wasser der Drainröhren der Rieselfelder von Gennevilliers	12	„	„
Regenwasser (Centrum der Stadt, regnerische Zeit)	19	„	„
Wasser der Vanne zu Montrouge . .	120	„	„
Wasser der Seine zu Choisy (oberhalb Paris)	300	„	„
Wasser der Seine zu Bercy (in der oberen Enceinte von Paris) . . .	1200	„	„
Wasser der Seine zu St. Denis (nach Aufnahme des Canalwassers von Paris)	200000	„	„
Canalwasser zu Clichy	6000000	„	„
Waschwasser der schwimmenden Waschanstalten	26000000	„	„

[1]) Effet d'un repos prolongé et filtrage par la porcelaine. Revue d'hygiène et police sanitaire 1885, T. III.

[2]) De la richesse en bactéries des eaux d'essangease. Revue d'hygiène Tom. 8, pag. 388.

Den Waschwässern zunächst stehen die Canalwässer, die Spüljauchen. Seite 547 sind einige Angaben gemacht über die Spüljauche des Druckrohres in Falkenberg, sowie über den Inhalt der Abzugsgräben der Rieselfelder bei Berlin.

Blasius[1]) fand in 1 ccm eines Braunschweiger Fabrikabwassers durchschnittlich 2980000 Bakterien. Wahl[2]) untersuchte die Abwässer der Stadt Essen; dieselben enthielten von 1686000 bis 5248000 Mikroorganismen im Cubikcentimeter. Das Londoner Canalwasser zählte nach Bischoff[3]) 7500000 entwickelungsfähige Keime im Cubikcentimeter. Miquel[4]) fand nach seiner Methode (s. Cap. XV. E. 3 u. 4) im Canalwasser von Paris 20000 Spaltpilze im Cubikcentimeter, wohingegen Proust mittelst der Koch'schen Plattenmethode im Wasser der Seine unterhalb der Auslassmündungen des Sammelcanals 242000 Mikroben im Cubikcentimeter nachzuweisen vermochte.

Wie viel Mikroorganismen das Flusswasser beherbergen kann, zeigte Koch[5]) für die Spree:

Ort der Entnahme:	Colonien:
Spree oberhalb Köpenick	82000
oberhalb der Einmündung der Wuhle	210000 115000
200 Schritte unterhalb der Wuhle-Mündung	118000
Stralauer Wasserwerk vor der Filtration	125000
Spree in der Stadt oberhalb der Einmündung der Panke	940000
unterhalb der Einmündung der Panke	1800000
Spree bei Bellevue,	
erste Untersuchung	1640000
zweite „	4480000
Spree bei Charlottenburg	10180000
Spree bei Spandau,	
erste Untersuchung	220000
zweite „	5000000

[1]) Monatsheft für öffentliche Gesundheitspflege, Nr. 5 u. 6, 1885, Braunschweig. Das Röckner-Rothe'sche Reinigungsverfahren der Abwässer.

[2]) Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege. Bonn 1886, Heft I. Mittheilungen über bakteriologische Untersuchungen der Essener Abwässer.

[3]) Engineering. London 1885.

[4]) Annuaire de l'observatoire de Montsouris 1880, p. 497.

[5]) Bericht der Deputation für die Verwaltung der Canalisationswerke, Berlin 1883.

Allem Anschein nach hat sich seit jener Zeit durch Regulirung der Zuflüsse und des Flussbettes, Reinigung etc. der Keimgehalt des Spreewassers vermindert. Zwanzig von uns während der Monate December 1884 bis Mai 1885 angestellte Versuche ergaben, dass gegenüber der Entnahmestelle der städtischen Wasserwerke nur in wenigen Fällen mehr als 6000 Bakterien im Cubikcentimeter enthalten waren. Dr. Frank[1]) hat in einer umfassenden Arbeit Bericht erstattet über 22 chemische und bakteriologische Untersuchungen des Spreewassers, welche er innerhalb eines Jahres an je 15 verschiedenen Stellen von dem Eintritt der Spree in Berlin an, über Spandau hinaus, bis in die nächste Nähe Potsdams ausgeführt hat. Auf Seite 549 sind zwei Untersuchungen vollständig mitgetheilt. An dieser Stelle beschränken wir uns darauf, die Resultate der bakteriologischen Forschung anzuführen, und zwar nicht in Durchschnittswerthen, sondern in Einzeldaten.

Ausser der Frank'schen Arbeit liegen nur vier ähnliche, umfassende Untersuchungen über denselben Gegenstand vor, und zwar von Prausnitz, Schlatter, Stutzer-Knublauch, sowie von Fränkel-Dietrich.

Wir lassen diese Angaben in einer gewissen Ausführlichkeit folgen, weil sie vorzügliche Vergleichswerthe darstellen und weil sie die Verunreinigung von Wasserläufen verschiedener Art durch die Städte, sowie die Selbstreinigung der Wasserläufe nach der bakteriologischen Richtung hin klarlegen.

Zum besseren Verständniss der Frank'schen Arbeit haben wir die Entfernungen etc. nach der Kiesling'schen topographischen Karte von Berlin zusammengestellt.

Die Entnahmestelle 1. liegt in dem damals noch nicht vollständig canalisirten Bezirk des Radialsystemes XII. Die Spree empfing in dieser Gegend also einen Theil der Hausabwässer. Die Entnahmestellen 2, 3, 4, 5 befinden sich innerhalb der eigentlichen Stadt und haben vollständig canalisirte Bezirke neben sich. Die Moltke- und Moabiterbrücke liegen unterhalb Berlins, beide in noch nicht vollständig bebauter, bezw. nicht vollständig canalisirter Gegend; unterhalb der Moltkebrücke befindet sich ein sehr besuchter Liege- und Ladeplatz für die zahlreichen Flussfahrzeuge.

Die Entnahmestelle 8 und 9, Hafenplatz und Lichtensteinbrücke, sind in der Mitte und am unteren Ende des Landwehrcanals gelegen. Dieser Canal hat an seiner südlichen Seite zwei

---

[1]) Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bakteriologischer und chemischer Hinsicht. Zeitschrift für Hygiene 3, 355.

noch nicht vollständig canalisirte Radialbezirke und nimmt den schmutzigen Wiesengraben auf. In den Landwehrcanal fliessen nicht mehr als 17,7 Proc. der Gesammtwassermasse der Spree, dennoch münden in ihn 43 der 85 Nothauslässe, welche das Berliner Canalsystem hat.

Die Ruhlebener Schleuse liegt im unteren Spreelauf, genau $1^1/_4$ Meile vom Mittelpunkte der Stadt entfernt. Auf dieser Strecke mündet der sog. schwarze Graben, welcher die Abwässer von Wilmersdorf und Schöneberg (20000 Einwohner) in sich aufnimmt, und ein Arm des Berlin-Spandauer Canals, welcher sehr unreines Pankewasser mit sich führt.

Die Entnahmestelle Spandau liegt $^1/_2$ Meile weiter abwärts und unterhalb des Zusammenflusses von Spree und Havel. Pichelsdorf ist wiederum $^1/_2$ Meile von Spandau entfernt und liegt am Anfange eines 1,5 Meilen langen Havelsees, an dessen Grenze zwischen erstem und zweitem Drittel Gatow, zwischen zweitem und letztem Drittel Cladow und an dessen Ausgang Sacrow gelegen ist. Die Länge des Wasserlaufes von der Oberbaum- bis zur Moltkebrücke beträgt $^3/_4$ Meilen, von der Moltkebrücke bis zur Ruhlebener Schleuse 1,3, und von dort bis Sacrow 2,5 deutsche Meilen.

Die Breite des Havelsees schwankt zwischen 0,06 bis 0,25 Meilen, wenn man die 0,4 Meilen breite Ausbuchtung des Wannsees ausser Acht lässt. Die Menge des Wassers der Havel ist ungefähr der Hälfte des Wassers der Spree gleich; letztere führt im zehnjährigen Durchschnitt gegen 110 cbm pro Secunde. Ueber Strömungen, Tiefenverhältnisse des Seewassers, die Grösse des Wasserabflusses bei Sacrow etc. sind uns ausreichende Daten leider nicht zugänglich gewesen, obgleich es für die Beurtheilung der in Frage kommenden Verhältnisse von Wichtigkeit gewesen wäre, die Angaben nach dieser Richtung hin zu ergänzen.

Nr.	Entnahmestelle	Zahl der aus 1 ccm Wasser entwickelten Keime am:										
		7./4. 86	21./4. 86	5./5. 86	18./5. 86	2./6. 86	16./6. 86	30./6. 86	14./7. 86	27./7. 86	11./8. 86	25./8. 86
1.	Oberbaumbrücke	5 100	4 000	4 320	2 200	26 400	2 800	10 500	8 400	1 900	4 500	4 200
2.	Janowitzbrücke	6 200	7 200	3 000	11 800	24 900	6 300	8 200	18 800	13 200	19 000	9 300
3.	Friedrichsbrücke	11 700	7 500	5 800	5 800	7 600	5 700	8 800	11 500	130 000	27 000	15 400
4.	Ebertsbrücke	10 500	10 920	4 100	8 200	34 000	10 900	25 600	12 100	30 000	45 000	14 400
5.	Marschallbrücke	10 900	19 200	5 300	7 300	80 000	11 300	37 700	49 000	30 000	51 000	17 100
6.	Moltkebrücke	14 200	10 200	7 200	13 300	108 000	9 100	97 200	130 000	64 800	63 000	7 300
7.	Moabiter Brücke	24 700	9 500	5 400	11 200	63 000	16 500	36 400	98 000	72 000	90 000	52 300
8.	Hafenplatz	39 500	31 000	50 000	42 100	351 000	216 000	200 000	150 000	494 000	350 000	200 000
9.	Lichtensteinbrücke	46 100	92 700	32 100	63 700	1 392 000	165 000	38 700	121 000	320 000	90 000	42 500
10.	Ruhlebener Schleuse	—	45 500	97 400	255 000	1 250 000	136 800	140 000	610 000	182 000	200 000	90 000
11.	Spandau	—	—	38 200	370 000	50 000	123 500	230 000	848 400	130 000	190 000	70 000
12.	Pichelsdorf	—	52 500	40 500	250 000	893 800	192 000	7 200	470 000	65 000	110 000	23 500
13.	Gatow	243 000	64 000	54 900	104 000	117 600	486 000	290 000	52 800	400 000	144 000	200 000
14.	Cladow	24 600	30 200	2 900	62 800	verflüssigt	270 000	290 000	1 044 000	330 000	180 000	473 000
15.	Sacrow	3 200	2 400	1 700	21 200	13 400	3 100	4 000	8 300	4 000	—	2 000

Nr.	Entnahmestelle	Zahl der aus 1 ccm Wasser entwickelten Keime am:										
		8./9. 86	22./9. 86	6./10. 86	20./10. 86	3./11. 86	17./11. 86	1./12. 86	15./12. 86	5./1. 87	2./2. 87	2./3. 87
1.	Oberbaumbrücke	7 000	6 700	1 900	2 600	10 300	8 100	5 900	4 800	2 000	8 300	65 000
2.	Janowitzbrücke	21 800	15 000	5 300	6 700	11 100	7 800	4 000	13 600	9 800	7 500	63 000
3.	Friedrichsbrücke	65 000	40 000	75 000	25 900	22 800	15 300	21 000	12 000	9 200	3 900	61 600
4.	Ebertsbrücke	144 000	154 000	50 000	22 800	132 500	8 400	10 100	19 000	14 300	3 200	61 600
5.	Marschallbrücke	136 800	108 000	16 600	15 000	36 500	6 100	4 800	15 800	6 500	3 500	27 300
6.	Moltkebrücke	385 000	143 000	53 200	18 600	240 000	5 800	5 500	32 600	8 600	4 500	104 000
7.	Moabiter Brücke	96 000	154 000	78 500	45 000	51 000	41 400	6 200	42 700	12 800	6 800	105 000
8.	Hafenplatz	200 000	260 000	165 000	300 000	216 000	198 000	27 000	43 100	63 000	23 300	143 000
9.	Lichtensteinbrücke	540 000	356 400	162 000	224 600	—	35 100	19 600	41 100	38 800	24 400	100 800
10.	Ruhlebener Schleuse	200 000	550 800	132 000	457 600	252 000	252 000	37 000	48 500	32 600	19 900	126 000
11.	Spandau	400 000	2 520 000	767 000	verflüssigt	48 800	167 200	39 300	50 200	33 700	21 800	170 100
12.	Pichelsdorf	120 000	435 000	204 000	300 000	525 000	90 200	6 300	18 000	30 700	19 600	119 700
13.	Gatow	200 000	246 400	24 000	9 000	13 800	9 000	29 000	15 500	12 200	18 200	176 000
14.	Cladow	650 000	112 000	9 500	8 400	24 700	6 300	23 900	8 900	10 600	219 Eiswasser geschöpft	96 000
15.	Sacrow	24 700	6 800	12 400	11 100	20 800	3 900	4 500	8 000	6 600	2 200	29 000

Die zweite Reihe von Untersuchungen über den Einfluss von Abwässern auf das Ansteigen des Bakteriengehaltes und das darauf folgende Niedergehen dieser Zahl stammt von Schlatter[1]). Die Limmat tritt mit einem Gehalt von 100 bis 200 Bakterien im Cubikcentimeter in die Stadt Zürich ein. Schon bei der Stadtmühle beträgt die Keimzahl 1000 bis 2000, ohne dass nennenswerthe Mengen von Schmutzwässern zuströmen. Durch die Aufnahme der Abwässer steigt die Bakterienzahl zuweilen bis über eine Million im Cubikcentimeter, um allmählich wieder zu sinken, bis sie bei Dietikon, zehn Kilometer von Zürich entfernt, meistens auf 2000 bis 5000 herabgegangen ist.

Versuch	Stadtmühle (vor den Einlässen)	Brücke			Hard-		Höngger Brücke	Engstringen	Kloster Fährli
		linker	mittlerer	rechter					
		Schmutzstreifen			Mühle	Fähre			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		0	0	0	550	750	2500	4000	4600
XIII.	1250	20570	24230	16010	1290	1540	860	800	1980
XIV.	160	2810	17370	35950	340	440	150	250	—
XV.	1020	43980	136080	217700	18650	9840	7250	7500	3600
XVI.	1220	200900	236640	326550	28700	16160	14270	5700	1940
XVII.	1050	9430	10540	17610	2220	2640	4000	2540	5100
XVIII.	—	7400	8470	17900	3000	4380	1650	5560	3950

Bei den beiden letzten Versuchen war der Wasserstand sehr hoch, der Strom reissend. Schlatter folgert daher: „Das Selbstreinigungsgebiet hat sich demnach mit wachsender Strömungsgeschwindigkeit vergrössert".

Prausnitz untersuchte in den Jahren 1887 bis 1889 die Veränderungen, welche die Isar durch die Aufnahme der Abwässer Münchens erlitt. Von dem Canalnetz der Stadt von 205 000 m waren damals nur 80000 m ausgebaut. Sämmtlicher Inhalt derselben wurde durch verschiedene Auslässe direct in die Isar eingeführt. Ausserdem bestanden noch alte Schmutzwassercanäle, welche gleichfalls in die Isar einmündeten. Auch die Stadtbäche nehmen Hauswässer auf und führen sie der Isar zu.

[1]) Der Einfluss der Abwässer der Stadt Zürich auf den Bakteriengehalt der Limmat. Zeitschr. f. Hygiene und Inf. 9, 56.

Tabelle I.

Bakteriologische Untersuchungen von Isarwasser vom linken Ufer am 24. November 1887 bei trockenem Wetter.

Ort der Entnahme	Bakterien pro 1 ccm
Oberhalb Münchens	261
Hinter der Eisenbahnbrücke	799
Hinter der Fraunhofer Brücke	397
50 m vor Einmündung des Canals	1339
Canalwasser direct aus dem Ausfluss in die Isar	121861
150 m hinter dem Canal	33459
40 m vor dem Eisbach	3658
40 m hinter dem Eisbach	2692
Vor Föhring	2084
Aus dem Eisbach 20 m vor seinem Einlaufe in die Isar	2800

Tabelle II.

Entfernung v. München	Entnahmestelle	17. 12. 1887	26. 3. 1888	14. 6. 1888	5. 7. 1888	27. 10. 1888	1. 12. 1888	13. 1. 1889	27. 1. 1889	10. 2. 1889	24. 6. 1889	Durchschnittlich Keime
	Oberhalb Münchens	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	305
1	Bogenhäuserbrücke	2050	27247	831	2356	11240	12610	10420	10830	13110	3149	9344
3,1	Hinter dem Eisbach	2521	35970	2887	2001	21120	27870	14850	17210	12655	—	15231
4,4	Oberföhring	1001	32248	3448	1433	25650	27730	—	—	—	3012	13503
7	Unterföhring	1205	32960	2086	3368	16710	19310	—	—	—	—	12607
10	Ziegelstadel	871	17508	2197	2430	12160	17420	—	—	—	—	8764
13	Ismanning	1187	—	—	—	—	19050	9396	8691	7230	—	9111
22	Ereting	—	—	—	—	—	—	4863	7765	—	1759	4796
33	Freising	—	—	—	—	—	—	3221	3221	—	693	2378

Anlässlich der Canalisation Kölns haben Stutzer und Knublauch[1]) den Bakteriengehalt des Rheines untersucht. Ihre abso-

[1]) Untersuchungen über den Bakteriengehalt des Rheinwassers oberhalb und unterhalb der Stadt Köln. Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege, Pettenkofer-Festschrift 1893, S. 95.

luten Zahlen dürften geringeren Werth beanspruchen, da die Proben erst sechs Stunden nach der Entnahme zur Untersuchung kamen, dahingegen sind ihre relativen Zahlen geeignet, ein gutes Bild über die Selbstreinigung des Rheines zu gewähren. Setzt man die oberhalb Kölns bei Marienburg gefundene Zahl von 4400 Bakterien gleich 100, so ergiebt sich folgendes Verhältniss:

Probeentnahme	Entfernung von Marienburg in Kilomet.	Stand		
		linkes Ufer	Mitte	rechtes Ufer
Marienburg, dicht ober-Kölns	0	100	100	100
Mülheim	8	1295	197	175
Stammheim-Niehl . .	11	615	162	136
Wiesdorf-Merkenich .	17	418	215	182
Rheindorf	19,5	315	198	1265*
Langel	22	354	214	283
Zons	34	186	174	251
Volmerswerth	47,5	122	125	143

* Einfluss der sehr verunreinigten Wupper.

Hiernach ist also, trotz des ungünstigen Einflusses der Wupper, welche ungefähr dieselbe Keimzahl wie die Abwässer Kölns liefert, in 47 km der frühere Gehalt an Bakterien wieder erreicht. Nimmt man den Einfluss der Wupper bei Rheindorf zum Ausgangspunkte der Betrachtung, so ist schon nach 28 km der Rhein der in ihn eingeführten Bakterien wieder entledigt worden. Die Schnelligkeit des Rheines bei Köln beträgt durchschnittlich 1 m in der Secunde.

Von C. Fränkel und Dietrich[1]) wurden während des Sommers aus der Mitte des Lahnflusses wöchentlich Proben geschöpft und chemisch und bakteriologisch untersucht.

Marburg liefert (mit 20000 Einw.) etwa 3000 cbm Canaljauche, die Lahn führt 4 cbm Wasser in der Secunde, d. h. 345 000 cbm in einem Tage, oder die Canaljauche wird um mehr als das Hundertfache verdünnt. Die Strömungsgeschwindigkeit des Flusses beläuft sich auf etwa 6 bis 7 m in der Minute, das Gefälle unter-

[1]) Die Ableitung der Abwässer Marburgs in die Lahn. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medicin und öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, 7, 2, 1894.

halb Marburgs ist ungefähr 1 : 1000. Die Proben wurden entnommen: I. oberhalb der Stadt, II. und III. dicht an der Einmündung grosser Siele (Weidenhäuser Brücke und Eselsbachgraben), IV. 1 km unterhalb und V. 7,5 km unterhalb der Stadt.

Entnahmestellen	Abdampfrückstand			Ammoniak	Salpetrige Säure	Chlor	Kaliumpermanganat	Bakterienkolonien im ccm	Bemerkungen
	Gesammt	Glührückstand	Glühverlust						
	mg	mg	mg						
I	127,6	107,6	20,0	frei	frei	7,1	5,3	1200	3. Mai. Temp. 16°.
II	126,0	105,6	20,4	fast frei	„	7,8	5,9	14000	Wasser nahezu
III	123,0	101,5	21,5	„	„	8,5	5,3	4320	klar; wenig schwe-
IV	127,0	106,0	21,0	„	„	8,5	5,3	1575	bende Theile, völlig
V	124,0	103,0	21,0	„	„	8,5	5,9	2300	geruchlos.
I	144,0	120,0	24,0	fast frei	frei	9,2	7,9	4280	14. Juni. Tempera-
II	136,4	116,0	20,4	„	fast frei	9,9	8,2	4560	tur 14°. Sehr
III	139,0	115,0	24,0	sehr wenig	sehr wenig	10,6	8,5	11200	schwach getrübt; geruchlos.
IV	137,0	112,0	25,0	„	„	10,6	8,5	6500	
V	138,0	113,0	25,0	„	„	10,6	8,2	3220	
I	142,0	117,0	25,0	fast frei	frei	9,9	4,9	700	11. Juli. Tempera-
II	135,0	115,0	20,0	wenig	„	9,9	5,6	3200	tur 15°. Nahezu
III	145,0	123,0	22,0	sehr wenig	„	9,9	7,2	1400	klar; geruchlos.
IV	144,0	122,0	22,0	„	„	9,9	6,2	1400	
V	149,0	129,0	20,0	„	„	9,9	8,5	2400	
I	144,0	120,0	24,0	frei	frei	8,1	5,3	650	24. August. T. 19°.
II	136,4	116,0	20,4	wenig	„	9,9	8,3	17800	Nahezu klar; ge-
III	139,0	115,0	24,0	sehr wenig	„	9,9	7,7	22900	ruchlos.
IV	137,0	112,0	25,0	„	„	9,9	6,2	22850	
V	138,0	113,0	25,0	fast frei	„	9,9	8,0	1340	
I	148,0	134,0	14,0	fast frei	frei	8,5	5,7	1380	12. October. Temp.
II	149,0	136,0	13,0	„	„	8,8	4,8	7345	14°. Schwach ge-
III	152,0	134,0	18,0	wenig	„	8,5	5,7	10430	trübt; geruchlos.
IV	154,0	128,0	16,0	fast frei	„	8,5	5,1	4200	
V	148,0	136,0	12,0	„	„	8,5	4,4	1560	

Von Wichtigkeit sind die Resultate der Sächsischen Commission [1]), welche den Gehalt des Elbwassers bestimmte:

	15. April 1891			30. September 1891		
	Gesammt-trocken-rückstand	Verbrauchter O, mg im Liter	Bakterien	Gesammt-trocken-rückstand	Verbrauchter O, mg im Liter	Bakterien
	g	mg		g	mg	
Herrnskretschen	—	—	—	0,170	5,0	über 400 000 im Cubikcentimeter
Krippen . . .	0,118	4,97	38 000	0,165	4,92	
Schandau . . .	0,121	4,31	40 000	0,166	4,93	
Pirna	0,117	4,28	40 000	—	—	
Pillnitz	0,117	4,10	12 000	0,164	4,64	
Dresden:						
Saloppe	0,116	4,33	20 000	0,163	5,00	
Marienbrücke .	0,119	4,25	20 000	0,171	5,13	
Uebigau . . .	0,128	4,43	38 000	0,174	5,42	
Niederwartha .	0,114	4,13	10 000	0,168	5,50	

Bei der ersten Untersuchung war die Wassertemperatur + 6° C., der Wasserlauf 650 cbm in der Secunde. Die Menge des suspendirten Schlammes betrug pro Liter 0,13 ccm. Bei der zweiten Untersuchung wurde die Wassertemperatur mit 18° C. bestimmt, der Wasserlauf betrug nur 135 cbm in der Secunde.

In Dresden selbst wurden folgende Bestimmungen gemacht:

	15. Juni 1890			5. November 1891		
	Gesammt-rückstand	Verbrauchter O, mg im Liter	Bakterien	Gesammt-rückstand	Verbrauchter O, mg im Liter	Bakterien
	g	mg		g	mg	
Saloppe	0,144	6,1	55 000	0,183	6,5	3 000
Marienbrücke .	—	—	—	0,181	5,0	4 000
Uebigau . . .	0,140	5,2	76 000	0,185	5,9	10 000
Schleuse . . .	0,140	7,0	—	—	—	—
Schusterhaus .	—	—	—	0,190	5,4	6 000
Niederwartha .	0,144	5,1	42 000	0,187	5,6	3 000

[1]) 23. Jahresb. über d. Medicinalwesen im Königreich Sachsen f. d. J. 1891.

Die Wassertemperatur betrug bei der ersten Untersuchung + 22°, bei der zweiten 0° C., der Secundenlauf des Wassers bei der ersten 220 cbm, bei der zweiten 105 cbm; letztere Zahl entspricht einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 1,2 Secundenmetern.

Frank[1]) fand am 7. October 1891 im Rhein bei Worms 1500, am 17. October 2700, bei Hattenheim am 16. Januar des folgenden Jahres 2500, am 2. Februar 20000 Keime im Cubikcentimeter; Moers hingegen fand im Rheinwasser bei Mülheim bei einer je einmaligen Untersuchung im April, Juni, Juli, August, October und November 1885 stets zwischen 17000 bis 23000 Bakterien.

Rosenberg[2]) untersuchte das Mainwasser sowohl oberhalb Würzburgs, wo also eine Verunreinigung durch die Stadt noch nicht hatte eintreten können, als auch 50 m unterhalb der Einmündung der Canäle.

Zahl der aus 1 ccm Wasser im Februar und März entwickelten Colonien:

oberhalb der Stadt	unterhalb der Stadt	oberhalb der Stadt	unterhalb der Stadt	oberhalb der Stadt	unterhalb der Stadt
520	15 500	680	22 000	640	35 000
355	2 950	680	15 000	950	11 500
680	16 000	740	17 000	800	18 500
780	6 600	830	13 500	525	17 000
640	6 400	2 050	9 500	385	16 200
720	18 000	610	7 100	750	15 000
565	17 200	910	23 000	830	19 000
1 020	14 000				

Nach dem Einfluss der Canäle war die Zahl der verflüssigenden Arten und der nicht verflüssigenden Bacillen gegenüber den Kokken um ein Bedeutendes gestiegen und ausserdem waren Schimmelpilze sowie Hefen in beträchtlicher Menge hinzugekommen.

Noch belangreicher sind die Angaben Lehmann's. Er untersuchte das Mainwasser an der Heidingsfelder Brücke 1 km unterhalb Heidingsfeld und 1,5 km oberhalb Würzburgs, ferner das Wasser aus dem grossen Canal oberhalb der neuen Brücke, und

[1]) Hygienische Rundschau, Nr. 10, 1893.

[2]) Rosenberg, Ueber die Bakterien des Mainwassers. Archiv für Hygiene 1886, S. 448.

[3]) Der Einfluss des Würzburger Canalwassers auf den Main. Festschrift zur Versammlung des Deutschen Vereins f. öffentliche Gesundheitspflege 1893.

110 m unterhalb dieses Einflusses (Neue Brücke), und zwar 4 m vom Ufer und in der Mitte des Stromes. Die Schnelligkeit in der Mitte betrug bei Niedrigwasser zwischen 0,22 m und 0,7 m in der Secunde, am Ufer höchstens 0,2 bis 0,3 m. Die Schnelligkeit in den Canälen ist mit 0,35 bis 0,8 m angegeben. In Folge des langsamen Abflusses bilden sich Schlammbänke im Flusse.

	Schwebende Bestandtheile	Abdampfrückstand	Sauerstoffverbrauch	Bakterien im ccm	Bemerkungen
Heidingsfeld . . .	16	296	2,8	5 200	Frost, vorher viel Schnee, Treibeis.
Canal	106	500	20,2	548 000	
Neue Brücke, Ufer	20	298	2,9	27 000	18. Februar — 7,9° C.
„ „ Mitte	17	302	2,8	16 000	
Heidingsfeld . . .	18	319	3,6	1 900	Sommerwetter ohne Niederschläge. 28. Mai + 22° C.
Canal	117	636	21,3	671 000	
Neue Brücke, Ufer	19	349	4,0	19 800	
„ „ Mitte	16	345	3,8	4 600	

Bezüglich der Seine und des Wassers der Vanne sind folgende Durchschnittszahlen mehrerer Jahre von Interesse[1]).

Entnahmestelle	Entwickelte Keime pro Cubikcentimeter	Entnahmestelle	Entwickelte Keime pro Cubikcentimeter
Vanne-Reservoir . .	1 240	Marne bei St. Maur .	58 550
Vanne-Canal	2 565	Drain von St. Maur .	2 375
Dhuis-Reservoir . . .	2 900	Seine bei Ivry . . .	56 185
Dhuis-Canal	3 615	„ „ Austerlitz .	73 500
Ourcq bei Vilette . .	76 545	„ „ Chaillot . .	177 625

Die Newa führte nach Poehl innerhalb der Stadt Petersburg am 1. October 1883 312 bezw. 332 Keime, die kleine Newa 5772, der Fluss Wolkowo aber, welcher ebenso wie die Canäle durch Stadtabflusswässer verunreinigt wird, enthielt an demselben Tage 483 560, der Canal Fontanka 10504 und 21 632 Bakterien im Cubikcentimeter.

Theobald Smith[2]) fand durchschnittlich im unfiltrirten Potomacwasser in Washington im Januar (2 Unters.) 3774 Bakterien,

[1]) Miquel, Note sur l'altération progressive de la Seine etc. Revue d'hygiène 1890, p. 838.

[2]) Quantitativ Variations in the Germ. life of Potomac water during the Year 1886. Medical News, April 9, 1887, p. 404.

Februar (5 U.) 2536, März (4 U.) 1210, April (4 U.) 1521, Mai (3 U.) 1064, Juni (2 U.) 348, Juli (2 U.) 255, August (1 U.) 254, September (2 U.) 178, October (3 U.) 75, November (1 U.) 116, December (2 U.) 967.

Die Rhone (Fol und Dunant) barg an der oberen Entnahmestelle des Genfer Wasserwerkes vom April bis Ende Mai in fünf Proben je 24, 43, 39, 25, 75 Bakterien, die Arve führte zwischen 63 und 125 Mikroorganismen im Cubikcentimeter Wasser.

In der Limmat wies Cramer in sieben Proben zwischen 30 und 548 Mikrophyten im Cubikcentimeter Wasser nach.

Em. Roth stellte die Menge der Mikroorganismen im Leitznitzbach am 25. August mit 24000 pro Cubikcentimeter fest, während das Wasser der fünf aus der Leitznitz gespeisten Leitungsbrunnen, wohin es durch hölzerne Röhren mit eingeschobenen Schlammkästen geführt wird, zu ungefähr derselben Zeit 1000 bis 6000 Bakterien im Cubikcentimeter enthielt.

Bischoff constatirte im Spätherbst 1885 in der Themse zwei Stunden nach Hochwasser an London bridge 45000 entwickelungsfähige Keime pro Cubikcentimeter. Das Wasser des River Lea aber führte an der Lea bridge 4200000 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter.

Weil es von Nutzen sein kann, als Vergleichsobject eine grössere Reihe von Zahlen zur Verfügung zu haben, so entnehmen wir die folgende Tabelle dem Bericht: „Ueber die Beschaffenheit des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom 1. April 1886 bis März 1889 von Dr. Proskauer“[1]), indem wir anführen, dass die Fortsetzung dieser Zahlenreihen — in etwas veränderter Anordnung, sich auf Seite 548 findet. Der Chlorgehalt, 2,0 bis 3,0 auf 100000 Theile bei dem Stralauer, 1,4 bis 1,7 bei dem Tegeler Werk, zeigt an, dass die Entnahmestellen 8 und 10 von der Stralauer Leitung, die Entnahmestellen 6, 7 und 9 von der Tegeler Leitung versorgt werden.

Hiermit correspondirt auch der hohe Keimgehalt am 15. März, wo eine Betriebsstörung in der Stralauer Anlage eingetreten war.

Zu gleicher Zeit wird durch die Spalten 2 und 4 in klarer Weise die Wirkung der Sandfiltration dargelegt.

---

[1]) Zeitschrift für Hygiene 9, 103.

Datum der Entnahme	I. Wasser von den Stralauer Werken		II. Wasser von den Tegeler Werken			III. Wasser aus der Stadt				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	unfiltrirtes Spreewasser (Schöpfstelle)	filtrirtes Spreewasser (Windkessel)	unfiltrirtes Seewasser (Schöpfstelle)	filtrirtes Seewasser (Windkessel)	Charlottenb. Hochbehälter (Saugekessel)	*W* Wilhelmstrasse Nr. 75	*SW* Friedr.-strasse Nr. 41/42	*SO* Schmidstrasse Nr. 16	*N* Friedr.-strasse Nr. 126	*C* Weinmeisterstrasse Nr. 15
1887										
3. October	29 700	28	18	17	36	37	28	45	34	10
15. „	8 460	18	62	4	2	5	9	22	30	7
1. November	12 000	120	14	4	8	6	4	32	2	42
15. „	4 340	180	90	29	14	3	6	11	6	40
1. December	10 340	42	38	39	24	6	171	142	38	—
15. „	11 000	130	43	3	29	8	53	78	8	14
1888										
3. Januar	4 500	168	58	14	49	13	18	72	81	42
17. „	4 300	14	112	8	112	4	18	22	9	19
1. Februar	8 500	68	30	32	48	54	14	28	39	28
15. „	11 000	48	8650	18	100	9	12	42	12	45
1. März	1 400	16	82	14	8	9	14	140	11	210
15. „	11 000	3600	120	8	140	12	20	2250	6	5214

Das Seewasser enthält eine geringere Menge Schizophyten als das Flusswasser. Wie die Verhältnisse für den Tegeler See liegen, dessen Proben dicht am Schöpfwerk, also hart am Ufer und wenige Centimeter unter der Oberfläche entnommen wurden, ist ausser in der vorstehenden Tabelle auch auf Seite 507 und 548 angegeben. Ausserdem sei erwähnt, dass in 60 Untersuchungen des Tegeler Seewassers in der Zeit vom 1. April 1889 bis 1. October 1891 nur dreimal über 1000, fünfmal zwischen 500 und 1000, zwölfmal zwischen 1000 und 500 und vierzigmal unter 100 Bakterien enthalten waren[1]). Bezüglich des Havelsees zwischen Spandau und Potsdam sind die Nrn. 12 bis 15 der Tabelle von Frank (Seite 549) zu beachten.

Der Züricher See weist nach ungefähr 50 Versuchen, welche Cramer[2]) im October, December 1884 und Januar 1885 anstellte, einen Durchschnittsgehalt von 168 Keimen pro Cubikcentimeter auf. In der Zeit vom 13. bis 24. Juni 1884 ergaben 42 Versuche nur 71 Bakterien als Mittelzahl. Bertschinger[3]) fand in den folgenden Jahren bei 4 m Tiefe 22 bis 622, bei 12 m Tiefe 39 bis 388, und bei 16 m, d. h. 1 m über dem Boden, 58 bis 634 Bakterien im Cubikcentimeter Wasser, während bei Küssnacht 80 m tief nur 30 gefunden wurden. Im October 1884 enthielt eine Wasserprobe aus dem Vierwaldstättersee 8, eine andere 51 entwickelungsfähige Mikrophyten pro Cubikcentimeter.

Der Genfer See barg während der Zeit vom 12. April bis 21. Mai in 10 Proben, welche meistens etwas entfernt vom Ufer geschöpft wurden, durchschnittlich 38 Bakterien pro Cubikcentimeter[4]).

Karlinski[5]) berichtet über den etwa 26 ha grossen Borkesee (Herzegowina), dass sich an der Oberfläche in der Nähe des Ufers etwa 16000, in der Mitte 3000 bis 4000 Bakterien fanden; während an der Oberfläche 4000 Bakterien vorhanden waren, die nur aus aëroben Mikroben bestanden, waren in 5 m Tiefe kaum 1000, darunter eine Art anaërober, in 10 m noch etwa 600, und in 15 m, dicht über dem Boden, nicht mehr als 200 bis 300, und zwar nur

[1]) Proskauer, Zeitschr. f. Hygiene 14, 259.

[2]) Die Wasserversorgung von Zürich. Bericht der erweiterten Wassercommission an den Stadtrath von Zürich und Entgegnung der „erweiterten Wassercommission" von Zürich auf die Angriffe des Herrn Prof. Dr. Klebs.

[3]) Untersuchungen über die Wirkung der Sandfilter des städtischen Wasserwerkes in Zürich. 1889, S. 14.

[4]) Fol et Dunant, Recherches sur le nombre des germes vivants que renferment quelques eaux de Genève. Genève 1884.

[5]) Centralblatt f. Bakteriologie 12, 223.

anaërobe Bakterien. Wurde der Boden berührt, so stieg die Zahl durch das Aufwirbeln des Schlammes auf 6000 an.

Russell[1]) fand in einer Entfernung von 4 bis 15 km vom Lande an der Oberfläche des Wassers im Golf von Neapel etwa 50 Bakterien im Cubikcentimeter. Die Untersuchung des Wassers bis zu 800 m Tiefe gab wechselnde Resultate, so dass der Autor erklärt, es lasse sich der Einfluss der Tiefe nicht sicher bestimmen. Die Zahlen schwanken zwischen 3 und 260. Dahingegen fand er im Schlamme am Meeresboden stets sehr viele Mikroben: in Tiefen von 80 bis 200 m etwa 200000, von 100 bis 200 m 70000, von 200 bis 1100 m gegen 20000. Mindestens 35 Proc. der Bakterien gehörten 3 im Schlamme, nicht aber im freien Wasser vorkommenden Bacillenarten an. Nach demselben Autor[2]) betrug die Bakterienzahl im Atlantischen Ocean bei Woods Hull, Mass., überall in den bis 20 m tiefen Wasserschichten bis zu 120 im Cubikcentimeter. Auch der Schlamm enthielt hier weniger Keime, als im Golf von Neapel, nämlich nur 17000. Dagegen war das Verhältniss der Schlammbakterien zu den Wasserbakterien beiderseits gleich.

Die bedeutendsten Untersuchungen über die Bakterien des Meeres sind von B. Fischer[3]) angestellt auf einer Reise von Kiel nach Westindien und bei der Plankton-Expedition im Jahre 1886 (Kiel—Südspitze von Grönland—Bermudas-Capverden—Ascension—Para—Azoren—Kiel). Fischer fand an der Meeresoberfläche mehr als drei Meilen vom Lande 7 mal 0, 49 mal 1 bis 25, 12 mal 26 bis 50, 8 mal 51 bis 100, 13 mal 101 bis 250, 7 mal 251 bis 500, 13 mal 500 bis 1000, 6 mal 1000 bis 5000, 4 mal 5000 bis 10000, 1 mal 18900 und 1 mal 28000 Bakterien. Die höchsten Zahlen wurden an den Grenzen der Meeresströmungen, besonders in den Bezirken der Stromkabbelungen gefunden; in den Breiten über 50° waren durchweg unter 100 Keime im Cubikcentimeter Meerwasser enthalten. In 200 m Tiefe fanden sich in 11 Versuchen von 3 bis 789 Bakterien, bei 400 m in 4 Versuchen von 46 bis 221, bei 800 bezw. 1100 m betrug die Keimzahl 12 und 8, in grösseren Tiefen war das Wasser keimfrei, ebenso wie der Bodenschlamm in 4 Proben bei Tiefen von 1500 bis 5250 m.

---

[1]) Zeitschrift f. Hygiene **11**, 175.

[2]) The botanical Gazette 1893, **18**, 383, 411, 439 ref. im Centralblatt f. Bakteriologie und Parasitenkunde **15**, 558.

[3]) Die Bakterien des Meeres nach den Untersuchungen der Plankton-Expedition. 1894. Lipsius und Tischer. Kiel.

Es sei hier eine Beobachtung von Chasanow[1]) angeschlossen, welcher im Schlamme des Reservoirs der Dorpater Universitätsleitung 900 Bakterien pro Cubikcentimeter fand, während das zugeleitete Tiefbrunnenwasser nur 6 enthielt.

Sehr verschieden ist der Reichthum der Brunnen an lebensfähigen Mikroorganismen.

Brunnenzahl	Bakterienzahl
Roth-Belgard	
3	4 500 bis 5 000
6	7 800 „ 15 000
6	18 000 „ 35 000
1	130 000
De Blécourt-Groningen	
1	7
9	bis 100
18	100 bis 500
24	500 „ 1000
15	1000 „ 2000
8	2000 „ 3000
6	3000 „ 4000
2	4285 bez. 6790
Dr. Becker-Gotha	
2	0 bis 5
2	5 „ 10
4	10 „ 20
26	20 „ 100
6	100 „ 200
5	200 „ 300
4	300 „ 400
1	400 „ 500
2	500 „ 1000
1	unzählige

Brunnenzahl	Bakterienzahl
Dr. Egger-Mainz	
1	0
3	0 bis 5[2])
4	5 „ 10
10	10 „ 20
16	20 „ 100
9	100 „ 200
7	200 „ 300
2	300 „ 400
1	400 „ 500
4	500 „ 1000
3	1000 „ 2000
4	2000 (unzählige)
Maschek[3])-Leitmeritz	
1	10 bis 20
2	30 „ 50
1	100 „ 300
8	300 „ 500
15	500 „ 1000
21	1000 „ 2000
11	2000 „ 5000

Brunnenzahl	Bakterienzahl
Dr. Link-Stettin	
6	unter 100
21	100 bis 500
4	500 „ 1 000
8	1 000 „ 2 000
3	2 000 „ 3 000
2	3 000 „ 4 000
1	4 000 „ 5 000
1	11 000
1	18 000
Dr. Steinberg-Rastatt	
4	50 bis 100
3	100 „ 200
2	200 „ 400
1	8160
Bokorny-Kaiserslautern	
13	0
22	0 bis 10
11	11 „ 20
13	21 „ 100
7	101 „ 200
5	201 „ 500
2	501 „ 1000
5	über 1000

[1]) Dorpater Dissertationen 1892.

[2]) Finden sich auf einer Platte nur fünf oder sechs Colonien, welche alle oder fast alle an der Oberfläche liegen, so hat man dieselben als Verunreinigungen aufzufassen, welche bei der Anfertigung der Platten hinzugekommen sind.

[3]) Bakteriologische Untersuchungen der Leitmeritzer Trinkwässer. Jahresbericht der Oberrealschule Leitmeritz 1887. — Ausserdem ausführliche briefliche Angaben des Herrn Prof. Maschek.

In der vorstehenden Tabelle giebt die in der ersten Rubrik enthaltene Zahl die Anzahl der Brunnen, die in der zweiten Rubrik stehende die auf den Cubikcentimeter Brunnenwasser entfallende Bakterienzahl an; der erste Name ist der des Autors, der zweite derjenige der betreffenden Stadt.

Die Beobachtungen Bokorny's erhalten dadurch noch besonderen Werth, dass der ersten Untersuchung nach zehnstündigem Stehen des Wassers eine zweite Untersuchung folgte. Die meisten der Wässer, welche gleich nach der Entnahme gar keine Bakterien gezeigt hatten, erwiesen sich 10 Stunden später wiederum keimfrei.

Wir fanden das Wasser eines 14 m tiefen, neu angelegten grossen Kesselbrunnens zur Versorgung der Stadt Zerbst in zwei ein Jahr aus einander liegenden Untersuchungen völlig keimfrei, ebenso die Kesselbrunnen der neuen Wasserversorgung der Stadt Trier nach drei Wochen dauerndem Abpumpen.

B. Fischer[1]) stellte für Kiel fest, dass

51	Brunnen	bis zu	500		
34	„	zwischen	500	und	1 000
64	„	„	1 000	„	10 000
22	„	„	10 000	„	20 000
8	„	mehr als	30 000		entwickelungsfähige Keime

im Cubikcentimeter enthielten.

Als weitere Beispiele, wie keimhaltig die Brunnen einer Stadt sein können, wenn sie — zum grösseren Theil wenigstens — in der bakterienhaltigen Bodenschicht stehen, mögen die Angaben von Wolochinsky und Heymann, Seegrön, Brasche, Zimmermann[2]) über Dorpat dienen. Es fanden sich:

15	Brunnen	mit	0	bis	100	Keimen	pro	Cubikcentimeter
37	„	„	100	„	1 000	„	„	„
43	„	„	1 000	„	10 000	„	„	„
42	„	„	10 000	„	100 000	„	„	„
5	„	„	100 000	„	797 000	„	„	„

Grandhomme[3]) unterzog sich der sehr mühsamen, aber dankenswerthen Arbeit, die sämmtlichen öffentlichen Brunnen der 21 Ortschaften des Kreises Höchst a. M. chemisch und bakteriologisch zu untersuchen.

---

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 13, 292.

[2]) Dorpater Dissertationen 1892.

[3]) Der Kreis Höchst a. M. in gesundheitlicher und gesundheitspolizeilicher Beziehung. Frankfurt a. M.

Unter 118 Pumpbrunnen enthielten:						Der Abfluss oder Verschluss war schlecht bei	Das Pumpenrohr bestand aus Holz bei
2	zwischen	30	bis	50	Bakterien	1	0
14	„	50	„	100	„	2	9
61	„	100	„	200	„	17	31
31	„	200	„	500	„	7	10
10	„	500	„	1000	„	4	6

Die Zahlen sind Mittelzahlen aus je zwei zu verschiedenen Jahreszeiten unternommenen Untersuchungen. Nur dreimal wurde die Zahl 1000, und zwar nur unerheblich überschritten.

Bei diesen Untersuchungen wurde auch den örtlichen Verhältnissen die nothwendige Aufmerksamkeit geschenkt und bei jedem Brunnen angegeben, aus welchem Material die Pumpe und der Pumpenstock besteht, wie der Verschluss und der Abfluss ist, ob die Umgebung schmutzig oder reinlich erscheint; endlich wurden auch die Tiefen der Brunnen und die Bodenschichten notirt.

Die Versuche Kowalsky's[1]) beanspruchen noch insofern ein besonderes Interesse, als dabei zum ersten Male versucht wurde, die accessorischen Bakterien durch Ausbrennen der Pumpenrohre mit Spiritus auszuschalten. Wiener-Neustadt birgt in seinem Geröllgrunde einen See Bergwassers, welcher seine Zuflüsse von den Ausläufern der steierischen Alpen empfängt. Das Culturverfahren ergab im Monat Juli aus durchschnittlich 10 Versuchen im Brunnen Nr. I im Mittel 33, in Nr. II 23, in Nr. III 27, im Monat August aus 30 Versuchen im Brunnen A. 19, Brunnen B. 18 Bakterien pro Cubikcentimeter. Nach Desinfection der Pumpe hingegen lieferte der Brunnen A. als Mittel aus je 10 Versuchen nur noch je 5, B. je 3 Colonien pro Cubikcentimeter. Eine später unter den gleichen Bedingungen angestellte Versuchsreihe liess bei 50 Proben des Brunnens A. durchschnittlich nur 1,1 Colonie zum Wachsen kommen.

Ueber den Gehalt der Tiefbrunnen an Mikroorganismen macht unter Anderen Frankland[2]) Angaben; er führt bezüglich eines von ihm untersuchten Brunnens die Zahl 182 pro Cubikcentimeter an und berichtet über die Tiefbrunnen von Kent, dass in ihrem Wasser zwischen 6 und 26 Bakterien gefunden wurden.

Egger[3]) fand in einem artesischen Brunnen von Mainz nur 4 Keime pro Cubikcentimeter.

---

[1]) Referat über die Wiener-Neustädter Tiefquellenleitung, erstattet von den Doctoren Krauss, Kowalsky, Schlöser.

[2]) Chemical News, Nr. 1338 und 1339. 1885.

[3]) Sammelforschung; Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1, 546.

Hueppe (l. c. S. 24) erwähnt den Tiefbrunnen des Wiesbadener Schlachthauses mit 4 Bakterien pro Cubikcentimeter. Breunig untersuchte die artesischen Brunnen der Gasanstalt in der Stadt Kiel und fand zwischen 6 und 30 Keime pro Cubikcentimeter[1]).

Nach B. Fischer[2]) enthielten von 11 artesischen Brunnen Kiels einer 2000, einer 350 Keime, die übrigen dagegen nur 1, 14, 7, 82, 90, 33, 10 bezw. 9.

Während die Flachbrunnen Dorpats eher Pfützen als Brunnen darstellen, führen die dazwischen gelagerten artesischen Brunnen ein keimfreies Wasser. Es wurden in den auf Körber's Veranlassung gemachten Beobachtungen gefunden 0, 2, 7, 33, 72 in je 1 Cubikcentimeter eines Brunnenwassers, in je einem anderen Wasser 1, 1, 8, 34 und 15 Bakterien.

Da die artesischen Brunnen meistens in erheblichere Tiefen gehen und Röhrenbrunnen sind, so hat der geringe Bakteriengehalt nichts Auffallendes. Ueber einen sehr tiefen bakterienhaltenden Brunnen siehe S. 524.

Die Quellen führen ebenfalls sehr wenig Bakterien.

Fol und Dunant fanden in der Quelle des Batiolettes 57, in der Dorfquelle von Thoiry 47 Mikrophyten pro Cubikcentimeter.

Das Wiener Hochquellenwasser birgt beim Eintritt der Rohrleitung in die Stadt, also nach seiner Magazinirung, zwischen 0 und 180 Keime (Kowalsky und von Frisch).

Cramer fand in 7 Quellen in der Nähe von Zürich 9, 17, 17, 31, 36, 182, 3425, wir in Rudolstadt 15, 25 und 45 Bakterien im Cubikcentimeter.

In 10 Versuchen von Malapert-Neufville enthielt das in dem Stollen der Wiesbadener Wasserleitung hervortretende Wasser zwischen 0 bis 4 Bakterien, während an der Oberfläche des Sammelbehälters 5, in der Tiefe 15, in den Leitungsröhren der Stadt zwischen 13 und 66 Mikroben vorhanden waren.

Frommelt[3]) konnte in dem Leitungswasser der Stadt Altenburg, welches tief gefassten Quellen, bezw. in den Sandstein getriebenen Stollen entstammt, nur 28, 35 und 25 Bakterien pro Cubikcentimeter nachweisen.

Grandhomme fand das Wasser der kohlensäurereichen Quelle Warmbrunn in Soden in mehreren Proben keimfrei.

---

[1]) Bakteriologische Untersuchung des Trinkwassers der Stadt Kiel im August und September 1887. Kiel 1888.

[2]) Zeitschr. f. Hygiene 13, 292.

[3]) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt, 1, 546. Erfahrungen über den Keimgehalt brauchbarer Trink- und Nutzwässer.

Im Kreise Höchst finden sich nach Angabe desselben Forschers 24 laufende Brunnen, welche ihr Wasser in Thon-, Eisen- oder Holzröhren zugeführt erhalten. Von diesen enthielten 1 unter 50, 13 zwischen 100 und 200 und 10 von 100 bis 200 Bakterien. Ueber die Länge der Leitung fehlen Angaben, das Material derselben hatte keinen erweislichen Einfluss.

Dr. Libbertz[1]) constatirte in mehreren Proben des Wassers der Vogelsberger Quellwasserleitung zu Frankfurt a. M., welche an verschiedenen Tagen des Monats Mai entnommen waren, das völlige Fehlen von Mikroorganismen, während er in drei anderen Proben, welche gesammelt waren, nachdem es einige Tage im August stark geregnet hatte, 60, 45 und 50 Colonien pro Cubikcentimeter nachwies.

Freimuth[1]) untersuchte zu vier verschiedenen Malen das Danziger Leitungswasser (Prangenauer Quellen), nachdem er den Auslasshahn hatte abscheuern und das Wasser längere Zeit hatte fliessen lassen. In drei Fällen wuchsen keine, in einem Falle zwei Colonien pro Cubikcentimeter.

Dr. Buchner[1]) berichtet über die Brunnthaler Quelle, dass er aus Wasser von drei Ausflüssen im Garten von Brunnthal 4, 35 und 9 Colonien pro Cubikcentimeter erhielt, während das Wasser aus den beiden Brunnen der Giesinger Quellen 0 und 5 Colonien pro Cubikcentimeter aufwies.

Die Quelle, welche Whylen mit Wasser versorgt, entströmt einer in den Fels gehauenen Grotte. Schottelius nimmt an, dass die 63 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter mit dem Sickerwasser von dem oberhalb liegenden Weinberg durch Spalten und Risse in die Quelle gelangen.

Die vier Quellen, welche Innsbruck[2]) mit Wasser versorgen, enthalten 7 bis 9 Bakterien im Cubikcentimeter.

Wir selbst[3]) fanden in 11 Quellwasserproben aus dem 80 m tief unter die Stadt Luxemburg getriebenen Stollen 0 bis 8 Bakterien.

Die Schlossbergleitung der Stadt Freiburg i. B. führt nur Grundwasser, kein durchgesickertes Flusswasser. In 47 während eines Jahres ausgeführten Untersuchungen fanden sich je einmal 194, 87 und 57 Bakterien, 14mal lag die Zahl zwischen 10 und 18, in allen übrigen Untersuchungen waren weniger als 10 Bakterien vorhanden.

---

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt, 1, 546. Erfahrungen über den Keimgehalt brauchbarer Trink- und Nutzwässer.

[2]) Karlinsky, Archiv f. Hygiene 9, 114.

[3]) Acten des hygienischen Institutes zu Jena. 1893.

Die Grundwasserleitungen Pfaffenborn[1]) und Adamsthal bei Wiesbaden ergaben in 13 Untersuchungen 7mal unter 100, 4mal zwischen 100 und 200 und 3mal über 200 Bakterien.

In Leitmeritz treten innerhalb der Stadt drei Quellen zu Tage, von denen die eine, welche 200 Hectoliter in 24 Stunden liefert, durchschnittlich über 1000 Keime im Cubikcentimeter enthält. Nach Mittheilungen von Maschek leidet diese Felsenquelle durch darüber liegende Düngerhaufen. Die zweite Quelle, mit einem Tagesquantum von 160 Hectolitern, enthält durchschnittlich zwischen 2000 bis 3000 Keime. Die dritte Quelle, mit 120 Hectolitern Tagesleitung, führt in jedem Cubikcentimeter gegen 700 auf Gelatine auswachsende Bakterien. Die Sommer- und Wintertemperaturen dieser Quellen schwanken um 3,7°, 3,4° und 3,7°; die höchste gemessene Temperatur war 11,9° C.

Von vier Quellen ausserhalb Leitmeritz enthalten zwei zwischen 2 und 6, eine zwischen 7 und 13, eine zwischen 15 und 27 wachsthumsfähige Keime, die Jahrestemperatur, durchschnittlich 9°, schwankt nur um 0,3°, 0,2°, 0,4° und 0,8°.

Einige weitere Daten sind S. 529 und 530 angegeben.

Ueber den Gehalt einiger Mineralquellen an Bakterien macht Malapert-Neufville[2]) einige Mittheilungen, wobei erwähnt sei, dass die Quellen Salpeterigsäure, Ammoniak und organische Substanzen entweder gar nicht oder nur in Spuren enthielten.

Das Wasser der Quelle von Schlangenbad führte 2, 51, 5, 0, der Stollenquelle 2000, der Marienquelle sehr viele (letztere beiden Quellen sind durch fremdes zugeleitetes Wasser verunreinigt), der Mineralquellen zu Schwalbach 28, 118, 16, der Mineralquellen zu Soden 7, 12, 20, 13, 16, der Mineralquellen zu Weilbach 16, 25 Bakterien im Cubikcentimeter.

Aus den vorstehenden Angaben dürfen wir folgern, dass, abgesehen von den Wasch-, Spül- und Abwässern von Fabriken und Städten, das Flusswasser die meisten Bakterien führt.

Die Zahl derselben schwankt indessen sehr erheblich. Diejenigen Flüsse, welche in volkreicher Ebene liegen, an deren Ufern sich Fabrik an Fabrik, Dorf an Dorf, Stadt an Stadt reiht, und welche direct oder indirect die Abfallstoffe der Bevölkerung in sich aufnehmen, enthalten bei Weitem die meisten Mikroorganismen.

---

[1]) Frank, Wiesbadener Quellwasser 1886 bis 1891. Jahrbücher des Nassauischen Vereins f. Naturkunde, Jahrgang 15.

[2]) Bakteriolog. Untersuchungen der wichtigsten Quellen der städtischen Wasserleitung zu Wiesbaden, sowie einer Anzahl Mineralquellen. Zeitschr. f. analyt. Chemie von Fresenius, Heft I, 1886.

Diejenigen Wasserläufe jedoch, welche sich in wenig bebauter, wenig bewohnter Gegend finden, führen weniger Keime. Die Wässer des Rheins, der Oder, der Spree, der Seine, der Themse haben für gewöhnlich einen Bakteriengehalt von mehreren Tausenden im Cubikcentimeter. Die Limmat, die Arve, die Rhone, ja schon Saale und Main enthalten viel weniger Mikroben; nicht häufig wird dabei die Zahl von 500 überschritten. Ausser durch die später zu berücksichtigenden, die Erhaltung und Vermehrung der Organismen betreffenden Umstände wird der Bakteriengehalt erheblich durch das Verhältniss der zugeführten Schmutzstoffe zur Wassermasse beeinflusst. Am ungünstigsten ist es natürlicherweise, wenn grosse Schmutzmengen, z. B. durch Stadtcanäle oder durch Oberflächenwässer in Folge starker Regengüsse, in relativ kleine Wasserläufe hineingebracht werden. Die Einschaltung von grossen Wassermassen, also von Seen, in den Flusslauf wirkt klärend auf den Gehalt an Mikroben, wie sich besonders aus den Zahlen der Frank'schen Tabelle ergiebt.

Aehnlich wie bei den Flüssen liegen die Verhältnisse bei den Seen. Aus den zur Zeit vorliegenden Beobachtungen darf man folgern, dass die Lage von erheblichem Belang ist. Die Gebirgsseen enthalten wenig Bakterien, der Züricher See z. B. von 8 bis zu 160 im Durchschnitt, indessen der Tegeler See, in der Ebene gelegen, mit der Havel in breiter Berührung, als niedrigstes Monatsmittel 127, als höchstes 890 Bakterien im Cubikcentimeter während des Jahres 1885/86 ergab. Der Erwähnung werth ist die Thatsache, dass das Ufer eines Sees und eines Flusses, bei diesem jedoch nicht so ausgesprochen, keimreicher ist als die Mitte. Ausser Karlinsky haben Fol und Dunant hierüber Vergleiche angestellt; am Ufer des Genfer Sees wurden 150000, in der Mitte aber nur 35 Bakterien im Cubikcentimeter Wasser gefunden.

Das bessere, concentrirtere Nährmaterial, der Schutz, welchen abgestorbene Pflanzentheile, Steine etc. den Mikroorganismen gewähren, und hauptsächlich das Aufrühren der am Boden gelagerten Bakterien durch alle die Momente, welche das Wasser bis zu einer gewissen Tiefe bewegen, sind der Grund für diese Erscheinung.

Arm an Bakterien sind im Allgemeinen die Quellwässer. Eine nicht unbeträchtliche Anzahl derselben ergab bei der Untersuchung Keimfreiheit. Gewöhnlich jedoch findet sich eine beschränkte Zahl von Keimen; die Zahl 50 pro Cubikcentimeter wird selten überschritten. Hier und da jedoch begegnet man Quellen, welche viele Mikroorganismen, ja bis zu 3000 im Cubikcentimeter enthalten.

Wie wir später sehen werden, ist das Quellwasser principiell (*sit venia verbo*) keimfrei. Die gefundenen Bakterien sind wahrscheinlich immer als zufällige Verunreinigung aufzufassen. Dieselben können von schlechter Fassung der Quelle oder längerem Stagniren in der Brunnenstube herrühren, oder aus den oberflächlichen Erdschichten stammen, welche die Quellen mehr oder minder weit vor ihrem Austritt aus dem Erdinnern durchfliessen, oder sie können sich durch Spalten und Risse im Gestein dem Quellwasser beimischen u. s. f.

Auffällige Beispiele für die Verunreinigung von Gebirgsquellen führt Cramer in seiner schon oft citirten Arbeit an; für Verunreinigungen aus der nächsten Umgebung der Quellen sprechen die Beobachtungen von Maschek und Schottelius.

Sehr schwankend ist der Keimgehalt der Brunnen; es wurden bei den Untersuchungen derselben sowohl gar keine, als auch unzählige Keime gefunden. Durchmustert man die auf vorstehenden Blättern angegebenen und die im Capitel XI aufgeführten Zahlen, so stehen oft unvermittelt die niedrigsten Befunde den höchsten gegenüber; gleichwohl lassen sich zuweilen gewisse Beziehungen zwischen dem Bakteriengehalt der Brunnen und den örtlichen Verhältnissen nicht verkennen. An einzelnen Orten finden sich constant wenig Keime, an anderen ebenso constant viele, und an wieder anderen Orten ist der Gehalt an Mikroorganismen ein schwankender. Auffallend viel Bakterien sind z. B. in den 16 Brunnen von Belgard enthalten, keiner derselben hat unter 4500; Belgard zunächst steht Leitmeritz, von 59 Brunnen enthalten nur drei unter 100, dahingegen 32 über 1000.

Auffallend wenig Bakterien wurden in den Brunnen von Gotha gefunden, von 53 Brunnen enthielten 34 zwischen 0 und 100 Bakterien und nur einer über 1000.

Auch Rastatt, Mainz und Kaiserslautern hatten relativ viele bakterienarme Brunnenwässer.

Der Kreis Höchst hat unter 118 Brunnen 16 mit weniger als 100 und keinen mit mehr als 1000 Mikroorganismen.

Worin diese örtlichen Differenzen begründet sind, lässt sich nicht sagen.

An anderen Orten, z. B. in Dorpat und Kiel, war die Befundzahl sehr ungleichartig, in einigen Brunnen fanden sich sehr grosse, in anderen geringe Mengen von Keimen; auch hierfür ist die Ursache in den meisten Fällen unklar.

Die Bakterienvegetation in den Brunnen ist von so vielen Factoren abhängig (siehe die folgenden Capitel), dass man gar

nicht sagen kann, wie viel Bakterien in einem „guten oder schlechten" Brunnenwasser enthalten sein dürfen, bezw. enthalten sein können.

Eine Grenzzahl, über welche hinaus ein Brunnenwasser als minderwerthig, unter welcher es als noch brauchbar angesehen werden kann, existirt nicht, kann auch nicht existiren; ja, es lässt sich nicht einmal eine brauchbare Vergleichszahl aufstellen, d. h. eine Zahl, welche den mittleren Keimgehalt guter, notorisch schon lange ohne gesundheitliche Schädigung genossener Brunnenwässer angiebt und zugleich hygienischen Werth besitzt, denn eine hohe Bakterienzahl in einem Brunnen beweist noch nicht eine gesundheitlich bedenkliche Verunreinigung, während andererseits selbst fast keimfreie Brunnenwässer die Gesundheit zu schädigen vermögen, sofern nur pathogene Bakterien in dem Wasser bereits enthalten sind oder bei ungenügender bezw. mangelnder Filtration hineingelangen können.

Die Tiefbrunnen, vielfach in Gestalt der Rohrbrunnen, führen mit wenigen Ausnahmen ein an sich keimfreies Grundwasser, ausserdem sind sie durch ihre Construction und ihre Tiefe meistens vor eindringenden Bakterien geschützt. Die vom Gestänge der Pumpe oder von den Brunnenwandungen aus in das Wasser gelangenden Mikroben dürften die Zahl 50 im Cubikcentimeter nicht überschreiten.

IX.

Die Herkunft der Mikroorganismen im Wasser.

Den offenen Wässern, Seen, Flüssen, Teichen und offenen Brunnen, können in der mannigfaltigsten Weise Organismen zugeführt werden. Die oberen Bodenschichten sind sehr bakterienreich. Bespült das Wasser die Ufer, so werden mit den Erdpartikelchen ungezählte Mengen von Spaltpilzen in das Wasser gelangen. Noch grössere Massen werden durch das Tagewasser zugeführt. Wenn der Regen auf die Erde fällt und das Wasser, welches nicht versickert, als Schmutzwasser dem nächsten Fluss, Bach, Teich oder See sich zuwälzt, so bringt es viele Tausende, ja Millionen von Mikroorganismen im Cubikcentimeter aus den obersten Schichten der Erde mit.

Ueber die Mengen von Bakterien, welche den offenen Wässern durch die Abwässer der menschlichen Industrie und Oekonomie übergeben werden, macht Miquel eine Angabe; er hat ausgerechnet, dass die täglichen Abwässer von 100 schwimmenden Waschanstalten genügen, um 10 Milliarden Cubikmeter keimfreien Wassers auf einen Gehalt von 3000 Bakterien pro Cubikcentimeter zu bringen, den mittleren Gehalt der Seine an Mikroorganismen. In dem Departement der Seine befinden sich 60 solcher Waschanstalten. Die Grösse der Verschmutzung des Flusswassers der französischen Hauptstadt durch diese eine Industrie ergiebt sich danach von selbst.

Der hohe Gehalt der Canalwässer an Bakterien ist bekannt, es werden bei Aufnahme dieser Wässer ungeheure Massen von Mikroorganismen in die Flüsse eingeführt.

Gegen die Anzahl von Keimen, welche auf den eben angedeuteten Wegen den offenen Wässern zugetragen werden, sind die Mengen, welche aus der Atmosphäre hineinfallen oder durch Zufälligkeiten hineingelangen, verschwindend klein.

Die Uebertragung der Mikroorganismen in offene oder schlecht bedeckte, schlecht gemauerte Brunnen findet in analoger Weise statt wie bei den Flüssen und Seen; den Brunnen kann durch Regen und Abwässer eine grosse Zahl von Bakterien zugeführt werden. Das Schmutzwasser fliesst entweder von oben her direct durch die Spalten und Löcher einer mangelhaften Eindeckung in den Brunnen oder es dringt in kleinen Rinnsalen von der Oberfläche her durch die Erde und von da durch offene Fugen der Brunnenwand in den Brunnenkessel. Dicht an den Brunnen, wo das Ausgusswasser aufschlägt, bilden sich derartige Rinnen am häufigsten, sie sind um so gefährlicher, als gerade an diesem Orte auch das Waschwasser ausgegossen zu werden pflegt, welches immer sehr bakterienreich ist und nicht gerade selten Krankheitserreger enthält.

Diese Verunreinigungen fallen fort bei denjenigen Wässern, welche nicht in directer Verbindung mit der Erdoberfläche stehen, d. h. also bei Quellen und gut geschlossenen, bis unten hin wasserdichten Brunnen.

Wie aber ist das Vorkommen von Mikroorganismen in diesen Wässern zu erklären? Wie kommt es, dass in dem einen Falle derartiges Brunnen- oder Quellwasser keimfrei ist und in einem anderen Falle nicht?

Die Brunnen und Quellen werden von dem in der Erde befindlichen Wasser gespeist; sie sind Sammel- bezw. Abflussstätten für das Wasser im Boden. Kämen die Spaltpilze in den Schichten des Bodens in grösserer Menge vor, in welchen das Wasser steht oder fliesst, so müssten sie sich im Grund- und Quellwasser ebenfalls in erheblicher Zahl finden.

Nun wissen wir aus den Arbeiten R. Koch's[1]), dass die obersten Bodenschichten zwar ausserordentlich reich an Bakterien sind, dass aber der Reichthum an Mikroorganismen im Erdboden nach der Tiefe zu sehr schnell abnimmt und dass kaum einen bis zwei Meter unter der Oberfläche der nicht umgewühlte Boden fast frei von Bakterien ist. Selbst mitten in Berlin enthielt eine in 1 m Tiefe entnommene Erdprobe keine Bacillen, sondern nur ganz vereinzelt kleine Mikrokokken. In diesem Falle stammte die Erde von einem Neubau, welcher unmittelbar neben der schmutzigen Panke aufgeführt wurde. Eine andere Erdprobe, welche aus 2 m Tiefe im Niveau des Pankewassers und nur 2 m davon entfernt entnommen war, zeigte sich ebenfalls ausserordentlich arm an Mikroorganismen.

[1]) Mittheilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt 1, 35.

R. Koch betont, dass die zuletzt erwähnte Schlussfolgerung sich bislang auf nur wenige Untersuchungen stütze, hält es nach diesen jedoch für unwahrscheinlich, dass in den tieferen Bodenschichten häufig Mikroorganismen in grösserer Anzahl existiren.

In ähnlicher Weise hatte sich bereits Pasteur[1]) ausgesprochen, indem er sagte:

„Les eaux prises aux sources mêmes qui sortent de l'intérieur de la terre, que ni les poussières de l'atmosphère ou de la surface du sol, ni les eaux circulant à découvert, n'ont encore souillées, ne renferment pas de trace de germes de bactéries."

Aufgegrabener oder umgewühlter und verunreinigter Boden kann jedoch anscheinend viel Bakterien enthalten. Beumer[2]) fand in dem Boden des Greifswalder Krankenhausterrains, welches theilweise aufgeschüttet ist, theilweise früher als Kirchhof gedient hat und welches in der Tiefe durch sogenannte Stadtlauge verunreinigtes Wasser führt, noch bei 6 m Tiefe von 200000 bis zu 6 Millionen Bakterien. Zwischen den Gräbern eines Friedhofes fand der Autor in 2 m Tiefe bis zu 400000 Keime.

Ob diese in eine sehr frühe Periode der Bodenuntersuchungen fallenden Versuche ganz correcte Zahlen bringen, darf zweifelhaft erscheinen.

Zu anderen mit den Annahmen Koch's übereinstimmenden Resultaten gelangte C. Fränkel[3]). Um das bereits gebrachte Zahlenmaterial nicht zu sehr zu vermehren, lassen wir ungeachtet der Wichtigkeit des Gegenstandes nur wenige Angaben Fränkel's folgen; wir können das um so eher, weil die übrigen Befunde des Autors mit den von uns und anderen vorgelegten übereinstimmen.

Auf dem Terrain des Pfingstberges bei Potsdam und des Grunewaldes bei Berlin, wo der Boden aus diluvialem Sand besteht, welcher nur bis zu $^3/_4$ m Tiefe humöse Beimischungen enthält und niemals mit Baulichkeiten besetzt oder sonst erheblich verändert war, ergaben sich folgende Resultate:

---

[1]) Pasteur et Joubert, Comptes rendus, Tome 84, 1877. Sur les germes des bactéries en suspension dans l'atmosphère et dans les eaux.

[2]) Deutsche med. Wochenschr. Nr. 27, 1886. Zur Bakteriologie des Bodens.

[3]) Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten. Zeitschrift für Hygiene 2, 521.

24. April 1886 Pfingstberg Tiefe in Metern	Menge der in 1 ccm Boden etwa vorhandenen Keime	24. Mai 1886 Pfingstberg Tiefe in Metern	Menge der in 1 ccm Boden etwa enthaltenen Keime	18. Juli 1886 Grunewald Tiefe in Metern	Menge der in 1 ccm Boden etwa enthaltenen Keime
Oberfläche	— [1])	Oberfläche	150 000	Oberfläche	200 000
0,25	— [1])	0,5	200 000	0,5	220 000
0,50	70 000	1	2 000	1	3 000
0,75	25 000	1,5	15 000	1,5	600
1	1 000	2	2 000	2	0
1,5	200	2,5	500	2,5	0
2	0	3	3 000	3	200
2,5	250	3,5	0	3,5	0
3	0	4	0	4	300
3,5	0	4,5	100		
4	0	Grundwasser			
4,5	100	5	600		
in 5 m	0				
Grundwasser		Grundwasser			

[1]) Die gewachsenen Colonien waren nicht zu zählen, da durch die leimzerlegenden Bakterien die Gelatine vollständig verflüssigt worden war.

Die angeführten Beispiele beanspruchen insofern ein erhöhtes Interesse, als zweimal das Grundwasser erreicht wurde. In dem einen Falle war dasselbe keimfrei, in dem anderen keimarm. Einen Einfluss der Jahreszeit, der verschiedenen Bedeckung des Bodens etc. konnte Fränkel nicht finden, trotzdem die Bodentemperatur beispielsweise in 1,5 m Tiefe zwischen 3,5° im März und 14° im August und September, oder in 3 m Tiefe zwischen 8° im März und 13° im September und October schwankte. Auffallend war der constante rapide Abfall im Bakteriengehalt; in etwa 1,25 m Tiefe verminderte sich die Keimzahl oft plötzlich und unvermittelt auf den hundertsten Theil, und schon bei $1^1/_2$ m war der Boden in einzelnen Fällen völlig keimfrei.

Anaërobiotische, d. h. bei Luftabschluss wachsende Bakterien waren in den tieferen Schichten so gut wie gar nicht vorhanden.

Aehnliche Verhältnisse ergaben sich bei der Untersuchung des Untergrundes der Stadt Berlin. Selbst da, wo das Erdreich schon mehr als 250 Jahre bebaut gewesen war, fanden sich Bakterien in den tieferen Bodenschichten nur relativ selten.

7. August 1885[1]) Tiefe in Metern	Colonien pro Cubikcentimeter	6. April 1886[2]) Tiefe in Metern	Colonien pro Cubikcentimeter
Oberfläche	160 000	1	100 000
0,5	40 000	1,5	180 000
1	10 000	2	65 000
2	6 000	2,5	470 000
3	600	3	34 000
		3,5	0

[1]) Centrum der Stadt. Bis zu 0,5 m sehr stark verunreinigte schwarze Erde, bis 1,5 m grauer, mit Bauschutt durchsetzter Mischboden, in 2 m der gewachsene, weisse, feinkörnige Sand.

[2]) Ecke der Friedrich- und Charlottenstrasse. Bis zu 1,75 m alter Bauschutt, von 1,75 bis 2,50 m grauer Sand, von 2,50 m an reiner, weisser Sand.

In dem hygienischen Institut zu Jena sind unter unserer Leitung von Dr. Reimers[1]) eine Anzahl Untersuchungen über die Bakterienzahl des kalk- und lehmhaltigen Bodens von Jena angestellt, von welchen wir hier einige zum Abdruck bringen:

Versuch VIII: Hofraum. Direct unter der Oberfläche eine ungefähr 10 cm dicke, schwarze, übel riechende Schicht (grösstentheils Kaffeesatz), darunter fester Lehm.		Versuch X: Ackerland. Bis zu 20 cm Humus: bis 1 m grober Kies mit Kalk; bis 3 m fester Lehm; bei 4 bis 4,2 m sandiger feuchter Lehm.		Versuch XVIII: Strasse. Bis 0,5 m Strassenschmutz und Schutt, dann (fast chemisch reiner) feuchter Kalktuff.	
Tiefe in Metern	Keime im Cubikcent.	Tiefe in Metern	Keime im Cubikcent.	Tiefe in Metern	Keime im Cubikcent.
Schwarze Schicht	1 232 000	Oberfläche	Gelatine verflüssigt	Oberfläche	432 400
1	158 000	1	81 900	1	760
1,6	360	2	400	2	14 000
		3	120	3	100
		4	0		

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 9, 307.

Versuch XIX: Strasse. Bis 0,5 m Schutt, Scherben, Holz, Kohlen u. s. w.; bis 2 m bräunlich-lehmige Schicht mit Steinen; von da ab grüner, fester Mergel.		Versuch XV: Grab-Jena. In 35jährigem Wechsel bereits fünfmal benutztes Gräber-Terrain. Festes, lehmiges Erdreich mit Holzstücken, kl. Knochenstücken u. Steinen untermischt.		Vers. XII: Grab Wenigenjena. In 25jähr. Wechsel fünfmal zur Beerdigung benutztes Terrain. Bis 1,5 m schwarze Erde; bis 2,5 m feiner Sand, dann grober Kies, Grabtiefe 1,5 m; hohes Grundwasser steigt bis über die Grabsohle.	
Tiefe in Metern	Keime im Cubikcent.	Tiefe in Metern	Keime im Cubikcent.	Tiefe in Metern	Keime im Cubikcent.
Oberfläche	319 000	Oberfläche	1 890 000	Oberfläche	1 080 000
1,5	681 000	1	460 000	1	549 000
2,5	410	1,6 (Sargboden)	170 300	1,5 (Sargboden)	170 000
3,5	0	2	50 000	2	11 000
				2,5 (Grundwasser)	27 000

Auf dem alten Charitékirchhofe in Berlin, auf welchem seit 31 Jahren Beerdigungen nicht mehr stattgefunden hatten, fanden Proskauer, Wernicke und Schneider[1]) ein dem unserigen fast gleiches Resultat:

Bohrloch	Oberfläche	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m
C. I.	über 100 000	2160	1080	200	110	31	5	8
C. II.	verflüssigt	3200	1390	216	130	14	16	5
C. III.	ca. 140 000, dann verflüssigt	1680	1400	480	90	40	13	0

Das Grundwasser wurde anscheinend bei diesen Versuchen nicht erreicht.

Auf dem Charitégrundstück gingen die Bohrungen durch Torf und Sand mit Torf hindurch; auch aus diesem Material entnommene Proben waren bakterienfrei:

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 11, 90.

Bohrloch	Oberfläche	1 m	2 m	3 m	3,50 m	4 m
			aufgeschütteter Boden	Sand mit Torf	reiner Torf	
C. 5	unzählig	1900	40	0	2	—
		aufgeschütteter Boden	feiner Sand mit Schlamm			Torf
C. 4	„	1000	2	0	—	1

Es zeigt sich hiernach für den lockeren, sandigen oder schlammigen und Torf enthaltenden Boden Berlins und den festen, lehm- und kalkhaltigen Boden Jenas dasselbe Resultat: grosser Keimreichthum der oberen Schichten, rapider Abfall in den mittleren Lagen und schon in wenigen Metern Tiefe Keimfreiheit. Dabei ist es für die unteren Schichten belanglos, ob eine starke Verschmutzung der oberen Bodenschichten stattgefunden hat oder nicht. Die Kirchhofsversuche zeigen, dass entgegen den Beobachtungen in Greifswald die Bakterienzahl auf der Grabsohle keine hohe ist.

Auffällig ist das Ansteigen der Keimzahl in dem Grundwasser des Friedhofes zu Wenigenjena; diese Erscheinung war bei den vier dort angestellten Versuchen constant und dürfte mit dem zeitweiligen hohen, bis fast zur Oberfläche reichenden Stande des Grundwassers zusammenhängen, welches bei seinem Niedergehen grosse Bakterienmengen mit zurücknimmt.

Kümmel[1]) sagte in einem in Kiel gehaltenen Vortrage: „Wenn wir in unserer Sandgrube so tief als wir können, also etwa 1 m tief von der Seite, 8 m unter der Oberfläche des mit Haide bewachsenen Terrains in den unberührten Boden hineingraben und den Sand herausnehmen, so finden wir in 1 ccm dieses Sandes, der noch nie an die Luft gekommen, 8000 Keime“. Dieser Ausspruch des bekannten, sehr vorsichtigen Wassertechnikers konnte zu Missdeutungen Veranlassung geben, und der Eine von uns bat, die Versuche unter entsprechenden Vorsichtsmaassregeln wiederholen zu lassen. Am 12. Juni 1893, dem Tage vor seiner Abreise nach Chicago, von wo der treffliche Mann nicht mehr zurückkehren sollte, theilte er uns brieflich mit, dass Herr Dr. Reinsch als derzeitiger Bakteriologe des Altonaer Wasserwerks mit aller Vorsicht Proben entnommen habe. Hiernach enthielt „der Sand in der Sandgrube, unberührt, an der Arbeitsstätte gewonnen“:

[1]) Schilling's Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1893, Nr. 9.

in Tiefe von m:	0,25	0,50	2,00	3,50	4,50	6,50
im ccm Bakterien:	6442	7060	50	0	0	0

Kümmel fügt bezüglich seines früheren Ausspruches noch hinzu, dass „vielleicht die Wand, aus welcher sich bei 90 bis 100 cm seitlicher Tiefe 8000 Keime ergeben hatten, länger gestanden hat als jetzt“.

Wenn bei so verschiedenen Bodenarten, wie Sand, Sand mit Torf und Thon mit Kalk an verschiedenen Orten schon in geringer Tiefe die Bakterien fehlen, so darf man annehmen, dass im Allgemeinen der Boden in seinen tieferen Schichten ebenso wie das dort stehende Wasser keimfrei ist.

Den directen Beweis für die Keimfreiheit des Berliner Grundwassers lieferte C. Fränkel[1]). Er schüttete in das Rohr eines im Ganzen etwa 8 m langen, 4 cm weiten, 4,5 m tief im Grundwasser stehenden Rohrbrunnens etwa 10 Liter einer 4procentigen Schwefelsäurecarbollösung und fand am folgenden Tage keimfreies Wasser. Die Carbolsäure, nachgewiesen durch Eisenchlorid, verschwand schon, nachdem 100 Liter Wasser ausgepumpt waren. Der Brunnen blieb sechs Tage völlig keimfrei; von oben her drangen dann wieder Bakterien ein. Der mehrere Male wiederholte Versuch gab stets dasselbe Resultat. Um zu erweisen, dass nicht das desinficirte Erdreich in der Umgebung des Pumpensaugers die im Grundwasser befindlichen Bakterien abfiltrire, sondern dass das Pumpenrohr die Quelle für das Wiederauftreten der Bakterien sei, wurde zunächst das Pumpenrohr in der vorher angegebenen Weise sterilisirt; als dann nach einigen Tagen wieder Bakterien in dem abgepumpten Wasser auftraten, wurde das Rohr und die Pumpe nur mit einer Bürste eine halbe Stunde lang kräftig gesäubert. Das nun ausgepumpte erste Liter Wasser enthielt in 1 ccm unzählige, das hundertste Liter 780, das fünfhundertste keine Bakterien mehr; für die nächsten vier Tage blieb das Wasser keimfrei. Die mechanische Reinigung des Rohres hatte also genügt, um den Bakteriengehalt wieder auf 0 herabzudrücken, ein Beweis, dass nicht die Bodenfiltration ungenügend geworden war, sondern dass die Communication des Rohres mit der Aussenwelt das Eindringen von Mikroorganismen veranlasst hatte. Das keimfreie Wasser aus dem desinficirten Brunnen gestattete das Bakterienwachsthum, was durch Einsaat bewiesen werden konnte; ebenso wurde constatirt, dass die Spur Carbolsäure, welche viel-

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 6, 23.

leicht noch vorhanden war, das Wachsthum auf den Culturplatten nicht hinderte. Die Versuche sind also völlig einwandsfrei.

Ein gleiches Resultat erhielten Fränkel[1]) und Proskauer bei Untersuchung des Grundwassers des Charitékrankenhauses in Berlin. Der Boden besteht dort in seinen oberen Schichten aus schlammigem Sand mit Torfeinlagerungen. Das Wasser war chemisch schlecht, enthielt Ammoniak u. s. w.

Bohrloch C. V. 6 m tief:
(C.-D. = Carboldesinfection, C.-R. = Carbolreaction.)

Die Probe entstammt dem:	8./9. 1889	9./9. 1889	10./9. 1889	11./9. 1889	12. bis 17./9. 1889
1. Liter	unzählig	0 C.-R.	0 C.-R.	0 C.-R.	in dieser Zeit keine C.-R.
100. „	600	0 C.-R.	0 C.-R.	0 keine C.-R.	und
500. „	108 C.-D.	0 C.-R.	0 C.-R.	0 keine C.-R.	niemals Bakterien

Auch auf dem sogen. alten Charitékirchhofe trat das Grundwasser keimfrei in die 6 m tief eingetriebenen Rohrbrunnen hinein.

In einer Streitsache wurde ein Brunnen beschuldigt, für eine Stadtversorgung schlecht filtrirtes Flusswasser zu liefern. Wir schlugen dicht neben dem Brunnen 11 m vom Flusse entfernt ein Rohr ein, bis zu 7,5 m Tiefe, der Brunnensohle, desinficirten und fanden völlig keimfreies Wasser.

Die Desinfection einer Pumpe und eines in grobem Kies stehenden Rohres ist übrigens nicht immer leicht. Aeltere Pumpen werden am besten aus einander genommen, gründlichst mechanisch gereinigt, mit neuen Lederventilen versehen, und dann desinficirt. Steht das Rohr in grobem Kies, so sinkt die Desinfectionsflüssigkeit sofort weg. Das Rohr ist dann durch Ausbürsten (Lampencylinderreiniger) mit starker Carbolsäure zu desinficiren. Neu eingeschlagene Brunnen werden auch desshalb öfter kein ganz keimfreies Wasser geben, weil man nicht alle Löcher des Saugers sicher desinficiren kann. Als Reagens auf Carbolsäure sei das Bromwasser (*aq. bromata* der Pharmakopöe) empfohlen, welches noch 1 Theil Carbol auf 50 000 Theile Wasser angiebt.

Für diese Versuche, wo es darauf ankommt, möglichst jeden zufälligen Keim abzuhalten, eignet sich die Rollröhrchenmethode v. Esmarch's besser als die Platten- oder Schalenmethode.

Als Grund der Pilzfreiheit muss die Filtration durch den Boden angesehen werden. Was diese zu leisten vermag,

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 11, 1 u. 79.

zeigen die Ergebnisse der Sandfiltration, wie solche bei den modernen See- oder Flusswasserversorgungsanlagen angewendet zu werden pflegt.

Ehe wir auf die Theorie der Filtration eingehen, wollen wir einige Resultate gut angelegter und sorgfältig in Betrieb gehaltener Filteranlagen vorführen, um zu zeigen, wie das auf die Filter gebrachte Wasser in seinem Keimgehalt von dem das Filter verlassenden Wasser abweicht.

Lehrreich sind in dieser Beziehung die Reihen von Werthen, welche Wolffhügel bei einer systematischen Untersuchung des Wassers der Berliner Wasserwerke ermittelt hat:

Wirkung des Tegeler Filters Nr. IX.

Datum	Keimzahl im		Datum	Keimzahl im	
	unfiltrirten Wasser	filtrirten Wasser		unfiltrirten Wasser	filtrirten Wasser
Septbr. 30.	5760	168	October 15.	728	26
October 1.	1344	82	„ 16.	301	23
„ 2.	1336	76	„ 17.	742	28
„ 3.	1925	60	„ 18.	3728	24
„ 4.	1799	41	„ 19.	595	13
„ 5.	3508	21	„ 20.	638	62
„ 6.	2163	15	„ 21.	8113	141
„ 7.	696	12	„ 22.	344	13
„ 8.	910	19	„ 23.	346	70
„ 9.	976	19	„ 24.	235	22
„ 10.	1048	26	„ 25.	1272	35
„ 11.	1656	19	„ 26.	304	22
„ 12.	1064	12	„ 27.	378	?
„ 13.	1530	18	„ 28.	82	15
„ 14.	1533	9	„ 29.	280	34

Siehe auch die Resultate der Filtration S. 486, sowie S. 548; das dort angegebene Wasser des Hauses Wilhelmstrasse Nr. 75 stammt von dem Wasserwerk Tegel.

Bertschinger[1]) giebt für die gut construirten, sehr reines Seewasser als Rohmaterial verwendenden Filter Zürichs folgende Zahlen:

[1]) Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1889, 24. Jahrg., Heft 2.

Datum	Betriebs-dauer in Tagen	Unfiltrirt	Filtrirt	Datum	Betriebs-dauer in Tagen	Unfiltrirt	Filtrirt
27. Juni	31	146	1	1. Aug.	27	151	16
5. Juli	1	140	16	4. „	30	274	12
7. „	3	99	22	18. „	44	154	19
11. „	7	72	12	25. „	3	80	39
21. „	17	41	5	15. Sept.	24	277	16

Kümmel[1]) berichtet aus Altona, dass in den Jahren 1891 und 1892 die Keimzahl im Rohwasser der Elbe durchschnittlich zwischen etwa 2000 und 20 000 mit Steigerungen bis auf 246 000 geschwankt habe; bei den wöchentlich ausgeführten Untersuchungen des Reinwassers sei die Zahl 100 niemals erreicht worden, sehr häufig sei die Menge der Bakterien im Cubikcentimeter unter 10 geblieben, Zahlen unter 20 seien die Regel gewesen, 50 bis 70 Bakterien im Cubikcentimeter hätten zu den Seltenheiten gehört.

Im Jahre 1887 wurden die neuen Sandfilter in Warschau vollendet. Ihre Leistungsfähigkeit ergiebt sich aus den folgenden Zahlen:

1888	Unfiltrirtes Wasser	Filtrirtes Wasser	1888	Unfiltrirtes Wasser	Filtrirtes Wasser
Januar	480	25	Juli	360	38
Februar	2200	32	August	1300	270
März	1500	50	September	150	39
April	1250	57	October	7700	17
Mai	165	60	November	320	30
Juni	66	12	December	2900	241

Die hier erwähnten Sandfilter bestehen in ihren unteren Partien aus etwa faustdicken Steinen, dann folgt nach oben hin eine Lage kleinerer Steine, dann grober Kies und feiner Kies, darauf liegt grober Sand in 5 cm dicker Lage, und auf diesem als oberste Schicht eine 60 bis 120 cm starke Lage feineren, scharfen Sandes. Das zu filtrirende Wasser durchdringt die Schichten von oben nach unten. Soll ein Filter in Benutzung gezogen werden, so wird es zuerst von unten her bis zu der obersten Sandschicht mit reinem Wasser gefüllt, sodann lässt man von oben her langsam das unreine Wasser zufliessen.

[1]) Schilling's Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1893, Nr. 9.

Letzteres bleibt je nach der Art des Rohwassers 6 bis 24 Stunden auf dem Filter stehen, damit sich die Sinkstoffe auf der obersten Lage des Sandes als dünne, sehr feinporige Schicht niederlassen. Erst nach Bildung dieser Schicht lässt man das Wasser mit einer Schnelligkeit, die gewöhnlich 100 mm pro Stunde nicht übersteigt, durch das Filter dringen. Hierbei nimmt allmählich die Schlammschicht an Stärke und Dichtigkeit zu; sie wird zuweilen schon nach wenigen Tagen so undurchlässig, dass die Menge des filtrirten Wassers sehr erheblich abnimmt. Man muss dann die Schlammlage entfernen, da man nicht gern über einen Druck von 75 mm Wasser hinausgeht, um nicht die Filterschichten an einer nachgiebigen Stelle zu durchbrechen.

Die hauptsächliche Filtrationsarbeit wird von der Schlammschicht geleistet. Gerade so, wie die Steine als Unterlage für den Kies, und dieser für den Sand dient, so bildet der Sand ein Substrat für jene Schlammdecke, in welcher die Bakterien abgefangen werden.

Wenn auch diese Ansicht sich im Allgemeinen als richtig erwiesen hat, so muss dieselbe doch nach den Untersuchungen Piefke's etwas modificirt werden. Piefke[1]) construirte sich ein kleines Filter, füllte es mit sterilisirtem Sand und setzte es in der gewöhnlichen Weise in Betrieb; es zeigte sich, dass die Filterwirkung, was die Keimdichtigkeit anging, unter Null war, dass sich im Filtrat oft mehr Bakterien als in dem zu filtrirenden Wasser vorfanden.

Datum	Colonien vor der Filtration	Colonien nach der Filtration
am 2. Tage	13 500	97 900
„ 4. „	11 700	35 300
„ 6. „	13 860	205 000
„ 8. „	5 110	37 820
„ 10. „	3 120	17 825
„ 12. „	1 320	29 900
„ 16. „	1 803	4 928
„ 18. „	3 154	2 555
„ 22. „	1 120	2 356

Ist ein Filter längere Zeit im Gebrauch gewesen, so liegen die eigentlichen Schmutzstoffe auf der obersten Schicht. Der Sand hat in 1, höchstens 2 cm Tiefe seine ursprüngliche Farbe behalten,

[1]) Die Principien der Reinwassergewinnung vermittelst Filtration. Berlin, Springer, 1887.

jedoch an „Schärfe“ verloren und fühlt sich bis unten hin „schleimig“ an. Das Mikroskop erweist, dass dieser Schleim zum grössten Theil aus Bakterien besteht, und die Cultur zeigt, dass Mikroorganismen in grosser Zahl die sämmtlichen Schichten des Filters bevölkern. In einem Kilo Sand der Stralauer Filter befanden sich an der Filteroberfläche 5028 Millionen Bakterien, etwa 2 cm tiefer 734 Millionen, in 10 cm 190 Millionen, in 20 cm 150 Millionen, in 30 cm 92 Millionen und in dem feinen Kies unter der Sandschicht noch 68 Millionen.

Kümmel[1]-Altona fand an der Oberfläche des Filtersandes 4 Millionen, in 10 mm Tiefe 1 Million, in 50 mm Tiefe 756 000, in 250 mm 98 500, in 500 mm 56 000 Mikroorganismen in je einem Cubikcentimeter des Sandes, der Kies enthielt im Cubikcentimeter 24 800 Mikroben.

Diese von Piefke und Kümmel erbrachten Zahlen im Verein mit den Ergebnissen der mit sterilisirtem Sand angestellten Versuche beweisen, dass zwar die oberste Schlammschicht den grössten Einfluss hat, dass aber zu einer guten Filtration auch die Anwesenheit von Mikroorganismen im Sand selbst erforderlich ist.

Wird ein Filter in Betrieb gesetzt, so finden sich darin bereits Bakterien oder sie gelangen mit dem Filterwasser hinein. Ein Theil derselben wird durchgerissen, ein anderer Theil bleibt im Sand und vermehrt sich dort, wie aus dem Versuch mit dem sterilisirten Filter folgt. Die Bakterien legen sich den Sandkörnchen an und bewirken die erwähnte Verschleimung des Filters. Die festhaftenden Bakterien, welche besonders in den oberflächlichsten Schichten sich befinden, dienen dann als ebenso viele „Aufhängepunkte“ für diejenigen Mikroorganismen, welche nicht in der „Schlammschicht“ liegen geblieben sind. Man darf aber nicht annehmen, dass die Bakterien, welche sich im Sand finden, so zahlreich seien, dass sie die einzelnen Poren mit „Bakterienhäuten“ auszukleiden vermöchten, dazu sind ihrer viel zu wenig vorhanden. Piefke fand in 1 kg des oberflächlichsten Sandes einschliesslich der Schleimschicht 5026 Millionen Mikroorganismen. Rechnet man das Kilo Sand nach den Bestimmungen von Renk, Hofmann und Anderen zu etwa 666 ccm, so finden sich im Cubikcentimeter gegen $7^1/_2$ Millionen Keime. Die Körnchen eines Cubikmeters Sand von der Korngrösse, welche für die Filteranlagen verwendet wird, haben nach Hofmann eine Oberfläche von 6000 bis 9000, im Durchschnitt von 7500 qm. 1 ccm Sand bietet daher eine

[1]) Schilling's Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1893, Nr. 9.

Oberfläche von 75 qcm dar. Rechnen wir ferner die Hälfte dieser Flächen als Berührungsflächen, so bleiben immerhin noch $37^1/_2$ qcm übrig, für welche $7^1/_2$ Millionen Bakterien disponibel sind; das heisst, es kommen auf 1 qcm Fläche in den obersten Schichten 200 000 Bakterien. Wenn jeder Mikroorganismus ein Mikron lang und ein Mikron breit ist, so würden die 200 000 Bakterien, sofern eine neben der anderen, keine über der anderen liegt, eine Fläche von $^2/_{10}$ qmm ausfüllen, d. h. es würde von dem ganzen zur Verfügung stehenden Raume nur $^1/_{500}$ mit Bakterien bedeckt sein. In den unteren Sandschichten ist der Keimgehalt und dem entsprechend die von den Bakterien bedeckte Fläche viel geringer. Von einer Auskleidung der Poren mit lebenden normalen Mikroorganismen kann daher keine Rede sein.

Trotz der geringen Fläche, welche die normalen Bakterien in den untersten Sand- und auch in den Kiesschichten bedecken, ist die „Verschleimung" sogar durch den Tastsinn wahrnehmbar. Möglicherweise wird die Erscheinung dadurch bewirkt, dass der obere Theil der Zellhaut der Bakterien unter der Einwirkung des stets von Neuem andrängenden Wassers in eine Schleimhülle von relativ grossem Umfange verwandelt wird. Auch kann man sich vorstellen, dass die Mikroorganismen im Filter nicht lange lebendig bleiben, dass sie sich zwar vermehren, aber nach der Vermehrung bald absterben und nach dem Tode nicht direct fortgerissen werden, sondern zu schleimigen Massen aufquellen.

Die Schleimbildung, welche hier erwähnt wird, ist von Schottelius[1]) für den lebenden und abgestorbenen *Mikrokokkus prodigiosus* nachgewiesen worden.

Ob eine dieser Annahmen, event. welche die richtige ist, muss die Zukunft lehren. Jedenfalls ist die „Verschleimung" des Filters insofern günstig, als sie bewirkt, dass viele Bakterien, welche die oberste Schlammschicht passirt haben, im Filter selbst abgefangen werden.

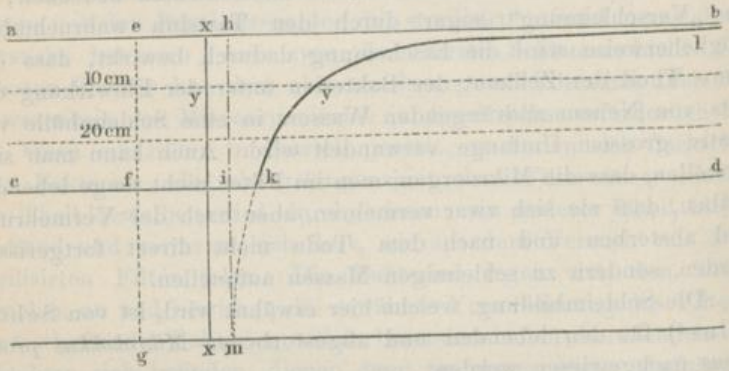
Bezüglich der Vertheilung der Organismen in dem Sande giebt Piefke folgendes Diagramm (Fig. 30).

„In dieser Figur bedeuten die Linien *ab* und *cd* die obere und die untere Begrenzung einer im Filterbassin liegenden Sandschicht von der Dicke *ef* (= 300 mm). Denkt man sich über einer mit *ef* parallelen Linie *xx* als Abscissenaxe die allen Zonen innewohnenden Mengen niederer Organismen entsprechend den vorstehend

[1]) Biologische Untersuchungen über den *Mikrokokkus prodigiosus*. Festschrift für A. v. Kölliker, Leipzig 1887.

angeführten Ermittelungen durch die Ordinaten *y y* ausgedrückt, so erhält man bei Verbindung von deren Endpunkten für frisch eingefülltes, direct von der Sandwäsche zugeführtes Material, welches immer noch 60 Millionen Keime pro Kilo enthält, die gerade Linie *h i*, für längere Zeit schon gebrauchtes aber die Curve *k l*, welche, wenn die Schicht die Dicke *e g* (= 600 mm) hätte, nach unten die punktirte Fortsetzung *k m* erhalten würde. Angesichts dieses Bildes ist es nicht mehr befremdend, dass ein mit frischem Sande zubereitetes Filter zuerst sehr unvollkommen arbeitet. Es ist auch sofort einleuchtend, dass die particuläre Insufficienz nicht eher ihr Ende erreicht, als bis der Uebergang aus dem durch die Linie *h i* charakterisirten Anfangszustande in einen der Curve *k y l* annähernd entsprechenden Zustand stattgefunden hat."

Fig. 30.



„Aus[1]) der Abweichung der Curve *b y k m* von der geraden Linie *h m* regeln sich die in den einzelnen Zonen mit der Zeit eingetretenen Veränderungen des Bakteriengehaltes." Da es erwünscht ist, die unteren Schichten des Filters nicht zu keimhaltig zu bekommen, weil sonst aus ihnen zu viel Bakterien in das Filtrat übergehen, so muss die Curve *b y k m* in ihrem Endpunkte der Linie *h m* nahe liegen, und desshalb darf die Schicht feinen Sandes nicht zu dünn genommen werden; man lässt dieselbe nicht schwächer als 30 cm werden.

Auch auf die Oxydation der organischen Substanz wirkt das Filter ein, und zwar durch die Zerlegungen, welche von den Bakterien ausgeübt werden. Piefke fand, dass in den Stralauer Filtern der Verbrauch an Kalipermanganat durch die Filtration

[1]) Piefke, Aphorismen über Wasserversorgung. Zeitschr. f. Hygiene 7, 115.

von 23,0 mgr für ein Liter auf 19,0 mgr sank. Die Zerlegung fand hauptsächlich in den oberen Filterpartien statt; eine Verstärkung der filtrirenden Sandschicht übte keinen wesentlichen Einfluss aus.

Bis vor Kurzem huldigte man fast allgemein der Ansicht, dass bei einem gut angelegten und gut verwalteten Sandfilter alle aufgebrachten Bakterien zurückgehalten würden, und dass die Mikroben, welche in dem Filtrat erschienen, aus den untersten Filterschichten ausgewaschen würden. Diese Auffassung hat sich als unberechtigt erwiesen.

Anlässlich einer Typhusepidemie, welche im Jahre 1889 die von dem Stralauer Wasserwerke versorgten Bezirke der Stadt Berlin betraf, prüften C. Fränkel und Piefke[1]), ob denn wirklich die Sandfilter — vielleicht mit Ausnahme des Beginnes der Filterperiode — alle Bakterien zurückhielten.

Zu dem Zwecke füllten sie zwei Holzfässer in der Weise, wie die grossen Sandfilter gefüllt werden, und filtrirten in gleichmässigem Strome das eine Mal mit 300 mm, das andere Mal mit 50 mm stündlicher Geschwindigkeit Wasser hindurch, welchem sie grosse Mengen des *Bac. violaceus* zugesetzt hatten, eines im Wasser vorkommenden, sich durch seine Farbe und somit leichte Kenntlichkeit auszeichnenden Mikroben.

In beiden Fällen waren während der ganzen Zeit des Versuches die eingesäeten Bacillen im Filtrate nachweisbar. Da aber möglicherweise sich die pathogenen Keime, Typhus und Cholera, anders verhalten konnten, so stellten die Forscher auch mit diesen Mikroorganismen Versuche an. Die erhaltenen Resultate eines derselben zeigt die Tabelle auf folgender Seite.

Aus der Gesammtzahl ihrer Versuche folgern die Autoren: „Die Sandfilter sind keine keimdicht arbeitenden Apparate; weder die gewöhnlichen Wasserbakterien, noch auch Typhus- und Cholerabacillen werden von denselben mit Sicherheit zurückgehalten. Die Menge der in das Filtrat übergehenden Mikroorganismen ist abhängig von der Anzahl der im unfiltrirten Wasser vorhandenen und von der Schnelligkeit der Filtration; Anfang und Ende einer jeden Periode sind besonders gefährliche Zeiten, weil im ersteren Falle die Filter noch nicht ihre volle Leistungsfähigkeit erlangt haben, im letzteren die Pressung der oberflächlichen Filterschichten, vielleicht auch das selbstständige Durchwachsen der Bakterien durch diese, ein Abwärtssteigen der Mikroorganismen begünstigen".

[1]) Zeitschrift für Hygiene 8, 1.

August 1889	Unfiltrirtes Wasser	Filtrirtes Wasser aus Filter *A* stündl. Filtrirgeschwindigkeit = 300 mm tägl. filtrirte Wassermenge = 2880 Liter					Filtrirtes Wasser aus Filter *B* stündl. Filtrirgeschwindigkeit = 50 mm tägl. filtrirte Wassermenge = 480 Liter				
		1 ccm enthielt entwickelungsfähige Keime von				verbrauchter Druck	1 ccm enthielt entwickelungsfähige Keime von				verbrauchter Druck
		insges.	viol.	typh.	chol.		insges.	viol.	typh.	chol.	
						mm					mm
13.	1 ccm enthielt 100 000 entwickelungsfähige Keime von violetten, Typhus-, Cholera-, Milzbrand- und saprophytischen Bacillen.	220	—	—	—	140	—	—	—	—	34
14.		3500	58	9	14	147	420	4	—	—	35
15.		1120	60	9	—	179	190	5	4	—	37
16.		430	8	3	1	210	92	10	1	—	42
17.		290	38	14	18	245	220	1	3	2	43
18.		480	50	15	9	300	43	6	—	—	47
19.		110	22	14	56	360	63	1	3	—	53
20.		120	20	14	12	425	42	0	4	—	68
21.		620	16	58	6	505	92	0	0	—	74
22.		290	8	10	2	638	102	0	1	—	79
23.		210	6	4	6	806	43	3	0	1	87
24.		1300	2	4	—	973	100	1	1	—	105

Die Ergebnisse der beiden Forscher wurden stark angezweifelt, vor Allem desshalb, weil die Versuche mit einer Holztonne gemacht waren, die im Verhältniss zur Oberfläche eine sehr grosse Umgrenzungsfläche hatte; dort, wo der Sand dem Holz sich anlehnt, sollten grössere Zwischenräume entstehen und die Bakterien hindurchrutschen. Piefke zerstreute alle Einwürfe dadurch, dass er ein *lege artis* gebautes und betriebenes Sandfilter von 37,5 qm Fläche mit einer solchen Anzahl von violetten Bacillen überschüttete, dass sie sich der Annahme nach in jedem Cubikcentimeter des Filtrates finden mussten, sofern überhaupt die an dem Fassfilter gewonnenen Resultate auf das regelrecht construirte Sandfilter übertragbar waren. Der Wichtigkeit dieser Versuche wegen möge einer hier ausführlich wiedergegeben werden. Piefke[1]) züchtete in 172 Litern Bouillon 16 873 200 Millionen violette Bacillen, setzte stündlich 1 Liter seiner Bouillon mit 98 100 Mill. dem Rohwasser zu und untersuchte dann dreistündlich Tag und Nacht hindurch das Filtrat durch Plattenculturen auf seinen Gehalt an Mikroorganismen und an violetten Bacillen. Am 13. November Nachts 3 Uhr war der Vorrath erschöpft, 5 Stunden später waren die letzten violetten Bacillen aus dem Wasser verschwunden. Die Filtrationsgeschwindigkeit betrug 49 mm, die gelieferte Reinwassermenge 1,837 cbm in der Stunde.

Violette Bacillen fanden sich im Cubikcentimeter des filtrirten Wassers

Uhrzeit:	3	6	9	12	3	6	9	12	Mittel
5. Novbr.	—	0	2	185	27	104	340	17	113
6. „	8	11	19	10	34	35	63	12	24
7. „	5	11	31	11	3	22	18	15	15
8. „	12	13	7	4	62	210	51	1	45
9. „	6	0	22	4	6	27	27	11	13
10. „	7	0	2	2	0	1	2	0	2
11. „	1	3	3	6	10	155	85	97	45
12. „	14	67	13	9	23	83	48	23	35
13. „	9*)	8	5	2	1	1	0	0	3
14. „	0	0	0	0	0	0	0	1	—

*) Letzte Auffüllung von Bacillen.

Ein Cubikcentimeter Rohwasser enthielt hiernach 43 700, ein Cubikcentimeter Filtratwasser 30 violette Bacillen, d. h. für die ganze Dauer des Versuches drang von 1457 Keimen einer durch

[1]) Piefke, Schilling's Journal 1891. Neuere Ermittelungen über die Sandfiltration.

das Filter hindurch. Dieses Reductionsverhältniss war indessen in den einzelnen Tagen sehr verschieden; es betrug am 1. Tage $^1/_{380}$, 2. Tage $^1/_{1825}$, 3. Tage $^1/_{2913}$, 4. Tage $^1/_{971}$, 5. Tage $^1/_{3361}$, 6. Tage $^1/_{21850}$, 7. Tage $^1/_{971}$, 8. Tage $^1/_{1250}$, 9. Tage $^1/_{14560}$. Die Schwankungen müssen mit Störungen im Filterbetriebe zusammenhängen, denn immer ging die Curve der durchgedrungenen violetten Bacillen parallel mit der Curve der überhaupt durchgedrungenen Bacillen.

Kabrhel[1]) in Prag prüfte die Versuche von Piefke und Fränkel nach und kam zu gleichen Resultaten; nur war sein Filtrationseffect, d. h. das Verhältniss der in das Rohwasser gebrachten rothen Bacillen zu den im Reinwasser gefundenen ein besseres. In seinen vier Filterperioden kam ein durchgegangener Bacillus auf 2542, 3125, 7500 und 7142 eingebrachte Bacillen; auch fand er noch 57 Stunden nach Aufhören des Versuches rothe Bacillen im Filtrat.

Nach solchen Resultaten darf man nicht mehr daran zweifeln, dass Bakterien durch ein Sandfilter hindurchzudringen vermögen. Man hat hiergegen geltend gemacht, dass nicht immer der Anstieg bezw. die Abnahme der Bacillen im Rohwasser eine Vermehrung bezw. Verminderung im Filtrat bedinge. Die Thatsache ist richtig für den Beginn und das Ende der Filtrationsperiode eines Filters und ferner dann, wenn die Zahl der Bakterien im Rohwasser überhaupt nicht sehr gross ist. Weiter ist zu berücksichtigen, dass immer eine grosse Zahl der im Filtrat vorkommenden Bakterien den unteren Theilen des Filters entstammt, wie Reinsch[2]) ziffernmässig nachgewiesen hat; auch ihre Zahl schwankt und verdeckt häufig den Einfluss der Verschiedenheit des Rohwassers.

Da man die Zahl der aus den untersten Filterschichten losgelösten Bakterien nicht kennt, ist es unrichtig, zu sagen: da 1000 Bakterien auf das Filter gebracht sind und im Filtrat 100 gefunden werden, so sind 900, d. h. 90 Proc. zurückgehalten; die Zahl 100 setzt sich aus zwei unbekannten Componenten zusammen, den durchgedrungenen und den aus den unteren Filterschichten losgespülten Bakterien.

Von Einfluss auf die Durchlässigkeit ist zunächst die Beschaffenheit der obersten Schlammschicht, der eigentlichen filtrirenden Decke. Wenn wegen ungenügender quantitativer Leistung diese Schlammschicht und die keimreichsten obersten Sandlagen bis etwa zu 2 cm Dicke entfernt sind, wird es erst einer kurzen

[1]) Experimentelle Studien über Sandfiltration. Archiv f. Hygiene 1895. 22, 323.

[2]) Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde. 1894. 2.

Ruhe des mit unreinem Wasser beschickten Filters und eines sehr vorsichtigen Beginnes der Filtration bedürfen, um die Schliessung der groben Poren durch den sich auflagernden feinen Schlamm zu erlangen; anderen Falles wird durch das „wunde" Filter eine grössere Anzahl Bakterien hindurchgerissen. Bei der grossen Menge der sich absetzenden Mikroben, der Dichtheit der feinen Schlammschicht und dem bereits bestehenden Keimreichthum der obersten Sandlagen genügt eine kurze Zeit — für die Berliner Anlagen 24 Stunden —, um das Filter wieder leistungsfähig zu machen, die erzeugte oberflächliche Wunde verheilen zu lassen; aber erst nach 48 bis 72 Stunden ist die Normalzahl, d. h. die gewöhnliche Durchschnittszahl der Bakterien im Cubikcentimeter des Filtrates wieder erreicht. In Altona lagert sich aus dem feinen Elbschlamm schon innerhalb eines Tages eine so gut filtrirende Haut ab, dass in 1 ccm des zuerst ablaufenden Wassers (d. h. 20 Stunden nach dem Anlassen des Filters) nach Kümmel's Angabe nur 8, 21 und 19 Bakterien gefunden wurden. Es bestehen also in dieser Beziehung bedeutende locale Verschiedenheiten.

Von Einfluss auf die Durchlässigkeit ist weiter die Schnelligkeit der Filtration; je rascher filtrirt wird, um so mehr Bakterien laufen durch, um so weniger bleiben unterwegs hängen. So selbstverständlich das zu sein scheint, so giebt es doch Ausnahmen von dieser Regel; wenn, wie in Zürich, das Wasser sehr rein ist — so rein wie anderswo oft das filtrirte Wasser nicht ist —, wenn, wie in Altona, eine sehr feinporige erdige Schlammschicht sich dem Sand auflagert, dann kann bis zu einer gewissen Grenze die gesteigerte Filtrationsschnelligkeit ohne Einfluss bleiben. Im Allgemeinen aber bleibt der Satz zu Recht bestehen: Je langsamer filtrirt wird, um so geringer ist die Zahl der unter sonst gleichen Umständen im Filtrat auftretenden Bakterien.

Ferner kommt die Art des Rohwassers in Betracht, je keimreicher dieses ist, um so keimreicher ist auch das Filtrat. Das Streben geht also dahin, mit möglichst reinem Wasser zu arbeiten. Man benutzt hier und da „Klärbassins", von welchen aus das Wasser auf die Filter gelassen wird. Die Wirkung der Bassins auf den Keimgehalt wird verschieden sein müssen je nach der Art der Sinkstoffe, der Jahreszeit und Temperatur, im Allgemeinen aber wird die Bakterienzahl durch die Bassins abgemindert.

Kabrhel (l. c. S. 330) liess bei seinen vorhin erwähnten Versuchen das zu filtrirende Wasser der Moldau 24 Stunden in cementirten Absitzbassins stehen und fand in 1 Cubikcentimeter Wasser Bakterien:

Sofort	Nach 24 Stunden	Sofort	Nach 24 Stunden	Sofort	Nach 24 Stunden
117	70	20 142	5244	10 597	5410
2382	2276	1 596	1168	10 370	5410
1030	990	1 785	1184	410	164
1105	998	1 134	743	98	97
1038	854	1 954	802	1 650	862
1080	1026	781	844	2 325	750
3007	2228	1 047	791	2 072	947
1183	8929	858	883		

Die Verminderung der Keimzahl war um so erheblicher, je unreiner, je getrübter das Rohwasser war. Mit der Sedimentirung der schwebenden Partikel nahm die Zahl der Bakterien ab.

Die Erfahrungen an Sandfiltern lassen sich auf die Bodenverhältnisse übertragen. Der Boden besteht aus kleinen Körnchen, in deren Zwischenräume anorganische und organische Trümmer hineingespült worden sind, welche die Poren ziemlich eng ausfüllen, gewissermaassen eine Schlammdecke darstellen. Ausserdem sind die oberen Lagen des Bodens von Bakterien durchsetzt, obschon auch in diesem Falle von einer Auskleidung der Capillaren mit Mikroorganismen nicht die Rede sein kann. Die höchste uns aus der Literatur bekannt gewordene Zahl (Beumer) von 45 Millionen auf den Cubikcentimeter bedeckt, wenn wir die gleichen Verhältnisse wie bei der Sandfiltration und eine Aneinanderlagerung, nicht Aufeinanderlagerung der einzelnen Keime annehmen, nicht mehr als $^1/_{83}$ des zur Verfügung stehenden Raumes.

Der Vermittler, der Ueberträger der Mikroorganismen im Boden, ist das Wasser, in ihm sind die Organismen suspendirt und mit ihm gehen sie in die Tiefe.

Es kommt also darauf an, zu wissen, wie tief, bezw. wie rasch das Wasser in den Boden einsinkt und in welcher Zeit das Aufschlagwasser die grösseren Bodentiefen oder das Grundwasser, also unser Wasserversorgungsgebiet erreicht. Die darüber bekannten Thatsachen verdanken wir Hofmann[1]).

[1]) Grundwasser und Bodenfeuchtigkeit. Archiv für Hygiene 1, 273. Ueber das Eindringen von Verunreinigungen in Boden und Grundwasser. Archiv für Hygiene 2, 145.

Man kann nach Hofmann's Vorgang den Boden in zwei Classen eintheilen, in den „grobporigen“ und den „feinporigen“.

In dem ersteren finden sich weite Hohlräume nicht capillarer Natur und feine Hohlräume, Capillaren. Das Wasser geht die Wege, welche ihm am bequemsten sind, es wird also die weiten Canäle vorziehen und dem entsprechend rasch in die Tiefe niederfliessen. Hofmann konnte schon nach einem Tage die Kochsalzlösung, welche auf reinen Sand von 0,5 bis 1 mm Korngrösse geschüttet war, in 1 m Tiefe nachweisen. Finden sich so weite Canäle, dann müssen die Mikroorganismen gleichfalls in die unteren Bodenschichten dringen. Dieser grobporige Boden scheint jedoch in dicht bewohnten Gegenden nicht sehr häufig zu sein. Die Grösse der Poren richtet sich einerseits nach der Korngrösse, andererseits nach der Art des Materials, welches die weiteren Canäle ausfüllt. Da, wo ursprünglich weite Poren vorhanden waren, ist das Wasser rasch in die Tiefe gesunken, es hat Stoffe aller Art mitgenommen und somit sich selbst allmählich den Weg verlegt. Je enger die Canäle werden, um so feineres Material wird abgefangen, bis zu den feinsten Thonpartikelchen herab, deren Durchmesser nicht einmal $^1/_{10}\,\mu$ gross ist, d. h. von denen 1000 nothwendig sind, um den Raum auszufüllen, welchen eine Bakterie einnimmt. Auf diese Weise wird ursprünglich grossporiger Boden in feinporigen umgewandelt, und für letzteren sind die Verhältnisse ganz andere, soweit das Eindringen des Wassers in Frage kommt.

Bei dem Boden unterscheidet man drei Zonen: 1) die Zone des capillaren Grundwassers, welche sich direct über dem Grundwasser befindet und deren capillare Hohlräume sämmtlich mit Wasser gefüllt sind; 2) die Durchgangszone, d. h. den Bezirk, welcher zwischen den eben erwähnten und dem folgenden liegt und welcher einen bestimmten, der Grösse der Bodencapillaren entsprechenden Wassergehalt hat; und 3) die Verdunstungszone, welche oberflächlich gelegen, bald fast wasserleer, bald mit Wasser gefüllt ist.

Gelangt Wasser auf den Boden, so kann dasselbe nicht eher in die Durchgangszone übertreten, als bis die Capillaren der Verdunstungszone mit Wasser gefüllt sind. Hat es längere Zeit nicht geregnet, so wird es sich häufig ereignen, dass das sämmtliche Wasser, welches die ersten Regen bringen, in der Verdunstungszone bleibt und nichts davon in die Durchgangszone übertritt. Es ist eine bekannte Erscheinung, dass heftige Regengüsse nur wenige Centimeter tief in die ausgedörrte Erde eindringen. Einer der heftigsten bekannt gewordenen Platzregen ist der am 6. August

1858 in Breslau gefallene; die in $1^1/_2$ Stunden niedergegangene Wassermasse betrug 95 mm. Das Porenvolum des Bodens beträgt etwa 30 Proc., rechnen wir dasselbe auch nur zu 20 Proc., und nehmen wir ferner an, dass alles Wasser in den Boden gedrungen sei, so hätte danach dieser stärkste Regen nur etwa 45 cm tief eindringen können. Die gewöhnlichen Regen können die Mikroorganismen nur wenige Centimeter tief verschleppen.

Sinkt das Regenwasser in die Durchgangszone, so drückt es das unter sich befindliche Wasser vor sich her; hierbei tritt so viel Wasser unten aus der Durchgangszone in das Grundwasser über, als oben aus der Verdunstungszone zufliesst. Um das in der Durchgangszone vorhandene Wasser vollständig verdrängen zu können, muss genau so viel Wasser von oben eindringen, als in den Capillaren der ganzen Durchgangszone steht, als der Wassercapacität des Durchgangsterrains entspricht. Ist letztere 300 kg pro Cubikmeter, d. h. kann 1 cbm Erde 300 kg Wasser aufnehmen — was meistens der Fall ist —, so müssen ebenso viele Liter Wasser oder ebenso viele Millimeter Regenhöhe auf 1 qm Boden fallen, um 1 m tief einzudringen.

Beträgt in einer Gegend, z. B. in Mitteldeutschland, die jährliche Regenhöhe 600 mm, so fallen auf den Quadratmeter 600 Liter Wasser. Enthält der Boden an einer Stelle 30 Proc., an einer anderen 20 Proc. Porenvolum, so würde der zuerst gefallene Regen, wenn nichts abliefe, nichts verdunstete, höchstens 2 bezw. 3 m tief innerhalb eines Jahres eindringen. Rechnet man den Verlust durch Ablaufen und Verdunsten gering, zu $^1/_3$ des Ganzen, so würde das Regenwasser nur bis zu 1,3 bezw. 2 m in der angegebenen Zeit einsinken.

Diese Beispiele, welche sich auf die Hofmann'schen Beobachtungen stützen und Bedingungen voraussetzen, wie sie die Natur nur selten günstiger bieten dürfte, zeigen, wie wenig tief das Wasser und mit ihm die chemischen Verunreinigungen und die Mikroorganismen, selbst wenn wir bezüglich der letzteren von der Bodenfiltration ganz absehen, innerhalb langer Zeiträume in den Untergrund hinabsinken.

Der Werth der Bodenfiltration aber ist hoch anzuschlagen, denn die Bodenfiltration erfolgt unter günstigeren Bedingungen wie die Sandfiltration.

Die feinen und feinsten Erdpartikel verstopfen die Poren und lassen nur wenige Mikroorganismen hindurch. Die in dem Boden vertheilten Bakteriencolonien werden die nicht abgefangenen Mikro-

organismen zurückhalten. Ausserdem ermöglicht das sehr langsame Fliessen des Wassers, welches bei einer Jahresleistung von 2 m den $^1/_{438}$ Theil der Schnelligkeit im Filter (100 mm pro Stunde) beträgt, ein leichtes Niedersinken und Festhaften der Bakterien an den Wänden der Capillaren. Die sehr langsame Vorwärtsbewegung des Wassers in der Erde ist auch der Grund, wesshalb in den grösseren Tiefen unter 1 m, wo der Druck sich mehr ausgeglichen hat, Bakterien von ihrer Unterlage schwer losgerissen und fortgeführt werden.

In feinporigem Boden ist also der Transport von Bakterien durch das Wasser in grössere Tiefen ausgeschlossen.

Gelangen die Spaltpilze durch weitere Canäle in grössere Tiefen, so sind daselbst die Bedingungen für ihre Erhaltung und Vermehrung nicht günstig. Die Ernährungsverhältnisse werden mit zunehmender Tiefe schlechter, weil die organischen Substanzen sowohl die gelösten als auch die Reste organisirter Materie, seltener werden, vor Allem jedoch, weil die Temperatur in den tieferen Bodenschichten eine niedrige, das Wachsthum beschränkende ist, ferner, weil die Grundluft arm an Sauerstoff, reich an Kohlensäure ist, was um so mehr in Betracht kommt, als die anaërobiotischen Bakterien in der Tiefe des Bodens selten sind.

Ein Beweis dafür, dass die Organismen in den unteren Schichten thatsächlich schlechte Existenzbedingungen finden, ist zuerst von C. Fränkel erbracht. In frisch aus 3 bis 4 m Tiefe geholten Erdproben fanden sich nur wenige Mikroorganismen. Blieben die Proben einige Zeit an der Luft liegen, so trat sehr rasch eine starke Vermehrung der Bakterien ein. Diese Beobachtung ist von den verschiedensten Seiten bestätigt worden.

Die unter Umständen auf die Erhaltung der Art gerichtete Sporenbildung scheint im Boden, sofern die unteren Lagen in Betracht kommen, beinahe vollständig zu fehlen.

Tritt in den tiefen Bodenlagen eine ausgiebige Vermehrung der Spaltpilze nicht ein, findet auch eine Sporenbildung nicht statt, so sind die dorthin verschleppten Mikroorganismen, auch wenn sie im Strome des Grundwassers nicht schnell durch eine feinporige Schicht abfiltrirt und festgehalten werden, dem Untergange geweiht, ihr Leben ist ein beschränktes und sie sind nicht geeignet, den Grundsatz ins Wanken zu bringen:

„Die tieferen Bodenschichten und mit ihnen das tiefstehende Grundwasser sind mit wenigen Ausnahmen frei von Mikroorganismen.“

Mit diesem Satz steht scheinbar der Befund im Widerspruch, dass in den meisten Quellen und Brunnen Bakterien vorhanden sind.

Die Hauptquelle für Mikroorganismen der erwähnten Wässer sind die keimreichen oberen Schichten des Bodens und der Erdoberfläche; überall dort, wo diese mit dem Wasser in Berührung kommen, muss ein Uebergang von Spaltpilzen in das Wasser statthaben.

Die Berührung selbst kann zweierlei Art sein. Die erste ist die folgende: das Grund- und Quellwasser steht verhältnissmässig tief unter den oberen, keimführenden Erdschichten, erhält jedoch durch weite Canäle von oben her Zuflüsse in kurzer Zeit und in unfiltrirtem Zustande. Solche Canäle werden gebildet durch die die Capillarweite übersteigenden Zwischenräume zwischen den einzelnen Theilen des grobporigen Bodens, durch Spalten und Risse in den Schichten des Gesteins, durch die von Thieren gegrabenen Gänge und durch die mit undichten Wandungen versehenen Brunnenkessel und Quellstuben selbst.

Das Wasser fliesst naturgemäss dahin, wo es den geringsten Widerstand findet, also nach den weiten, offenen Canälen. Einen undicht gemauerten Brunnenkessel hat man sich vorzustellen als ein senkrecht in die Erde gestelltes Drainrohr, in welches das in den umgebenden oberen Bodenschichten befindliche Wasser hineinfliesst. Das Zuflussterrain hat die Gestalt eines oben weiten, unten engen Trichters. Die Menge des aus den oberen Partien zufliessenden Wassers richtet sich nach der Menge des Aufschlagwassers und der Bodenart. Das Aufschlagwasser wird in der Umgebung von Brunnen durch das Ausgusswasser wesentlich vermehrt. Daraus folgt, dass für guten Abfluss und möglichst dichten Bodenabschluss durch gute Pflasterung u. s. w. in der Nähe des Brunnens zu sorgen ist. Die Bodenart ist von Einfluss, da um so mehr keimhaltiges Wasser in den Brunnen gelangen kann, je mehr Wasser von dem Boden in der nächsten Umgebung des Brunnens aufgenommen, je weniger festgehalten zu werden vermag.

Ausser von dem Boden können auch von Schmutzstätten her Bakterien in die Brunnen gelangen. Als derartige Schmutzstätten sind anzusehen: an der Erdoberfläche stehende Tümpel von Jauche, Waschwasser, Regenwasser, undichte Abortgruben, schlechte Canäle, Sickerlöcher u. s. w. Man findet bei Durchsicht der Angaben über den Keimgehalt der Brunnen oft die Notiz: „nahe bei einer Dunggrube etc.“, und relativ häufig ist dann die Bakterienzahl eine hohe. — Bei grobporigem Boden gelangen die Mikroorganismen leicht und rasch von der verunreinigten Stelle

mit dem Sickerwasser in den Brunnen, bei feinporigem Boden werden sie jedoch bald zurückgehalten, wenn nicht kleine Rinnsale die Communication vermitteln. Man muss sich die Entstehung dieser Rinnen so denken, dass an der Brunnenseite, wo das aussickernde Wasser keinen Gegendruck mehr findet, Sand- und Erdtheilchen losgerissen werden. Alsdann findet ein langsames Abbröckeln in der Richtung zur Grube hin statt, und so vertiefen sich allmählich diese Canäle. Durch Insecten und andere Thiere hergestellte Gänge können den Vorgang beschleunigen.

Einige Beispiele, bei welchen die Möglichkeit einer Brunnenverunreinigung in der soeben angedeuteten Weise nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisen ist, erwähnt Moers aus Mülheim. Der Brunnen vom Cöln-Mindener Bahnhof in Mülheim hatte durchschnittlich 6800 Bakterien; er ist in „allernächster Nähe der Kothgrube gelegen, sein Wasser sah trübe, bläulich opalescirend aus". Ein anderer Brunnen mit durchschnittlich 3320 Bakterien im Cubikcentimeter liegt nur einen Fuss von der „Vorsenke", d. h. einem Schlammloche, in welchem die gröberen und schwereren suspendirten Substanzen sich absetzen, bevor das Schmutzwasser in die Schlinggrube oder das Sickerloch abläuft. Die übrigen untersuchten Brunnen Mülheims führten durchschnittlich nur 80, 96, 178, 628, 1045, 1792, 162, 141 Mikroorganismen im Cubikcentimeter.

Auch Bokorny führt an, dass die vier öffentlichen Brunnen von Kaiserslautern, welche unzählige (d. h. über 100 000) Bakterien im Cubikcentimeter Wasser enthielten, dicht zusammen auf demselben verunreinigten Terrain liegen. Die übrigen Brunnen enthielten zwischen 0 und 2500 Spaltpilze.

Aber nicht allein die Brunnen, auch die Quellen können durch weite Communicationen mit der Erdoberfläche und den obersten Bodenschichten verunreinigt werden. Beispiele dieser Art sind schon S. 494 angeführt. Nur zwei weitere mögen hier Platz finden. Thoinot[1]) fand, dass die Quelle zu Sanvic, welche am Ende eines 80 m langen verschlossenen Tunnels entspringt und welche dort mit einer 20 bis 25 m dicken Schicht Kreide bedeckt ist, zwischen 42 und 470 Bakterien, und zwar in drei verschiedenen Arten enthält. Die Stadt Soest schöpft ihren Wasserbedarf, 2000 cbm täglich, aus einem 17 m tiefen, in ein 0,40 cm weites Bohrloch auslaufenden Brunnen. Das Wasser dringt theilweise in so mächtigem Strome an, dass es überfliesst und in einen Bach

[1]) Annales de l'Institut Pasteur 1889, p. 145.

abgeleitet werden muss, von einer Ansammlung von Schlamm in dem Bohrloche, von einem Stagniren des Wassers kann also keine Rede sein. Trotz alledem enthielt das mit allen Cautelen dicht über dem Grunde geschöpfte, also das soeben eingedrungene Wasser, wie von dem Einen von uns und zwei anderen Beobachtern zu verschiedenen Zeiten festgestellt wurde, zwischen 130 und 2800 Bakterien im Cubikcentimeter. Ausserdem wird das Wasser einige Stunden nach aufgetretenen Regengüssen trübe und enthält zu gewissen Zeiten eine mit Augen versehene Gammarusart in solcher Menge, dass die etwa 1,0 bis 1,5 cm langen Flohkrebse zu Tausenden auf den Seihnetzen vor den Pumpen liegen. Die nächste Umgebung des Brunnens ist undurchlässiger Lehm und enthält an verschiedenen Stellen Salzwasser. Das Brunnenwasser und die dicht dabei liegenden sogenannten Soestquellen entstammen dem eine Anzahl Kilometer entfernten Haarstrang und Möhnethalgebiet. Dort deckt eine oft nur wenige Centimeter dicke Ackerkrume den stark zerklüfteten Pläner. Der Regen wäscht die dünne Humusschicht aus und führt die Bakterien und die feinen Erdpartikelchen in die weiten Klüfte und von dort rasch zu dem erwähnten Centralbrunnen und mehreren anderen über 20 m tiefen Rohrbrunnen und den offen zu Tage tretenden mächtigen Quellen jener Stadt[1]).

Rohn und Wichmann[2]) fanden in dem Wasser eines Bohrloches von 130 m Tiefe, welches auf das Liter berechnet 20 mg Ammoniak und 94,8 mg organische Substanz enthielt, 769 780 Bakterien im Cubikcentimeter. Leider leidet diese Beobachtung an zwei Fehlern: zunächst sind die Culturen erst 24 Stunden nach der Entnahme des Wassers angesetzt, und dann ist die Entnahme, was übrigens die Autoren selbst anerkennen, insofern zu beanstanden, als Mikroben von der Rohrwand in die Proben hineingelangt sein können.

Die zweite Art der Berührung des Grundwassers mit den oberen Bodenschichten besteht darin, dass das Grundwasser bis in dieselben hineinragt. Hierbei müssen naturgemäss Bakterien in die Quellen, deren Wasser diese Schichten durchzieht, und in die Brunnen, welche in sie gesenkt sind, übertreten.

Die Grenze, bis wohin die Bakterien in die Erde dringen, ist wahrscheinlich je nach der Bodenart verschieden. Das zur Zeit vorliegende Material gestattet ein abschliessendes Urtheil über diese Verhältnisse noch nicht. Angaben über die Brunnentiefe, die Construction der Brunnenwand, den Wasserstand, die Art und Lagerung der Bodenschichten oberhalb der Wasserlinie, über den Quellenlauf u. s. w. sind von den wenigsten Forschern gemacht.

---

[1]) Aus den Acten des hygienischen Institutes zu Jena.

[2]) Mittheilungen der Versuchsstation für Brauerei und Mälzerei in Wien, Heft II, 1889.

In den Fällen aber, wo sie gemacht sind, gestatten sie keine Schlüsse, nur Vermuthungen. Möglich ist es z. B., dass der grosse Keimreichthum der Flachbrunnen Belgards sich dadurch erklärt, dass das Grundwasser bis an oder bis in die keimführenden Schichten ragt. Das Grundwasser steht dort 3 m unter der Erdoberfläche, die Brunnen sind durchschnittlich 4 m tief und durchsetzen Torflager. Nach den Beobachtungen von Beumer, Fränkel und uns kommen in 3 m Tiefe noch Bakterien vor, allerdings nur in geringer Zahl. Roth meint, die Herabminderung der Keimzahl von 130 000 auf 600, welche durch Abpumpen und Ausschöpfen eines Brunnens erzielt wurde, spreche gegen bakterienhaltiges Grundwasser. Dagegen lässt sich einwenden, dass 600 Keime nach dem Abpumpen in vielen Gegenden noch eine sehr hohe Zahl darstellen, dass in dem Belgarder Untergrunde bei 3 bis 4 m Tiefe vielleicht nur wenige Bakterien enthalten sind, und dass von diesen wenigen voraussichtlich nur ein geringer Theil losgerissen wird, weil das Grundwasser bei einem Brunnen, welcher ausgepumpt und ausgeschöpft werden kann, nur langsam zufliesst.

Andererseits ist nicht ausgeschlossen, dass aus dem höher gelagerten Torf keimhaltiges Wasser von der Seite her einsickert, dass also das Aufschlagwasser als bakterienhaltiges „Leckwasser" in die Brunnen hineintröpfelt, während unten vielleicht von weither kommendes, keimfreies Grundwasser zufliesst. Hiervon abgesehen, lässt sich weiter die Frage aufwerfen, ob nicht möglicherweise das mit Huminsubstanzen geschwängerte Wasser Belgards einen vorzüglichen Nährboden für die Mikroorganismen abgiebt, so dass die hohe Keimzahl auf einer starken Vermehrung der Spaltpilze in jenem Wasser beruht.

Dagegen sind die Dorpater Flachbrunnen nach den zahlreichen, im Körber'schen Institut gemachten Untersuchungen sicher desshalb so keimreich, weil das Grundwasser bis hoch in die bakterienführenden Erdschichten hineindringt.

Wenn das Grundwasser im Allgemeinen keimfrei ist und die Brunnen und Quellen nur aus den oberen Bodenlagen ihre Mikroorganismen erhalten, so ist erforderlich, die Quellen noch im keimfreien Terrain zu fassen und in dichter Leitung zur Oberfläche zu führen und die Brunnen bis zu keimfreier Tiefe zu senken und sie bis unten hin wasserdicht zu construiren, so dass das Wasser nur von unten, d. h. hinreichend filtrirt, einzudringen vermag.

Die Forderung, „wasserdichte" Brunnen zu bauen, ist schon alt. Bereits im Jahre 1854 wurde sie von Hassal aus Anlass der letzten Choleraepidemie in London gestellt. Später wurde sie

anlässlich der Einrichtung und Aufnahme der Tiefbrunnen und artesischen Brunnen wiederholt und dann von Plagge und Proskauer in energischer Weise befürwortet. Es ist die Aufgabe der Technik, diesem gerechten Verlangen nachzukommen. Die Hygiene hat nur ein indirectes Interesse daran, ob die Brunnen aus Eisen oder aus Cement und Stein hergestellt, in Lehm gesetzt oder auf andere Weise gefertigt werden, wenn nur ihrer Forderung des absoluten Abschliessens der Brunnen nach oben und nach der Seite hin Genüge gethan wird. Die Rohrbrunnen haben aber vor den Kesselbrunnen den Vorzug, dass sie gegen Verunreinigungen von Aussen und von der Seite her in vorzüglichster Weise bewahrt sind, dass sie den einmal hineingelangten Bakterien weniger günstiges Terrain zur Ansiedelung bieten, und ferner, dass sie desinficirt werden können, was bei den Kesselbrunnen nicht in vollständiger Weise geschehen kann; durch Auspumpen und Auspinseln mit Kalkmilch lässt sich absolute Keimfreiheit nicht erreichen.

Trotz der wasserdichten Construction gelingt es nur selten, ein völlig bakterienfreies Wasser zu erzielen. Bei dem Fassen der Quellen, bei dem Mauern oder Schlagen der Brunnen, dem Setzen der Pumpen, kurz bei jeder Manipulation gelangen Mikroorganismen in das Wasser. Einige derselben werden bald absterben, andere jedoch werden am Leben bleiben und an Zahl zunehmen.

X.

Die Vermehrung der Bakterien im Wasser.

Impft man eine keimfreie Flüssigkeit, welche als Nährsubstrat dienen kann, z. B. neutral reagirende Fleischbrühe, mit geeigneten Bakterien, so vermehrt sich die Einsaat in sehr kurzer Zeit in erheblichem Maasse. Dasselbe tritt ein, wenn sterilisirtes Wasser durch einige Tropfen gewöhnlichen Wassers inficirt wird oder wenn Wasser sich selbst überlassen bleibt. Dass diese Vermehrung nicht auf dem Zerfall von Bakterienverbänden (*Zoogloeen*) in Einzelwesen beruht, erwies Bolton, indem er eine sehr geringe Menge Wasser, in welchem sich nach Einimpfung einer Bakterienspur zahlreiche Mikroorganismen zeigten, nochmals in sterilisirtes Wasser übertrug. Wäre die hohe Zahl der Mikroorganismen nur in dem Zergehen der Zoogloeen begründet gewesen, so hätte sich die zweite Einsaat nicht vermehren dürfen. Gleichwohl war bereits nach zwei Tagen die Menge der Bakterien unzählbar.

Bevor das Zählverfahren bekannt war, schätzte man die Vermehrung nach dem makroskopischen Verhalten und nach dem mikroskopischen Befund: man controlirte durch das Mikroskop, ob die eingetretene Trübung durch Mikroorganismen bedingt war.

Seit Anwendung der Methoden von R. Koch lässt sich ein genauer Nachweis der Zunahme der Bakterien durch Zählung der aus einem Cubikcentimeter Wasser gewachsenen Colonien führen. Es liegen eine Menge von Zahlen vor, welche mit Hülfe des Plattenverfahrens gewonnen sind.

Wir brachten Mikroorganismen, welche aus Berliner Leitungswasser gezüchtet waren, in Erlenmeyer'sche Kölbchen mit sterilisirtem Wasser gleicher Art und liessen die Kölbchen stehen, so dass die Luft unbehinderten Zutritt zu dem Wasser hatte. Die erhaltenen Resultate giebt die folgende Tabelle:

Art der Organismen	Zahl der eingesäeten Organismen	Zahl der Organismen nach Tagen					Temperatur
		2	4	9	10	14	
Rother Bacillus .	3 200	27 000	—	—	—	—	20°C.
Weisser Kokkus .	5 000	—	220 000	237 000	—	296 000	12°C.
Fluoresc. Bacillus .	11 000	—	—	—	900 000	—	5°C.
Grüner nicht fluor. Bacillus	8 000	—	—	—	700 000	—	12°C.

Bolton arbeitete ebenfalls mit Reinculturen:

Zahl der Colonien pro 1 ccm von	Bei + 6°				Bei + 10°			Bei + 22°		
	sofort	nach 3 Tagen	nach 6 Tagen	nach 14 Tagen	sofort	nach 48 Stunden	nach 72 Stunden	sofort	nach 48 Stunden	nach 72 Stunden
Mikrok. aquat.	20	320 240	2000 2160	—	800 1400	3420 4000	820 580	—	un- zählig	un- zählig
					un- zählig	60000 64600	—	un- zählig	"	"
Bac. erythrosp.	20	—	80 80	11400 10200	4020 3500	5000 4000	2700 2700	3400 3800	"	"
					4020 3500	5880 4160	2000 2520	4000 3800	192000	"

Karlinski hielt Reinculturen von 7 verschiedenen Wasserbacterien 8 Tage lang in Glasflaschen in dem Strome einer Wasserleitung von 8,2° C. Durchschnittlich vermehrten sich etwa 150 eingebrachte Bakterien einer Art auf etwa 350, nur in wenig Fällen trat eine stärkere Vermehrung, z. B. von 40 auf 640 ein. Rubner beobachtete in den in einem Brunnen mit 9 bis 10° Wassertemperatur aufgehängten Glaskolben eine Vermehrung von 240 auf 4700 (14 Tage), von 1220 auf 36 960 (7 Tage), von 850 auf unzählige Keime (2 Tage).

Frankland constatirte, dass in einem ungefähr 10° warmen Raume 1073 im Wasser enthaltene Keime in 6 Stunden zu 6028, in 24 zu 7262, in 48 zu 48 100 Colonien pro Cubikcentimeter auswuchsen.

Cramer (l. c. S. 91) füllte am 1. November einen sterilisirten Kolben mit Leitungswasser (filtrirtes Züricher Seewasser) und entnahm von Zeit zu Zeit Proben.

Direct nach der Füllung betrug die Zahl der gewachsenen

Colonien	143
nach 24 Stunden	12 457
„ 3 Tagen	328 543
„ 8 „	233 452
„ 17 „	17 436
„ 70 „	2 500 pro Cubikcentimeter.

Leone[1]) constatirte im Münchener Mangfall-Leitungswasser durchschnittlich fünf Mikroorganismen pro Cubikcentimeter, welche sich entwickelten in 24 Stunden zu 100, in 2 zu Tagen 10 500, in 3 Tagen zu 67 000, in 4 Tagen zu 315 000, in 5 Tagen zu mehr als $^1/_2$ Million.

Bolton führt folgende Zahlen an, Göttinger Wasser betreffend:

Zahl der Colonien pro 1 Cubikcentimeter.
Temperatur 22°.

Bezeichnung des Wassers	gleich nach der Entnahme	nach 24 bis 36 Stunden	nach 2 bis 4 Tagen	nach 5 bis 10 Tagen	nach 10 bis 20 Tagen	nach 20 bis 30 Tagen
Brunnen Nr. 1 . . .	2860 3600	unzählig	—	—	—	—
„ „ 2 . . .	2000 1900	—	54 000 52 440	—	—	—
„ „ 3 . . .	4032 3916	—	—	75 000 75 000	—	—
„ „ 6 . . .	1260 1720	18 660	27 600 24 640	35 000 4 000	—	4600 4800
„ „ 7 . . .	52 60	220	200 280	600 610	—	—
„ „ 9 . . .	4940 2360	—	80 000	—	8960 7360	—
„ „ 11 . . .	2550	—	—	2700 2000	3260	—
„ „ 13 . . .	180 250	—	—	40 26	—	—
Quellwasser Nr. 1 . .	1300 1340	—	9 840 10 920	—	5400 6400	—
„ „ 2 . .	40	—	540 480	4940 6400	1000 900	—

[1]) Archiv f. Hygiene 4, 2. Heft, 1886, S. 168.

Ueber die Vermehrung bei 22° innerhalb der ersten Stunden nach der Entnahme des Wassers gewährt folgende Tabelle Aufschluss:

Zahl der Colonien pro 1 Cubikcentimeter.

Bezeichnung des Wassers	gleich nach der Entnahme	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 12 Stunden	nach 24 Stunden
Brunnen Nr. 15	5400 5400	—	11 800 10 000	12 240 13 020	20 40 25 60
„ „ 16	5800 5000	—	15 400	52 640	76 800
Quellwasser Nr. 3	60	—	50	160	7 100
Teichwasser	160 240	—	—	3 600 3 800	16 000

Hier machen sich also auffallende Differenzen geltend.

Ein ähnliches Schwanken in der Vermehrung beobachtete Heraeus auch bei dem Wasser eines und desselben Brunnens, welches in 6 Flaschen zu derselben Zeit und in demselben Raume bei einer Temperatur von 17 bis 20° C. gestanden und im Cubikcentimeter 250 Bakterien enthalten hatte.

Flasche	ergab	nach	Stunden	Keime	Flasche	ergab	nach	Stunden	Keime
1.	„	„	23	5 000	4.	„	„	17½	296
1.	„	„	24	5 000	4.	„	„	40	63 000
1.	„	„	45½	156 000	5.	„	„	15½	369
2.	„	„	21	4 000	5.	„	„	21½	30 000
2.	„	„	27	4 000	5.	„	„	23	12 500
2.	„	„	28½	38 000	5.	„	„	25½	33 000
2.	„	„	31	65 000	5.	„	„	40	84 000
2.	„	„	45½	275 000	6.	„	„	2	155
3.	„	„	19	900	6.	„	„	3¼	140

Gleichfalls charakteristische Beispiele dafür, dass nicht immer eine Vermehrung der Mikroorganismen beim Stehen des Wassers eintritt, liefert Frankland[1]). Das Wasser der Themse und des Lea-Flusses enthielt bei einer Temperatur von 2 bezw. 3° C. 45 392 bezw. 39 307 Mikroorganismen. Nach fünf Tagen, während welcher das Wasser bei 22° C. gestanden hatte, verminderten sich

[1]) Frankland, On the multiplication of Microorganisms. Proceedings of the Royal society 1886, p. 328.

die ersteren auf 35790, vermehrten sich die letzteren auf 63488. Bei einer anderen Untersuchung verminderten sich die bei 8° C. im Cubikcentimeter Themsewasser gefundenen 12250 Bakterien bei zweitägigem Stehen auf 4386 und nach viertägigem Stehen auf 2018, während die unter denselben Bedingungen befindlichen 7300 Bakterien aus dem Lea auf 2148 bezw. 1286 sanken. Dagegen vermehrten sich die Mikroorganismen des filtrirten Themse- und Leawassers, wenn auch ungleichmässig und nicht sehr ausgiebig, so doch constant. In höherem Maasse nahm die Zahl der Tiefbrunnen-Spaltpilze zu.

Tiefbrunnen von Kent. Sofort	1 Tag bei 20° C.	3 Tage bei 20° C.	16 Tage bei 20° C.
96	—	778 379	51 843
7	21	445 000	—

Die gleiche Beobachtung hat Miquel[1]) gemacht.

Im Wasser der Seine vermehrten sich die ursprünglich darin enthaltenen Mikroorganismen innerhalb 24 Stunden bei 21,5° C. um das Zehn- bis Elffache, während die in dem klaren Wasser der Vanne befindlichen Bakterien unter genau denselben Bedingungen bis zum Fünfzigfachen zunahmen. Im Wasser des Canals de l'Ourcq sank die Bakterienzahl innerhalb des gleichen Zeitraumes von 3220 auf 1800.

Fränkel constatirte, dass die Mikroorganismen in den oberen Schichten des Erdbodens sich nicht oder nur wenig vermehrten, wenn die Erdproben bei Zimmertemperatur liegen blieben, dass jedoch in den Proben aus den tieferen Schichten unter gleichen Bedingungen eine starke Zunahme stattfand.

Von einem aus reinem, weissem Sande bestehenden Boden in der Umgebung Potsdams wurden am 12. Juni 1886 Proben entnommen und bei Zimmertemperatur aufgehoben; die darin zu verschiedenen Zeiten gefundenen Bakterienmengen ergeben sich aus der umstehenden Tabelle.

Während somit gewöhnlich eine starke Vermehrung der Keime im Wasser und Boden eintritt, hält sich die Keimzahl in einigen Fällen, wie die Beispiele zeigen, auf der gleichen Höhe, in anderen

[1]) Instructions relatives à l'analyse micrographique des eaux. Revue d'hygiène 1887, p. 731.

geht sie sogar zurück. Die beiden letzteren Erscheinungen werden hauptsächlich bei denjenigen Wässern beobachtet, welche als hochgradig verunreinigt gelten, während die stärkste Vermehrung sich in den reineren Wässern zeigt.

Tiefe in Metern	12./6.	13./6.	14./6.	15./6.	20./7.	5./10.
Oberfläche	2200	2 300	2 800	2 200	1650	1320
1/2	1630	1 420	1 830	1 620	1100	530
1	40	180	160	3 200	1300	580
1 1/2	40	11 800	63 000	24 000	150	120
2	12	3 400	3 200	1 640	1200	12
2 1/2	14	14	24	320	0	0
3	2	0	0	4	0	0
3 1/2	16	380	40 000	12 000	0	0
4	3	120	23 000	25 000	380	0
4 1/2	4	2 200	1 630	28 000	1320	13

Diese Thatsache wird in verschiedener Weise erklärt; alle Forscher stimmen aber darin überein, dass die starke Vermehrung in der „Neuheit", dem „Unberührtsein" des den Bakterien zur Verfügung gestellten Materials beruhe. Der Begriff der „Neuheit" wird jedoch verschieden aufgefasst.

Die Einen meinen, in dem Quellwasser etc. fänden sich die Substanzen noch unberührt vor, welche den Organismen zur Nahrung dienen, in dem Flusswasser seien dieselben bereits verbraucht; die Anderen nehmen an, dass die Ausscheidungsproducte der Bakterien in den „ausgenutzten" Wässern das Wachsthum beeinträchtigen, während in den nicht ausgenutzten Wässern, in welchen also die erwähnten Stoffe fehlen, starke Vermehrung eintrete.

Duclaux[1]) sagt zu dem ersteren Punkt: „Es kommt dabei nicht auf die Quantität, sondern auf die Qualität der organischen Stoffe an, und diejenigen Wässer sind die stabilsten, haben die Verunreinigung am wenigsten zu fürchten, welche sie am gründlichsten durchgemacht haben. Auch beim Wasser giebt es also eine Präventivimpfung".

Wir müssen als sicher annehmen, dass nicht alle durch Kalipermanganat nachweisbaren organischen Stoffe gleichwerthige Nährböden für Mikroorganismen sind. Wenn die besseren Nährsubstanzen verbraucht sind, so wird das nicht angezeigt durch eine

[1]) Ann. de l'institut Pasteur 1894, p. 180.

Verminderung des Kalipermanganatverbrauches, sondern dadurch, dass neu eingesäete Bakterien schlecht gedeihen.

Suspendirte Substanzen geben neue gute Nährstoffe ab und dienen als Nahrungscentren. Ausserdem giebt es so anspruchslose Bakterienarten, dass sogar zweimal destillirtes Wasser ein kräftiges Auswachsen selbst dann noch gestattet (Seite 541), wenn es schon verschiedene Male als Nährsubstrat gedient hat.

Die „Neuheit" des Wassers ist also nicht immer erforderlich für reges Wachsthum. Noch weniger als vom Wasser lässt sich dieses „Ausgenutztsein" vom Boden für alle Organismen annehmen. Dass „der gesammte Vorrath an organischer Substanz, an Nährmasse für die Mikroorganismen sich in einem Zustande der Erschöpfung befinde", ist bei der Anspruchslosigkeit vieler Bakterien an ihr Nährsubstrat nicht wahrscheinlich.

Indessen steht fest, dass manche Arten der Mikroorganismen ein Nährmaterial von bestimmter Form und Concentration verlangen und absterben, wenn dieses verbraucht ist.

So hat Sirotinin[1]) gezeigt, dass Typhusbacillen auf Nährgelatine, welche in dünner Schicht ausgebreitet ist, nur eine Ernte geben, dass hingegen eine zweite Aussaat dann vollen Ertrag bringt, wenn der schon benutzten und verflüssigten Nährgelatine wiederum 1 Proc. Pepton und 0,1 Proc. Fleischextract zugesetzt wird. Aehnliche Resultate erzielte derselbe Autor mit dem *Bac. pyogenes foetidus*, *Bac. flavescens putidus*, *Bac. sputigenus crassus* und *Bac. murisepticus*. Schon aus dem einfachen Vergleich der Masse der gewachsenen Organismen mit der Menge der eingeführten Nährsubstanzen geht klar hervor, dass die gewachsenen Bakterien nicht alle organischen Substanzen, nicht alle Nährstoffe verbraucht haben können.

Vielleicht ist die Behinderung des Wachsthums so zu erklären, dass der eine oder andere der Stoffe, welcher für die Entwickelung einer Art von Mikroorganismen grosse Bedeutung hat, aufgezehrt wird, wodurch diese Art von Bakterien in ihrem Wachsthum gehemmt wird. Hat aber die eine Kategorie von Organismen abgewirthschaftet, so kommt die folgende an die Reihe u. s. f., wobei die von der einen Art gelieferten Stoffe die Nahrung für die andere abgeben können, bis zuletzt eine sehr weit gehende Zersetzung der Nährsubstanzen stattgefunden hat und so viel schädliche Producte erzeugt worden sind, dass das betreffende Wasser für die Mikroorganismen verarmt und vergiftet ist, oder, wie

[1]) Ueber die entwickelungshemmenden Stoffwechselproducte der Bakterien und die sog. Retentionshypothese. Zeitschrift für Hygiene 4, 262.

Miquel sagt, „immun“ gemacht worden ist und daher den Mikroben nicht mehr zur Nahrung dienen kann.

Man weiss, dass manche Bakterien Stoffe ausscheiden oder in sich sowie in ihrem Nährmaterial erzeugen, die selbst auf Thiere und Menschen schädigend oder zerstörend einwirken, während andere das Wachsthum der eigenen Bakterienart und das anderer Arten zu beschränken oder ganz zu hindern vermögen. Bereitet man eine Bouillon mit reichlichem Peptonzusatz und impft in dieselbe eine bestimmte Art von Mikroorganismen, so wächst und gedeiht diese eine gewisse Zeit; jedoch lange bevor das sämmtliche Nährmaterial verbraucht ist, geht sie zu Grunde, und zwar, der Annahme nach, hauptsächlich an den eigenen Ausscheidungsproducten, in ähnlicher Weise, wie der Mensch stirbt, wenn er gezwungen wird, seine Exhalations- und Perspirationsproducte immer von Neuem einzuathmen.

Die Einwirkung der einen Art von Bakterien auf das Wachsthum der anderen erscheint oft stark ausgeprägt. So konnte Babes[1]) zeigen, dass auf Nährgelatine, welche auf Platten ausgegossen war, eine Art nicht wuchs, wenn sie in die Nähe einer anderen geimpft wurde, während sie, in die Nähe einer dritten Art gebracht, von dieser nicht behindert wurde. Garré[2]) liess den *Bac. fluorescens putidus*, welcher häufig im Wasser vorkommt, auf Gelatine wachsen, entfernte dann die Cultur und fand, dass der stehen gebliebene Rest der Nährgallerte gegenüber einigen Bakterienarten sich steril verhielt (*Bac. typhi*), während er anderen ein reichliches Wachsthum gestattete (*Spirill. Cholerae*). Impfte Garré den *Bac. typhi* auf Gelatine und entfernte später die Cultur, so wuchs der *Bac. fluorescens putidus* auf dem Rest des Nährmaterials vorzüglich. Während also der *Bac. fluorescens* den *Bac. typhi* schädigt, ist das Umgekehrte nicht der Fall.

Aehnliche Resultate erzielte von Freudenreich[3]) in einer grösseren, mit 21 verschiedenen Mikroorganismen angestellten Versuchsreihe.

Zagari[4]) fand, dass Milzbrandbacillen in einer Bouillon nicht wuchsen, welche vorher den Kommabacillen der Cholera zur Nahrung gedient hatte.

[1]) II. Choleraconferenz.

[2]) Correspondenzblatt der schweizer Aerzte 1887. Ueber Antagonisten unter den Bakterien.

[3]) De l'antagonisme des Bactéries et de l'immunité, qu'il confère aux milieux de culture. Annales de l'institut Pasteur 1888, Nr. 3, p. 200.

[4]) Giornale internazionale delle scienze Mediche IX.

Sirotinin[1]) wies nun nach, dass diese Wachsthumsbehinderungen wesentlich bedingt sind durch die starke Alkalescenz oder aber durch die Säurebildung, welche die Entwickelung der zuerst eingebrachten Mikroorganismen zur Folge hatte. Stellte Sirotinin die neutrale Reaction wieder her, so war die Beschränkung des Wachsthums aufgehoben. Indessen dürfte die Veränderung der Reaction allein nicht für alle Fälle maassgebend sein.

Emmerich und andere Forscher[2]) injicirten Thieren Erysipelkokken und Milzbrandbacillen. Während die ersteren im Thierkörper sich weiter entwickelten oder doch längere Zeit am Leben blieben, gingen die letzteren zu Grunde; sie vermehrten sich dagegen stark, wenn sie allein, ohne Erysipelkokken, in die Blutbahn gebracht wurden.

Das von Brieger dargestellte Cadaverin, welches durch die Einwirkung von Mikroorganismen auf fäulnissfähige Substanzen entsteht, ist im Stande, in kurzer Zeit die Eiterkokken abzutödten. Man darf somit den von den Mikroorganismen ausgeschiedenen Giftstoffen einen Einfluss auf das Leben der Bakterien nicht vollständig absprechen.

Nach den vorstehenden Ausführungen lässt sich annehmen, dass einige Mikroorganismen im Wasser und Boden zu Grunde gehen, weil die ihnen gerade zusagenden Nährmittel verbraucht sind, während andere desshalb absterben, weil giftige Producte, in erster Linie freie Säuren oder alkalisch reagirende Körper, gebildet werden.

Die gegebenen Erklärungen reichen indessen durchaus nicht für alle Fälle aus. Im Uebrigen ist die Erscheinung nicht häufig, dass die gewöhnlich im Wasser vorkommenden Bakterien in einem unter günstige Bedingungen gebrachten Wasser keine Zunahme zeigen. Oefter schon kommt es vor, dass das Wachsthum nicht so ausgiebig ist, aber die eine oder die andere Erscheinung bilden immer nur Ausnahmen von der Regel, dass die anspruchslosen Mikroorganismen sich im Wasser energisch vermehren.

Noch auf zwei Punkte ist aufmerksam zu machen. Bringt man eine in Bouillon, auf Gelatine oder sonstigem guten Nährboden gezüchtete Reincultur eines Wassermikroben in Wasser hinein und bestimmt sofort die Zahl der eingesäeten Mikroben, so ergiebt eine nach wenigen Stunden wiederholte Untersuchung,

---

[1]) l. c. p. 262.

[2]) Tageblatt der 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1886, S. 145.

dass die Zahl der Bakterien abgenommen hat, während eine noch spätere dritte bezw. vierte Untersuchung starke Vermehrung zeigt.

Diese Erscheinung beobachtet man nicht allein beim Einbringen in Wasser, sondern bei fast jeder Uebertragung von Mikroben auf andere Nährsubstrate. Durch den unvermittelten Uebergang in ein anderes Medium werden die Lebensbedingungen wesentlich geändert und die schwächeren Individuen erliegen dieser Einwirkung, die stärkeren überwinden den Insult, gewöhnen sich an das Medium und vermehren sich dann in der gewöhnlichen Weise.

Während in Glaskolben und ähnlichen Gefässen gewöhnlich eine starke Zunahme der in dem eingefüllten Wasser enthaltenen Mikroben stattfindet, vermehrt sich die in den natürlichen grossen Wasserbehältern, Seen, Brunnen etc., befindliche Bakterienzahl nicht, wenn sie erst einmal eine gewisse Höhe erreicht hat. Wird z. B. ein Brunnen stark benutzt und dann sich selbst überlassen, so erhebt sich zunächst die ursprüngliche Keimzahl etwas und bleibt dann constant. Hängt man aber, wie das Brödtler[1]) und Rubner[2]) gemacht haben, in den Brunnen Glaskolben hinein, die dasselbe Wasser enthalten, so steigt darin die Zahl der Keime erheblich, um allerdings nach einiger Zeit wieder abzusinken; ob die Zahl ganz zu dem ursprünglichen Stand zurückkehrt, ist fraglich, jedenfalls sind dazu längere Zeiträume, mindestens Wochen erforderlich.

Keimzahl im Brunnenwasser		Zahl im Glasgefäss im Brunnenwasser	Zahl im Glasgefäss im Laboratorium 20° C.	Brunnenwassertemperatur	Versuchsdauer Tage
vor dem Versuch	nach dem Versuch				
1220	850	36 960	9100	9,2°	7
850	863	∞	23 070	10,1°	2
836	960	7000	80 000	10,1°	2
829	973	∞	∞	—	2
973	—	∞	∞	—	2

Die ersten vier Beobachtungen sind von Rubner, die beiden letzten von Brödtler gemacht.

Rubner nimmt an, dass die Vermehrung im Kolben und freien Brunnenwasser gleich sei, dass aber durch das Sedimentiren

[1]) Dissertation. Berlin 1891.

[2]) Beitrag zur Lehre von den Wasserbakterien. Archiv für Hygiene 11, 366.

die Mikroben aus dem Brunnenwasser verschwanden, während sie in den Gefässen durch das Schütteln wieder in die Erscheinung gebracht wurden. Der Autor sucht seine Anschauung dadurch zu beweisen, dass er Reagensröhrchen mit der Mündung theils nach oben, theils nach unten in dem Brunnen aufhing und dann in den oben offenen mehr Bakterien fand, als im freien Wasser und den unten offenen Röhrchen. Einwandsfrei ist diese Beweisführung jedoch nicht, dazu finden sich zu starke Differenzen in den Zahlen nach verschiedenen Richtungen hin; jedenfalls ist die Erscheinung nicht erklärt, dass gewöhnlich in grösseren Wassermengen genau so viel Bakterien durch Theilung entstehen, als durch die Schwere niedersinken.

Brödtler meint, dass die im Verhältniss zum Inhalt grosse Umgrenzung kleiner Gefässe eine grosse Haftfläche für die Mikroben bildet, welche erst die rege Proliferation ermöglicht, und stützt diese Behauptung dadurch, dass er Deckgläschen, wie man sie zum Mikroskopiren verwendet, in das Brunnenwasser, welches circa 900 Mikroben im Cubikcentimeter enthielt, einige Zeit hineinhing, dann die Gläschen herausnahm, abschüttelte und in Gelatine brachte. Zwei so behandelte Deckgläschen, welche eine Minute im Wasser gewesen waren, liessen 65 bezw. 29, zwei andere, die eine Stunde gehangen hatten, 978 und 1166, zwei weitere nach drei Stunden 1712 und 1724, und die beiden letzten nach sieben Stunden 2665 und 2900 Colonien zur Entwickelung kommen.

Hiernach scheint es, als ob die starke Keimzahl in kleinen Wasserbehältern bedingt sei durch das Wiederauftreten der schon sedimentirten Keime nach dem Schütteln und die starke Vermehrung an den relativ grossen Wandflächen.

XI.

Die Lebens- und Vermehrungsbedingungen der Mikroorganismen im Wasser.

Wenn in den Wässern eine verschiedene Anzahl von Mikroorganismen gefunden wird, so deutet diese Erscheinung darauf hin, dass Bedingungen vorhanden sein müssen, welche die Erhaltung und die Vermehrung der Individuen beeinflussen.

In den nächsten Capiteln sollen die hauptsächlichsten dieser Factoren besprochen werden.

A. Die Ernährungsbedingungen der Bakterien.

Die Mikroorganismen bedürfen im Allgemeinen zu ihrer Entwickelung nur kleinster Mengen von Nährsubstanzen. Vor Allem haben sie Wasser nöthig, dann etwas organische Materie und geringe Mengen von Salzen. Einige wenige Arten ausgeschlossen, verlangen die Bakterien ein neutrales oder leicht alkalisch reagirendes Medium zu ihrem Gedeihen. Jedoch kommen auch Ausnahmen von dieser Regel vor; trotzdem z. B. die gekochten Kartoffeln gewöhnlich leicht sauer reagiren, bilden sie einen den meisten Bakterien passenden Nährboden.

Naegeli[1]) fand, dass der Körper der Schizophyten sich ausser aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff aus den folgenden Elementen: Schwefel, Phosphor, Kalium (Rubidium bezw. Cäsium) und Calcium (Magnesium, Baryum bezw. Strontium) aufbaut.

Den nöthigen Stickstoff entnehmen die Mikrophyten nach Naegeli nur aus stickstoffhaltigen Verbindungen; hierbei werden die wasserstoffhaltigen Verbindungen des Stickstoffs den sauerstoffhaltigen im Allgemeinen vorgezogen. Auch den Kohlenstoff können die Bakterien nach demselben Autor nur aus wasserstoffhaltigen Kohlenstoffverbindungen assimiliren. Unter den Kohlenstoff und Stickstoff enthaltenden Nährsubstanzen steht nach Naegeli

[1]) Untersuchungen über niedere Pilze.

als Nährmaterial voran: Eiweiss und Zucker [am besten Pepton mit Traubenzucker (Hueppe)], dann folgen Leucin und Zucker, weinsaures Ammonium und Zucker, Eiweiss, Leucin, weinsaures Ammonium und essigsaures Ammonium. Die Bakterien stimmen also mit den Pflanzen darin überein, sagt Cohn, dass sie den in ihren Zellen enthaltenen Stickstoff in Form von Ammoniakverbindungen assimiliren können; sie unterscheiden sich aber dadurch von den höheren Pflanzen, dass sie den Kohlenstoff nicht aus der Kohlensäure zu entnehmen vermögen.

Der zweiten Hälfte dieses Ausspruches stehen aber Beobachtungen von Heraeus[1]) und Hueppe[2]) entgegen, denen zufolge eine nitrificirende Bakterie in üppiger Weise in einem Nährmedium gedeihen kann, welches den Kohlenstoff nur als kohlensaures Ammoniak enthält; es entsteht dabei ein der Cellulose nahestehendes Kohlehydrat. Winogradsky[3]) hat die Annahme der beiden Autoren durch einwandsfreie Versuche gestützt.

Die Zusammensetzung der Bakterien schwankt innerhalb weiter Grenzen und ist auch bei ein und derselben Art je nach dem Nährmaterial verschieden. Die Bakterien besitzen, was namentlich ihren Eiweissgehalt angeht, ein hervorragendes Vermögen, sich dem Nährmaterial anzupassen, wie E. Cramer[4]) gezeigt hat:

Gewachsen auf Nähragar mit	Stickstoffsubstanz			Aether-Alkoholextract			Asche		
	1 Proc. Pepton	5 Proc. Pepton	5 Proc. Traubenzucker	1 Proc. Pepton	5 Proc. Pepton	5 Proc. Traubenzucker	1 Proc. Pepton	5 Proc. Pepton	5 Proc. Traubenzucker
Pfeiffer's Bacillus . .	66,6	70,0	53,7	17,7	14,63	24,0	12,56	9,10	9,13
Marburger Wasserbac.	78,1	79,6	59,0	16,9	17,83	18,4	11,42	7,79	9,20
Pneumonie-B. Friedl. .	71,7	79,8	63,6	10,3	11,28	22,7	13,94	10,36	7,88
Rhinosklerom-B. . . .	68,4	76,2	62,1	11,1	9,06	20,0	13,45	9,33	9,44

[1]) Ueber das Verhalten der Bakterien im Brunnenwasser, sowie über reducirende und oxydirende Eigenschaften der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene 1, 226.

[2]) Die hygienische Bedeutung des Trinkwassers vom biologischen Standpunkte. Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Sonderabdruck 1887.

[3]) Annales de l'institut Pasteur 1890.

[4]) E. Cramer, Die Zusammensetzung der Bakterien in ihrer Abhängigkeit vom Nährmaterial. Habilitationsschrift. Heidelberg 1892.

Die mittlere elementare Zusammensetzung der Bakterien fand E. Cramer mit C = 51,1 Proc., H = 6,64 Proc., N = 13,46 Proc., Asche = 9,6 Proc.; diese Zahlen entsprechen der mittleren Zusammensetzung des Eiweisses.

Cramer-Zürich[1]) versuchte die geringste Menge organischer Substanz zu ermitteln, welche den Mikroorganismen noch die Vermehrung gestattet. Er bestimmte den Gehalt an organischer Substanz in 1 ccm Nährgelatine und stellte sich dann durch Hinzufügen dieser Gelatine zu destillirtem Wasser Flüssigkeiten her, welche 3 Theile organischer Substanz auf 100 000, 1 auf 100 000 und 1 auf 1 000 000 Theile Wasser enthielten.

Es hatten sich 312 eingebrachte Organismen vermehrt:

in der Flüssigkeit	nach 2 Tagen auf	nach 4 Tagen auf
3 : 100 000	1 589 688	15 000 000
1 : 100 000	13 102	3 656 000
1 : 1 000 000	440	3 252 000

In dem nicht mit Nährsubstanz versetzten destillirten Wasser hatte indessen innerhalb zweier Tage ebenfalls eine Vermehrung der Mikroorganismen um das Zehnfache stattgefunden.

Wolffhügel und Riedel[2]) sterilisirten Pankewasser, welches mit 50 bezw. 90 Proc. destillirten Wassers gemischt war, sowie gewöhnliches destillirtes Wasser und übertrugen in diese drei Flüssigkeiten einen im Wasser häufig vorkommenden, die Gelatine verflüssigenden Bacillus. Es ergab sich nur ein geringer Unterschied.

Bolton unterwarf, um möglichst vollständig alle löslichen Stoffe zu eliminiren, destillirtes Wasser einer abermaligen Destillation in einem vollständig aus Glas bestehenden Apparat. In diesem Wasser, welches nur minimale Spuren von organischer Substanz und von Salzen enthalten konnte, vermehrten sich zwei im Wasser häufige Organismen in ganz derselben Weise wie in gewöhnlichem, an gelösten Stoffen reichem Wasser. Wurde ein derartiges Wasser, nachdem es Millionen von Organismen zur Nahrung gedient hatte, nochmals sterilisirt und wieder geimpft, so trat abermals dieselbe kolossale Vermehrung ein. Selbst bei sechsmal wiederholter Einsaat und Sterilisation desselben Wassers blieb die Anzahl schliesslich dieselbe.

[1]) Die Wasserversorgung von Zürich, ihr Zusammenhang mit der Typhusepidemie des Jahres 1884.

[2]) Wolffhügel und Riedel, Die Vermehrung der Bakterien im Wasser. Experimentelle Ermittelungen.

10 ccm zweimal destillirten, geimpften Wassers liessen pro Cubikcentimeter zum Wachsthum kommen	Zahl der Colonien von			
	Mikrok. aquatilis		Bac. erythrosporus	
	frisch	nach 3 Tagen	frisch	nach 3 Tagen
Dieselben 10 ccm nach 3 Tagen sterilis. u. z. 2. Male geimpft	17 000	unzählig	2 600	unzählig
	16 000	„	2 800	„
„ „ „ „ „ 3. „ „	4 400	„	1 200	„
	5 000	„	1 100	„
„ „ „ „ „ 4. „ „	6 000	„	800	„
	5 680	„	800	„
„ „ „ „ „ 5. „ „	18 000	„	3 000	„
	5 400	„	2 600	„
„ „ „ „ „ 6. „ „	22 410	„	8 800	„
	24 200	„	10 000	„

Es bedürfen also einige Bakterienarten nur minimaler Mengen gelöster Stoffe. Allerdings ist auch die grösste Zahl der in einem Wasser vorkommenden Bakterien in ihrer Masse immer noch verschwindend klein. Bolton nimmt an, in den erwähnten 10 ccm Wasser betrage die Bakterienzahl 20 Millionen; diese repräsentiren, wenn das specifische Gewicht gleich 1 und der Durchmesser des einzelnen Mikroorganismus gleich 1 μ gesetzt wird, immerhin nur ein absolutes Gewicht von $^1/_{100}$ mg, also eine für unsere Messmethoden nicht mehr zu bestimmende Quantität. Forster[1]) schätzt das Gewicht von 10 Milliarden Cholerabacillen auf höchstens 1 mg, „wahrscheinlich kaum viel mehr als $^1/_{10}$ mg". Bedenkt man, dass nach den Untersuchungen von Kappes[2]) über 80 Procent des Körpergewichts der Bakterien aus Wasser bestehen, so bleibt für jeden der übrigen Stoffe ein verschwindender Werth. So viel gelöste Stoffe dürften sich auch in den reinsten Wässern finden, andernfalls genügen einige Pflanzenfäserchen (Watte) u. s. w., um das erforderliche geringe Nährmaterial zu liefern.

Noch grösser erscheint die Anspruchslosigkeit der erwähnten Mikroorganismen, wenn man berücksichtigt, dass die nach den späteren Sterilisirungen wachsenden Bakterien dieselben Stoffe wieder benutzten, welche schon mehrere Male anderen Generationen zur Nahrung gedient hatten.

[1]) Hygienische Rundschau 1893, S. 722.
[2]) Leipziger Dissertation 1891.

Hier muss jedoch eine Beobachtung Miquel's[1]) Erwähnung finden, welche dafür spricht, dass möglichst reines, destillirtes Wasser, welches weder organische Substanzen noch Salze enthält, ungeeignet zur Ernährung von Bakterien ist.

Miquel gab in eine Glasschale destillirtes Wasser hinein, setzte über die Glasschale luftdicht eine Glocke, welche oben ebenfalls luftdicht einen Glaskolben mit rundem Boden trug. In den Kolben wurde constant kühles Wasser geleitet, während das destillirte Wasser der Glasschale auf 30° C. gehalten wurde. Unter dem Kolben stand eine kleine Glasschale, in welche dasjenige Wasser niedertropfte, welches sich an der Aussenseite des gekühlten Glasballons aus dem Wasserdunst der auf 30° erwärmten Schale niederschlug. Dieses bei 30° destillirte Wasser liess eingesäete Bakterien nicht zum Wachsthum kommen, sondern in kurzer Zeit absterben.

Im Uebrigen ist das Nahrungsbedürfniss der Bakterien verschieden, und bei Weitem nicht alle Mikroorganismen besitzen die Fähigkeit, die in einer grossen Menge Wasser vertheilten minimalen Nährstoffe sich zu eigen zu machen. Manche Arten, vor Allem die gewöhnlich im Wasser lebenden, mögen sich den von Bolton untersuchten Arten gleich oder ähnlich verhalten; jedoch thun das zweifellos nicht sämmtliche im Wasser vorkommende Spaltpilze. Rosenberg übertrug eine Reihe von Mikroorganismen, welche er aus Mainwasser gezüchtet hatte, in sterilisirtes, destillirtes Wasser; während sich die meisten Arten in kurzer Zeit stark vermehrten, starben drei darin rasch ab.

Es ist kaum zu bezweifeln, dass die meisten Mikrophyten, welche im Boden u. s. w. gefunden werden, welche also an eine mässige Feuchtigkeit und an ein concentrirtes Nährmaterial gewöhnt sind, mit so diluirtem Nährmaterial, wie es das reine Wasser bietet, nicht auszukommen vermögen.

Die in dem Wasser vorkommenden organischen Substanzen lassen sich der absoluten Menge nach nicht immer mit Sicherheit bestimmen. Man darf zumal bei der häufig angewandten Chamäleonprobe aus den reducirten Mengen Kaliumpermanganats nur mit einer gewissen Vorsicht auf grössere oder kleinere Mengen vorhandener organischer Substanzen schliessen.

Die durch Mikroorganismen veranlassten Zersetzungen der letzteren bedingen zuweilen, dass ein Wasser, nachdem es einige Tage mit den darin enthaltenen Bakterien gestanden hat, mehr Kaliumpermanganat reducirt, als das entsprechende frische Wasser.

[1]) Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux. Paris 1891, p. 156 — 161.

Einschlägige Beobachtungen sind von Brunner und Emmerich, Schöttler, Moser sowie Roth und Anderen gemacht worden.

Bei den Versuchen von Roth betrug z. B. im Beginn der Untersuchung das zur Oxydation erforderliche Kaliumpermanganat 3,0 mg auf 100 ccm, nach 10 Tagen hingegen waren 4,0 mg auf 100 ccm erforderlich.

Ferner kommt für die Bakterien nicht allein die Quantität, sondern auch die Qualität der Nährstoffe in Betracht. Während z. B. der von Heraeus beobachtete Bacillus aus Ammoniumcarbonat den zu seiner Entwickelung nothwendigen Kohlenstoff zu entnehmen vermag, sind für andere Organismen complicirte organische Verbindungen erforderlich. Jedoch bestehen auch unter diesen bezüglich ihrer Assimilationsfähigkeit Unterschiede, und zwei Wässer, welche den gleichen Kalipermanganatverbrauch zeigen, können als Nährböden für die Mikroben gewaltig verschieden sein.

Von Einfluss auf die Assimilation von Nährstoffen ist zweifellos auch die Temperatur. Es giebt viele Organismen, welche, eine bestimmte niedere Temperatur vorausgesetzt, bei gutem Nährmaterial sich vermehren und bei schlechten Nährstoffen absterben; erhöht man aber die Temperatur, so wird der nachtheilige Einfluss der schlechten Nahrung durch die Wärmezufuhr aufgehoben und es findet eine reichliche Zunahme statt.

Anspruchsvoll bezüglich des Nährmaterials sind im Allgemeinen die pathogenen Bakterien, z. B. die Erreger der Cholera und des Typhus. Ohne auf die später zu erörternden Verhältnisse hier näher einzugehen, sei nur erwähnt, dass das Absterben um so langsamer erfolgt, je unreiner das Wasser ist, also je mehr gelöste Stoffe es enthält. Es geht das aus den Angaben von Nicati und Rietsch, von Frankland, Hueppe u. A. hervor. Rob. Koch hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Cholerabacillen in stark verdünnter Bouillon nicht mehr wachsen. Bolton versetzte 10 ccm möglichst reinen destillirten Wassers mit verschiedenen Mengen von Bouillon und fand, dass Cholerabacillen sich erst bei Zusatz von ungefähr 0,25 ccm, d. h. 40 Theilen organischer Substanz auf 100000 Theile Wasser, Typhusbacillen bei einem Zusatz von circa 0,05 ccm der Bouillon, d. h. 6,7 Theilen organischer Substanz auf 100000 Theile Wasser, vermehrten. Trenkmann zeigte, dass schon ein geringer Zusatz von Schwefelnatrium und Kochsalz ein rasches Absterben der Cholerabacillen verhindert.

Aus den angeführten Ermittelungen darf man den Schluss ziehen, dass für einige Organismen, welche in den natürlichen Wässern häufig gefunden werden, schon

ein Minimum von organischer Substanz und von Salzen unter sonst günstigen Bedingungen, z. B. genügend hoher Temperatur, zur erheblichen Vermehrung ausreicht, dass aber für andere Bakterien, unter diesen die des Typhus und der Cholera, ein relativ hoher Betrag guten Nährmaterials erforderlich ist, wenn ein ausgiebiges Wachsthum eintreten soll.

Anknüpfend an die Ernährungsverhältnisse der Mikroorganismen mögen einige wenige Bemerkungen über einzelne der wichtigsten Veränderungen gestattet sein, welche manche Bestandtheile des Wassers und des Bodens unter der Einwirkung von Spaltpilzen erleiden.

Früher glaubte man, dass die Mineralisirung der organischen Substanzen ausschliesslich auf directer Einwirkung des Luftsauerstoffs beruhe. Durch die Untersuchungen einer Reihe von Forschern ist indessen festgestellt, dass die Zerlegung vieler organischer Substanzen unter Mitwirkung von Mikroorganismen stattfindet. Auch die Oxydation des Ammoniaks und der salpetrigen Säure im Boden und Wasser, sowie andererseits die Reduction der Salpetersäure sind den Bakterien zuzuschreiben.

Zuerst sprach Alex Müller[1]) die Vermuthung aus, dass Ammoniak durch organisirte Fermente in Salpetersäure übergeführt würde, und machte mehrere darauf bezügliche Experimente; dann wiesen Schlösing und Müntz[2]) nach, dass durch Einleiten von Chloroformdämpfen in eine Erdprobe die Nitrification, welche in derselben stattfand, aufgehoben wurde. Dieselbe Erscheinung trat ein, als sie die Erde längere Zeit auf 100° C. erhitzten. Sobald sie aber dieser Erde eine an Mikroorganismen reiche Flüssigkeit zusetzten, begann die Bildung der Salpetersäure von Neuem.

Zu ähnlichen Resultaten bei nicht wesentlich verschiedener Versuchsanordnung gelangten Warrington[3]) und Soyka[4]).

Emich[5]) schüttelte Schmutzwasser 14 Tage lang täglich sechs Stunden mit Luft, ohne dass dadurch die Oxydation beschleunigt wurde. Kochte er das Wasser, so hörte jede Oxydation auf. Nach Zusatz einer geringen Menge stark verunreinigten Wassers trat dieselbe wieder ein. Einleitung von Ozon erwies sich als einflusslos auf die Verminderung der in dem Wasser vorhandenen organischen Substanzen.

[1]) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Bd. 16 und 20.
[2]) Compt. rend., Tom. 77, 80, 84, 86, 89.
[3]) Journ. of chem. Society 1878, 1879.
[4]) Zeitschrift für Biologie 14.
[5]) Zur Selbstreinigung natürlicher Wässer. Monatsh. f. Chemie, 1885, 6.

Aehnliche Versuche stellte Moser[1]) an. Er sterilisirte Wasser durch Zusatz von Sublimat und leitete durch die eine Probe Luft, durch die andere nicht; in gleicher Weise behandelte er nicht sterilisirte Proben. Immer erwies sich die Lüftung als irrelevant, aber ebenso regelmässig zeigten die nicht sterilisirten Proben eine anfänglich starke Abnahme der Oxydationsfähigkeit.

In schlagender Weise bewies auch Uffelmann[2]), dass die Oxydation des Ammoniaks unter Einwirkung von Spaltpilzen stattfindet und dass die Luft als solche bei diesen Vorgängen gar nicht oder doch nur unwesentlich betheiligt ist.

Salkowski[3]) fügte einem Canalwasser Chloroform hinzu, es stellte sich heraus, dass die Zerlegung der organischen Substanzen sistirt wurde. Als er einen Theil des Wassers mit Nährgelatine mischte, kamen Bakterien, welche vor dem Chloroformzusatz sehr zahlreich in dem Wasser vorhanden gewesen waren, nicht mehr zur Entwickelung. Das Chloroform hatte sie zum Absterben gebracht und damit zugleich die weitere Zersetzung verhindert.

Adametz[4]) gelang es, drei Bakterien und einen Kokkus zu isoliren, welche Salpetersäurebildung bewirken.

Den aus den obigen Versuchen sich ergebenden Ansichten entgegen steht die Auffassung von A. Frank[5]), welcher darzulegen sucht, dass nicht die Mikroorganismen, sondern der Boden als solcher die Nitrification bewirke. Landolt[6]) widerspricht dem und zeigt, dass Nitrite und Nitrate nur bei Anwesenheit von Mikroorganismen entstehen.

Gegen einen Theil der erwähnten Arbeiten und den aus ihnen gezogenen Schlussfolgerungen liessen sich gegründete Bedenken erheben. Allen Zweifeln über die Existenz nitrificirender Organismen ist indessen durch die classischen Arbeiten Winogradsky's[7]) ein Ende gemacht. Dieser Autor zeigte, dass ein bestimmtes, nur auf anorganischen Substanzen züchtbares Mikrobion, Nitrosomonas genannt, die Umwandlung des Ammoniaks in sal-

---

[1]) Ueber die organischen Substanzen des Mainwassers bei Würzburg. Ein Beitrag zur Frage der Flussverunreinigung. Würzburg 1887.

[2]) Oxydation des Ammoniaks in Wasser und Boden. Arch. f. Hygiene 4.

[3]) Ueber Oxydationsvorgänge im Wasser und die Beschaffenheit der Abwässer der Rieselfelder. Deutsche Med. Zeitung 1887, Nr. 1 und 2.

[4]) Untersuchungen über die niederen Pilze der Ackerkrume. Leipzig 1886.

[5]) u. [6]) Ueber die Mikroorganismen des Erdbodens und über die chemischen Umsetzungen im Boden unter dem Einflusse kleiner Organismen. Tageblatt der 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Berlin 1886.

[7]) Ann. de l'inst. Pasteur, 1890 u. 1891 u. Arch. d. sciences biologiques publ. p. l'inst. imp. de méd. expér. à St. Pétersbourg, Tom. I, p. 127.

petrige Säure bewirkt, und dass ein anderes ähnliches Bacterium Nitrobacter die Nitrite in Nitrate verwandelt.

Andererseits hat man auch Bakterien gefunden, welche unter gewissen Umständen die Salpetersäure zu zerlegen vermögen; so kann nach den Untersuchungen von Gayon und Dupetit[1]) durch *Bact. denitrificans* α und β der Sauerstoff des Salpeters, sofern Luftsauerstoff nicht zur Verfügung steht, auf die organischen Substanzen übertragen werden.

Heraeus[2]) wies nach, dass einige Bakterienarten eine oxydirende, andere eine reducirende Wirkung ausüben; er fand ferner, dass bei Anwesenheit von viel organischer Substanz zuerst eine Reduction der Salpetersäure zu salpetriger Säure stattfand. Wenn aber nach einiger Zeit andere Bakterienarten die Oberhand gewonnen hatten, wurde die gebildete salpetrige Säure wiederum zu Salpetersäure oxydirt.

Wollny[3]) untersuchte, inwieweit die Kohlensäurebildung bei der Verwesung der organischen Bestandtheile des Bodens durch Mikroorganismen bedingt wird, und fand, dass 96 bis 99 Proc. der gesammten Kohlensäureproduction verschwand, wenn er Bodenproben entweder durch Erhitzen oder durch Hinzufügen von Sublimatlösung sterilisirte. Es steht mithin auch dieser Vorgang mit der Lebensthätigkeit niederer Organismen im Zusammenhang.

Nach Prazmowsky vermag *Vibrio rugula* und *Bac. amylobacter* die Cellulose anzugreifen und zu zerlegen.

Cohn[4]) wies nach, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit der Buttersäurebacillus in den Abflusswässern der Zuckerfabriken die stickstofffreien organischen Verbindungen zerlegt.

Wir haben absichtlich nur einen sehr geringen Theil der hierher gehörigen Arbeiten erwähnt; die angeführten dürften jedoch genügen, um darzuthun, dass den Mikroorganismen eine grosse Rolle bei der Zerlegung complicirter Verbindungen zukommt und dass sie einen nicht unwesentlichen Antheil an den Vorgängen haben, welche man mit Selbstreinigung des Bodens und des Wassers bezeichnet.

---

[1]) Recherches sur la réduction des nitrates par les infinement Petits. Nancy 1886.

[2]) Heraeus: Ueber das Verhalten der Bakterien im Brunnenwasser, sowie über reducirende und oxydirende Eigenschaften der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, I.

[3]) Untersuchungen über die Zersetzung der organischen Substanzen. Journal f. Landwirthschaft **34**, 1886.

[4]) Die Ergebnisse der amtlichen Verhandlungen über die Reinigung der Abflusswässer aus Rohzuckerfabriken **2**, 1884/85.

B. Die Anzahl der in verschiedenen Wässern gefundenen Bakterien und Gehalt dieser Wässer an Nährsubstanzen.

Einige Zahlenreihen mögen darlegen, wie sich der Gehalt verschiedener Wässer an den gewöhnlich darin vorkommenden Substanzen zu der Anzahl der Mikroorganismen stellt. Die Neuheit der ganzen Doctrin und die Zerstreuung des Materials in der Literatur veranlasst diese Zusammenstellung. Der Leser möge sich dann aus dem Gegebenen selbst sein Urtheil bilden.

I.

Bakteriol. und chem. Analyse einiger mit der Berliner Rieselanlage in Zusammenhang stehender Wässer[1]).

Entnahmestelle Zeit der Untersuchung: Januar 1883.	Entwickelungsfähige Keime im Cubikcent.	Theile in 100000 Theilen				
		z. Oxydation erforderl. Kaliumpermang.	Ammoniak	Chlor	Salpetersäure	salpetrige Säure
Spüljauche aus dem Druckrohr in Falkenberg . . .	38 000 000	22,12	8,44	23,43	0,25	0
Nördlicher Sielgraben . .	87 000	4,46	1,60	18,46	2,12	0,15
Südlicher Sielgraben, dicht über der Mündung desselben in die Wuhle . .	409 000	4,28	1,80	18,46	1,30	0,02
Wuhle, nach Einmündung des Sielgrabens	55 000	5,69	1,44	14,91	0,47	0
Grenzgraben bei Austritt aus dem Rieselterrain .	210 000	3,99	1,42	14,20	0,33	0,07
Grenzgraben an der Mündung in den Rummelsburger See	80 000	2,68	0,56	6,39	0,08	0
Rummelsburger See, 40 Schritt unterhalb der Münd. des Grenzgrabens	32 000	2,72	0,028	2,13	0	0
Rummelsburger See bei den Eiswerken	43 000	3,44	0,010	2,13	0	0
Spree, oberhalb Köpenicks	82 000	2,77	0,011	2,13	0	0
Spree, 200 Schritt oberhalb der Wuhlemündung . .	115 000	2,59	0,008	2,13	0	0
Wuhle, 200 Schritt oberhalb ihrer Mündung . .	52 000	2,59	1,04	9,33	0	0
Spree, 200 Schritt unterhalb der Wuhlemündung . .	118 000	2,62	0,018	2,13	0	0
Stralauer Wasserwerke vor der Filtration . .	125 000	2,68	0,011	2,13	0	0
Stralauer Wasserwerke nach der Filtration .	120	2,50	0,004	1,99	0	0

[1]) Bericht d. Deputation f. d. Verwaltung d. Canalisationswerke 1./4. 1882 bis 31./3. 1883. Berlin. Berichterstatter Geheimr. R. Koch und Prof. Tiemann.

II.

Die innerhalb eines Jahres im unfiltrirten Wasser des Stralauer und Tegeler Werkes, sowie im filtrirten Leitungswasser vorhandenen Mikroorganismen, der Chlorgehalt und die Mengen von Kaliumpermanganat, welche zur Oxydation der organischen Substanz in 100 ccm Wasser erforderlich waren[1]).

Zeit der Untersuchung	Stralau			Tegel			Leitungswasser des Hauses Wilhelmstr. 75		
	Mikroorganismen im Cubikcent.	Milligramme Kaliumpermanganat	Chlor	Mikroorganismen im Cubikcent.	Milligramme Kaliumpermanganat	Chlor	Mikroorganismen im Cubikcent.	Milligramme Kaliumpermanganat	Chlor
1888									
3. April .	9 400	2,27	1,775	620	1,83	1,59	18	1,64	1,77
16. „ .	5 600	3,19	1,33	420	2,11	1,59	46	1,67	1,42
1. Mai . .	1 400	3,06	1,775	88	2,14	1,59	66	1,67	1,59
15. „ . .	5 400	2,89	1,775	72	1,41	1,59	25	1,19	1,59
1. Juni . .	110 000	2,85	2,130	48	1,46	1,77	22	1,49	1,77
15. „ . .	14 000	2,98	2,307	77	1,79	1,59	48	1,46	1,77
1. Juli . .	10 200	2,13	2,307	13	1,58	1,77	65	1,16	1,59
16. „ . .	89	2,22	2,574	42	1,53	1,42	25	1,20	1,51
1. August .	1 632	3,15	2,791	23	2,14	1,57	43	1,77	1,59
15. „ .	2 800	2,76	2,928	38	2,08	1,42	56	1,56	1,59
4. Septbr. .	10 400	2,93	2,928	52	1,89	1,49	131	1,53	1,49
15. „ .	14 500	2,59	3,195	48	1,77	1,42	48	1,27	1,41
1. October	8 400	2,32	3,195	14	1,63	1 59	12	1,39	1,59
15. „	290	2,31	3,017	16	1,63	1,42	16	1,38	1,42
1. Nov. . .	144 000	2,86	3,017	14	1,79	1,42	6	1,49	1,42
15. „ . .	12 870	2,73	2,662	28	1,79	1,59	92	1,49	1,59
1. Decbr. .	220	2,92	2,662	25	1,79	1,59	12	1,53	1,42
15. „ .	3 600	2,33	2,307	52	1,81	1,59	15	1,56	1,59
1889									
2. Januar .	18 500	1,98	2,041	56	1,70	1,50	21	1,53	1,59
16. „ .	14 000	2,03	2,307	19	1,63	1,77	8	1,28	1,77
1. Februar	12 500	2,10	2,485	160	1,58	1,42	7	1,17	1,59
15. „	128 000	2,15	2,662	72	1,35	1,10	123	1,61	1,77
1. März . .	190 000	2,10	2,488	68	1,24	0,88	110	1,19	1,77
15. „ . .	105 000	2,10	2,130	4500	1,31	1,24	69	1,54	1,77

[1]) Proskauer, Zeitschrift für Hygiene 9, 103.

III.

Bakteriologische und chemische Analyse des Spreewassers von der Oberbaumbrücke (Eintritt der Spree in Berlin) bis Sacrow (Potsdam[1]).

17. Untersuchung 17. November 1886.

Witterung: Tagesmittel 6,8°. Vorhergehende Tage Regen.
Spreewasserstand Oberbaumbrücke 2,35 m. Dammmühlen: Oberwasser 2,30 m, Unterwasser 0,80 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Kalk	Ammoniak	Oxydirbarkeit ($KMnO_4$)	Chlor	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelten Keime
		Milligramme in 100 ccm Wasser					
1	Oberbaumbrücke . .	17,0	8,37	0,025	1,64	2,59	8 100
2	Janowitzbrücke . . .	16,5	—	0,025	1,49	2,48	7 800
3	Friedrichsbrücke . .	18,0	5,00	0,025	1,58	2,41	15 300
4	Ebertsbrücke	18,5	4,44	0,025	1,58	2,48	8 400
5	Marschallbrücke . .	18,0	5,85	0,02	1,69	2,48	6 100
6	Moltkebrücke	19,5	6,27	0,025	1,49	2,48	5 800
7	Moabiterbrücke . . .	22,0	—	0,025	1,66	2,30	41 400
8	Hafenplatz	17,0	5,95	0,10	2,01	2,59	198 000
9	Lichtensteinbrücke .	18,0	—	0,05	1,58	2,59	35 100
10	Ruhlebener Schleuse .	20,0	6,27	0,075	1,78	2,77	252 000
11	Spandau	20,0	5,00	0,075	1,95	2,77	167 200
12	Pichelsdorf	20,0	5,00	0,075	1,64	2,77	90 200
13	Gatow	23,0	6,27	0,075	1,64	2,93	9 000
14	Cladow	21,5	5,85	0,025	1,64	2,93	6 300
15	Sacrow	19,5	6,69	0,025	1,52	2,93	3 900

20. Untersuchung 5. Januar 1887.

Witterung: Tagesmittel — 3,4°.
Spreewasserstand: Oberbaumbrücke 2,22 m. Dammmühlen: Oberwasser 2,20 m, Unterwasser 0,84 m.

1	Oberbaumbrücke . .	19,0	5,87	0,03	1,61	2,57	2 000
2	Janowitzbrücke . . .	18,5	6,59	0,025	1,64	2,30	9 800
3	Friedrichsbrücke . .	18,0	6,24	0,03	1,76	2,39	9 200
4	Ebertsbrücke	19,0	8,75	0,03	1,69	2,30	14 300
5	Marschallbrücke . . .	19,5	5,15	0,05	1,61	2,30	6 500
6	Moltkebrücke	20,0	5,51	0,05	1,79	2,30	8 600
7	Moabiterbrücke . . .	20,5	5,87	0,05	1,91	2,30	12 800
8	Hafenplatz	21,0	5,87	0,075	1,81	2,57	63 000
9	Lichtensteinbrücke .	18,5	6,59	0,10	1,76	2,39	38 800
10	Ruhlebener Schleuse .	22,0	—	0,075	1,69	2,57	32 600
11	Spandau	16,0	5,15	0,075	1,85	2,57	33 700
12	Pichelsdorf	21,0	6,95	0,05	1,64	2,30	30 700
13	Gatow	21,0	6,24	0,075	1,61	2,57	12 200
14	Cladow	21,0	6,59	0,075	1,44	2,39	10 600
15	Sacrow	21,5	5,87	0,05	1,76	2,64	6 600

[1]) Dr. Georg Frank. Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bakteriologischer und chemischer Hinsicht. Zeitschrift für Hygiene 3, 381 und 387.

IV.

Bakteriengehalt und chemische Analyse von Brunnenwässern in Belgard. Zeit der Untersuchung: die Sommermonate[1]).

		Milligramme in 100 ccm					1883		1886	
		Ammoniak	Chlor	Salpetersäure	salpetrige Säure	Abdampfrückstand	Kaliumpermanganatverbrauch	Keimzahl im Cubikcentimeter	Kaliumpermanganatverbrauch	Keimzahl im Cubikcentimeter
Leitungswasser aus Leitznitz und Strille	I.	0	Spur	Spur	Spur	50	1,76	3 300	1,6	1 600
	II.	0	„	„	„	50	1,76	2 800	1,6	2 000
	III.	0	„	0	„	125	1,00	1 000	1,2	2 400
	IV.	0	„	0	„	100	1,60	1 500	1,4	27 000
	V.	0,05	„	0	0,025	100	1,60	3 800	1,6	26 000
Leitznitzwasser		0	„	Spur	Spur	50	1,60	24 000	—	—
Schlecht verschlossene Brunnenkessel von fünf Tiefbrunnen	I.	0	3,50	0,05	0,012	50	1,60	13 200	1,6	5 000
	II.	0	3,50	0,011	0,05	55	1,09	40 000	2,0	6 000
	III.	0,20	4,00	m. a. 0,40	m. a. 0,40	76	1,20	74 800	1,0	200 000 800 000
	IV.	m. a.[2]) 0,20	4,0	m. a. 0,40	m. a. 0,40	78	1,32	75 000	3,0	3 080 67 000
	V.	0	0,50	Spur	Spur	48	0,76	5 700	—	—
Flachbrunnen	I.	0,30	3,50	0,05	0,012	185	3,80	4 500	3,6	67 000
	II.	0,05	4,00	0,05	0,025	140	1,20	4 500	1,6	22 000
	III.	0,20	3,50	0	0,025	155	1,50	5 000	2,4	16 000
	IV.	1,00	4,00	0,025	0,025	225	3,68	9 000	3,6	9 600
	V.	1,00	4,00	0,50	0,50	170	3,64	9 300	3,8	1 800
	VI.	0,20	3,00	0,10	0,05	100	3,00	10 000	3,4	80 000
	VII.	m. a. 0,20	4,00	Spur	Spur	75	1,20	12 000	2,4	8 000
	VIII.	0,10	0,50	0,05	0,012	125	1,90	15 000	3,0	2 000
	IX.	0,20	3,00	0,15	0,10	225	3,00	18 000	3,0	5 000
	X.	0,40	3,50	Spur	Spur	150	4,00	23 000	4,0	32 000
	XI.	0,20	4,00	„	m. a. 0,40	226	4,55	23 000	5,0	140 000
	XII.	0,20	3,5	0,10	Spur	160	3,00	30 000	3,6	3 000
	XIII.	m. a. 0,20	4,00	m. a. 0,40	„	500	2,60	35 000	3,0	5 000
	XIV.	0	3,00	0,05	0,075	155	1,80	35 000	1,8	50 000
	XV.	Spur	0,50	Spur	Spur	100	2,56	7 800	—	—
	XVI.	m. a. 0,20	4,0	m. a. 0,40	m. a. 0,40	80	1,20	130 000	—	—

[1]) Emanuel Roth, Bakteriologische Trinkwasser-Untersuchungen. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medicin 1885, 43. Bd., 2. H. u. 1887, 47. Bd., 1. H.

[2]) m. a. = mehr als.

V.

Keimzahl, Kochsalz- und Salpetersäuregehalt von 119 Brunnen des Kreises Höchst a. M.

Zeit der Untersuchung: die Wintermonate [1]).

Gehalt an:	Milligramme in 100 ccm	Zahl der Brunnen	Keimzahl pro Cubikcentim.	Gehalt an:	Milligramme in 100 ccm	Zahl der Brunnen	Keimzahl pro Cubikcentim.
Kochsalz	0,1—10	98	216	Salpetersäure	0,1—10	99	214
„	10—20	17	216	„	10—20	16	224
„	20—30	4	145	„	20—30	4	145

Die zur Oxydation der organischen Substanzen erforderliche Menge von Kaliumpermanganat betrug nur viermal mehr als 1 mg auf 100 ccm Wasser.

VI.

De Blécourt [2]) untersuchte im März, April und Juni 1885 83 verschiedene Brunnen Groningens.

Brunnenzahl	Verbrauchte Milligramme Kaliumpermanganat pro 100 ccm	Durchschnittliche Keimzahl im Cubikcentimeter	Maximum im Cubikcentimeter	Minimum im Cubikcentimeter
4	zwischen 6,8 und 6,0 mg	60	193	7
5	„ 6,0 „ 5,0 „	898	2547	62
8	„ 5,0 „ 4,0 „	902	1567	16
20	„ 4,0 „ 3,0 „	1307	6790	55
28	„ 3,0 „ 2,0 „	1470	4285	21
17	„ 2,0 „ 1,0 „	975	3475	80
1	0,98 „	338	—	—

Ueber den Befund an Ammoniak, Chlor, salpetriger Säure und Salpetersäure finden sich nur allgemeine Angaben: Spur, schwach, deutlich, stark.

---

[1]) Grandhomme, Der Kreis Höchst a. M. in gesundheitlicher und gesundheitspolizeilicher Beziehung.

[2]) De Blécourt, Quantitatif bacteriologische onderzoekingen over het Groninger grond-en leidingswater. Groningen 1885.

VII.

Fischer fand in Kiel folgende Verhältnisse:

Zahl der Brunnen	Verbrauchte Milligramme Kaliumpermanganat pro 100 ccm	Durchschnittliche Keimzahl im Cubikcentimeter
9	unter 0,5	290
4 bezw.	0,5 — 1,0	820 bezw.
5*	„ „	12 700
10	1,0 — 2,0	5 100
5 bezw.	2,0 — 3,0	5 900
6*	„ „	25 000
4	3,0 — 5,0	2 340
3	5,0 — 7,4	630

* Die höheren Zahlen im Bakterienbefund sind durch je einen stark bakterienhaltigen Brunnen bedingt.

VIII.

Keimzahl und chemische Analyse einiger Wässer der Stadt Rudolstadt. Zeit der Untersuchung: Juli 1885 und September 1887[1]).

Entnahmestelle	Temperatur	Keimzahl im Cubikcentimeter	Milligramme in 100 ccm				
			Kaliumpermanganatverbrauch	Trockenrückstand	Chlor	Salpetersäure	Kalk
Neue Wasserversorgung. Grundwasser der „Grossen Wiese"	10,6	15	0	17,0	0,85	0	5,5
Cumbachquelle (Röhrenbrunnen)	11,5	25	0	24,5	1,10	0	8,8
Schaalaquelle (Quelle mit gemauerter Kammer) . .	10,4	43	0	50,2	1,30	0	16,9
Saale (5 m vom Ufer, 10 cm unter der Oberfläche) . .	22,9	890	2,23	15,4	1,00	0	3,5
ö. Pumpbrunnen als „gut" angegeben, Saalgasse . .	13,2	47 000 / 54 000	0,58	108,3	13,10	12,4	29,6
ö. Pumpbrunnen Gymnasium	10,0	86	0,3	164,7	23,4	18,3	34,1
ö. Pumpbrunnen Debrastrasse	9,6	32	0,67	165,0	20,6	12,2	36,9
ö. Pumpbrunnen Untere Mühle	9,6	782	0,05	50,5	3,2	2,2	17,9

Ammoniak fehlte bis auf eine Spur in der Saale und im Brunnen der Saalgasse.

[1]) Aus den Acten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes und des hygienischen Instituts zu Jena.

IX.

Link[1]) untersuchte 47 Brunnen Stettins und erhielt folgende Resultate:

Brunnenzahl	Verbrauchte Milligramme Kaliumpermanganat pro 100 ccm	Durchschnittliche Keimzahl im Cubikcentimeter	Maximum im Cubikcentimeter	Minimum im Cubikcentimeter
1 (3 Beobachtungen)	9,32	18 000	27 400	600
3	zwischen 4,0 und 3,0	1 270	3 240	12
2	„ 3,0 „ 2,0	1 920	1 970	1890
5	„ 2,0 „ 1,0	717	2 070	53
36	unter 1,0	1 036	10 800	24

X.

Keimzahl und chemische Analyse einiger Brunnen Kiels[2]).

Laufende Nr.	Trockenrückstand	Oxydirbarkeit	Ammoniak	Salpetersäure	Chlor	Gesammthärte, Deutsche Härtegrade	Keimgehalt
9	38,75	0,80	0,05	0	2,30	14,3	133
15	—	0,15	Spur	0,84	4,10	19,0	40
20	41,7	0,47	0	3,44	2,73	9,7	1 036
21	66,85	2,062	1,60	0	9,25	21,3	11 000
43	99,5	1,88	0,11	—	—	—	—
23	81,00	2,96	1,25	0	7,57	28,9	120 000
24	84,65	7,44	0,03	0,72	7,90	28,7	880
25	65,33	0,582	0,03	4,73	4,73	21,7	360 000
27	103,0	6,13	0,01	16,88	8,59	26,7	250
36	—	3,529	0,40	21,49	80,96	44,0	7 000
37	—	2,495	0,025	88,78	24,56	62,9	6 400
39	204,25	5,57	0,10	19,92	30,80	38,2	840
40	247,50	3,24	0,01	43,48	22,90	75,5	148

[1]) Beiträge zur bakterioskopischen Wasseruntersuchung. Archiv der Pharmacie 24, Heft 4, 1886.

[2]) Bernh. Fischer, Ueber das Grundwasser in Kiel etc. Zeitschrift für Hygiene und Infection 13, 251.

Nach den im vorigen Abschnitt erläuterten Erfahrungen, welche über die Entwickelung und Vermehrung der Bakterien und ihr geringes Nahrungsbedürfniss vorliegen, war es von vornherein unwahrscheinlich, dass ein genaues Zusammengehen der Anzahl der in den natürlichen Wässern vorkommenden Mikroorganismen mit dem Gehalt der Wässer an gelösten Stoffen bestehen würde.

Die in den obigen Tabellen mitgetheilten Zahlen bestätigen diese Voraussetzung.

Als zuerst die bakteriologische Forschung sich mit der Wasseruntersuchung beschäftigte, war die allgemeine Ansicht, dass die Zahl der Mikroorganismen zu den chemischen Eigenschaften des Wassers in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältnisse stehe, dass hohe Keimzahl mit hohem chemischen Gehalt und niedrige Keimzahl mit geringem Gehalt an gelösten Stoffen zusammenfalle. Spätere Untersuchungen ergaben jedoch die Unrichtigkeit dieser Annahme, und Bolton konnte auf Grund seiner des Oefteren erwähnten Versuche die gegentheilige Behauptung aufstellen: „die chemische Beschaffenheit des Wassers kommt für die Zahl der Bakterien nicht in Betracht“.

Zur Zeit neigen die meisten Forscher der Ansicht Bolton's zu, und die Meinung ist weit verbreitet, dass die Zahl der Mikroorganismen über die chemische Beschaffenheit nichts aussagt, dass beide in gar keinem Zusammenhange mit einander stehen.

Ob diese Anschauung die richtige ist, kann man in zweifacher Weise festzustellen suchen, durch Prüfung der in diesem Capitel enthaltenen Zahlenreihen und durch Erwägungen, welche sich an die im vorigen Abschnitt dargelegten Untersuchungen knüpfen.

Bezüglich ihres Nahrungsbedürfnisses lassen sich die Bakterien in zwei grosse Gruppen theilen, von denen die eine diejenigen Organismen umfasst, welche sehr geringe, die andere diejenigen, welche grosse Ansprüche an ihr Nährmaterial stellen. Finden sich nur Bakterien der ersten Gattung in einem Wasser, so wird unabhängig von der chemischen Beschaffenheit — unter sonst günstigen Verhältnissen — eine Vermehrung eintreten, also nach einiger Zeit eine hohe Keimzahl resultiren. Gelangen beide Gattungen in ein Wasser, was gewöhnlich der Fall sein dürfte, so überwiegt im Kampfe um das Dasein die anspruchslosere; das Resultat ist somit dasselbe, wie im ersteren Falle. Es kann sich dabei ereignen, dass im Anfange die anspruchslosen Mikroben, die „Wasserbakterien“, durch die übrigen Mikroorganismen zurückgehalten werden; wenn aber diese in dem schlechten Nährmedium

anfangen zu kränkeln, so drängen sich die genügsamen Wasserbakterien rasch in den Vordergrund.

In den beiden soeben erörterten Fällen ist die Beschaffenheit des Wassers irrelevant. Das beste, reinste Wasser ist für die dominirende Art ein genügendes Nährmaterial; man kann daher aus der Zahl der Organismen keine Schlüsse auf die Menge des vorhandenen Nährmaterials ziehen. Ob die Zahl eine hohe oder niedrige ist, hängt von anderen Einflüssen ab.

Gelangen nur anspruchsvolle Arten in ein Wasser, so ist die chemische Beschaffenheit des letzteren entscheidend. Je mehr und je verschiedenartigere Nährstoffe in einem Wasser vorhanden sind, um so mehr Arten von Organismen und um so mehr Einzelwesen werden sich darin entwickeln können. Die Entwickelung der Mikroben ist in diesem Falle nicht, wie die Vermehrung der eigentlichen Wasserbakterien, unbegrenzt, sie hört vielmehr mit dem Verbrauch des guten Nährmaterials auf.

Scharfe Grenzen zwischen den beiden besprochenen Gruppen von Mikroorganismen lassen sich indessen nicht ziehen; es existiren unzählige Uebergänge, und thatsächlich dürfte es nicht viele Wässer geben, welche nicht mindestens einer darin vorhandenen Bakterienart zusagendes Material zu ausgiebiger Vermehrung bieten. Dazu kommt noch, dass, wie bereits erwähnt, die Temperatur bei der Vermehrung eine bedeutende Rolle spielt. Es giebt z. B. viele Arten von Bakterien, welche in einem relativ schlechten Nährboden sich bei 20° gut vermehren, bei 10° jedoch nicht; bringt man diese Bakterien bei 10° in bessere Nährsubstrate, so gedeihen sie gleichfalls gut. Von zwei sonst gleichen Wässern wird also das höher temperirte eine grössere Bakterienzahl enthalten, als das kühlere Wasser.

Aus den verschiedenen Erläuterungen ergiebt sich, dass die chemische Eigenart der Wässer auf die Artenzahl der Mikroorganismen von Einfluss, auf die Zahl der Individuen jedoch ohne Belang sein wird, sofern die Möglichkeit gegeben ist, dass Mikroorganismen leicht in das betreffende Wasser gelangen, weil dann bestimmt anspruchslose, sich stark vermehrende Wasserbakterien bald eindringen werden.

Sind die Wässer vor dem Eindringen von Keimen gut geschützt, so werden sie um so weniger Bakterien enthalten, je reiner sie sind, vorausgesetzt, dass nicht

sehr anspruchslose Wasserbewohner sich unter den ersten Eindringlingen befunden haben.

Wie stellt sich nun die Beobachtung zu den vorstehenden Deductionen?

Bei der Beantwortung dieser Frage stossen wir auf Schwierigkeiten; denn die Mengen der Bakterien pro Cubikcentimeter, welche in den Tabellen verzeichnet sind, stellen die Resultanten dar aus verschiedenen Bedingungen. In der verzeichneten Mikroorganismenzahl liegt nicht allein der Ausdruck für den Einfluss der chemischen Zusammensetzung, sondern es liegt darin der Ausdruck für die Summe aller Factoren, welche auf die Einführung und Erhaltung der Bakterien einwirken.

Bei einem Canalwasser, bei einem Fluss- und Seewasser ist die Bedeutung der chemischen Beschaffenheit verschwindend gering gegenüber dem unberechenbaren und grossen Einfluss, welchen allerlei Zufälligkeiten, z. B. die Zuströmung von bakterienhaltigem Schmutzwasser, von Oberflächenwasser u. s. w., auf Art und Zahl der Bakterien ausüben. Der Bakteriengehalt der Quellen ist vor Allem von der mehr oder minder grossen Wirkung der Bodenfiltration abhängig.

Die See-, Fluss- und Quellwässer sind daher von vornherein von der Besprechung auszuscheiden.

Somit bleiben einzig die Brunnen zur Lösung der Frage, und es ist zu entscheiden, ob diese für den gedachten Zweck geeignet sind.

Die aufgeführten Kesselbrunnen sind, mit vielleicht wenigen Ausnahmen, als gegen gröbere Verunreinigungen genügend geschützt anzusehen; die Temperatur ihrer Wässer schwankt nur innerhalb geringer Grenzen und die meisten Brunnen werden stetig benutzt, so dass ein mässiger Wasserwechsel darin stattfindet. Die Factoren, auf welche es bezüglich der Menge der in einem Wasser enthaltenen Bakterien hauptsächlich ankommt, sind somit im grossen Ganzen als gleichartig anzusehen und nicht so wechselnd, dass nicht eine Vergleichung mit Rücksicht auf den chemischen Befund Aussicht auf Erfolg bietet. Am meisten dürfte noch die Benutzung der Brunnen differiren, welche aber bei Vergleichung von Brunnengruppen ausgeglichen wird.

Für die Entscheidung der vorliegenden Frage würde die bakteriologische Bestimmung nach völligem Auspumpen der Brunnen absolut unbrauchbar gewesen sein, weil unter diesen Umständen die filtrirende Wirkung des Bodens und nicht die Einwirkung der chemischen Beschaffenheit des Wassers zur Anschauung ge-

kommen wäre. Besser wäre es gewesen, wenn sämmtliche Brunnen vor der Untersuchung eine bestimmte, gleich lange Zeit nicht benutzt worden wären, eine Bedingung, die allerdings schwer zu erfüllen sein dürfte.

Von den anorganischen Stoffen interessiren in erster Linie die Calcium- und Magnesiumsalze; leider finden sich darüber nur bei wenigen Autoren Angaben; etwas mehr Rücksicht ist auf die Trockensubstanz genommen. Da diese zum grössten Theil aus anorganischen Stoffen besteht, so kann sie um so mehr mit herangezogen werden, als es sich hier nur um annähernde Werthe handelt.

	Mainz.		Kiel.		Belgard.	
Milligramme Trockenrückstand in 100 ccm	Brunnenzahl	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter	Brunnenzahl	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter	Brunnenzahl	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter
0 — 50	10	61	5	1 735	4	zwischen 4500 und 130 000
50 — 100	32	261	7 bezw. 8	3 300 / 63 000	3	
100 — 150	26	250	13	3 565	5 / 3	
150 — 200	1	12				
200 — 500	1	46	4	1 935	1	

Hanau.

Brunnenzahl	Milligramme Trockenrückstand in 100 ccm	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter	Brunnenzahl	Härtegrade	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter
8	0 — 50	206	3	0 — 10	145
16	50 — 100	273	17	10 — 20	183
4	100 — 150	213	7	20 — 30	200
1	203	140	1	40 — 50	1800
			1	50	90

Stettin.			Höchst.		
Brunnenzahl	Härtegrade	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter	Brunnenzahl	Härtegrade	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter
1	0 — 10	536	8	0 — 10	120
30	10 — 20	1695	90	10 — 20	240
14	20 — 30	1910	21	20 — 30	228
1	30 — 40	720			
2	40 — 50	80			
1	50 — 60	93			

Auf Prof. Körber's Veranlassung sind 60 Brunnen Dorpats einer genauen chemischen und bakteriologischen Untersuchung unterzogen durch die Herren Brasche, Zimmermann und Seegrön (Dorpater Dissertationen 1893). Wenn wir die Resultate dieser an sich hoch interessanten Versuche nicht anführen, so hat das darin seinen Grund, dass die Brunnenverhältnisse Dorpats wohl kaum mit denen einer anderen Stadt in Vergleich gebracht werden können. Die Dorpater Brunnen sind zum grössten Theile nichts Anderes als Schmutzlöcher, Pfützen, denen in der krassesten Weise der Schmutz direct zugeführt wird. In der Annenhöf'schen Strasse z. B. befindet sich ein Brunnen, welcher enthält auf 100 000 Theile 401 Theile Trockenrückstand, 3,0 Ammoniak, 6,8 Salpetersäure, 140 Chlor. Er erfordert zur Oxydation der organischen Substanzen 8 Theile Kaliumpermanganat und führt im Cubikcentimeter 93 000 Bakterien.

Betrachtet man die in den Tabellen der vorhergehenden Seiten aufgeführten Einzelzahlen, so ergiebt sich, dass regelmässige Beziehungen zwischen Kalk- und Keimgehalt nicht obwalten. Bald ist eine hohe Bakterienzahl mit hohem Trockenrückstand vereint, bald findet sich eine niedrige Keimzahl bei geringer Härte, dann wieder geringe Härte mit hohem Gehalt an Bakterien u. s. f.

Betrachtet man die vorstehenden Durchschnittswerthe des Trockenrückstandes bezw. der Härte, so stellt sich heraus, dass die Grösse des Trockenrückstandes keine durchschlagende Einwirkung auf den Keimgehalt ausübt. Jedoch fällt regelmässig der niedrigste durchschnittliche Trockenrückstand mit der niedrigsten durchschnittlichen Keimzahl zusammen. Nimmt man aber die höchsten Befunde an Härte bezw. Trockensubstanz aus den sechs vorstehenden Tabellen, so ergiebt sich eine Durchschnittszahl für die Bakterien, welche der Bakterienzahl der niedrigsten Gehalte an Kalksalzen bezw. Trockenrückstand sehr nahe steht und welche erheblich niedriger ist, als die Bakterienzahl für die mittleren Gehalte an festen Substanzen.

Im Einzelfalle lässt sich weder ein Schluss auf den Trockengehalt aus der Zahl der Bakterien, noch umgekehrt ziehen.

Zwei Substanzen, welchen man als Producten der regressiven Metamorphose eine grosse Bedeutung beilegt, sind das Ammoniak und die salpetrige Säure. Jedoch sind dieselben gewöhnlich in so geringen Mengen im Wasser vorhanden, dass quantitative Angaben selten gemacht werden. Aus unserem Material liegen nur für Kiel gute Angaben vor, welche die völlige Unabhängigkeit der Bakterienzahl von den beiden Körpern darlegen.

Für den Gehalt an Chloriden und an Salpetersäure lässt sich, wie sowohl die Tabellen — Mainz, Rudolstadt, Kiel — als auch die Zusammenstellung der Durchschnittswerthe zeigen, kein Einfluss auf die Bakterienzahl nachweisen.

Den organischen Substanzen hat man bei den hier in Betracht zu ziehenden Untersuchungen von jeher besondere Beachtung geschenkt, weil sie als das hauptsächlichste Nährmaterial der Spaltpilze angesprochen werden.

Beziehungen zwischen der Anzahl der Bakterien und der Menge der organischen Stoffe im Wasser aufzufinden, bietet desswegen besondere Schwierigkeiten dar, weil weder eine genaue quantitative Bestimmung ihrer Gesammtmenge ausführbar ist, noch die gefundenen Substanzen gleichwerthige Nährmaterialien für die Mikroorganismen darstellen. Man kann daher nur prüfen, ob Beziehungen zwischen den durch die organischen Stoffe des Wassers reducirten Kaliumpermanganatmengen und der Anzahl der vorhandenen Bakterien zu constatiren sind.

Wenn man bei dem Vergleich von Einzelzahlen ausgeht, so ergiebt sich absolute Unregelmässigkeit. Unvermittelt stehen hohe und niedrige, den Bakteriengehalt anzeigende Zahlen neben den gleichen Mengen von Kaliumpermanganat. So finden sich z. B. 10 800 und 24 Bakterien bei einem Kaliumpermanganatverbrauch von 0,4 mg, während bei 140 Bakterien im Cubikcentimeter Wasser das eine Mal 8,1, das zweite Mal 0,3 mg Kaliumpermanganat von den organischen Substanzen in 100 ccm Wasser reducirt werden. Fischer fand bei 7,4 Theilen erforderlichen Kaliumpermanganats auf 100 000 Theile Wasser im Cubikcentimeter 800 Bakterien und bei 0,5 Theilen auf 100 000 Theile 360 000.

Auch die Vergleichung grösserer Gruppen an demselben Orte lässt einen prägnanten Unterschied nicht erkennen. Ordnet man die Zahlen nach dem Kaliumpermanganatverbrauch in der Weise, wie dies Seite 551 für Groningen und Stettin, Seite 552 für Kiel geschehen ist, so ergiebt sich, dass die Zahl der Mikroorganismen

nicht wesentlich ansteigt, wenn pro 100 ccm Wasser 1 mg Kaliumpermanganat mehr verbraucht wird. Hanau besitzt 13 Brunnen mit einem Kaliumpermanganatverbrauch unter 1 mg auf 100 ccm Wasser und 15 von 1 mg bis 2 mg; für die ersteren Wässer beträgt die durchschnittliche Bakterienzahl 134, für die letzteren 330, ein Brunnen verbraucht 8,1 mg Kaliumpermanganat und enthält nur 140 Bakterien. Diesen Zahlen stehen die von Groningen und Kiel gegenüber, wo dem Mehr an Kaliumpermanganat ein Weniger an Bakterien entspricht, so dass sich also keine Regelmässigkeit ergiebt.

Etwas anders stellt sich das Ergebniss, wenn man die Städte unter einander vergleicht. Den durchschnittlich höchsten Gehalt an oxydirbaren Substanzen haben Belgard, Kiel und Groningen; ihre Keimzahlen sind ebenfalls die höchsten. Da Belgard auf Torf liegt, so ist nicht ausgeschlossen, dass der eine oder der andere der Humuskörper ein gutes Nährmaterial für die Mikroorganismen abgiebt.

Dann folgen der Bakterienzahl nach die Stettiner Wässer, ihre Oxydirbarkeit ist jedoch geringer, als die der Wässer Hanaus. Mainz und Höchst zeichnen sich wiederum durch ihren niedrigen Keimgehalt, Mainz im Durchschnitt mit 306, Höchst mit 214 Bakterien pro Cubikcentimeter Brunnenwasser aus. Bei Mainz ist in 64 Brunnen dreimal, bei Höchst in 119 Brunnen nur viermal die Grenze von 1 mg Kaliumpermanganat auf 100 ccm überschritten.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass sowohl bei der Einzelbeobachtung als auch bei der Vergleichung von Gruppen an demselben Orte ein Zusammenhang zwischen der durch organische Substanzen veranlassten Oxydirbarkeit des Wassers und der Zahl der darin vorhandenen Bakterien nicht zu constatiren ist; aber diejenigen Orte, deren Wässer die stärksten Reactionen auf organische Substanzen gaben, hatten auch die meisten Bakterien aufzuweisen; diejenigen Städte und Bezirke, deren Wässer nur wenige organische Substanzen enthielten, zeichneten sich im Allgemeinen auch durch geringe Keimzahl aus. Es kommen aber von der letzten Regel Ausnahmen vor (Stettin).

Der Vergleich der experimentell ermittelten Zahlen führt somit zu dem bereits theoretisch deducirten Ergebnisse, dass ein gewisser, wenn auch nicht deutlich ausgesprochener Zusammenhang zwischen dem Gehalt der Brunnenwässer an Nährstoffen und der Zahl ihrer Bakterien besteht.

Der Zusammenhang zeigt sich darin, dass im Ganzen und Grossen an denjenigen Orten, wo die Wässer geringen

Gehalt an Salzen und organischen Substanzen besitzen, auch wenig Mikroorganismen vorhanden sind. In der Einzelbeobachtung lässt sich jedoch ein Zusammenhang zwischen chemischer Beschaffenheit und Bakteriengehalt nicht erkennen.

Um das Verhältniss der Arten zu den im Wasser vorhandenen Nährstoffen darzulegen, fehlt zur Zeit noch genügend grosses Material.

Getrennt hiervon ist die Frage zu beantworten: Nimmt durch Zufuhr von Nährmaterial die in einem Wasser bereits befindliche Bakterienzahl zu? Von vornherein muss man diese Frage bejahen. Für offene Wässer, Seen, Flüsse etc. lässt sich der Nachweis allerdings nicht beibringen, weil bei Zufuhr guten Nährmaterials, z. B. Oberflächenwasser, Sielinhalt etc. auch grosse Mengen von Bakterien zugeführt werden.

Für einen Brunnen hat Rubner[1]) den experimentellen Beweis erbracht. Er schüttete sterilisirten Fleischextract in „geringer Menge" vorsichtig in einen Brunnen hinein; kurze Zeit nach dem Einschütten hatte sich der Verbrauch an Kaliumpermanganat um etwa 1 bis 2 mg auf das Liter Wasser gehoben; in zwei von drei Versuchen fand noch ein späteres Ansteigen des Kaliumpermanganatverbrauches um weitere 1 bezw. 2 mg statt. Die Keimzahl stieg nicht sofort, sondern nach einigen Tagen von etwa 1000 auf 50 000 bis 170 000 an, hielt sich einige Tage so, verminderte sich dann etwas und blieb ungefähr fünf Wochen — die Versuche sind nicht weiter durchgeführt — auf einer die ursprüngliche Zahl erheblich überragenden Höhe.

Rubner folgert mit Recht, dass bereits eine geringfügige Verunreinigung von Brunnen eine langdauernde Veränderung der Keimzahl hervorruft.

C. Der Einfluss der Temperatur und Jahreszeit auf den Bakteriengehalt des Wassers.

Versuche, die Bakterien durch Kälte zu tödten, sind schon im Jahre 1872 von F. Cohn[2]) ohne Erfolg angestellt worden. Von den späteren Forschern auf diesem Gebiete seien Colemann

[1]) Beitrag zur Lehre von den Wasserbakterien. Archiv für Hygiene 11, 365.

[2]) Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. I.

und Mac Kendrick erwähnt[1]). Sie setzten Flaschen mit frischem Urin oder Auszügen aus Fleisch bezw. Pflanzentheilen mehrere Stunden lang einer Kälte von — 23 bis — 62° C. aus. Brachten sie danach die Proben in einen Raum von + 27° C., so trat in allen Fällen Bakterienentwickelung auf; aber je stärker die Kälte gewesen, um so später erschien die aus Mikroorganismen bestehende Trübung. Faulende Flüssigkeiten wurden 100 Stunden lang einer Temperatur von — 84° C. ausgesetzt; als die gefrorene Masse in einen Raum von + 27° C. gebracht wurde, war schon nach wenigen Stunden energische Bewegung zu beobachten. Wiederholtes Aufthauen und Gefrierenlassen war bezüglich des völligen Abtödtens der Mikroorganismen ebenfalls ohne Erfolg.

Pictet und Yung[2]) setzten Reagensgläser mit Bouillon, welche Sporen und Bacillen von Milzbrand und Rauschbrand, sowie zwei andere Arten von Bacillen, ferner zwei Arten von Kokken aus Luft und Wasser enthielten, während 109 Stunden einer Temperatur von — 70° C., dann 20 Stunden lang einer solchen von — 130° C. aus, ohne dass die Lebensfähigkeit der in den Flüssigkeiten vorhandenen Mikroorganismen aufgehoben worden wäre. Dagegen erwies sich Blut, in welchem nur Milzbrandbacillen waren, nicht mehr pathogen, und die lebensfähigen Kokken hatten an Zahl abgenommen. Fritsch hielt sporenlose und sporenhaltige Milzbrandfäden eine Stunde lang bei einer Temperatur von — 100° und $^1/_4$ Stunde lang bei — 111°, ohne dass Form und Wachsthum verändert worden wären. Bei dem mit diesem Material angeblich erzeugten Milzbrand konnte jedoch Fritsch die Milzbrandbacillen im Blute nicht nachweisen[3]). Dass die Cholerabacillen nach Versuchen von Koch bei — 10° entwickelungsfähig bleiben, ist bekannt.

Seitz[4]) hielt Typhusbacillen drei Wochen lang bei einer Temperatur von + 3° und konnte ein fortgesetztes langsames Wachsthum constatiren.

Alle diese Versuche beweisen indessen nur, dass nicht alle der Kälte ausgesetzten Mikroorganismen absterben, nicht aber, dass nicht eine Anzahl der abgekühlten Individuen zu Grunde geht. In einzelnen der erwähnten Experimente deutet sogar die Ver-

---

[1]) Chemical News 1885, Nr. 1341. The mechanical production of cold and the effects of cold upon microphytes.

[2]) Comptes rendus, Tome 98.

[3]) Citirt aus: Wilhelm Koch, Milzbrand und Rauschbrand.

[4]) loc. cit. p. 35.

zögerung des Eintrittes der Trübung auf eine Verminderung der Zahl durch die Kälte hin.

Genauere Angaben über die Kältewirkung wurden von Carl Fränkel[1]) gemacht. Derselbe liess Wasser, dessen Keimgehalt er festgestellt hatte, bei einer Temperatur von — 8 bis — 12° gefrieren und untersuchte nach einigen Tagen, wie viel Bakterien in einem Cubikcentimeter Schmelzwasser sich befanden.

Eine Probe Spreewasser enthielt 6000 Keime im Cubikcentimeter, das zwei Tage alte Eis desselben Wassers enthielt 1200, das neun Tage alte Eis desselben Wassers nur noch 14 Bakterien pro Cubikcentimeter.

Eine andere Probe Spreewasser barg 3300 Mikroorganismen im Cubikcentimeter; drei Tage altes aus demselben Wasser hergestelltes Eis liess aus 1 ccm seines Schmelzwassers nur 20 bezw. 22 Colonien zur Entwickelung kommen. Ein Wasser, welches 500 000 Keime pro Cubikcentimeter enthielt, hatte, als es sechs Tage gefroren war, nur noch 36 000 bezw. 32 000 Bakterien im Cubikcentimeter. Ein anderes Wasser enthielt 4800 bezw. 4200 Keime, fünf Tage gefroren aber nur noch 340 bezw. 430 im Cubikcentimeter. In einem dritten Wasser waren 11 000 bezw. 12 500 Mikroben pro Cubikcentimeter vorhanden; nach sechstägigem Frieren sank die Zahl auf 2400 bezw. 2200.

Aehnliche Resultate hat Prudden[2]) mit Croton- und Hudsonwasser erhalten.

Bordoni-Uffreduzzi[3]) fand, dass etwa 90 Proc. der im Wasser befindlichen Bakterien bei längerem Gefrieren absterben.

Prudden brachte Reinculturen in sterilisirtes Wasser und stellte die so beschickten Reagensröhrchen in einen Kälteapparat, in welchem er sie bei — 1 bis — 10° C. hielt. Dabei ergaben sich unter anderen die folgenden Resultate:

Mikrokokkus prodigiosus			*Proteus vulgaris*		
Zeit		Zahl pro Cubikcent.	Zeit		Zahl pro Cubikcent.
Vor dem Frieren		6300	Vor dem Frieren		8320
Gefroren	4 Tage	2970	Gefroren	18 Tage	88
	37 „	22		51 „	0
	51 „	0			

[1]) Ueber den Bakteriengehalt des Eises. Zeitschr. f. Hygiene 1, 302.

[2]) On Bacteria in ice and their relation to disease with special reference to the ice supply of New-York. Med. Record. 26. III. 1887, p. 341.

[3]) Die biologische Untersuchung des Eises in seiner Beziehung zur öffentlichen Gesundheitspflege. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde. I. Jahrgang 1887, Bd. II, Nr. 17, S. 489.

Dünner verflüssigender Bacillus aus Crotonwasser

Vor dem Frieren . .	800 000
Gefroren 7 Tage . .	0

Bac. typhi abdominalis

	Zeit	Zahl pro Cubikcent.
Vor dem Frieren. .		unzählig
Gefroren	11 Tage	1 019 403
	27 „	336 457
	42 „	89 796
	69 „	24 276
	77 „	72 390
	103 „	7 348

Bac. fluorescens

Vor dem Frieren . .		unzählig
Gefroren	4 Tage .	571 560
	11 „ .	520 520
	51 „ .	183 040
	65 „ .	10 978
	77 „ .	85 008

Staphylokokkus pyogenes aureus

	Zeit	Zahl pro Cubikcent.
Vor dem Frieren . .		unzählig
Gefroren	18 Tage .	224 598
	20 „ .	46 486
	54 „ .	34 320
	66 „ .	49 280

Die verschiedene Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Arten, sowie die verstärkte Wirkung der länger andauernden Kälte treten in den Zahlen Prudden's deutlich zu Tage.

Bei abwechselndem Gefrieren und Aufthauen des mit Bakterien versetzten Wassers erzielte derselbe Autor ein viel rascheres Absterben. So waren 40 896 Typhusbacillen nach fünfmaligem Wechsel zwischen Gefrieren und Aufthauen getödtet. Der gelbe Traubenkokkus des Eiters hielt diesen Versuch nur viermal aus, obgleich er ursprünglich zu 111 782 Exemplaren in jedem Cubikcentimeter vorhanden gewesen war. Allerdings liess der Experimentator den Inhalt der Röhrchen bei — 20° sehr rasch gefrieren.

Eine noch erheblichere Verminderung der Mikroorganismen konnte erzielt werden, wenn das Wasser bis unter 0° abgekühlt wurde, ohne es gefrieren zu lassen. In einem derartigen Versuche wurde ein Wasser mit 111 782 Staphylokokken des Eiters im Cubikcentimeter 18 Stunden lang bei — 10 bis — 2° C. gehalten. Die Keimzahl war nach der angegebenen Zeit auf 16 400 gesunken, während das Controlgläschen mit erstarrtem Wasser noch 81 940 lebende Kokken enthielt.

Ueber die Ausdauer der Cholerabacillen bei niedriger Temperatur und im Eis sind Angaben gegen den Schluss des Capitels XIV. gemacht.

Es kommt bei der Abtödtung der Mikroorganismen durch Kälte ferner auf die Widerstandsfähigkeit der Mikroorganismen an. So starb eine alte, auf Agar-Agar gezüchtete Eiterkokkencultur,

welche Prudden in Wasser brachte, schon nach 5 bis 6 Tagen ab, während, wie vorstehend angegeben, eine frische Aufschwemmung mindestens 66 Tage lebendig blieb.

Auf den grossen Gehalt des Eises an Mikroorganismen hat zuerst Bischof aufmerksam gemacht.

Umfassende Untersuchungen wurden von C. Fränkel angestellt. Derselbe fand, dass der Gehalt des Berliner aus Verunreinigungen ausgesetzten Seen und Teichen gewonnenen Roheises an Mikroorganismen innerhalb bedeutender Grenzen schwankte, bald waren nur wenige Hunderte, bald mehrere Tausende von Keimen — bis zu 25000 — im Cubikcentimeter frisch geschmolzenen Eises nachzuweisen.

Eine Wiederholung dieser Versuche wurde von Heyroth[1]) angestellt und führte zu einem ähnlichen Resultat. In 25 Untersuchungen, welche mit 17 in Berlin gebräuchlichen Eissorten vorgenommen wurden, fanden sich dreimal unter 100, achtmal von 100 bis 500, sechsmal von 500 bis 1000, siebenmal von 1000 bis 5000 und einmal 14400 Keime im Cubikcentimeter Schmelzwasser.

Das aus Brunnenwasser hergestellte Eis, welches eine Gesellschaft in Berlin liefert, enthält durchschnittlich im Cubikcentimeter über 1000 Bakterien, während das Krystalleis aus destillirtem Wasser fast völlig keimfrei ist, da sein Keimgehalt zwischen 0 und 14 Keimen pro Cubikcentimeter schwankt.

Das New-Yorker Eis ist gleichfalls sehr reich an Bakterien, indessen verschieden nach der Entnahmestelle; so enthielt das Eis aus dem Hudsonriver, welcher durch die Abwässer von Albany verunreinigt wird, bis 6 Meilen (engl.) unterhalb dieser Stadt in 153 Proben in dem durchscheinenden Eis 398, in dem sogenannten Schneeeis, d. h. dem weissen, mit Luftblasen durchsetzten Eis 9187 Mikroben, während es in einer Entfernung von 6 bis 50 Meilen unterhalb Albany in dem durchsichtigen Eis 189, in dem lufthaltigen Eis 3693 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter barg. Prudden fand in allen seinen Versuchen die Thatsache bestätigt, dass das klare, luftleere Blockeis sehr viel weniger Keime enthält, als das mit vielen kleinen Luftbläschen durchsetzte weisse Eis. Er nimmt an, dass in den Schnee, welcher zum Theil das weisse Eis bilden hilft, beim Thauen das Schmutzwasser der Umgebung eindringt und ihm zahlreiche Bakterien zuführt. Andererseits wies

[1]) Ueber den Reinlichkeitszustand des natürlichen und künstlichen Eises. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 4, 1.

Prudden nach, dass der sehr häufig im Hudson vorkommende *Bac. fluorescens* mit grosser Intensität den im Wasser enthaltenen Luftbläschen zustrebt, er hält jedoch selbst die angegebenen Erklärungen nicht für alle Fälle genügend.

Bordoni-Uffreduzzi untersuchte das in Turin gebrauchte Roheis, welches der Dora entstammt, und entdeckte in demselben zwischen 120 und 3546 Bakterien; er constatirte ferner, dass die Zahl der Mikroorganismen im Eis innerhalb der sechs Monate von Januar bis Juni nicht abnahm. Hiernach scheint es, als ob einzelne Arten von Organismen, worauf bereits Prudden hingewiesen hat, im Eis nach einiger Zeit absterben, andere nicht.

Bordoni-Uffreduzzi brachte grössere Mengen Eis zum Schmelzen und mischte das Schmelzwasser, ungefähr ein Liter, mit einem sterilisirten Glasstabe; er vermied so die Fehlerquelle, welche sich daraus ergiebt, dass in einer kleinen Eisprobe zufällig viele, in einer anderen wenige Mikroben eingeschlossen sind. Seine Resultate waren in der That sehr gleichmässige.

Früher ist das Eis ohne jede Rücksichtnahme auf seinen Keimgehalt sowie auf seine Herkunft benutzt worden. Das darf nicht mehr geschehen. Das gewöhnliche, aus infectionsverdächtigem Wasser dargestellte Roheis ist überall da zu vermeiden, wo es mit der Nahrung oder in Getränken genossen wird. Es ist ferner unbrauchbar für Zwecke der Wundbehandlung. An seiner Stelle soll in diesen Fällen nur aus frisch destillirtem Wasser bereitetes Kunsteis verwendet werden.

Roheis darf direct mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen, sofern diese später der Siedetemperatur des Wassers ausgesetzt werden. Jedoch ist die Anwendung des Kunsteises vorzuziehen. Da, wo Nahrungsmittel mit dem Eise überhaupt nicht in unmittelbare Berührung kommen, kann das Roheis unbedenklich benutzt werden.

Von Bedeutung, z. B. für die Versendung von Wasserproben behufs Untersuchung, ist die Frage, ob Wasser, welches bis zur Temperatur des schmelzenden Eises oder doch fast bis zu jenem Grade abgekühlt wird, seinen Keimgehalt verändert.

Wolffhügel und Riedel bestimmten den Bakteriengehalt eines Wassers bei der Entnahme, füllten dasselbe darauf in sterilisirte Kölbchen und packten diese für 1 bis 3 Tage in Eis von 0°. Nachdem die Gefässe aus dem Eise genommen waren, wurde abermals der Keimgehalt bestimmt. Die erzielten Resultate giebt die Tabelle:

Keimzahl bei der Entnahme pro Cubikcentimeter	Aufbewahrung bei 0° Tage	Keimzahl nach der Abkühlung pro Cubikcentimeter
148 (14)	1	126 (6)
150 (11)	1	115 (2)
123 (14)	2	69 (0)
158 (15)	2	101 (0)
123 (9)	3	29 (0)
156 (11)	3	33 (2)

Es hat also entsprechend der Dauer der Abkühlung eine Abnahme der Bakterien stattgefunden, insonderlich haben sich die — in vorstehender Tabelle in Klammern gesetzten — die Gelatine verflüssigenden Mikroorganismen vermindert. Die Versuche Fränkel's lieferten ähnliche Resultate. Miquel (l. c. S. 753) hielt Wasser der Vanne 24 Stunden hindurch bei einer Temperatur von 1,7 bis 4,0° C. Die Bakterienzahl hatte weder zu- noch abgenommen.

Trotzdem giebt es Mikroorganismen, welche sich noch bei einer Temperatur von + 0° vermehren. So sah Forster[1]), dass sein leuchtender Bacillus noch wuchs, wenn die Culturröhrchen in schmelzendem Eis standen. Seine Untersuchungen wurden durch Fischer und Jahn[2]) bestätigt. Diese Forscher fanden ausserdem im Wasser 3, im Boden 9 weitere Mikroben, welche ebenfalls bei 0° gediehen.

Nach Miquel[3]) stieg in einer Probe Seewasser, welche bei 0° gehalten wurde, die Keimzahl von 150 in 24 Stunden auf 520, in 4 Tagen auf 1750 im Cubikcentimeter. Der rothe Bacillus vermehrte sich bei 0° in 72 Stunden von 3 auf 40 Exemplare im Cubikcentimeter eines durch den Boden filtrirten Flusswassers.

Wenn solche Bakterien in einem Wasser vorhanden sind, kann in dem im Eis verpackten Kölbchen eine Bakterienvermehrung statthaben. Da indessen die vorerwähnten Mikroben sich nur sehr langsam entwickeln, so dürfte die praktische Bedeutung nicht gross sein, sofern der Aufenthalt im Eis kurze Zeit währt.

---

[1]) Centralblatt f. Bakter. u. Par. 2, 337 u. 12, 430.

[2]) Centralblatt f. Bakter. u. Par. 4, 90.

[3]) Miquel, Manuel pratique d'Analyse bactériologique des eaux. Paris 1891, p. 23 et 25.

Ueber die Einwirkung höherer Temperaturen auf Mikroorganismen liegt eine grosse Reihe von Beobachtungen vor. Wir führen besonders die Resultate an, welche im Kaiserlichen Gesundheitsamt erhalten worden sind.

In der Arbeit: „Untersuchungen über Desinfection mit heisser Luft“ von R. Koch und G. Wolffhügel kommen die beiden Autoren zu folgenden Schlüssen: „1) In heisser Luft überstehen sporenfreie Bakterien eine Temperatur von wenig über 100° C. bei einer Dauer von $1^1/_2$ Stunden nicht. 2) Sporen von Schimmelpilzen erfordern zur Abtödtung ungefähr eine $1^1/_2$stündige Temperatur von 110 bis 115° C. 3) Bacillensporen werden erst durch dreistündigen Aufenthalt in 140° heisser Luft vernichtet“.

Durch eine andere Arbeit: „Versuche über die Verwerthbarkeit heisser Wasserdämpfe zu Desinfectionszwecken“ von Koch, Gaffky und Löffler wurde festgestellt, dass Flüssigkeiten in Gefässen, die in strömenden Wasserdampf von 100° C. gebracht waren, diese Temperatur nach kurzer Zeit annehmen, und dass „Bacillensporen die Temperatur des siedenden Wassers nur wenige Minuten überstehen“.

Spätere Untersuchungen von Globig[1]) haben dargethan, dass es Sporen giebt, welche bis zu sechs Stunden der Einwirkung des strömenden Dampfes, bis zu 10 Minuten der Einwirkung eines Dampfes von 123° zu widerstehen vermögen.

Die nicht sporenbildenden Mikroorganismen sind viel weniger widerstandsfähig. Wie Cohn angegeben, genügt ein längere Zeit fortgesetztes Erwärmen auf 60° C., um das Abtödten derselben zu bewirken. Tyndall fand, dass eine Flüssigkeit sterilisirt wurde, wenn man sie täglich mehrere Stunden auf 60° erhitzte.

Die Sporen wachsen nämlich in der Zeit, während welcher die Wärme nicht so hoch ist, zu Bacillen aus und diese werden dann durch die längere Zeit einwirkende Temperatur von 60° C. getödtet.

Wie die Zahl der Mikroorganismen bei steigender Temperatur abnimmt, lässt sich aus zwei Versuchen Miquel's[2]) ersehen. Nachdem dieser Forscher die Menge der Bakterien im Liter Wasser festgestellt hatte, erhitzte er dasselbe rasch bis auf eine bestimmte Temperatur, erhielt es 15 Minuten lang bei derselben, erhitzte weiter und liess die höhere Temperatur wiederum 15 Minuten andauern u. s. f.

---

[1]) Ueber einen Kartoffelbacillus mit ungewöhnlich widerstandsfähigen Sporen. Zeitschrift für Hygiene 3, 322.

[2]) La semaine médicale, 31 Juillet 1884.

Versuch I		Versuch II	
Temperatur	Bakterienzahl	Temperatur	Bakterienzahl
20° C.	58 000	22° C.	106 000
45	49 500	43	80 000
55	4 200	50	16 500
65	2 600	60	5 000
75	1 200	70	3 400
85	830	80	3 300
95	360	90	1 800
100	420	100	650
Dasselbe Wasser, nachdem es gestanden hatte, bei			
24°		27°	
24 Stunden	310	24 Stunden	330
48 „	14 500	48 „	134 000

Aus diesen beiden Versuchen Miquel's ist ersichtlich, dass nicht alle Bakterien durch dieselbe Temperatur getödtet werden, die eine Art von Spaltpilzen ist gegen Temperatureinflüsse empfindlicher als die andere. Der die Entwickelung am meisten fördernde Wärmegrad, das sogenannte Temperaturoptimum, ist verschieden für die verschiedenen Mikroorganismen; so ist z. B. von den Tuberkelbacillen bekannt, dass sie nur bei Brutwärme üppig gedeihen; andere Bakterien vertragen mittlere Temperaturen (20°), z. B. die Cholerabacillen; wieder andere vermehren sich reichlich noch bei 5° C., während sie bei hohen Temperaturen, z. B. bei Blutwärme, 37° C., nur ein kümmerliches Dasein fristen; zu dieser Gruppe gehören eine nicht unbeträchtliche Anzahl der häufig im Wasser vorkommenden Mikroorganismen.

Miquel[1]) fand einen Bacillus, dessen Temperaturoptimum zwischen 65 und 70° liegt, dessen Wachsthum erst oberhalb 40° beginnt. Dieser Bacillus fehlte in Quellwässern, dahingegen war er in Tagewässern und in dem durch die Pariser Schmutzwässer verunreinigten Seinewasser häufig (1000 im Liter); sehr zahlreich, bis zu 500 im Cubikcentimeter Wasser, wurde er in den Abflüssen aus Cloaken und Aborten angetroffen. Van Tieghem[2]) beobachtete sogar noch bei 74° die Entwickelung eines Mikrokokkus.

[1]) Ann. de l'observat. de Montsouris pour 1881, p. 464 und Annales de Micrographie etc., Tom. I, p. 4 — 10, 1888.

[2]) Zeitschrift für Hygiene 3, 319 — 321.

Auch Cortes und Garrigon[1]) fanden in Sprudelwässern bei 64° lebende Bacillen, und Globig[1]) entdeckte in den oberen Bodenschichten eine grössere Anzahl von Mikroben, welche bei 65° noch kräftig gedeihen.

Was über die Einwirkung der Wärme auf die uns hauptsächlich interessirenden pathogenen Pilze bekannt ist, wird im Capitel XIV. erwähnt werden.

Der nachfolgende von uns angestellte Versuch zeigt, wie verschieden sich die im Wasser und in der Luft vorkommenden Mikroorganismen verschiedenen Temperaturen gegenüber verhalten.

	Temperatur	Einsaat pro Cubikcentimeter	Nach Tagen	Zahl der Colonien pro Cubikcentimeter	Temperatur	Nach weiteren Tagen	Zahl der Colonien pro Cubikcentimeter
Grüner fluorescirender Bacillus aus Wasser .	5°	11 000	10	900 000	—	—	—
Weisser Kokkus aus Wasser	5°	17 000	10	{ 2 000* 5 000	12°	10	500 000
dito	12°	5 000	9	237 000	—	—	—
Gelber Kokkus aus Luft	5°	40 000	10	4 500	12°	3	150 000
Grüner nicht fluorescirender Bacillus aus Wasser	12°	8 000	10	700 000	—	—	—

* An der Oberfläche 2000, am Boden 5000.

Beobachtungen über die Entwickelung von *Mikrok. aquatilis* und *Bac. erythrosporus* bei verschiedenen Temperaturen wurden im Göttinger hygienischen Institut angestellt und bereits S. 528 angeführt. Andere Versuche, allerdings mit Bakteriengemischen angestellt, bringt Heraeus. Nach seinen Angaben enthielt das Wasser der Wiesbadener Leitung bei der Entnahme 16 Keime im Cubikcentimeter, dahingegen 300 Keime, als es acht Tage bei 10° C. gestanden hatte. Brunnenwasser mit 650 Bakterien enthielt nach dreitägigem Stehen bei 10° C. 9000 im Cubikcentimeter; eine andere Probe dieses Wassers mit ebenfalls 650 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter barg nach drei Tagen bei 20 bis 24° Temperatur nicht weniger als 240000 Keime im Cubikcentimeter. Siehe auch S. 529.

[1]) Zeitschrift für Hygiene 3, 319 bis 321.

Aus dem Vorstehenden folgt, dass im Allgemeinen die Vermehrung der Organismen mit der Temperatur, und zwar bis gegen 30 bezw. 40°, ansteigt, dass aber eine Anzahl gerade der im Wasser häufigen Bakterien bei niedrigen Temperaturen, etwa 15°, besser gedeiht.

Was den Bakterienreichthum des in der Natur vorkommenden Wassers bei verschiedenen Temperaturen oder in den einzelnen Monaten angeht, so ist eine Angabe von Bertschinger[1]) von Interesse. Es ist bekannt, dass zur Zeit der Schneeschmelze die Zahl der Bakterien erheblich zunimmt. Bertschinger untersuchte, um die Grösse dieses Factors für den Züricher See festzustellen, das Wasser des Sees vor und während des Zufrierens und nach dem Aufthauen. Die Beobachtung zeigte, dass der zugefrorene See unter der Eisdecke erheblich mehr Keime barg als vorher; während gewöhnlich das Seewasser im Cubikcentimeter zwischen 50 und 300, im Mittel aus 173 Untersuchungen 178 Bakterien enthielt, stieg während der acht Wochen dauernden Eisperiode die Zahl auf 2000 und darüber. Bertschinger will das vorübergehende Ansteigen der Zahl auf den Mangel an Oxydationsvorgängen unter der Eisdecke und das Absterben zahlreicher höherer Lebewesen, also auf bessere Ernährungsverhältnisse zurückführen, ohne indessen Beweise für seine Anschauung zu bringen.

Man kann Bakterien an andere als ihnen ursprünglich zusagende Temperaturen durch Züchtung gewöhnen. Manche Arten, plötzlich unter ungünstige Temperaturverhältnisse gebracht, wachsen schlecht und verlieren die Fähigkeit, Farbstoffe, Fermente oder Gifte zu bilden. Geht man jedoch langsam vor, so behalten sie ihre Eigenschaften und gedeihen in vorzüglicher Weise, ihre Temperaturbreite ist erweitert worden.

Dieudonné[2]) gelang es sogar, bei 10° Milzbrand zu züchten und mit ihm kalte Frösche mit Sicherheit zu inficiren. Diese Eigenthümlichkeit der Anpassung der Mikroorganismen ist bei manchen pathogenen Arten, z. B. bei Typhus und besonders bei Cholera, von grossem Belang für ihre Verbreitung durch das Wasser auch während der kalten Jahreszeit.

Fortlaufende Brunnenuntersuchungen liegen, so weit uns bekannt, nicht vor. Die zu verschiedenen Zeiten angestellten Versuche einzelner Forscher bieten jedoch genügendes Material zu Vergleichen.

---

[1]) Schelling's Journ. für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1891.
[2]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 1894, 9, 492.

Nach Moers (l. c. S. 135) nahm in den untersuchten Brunnen Mülheims die Keimzahl bis zum September stetig, aber nicht erheblich zu und von dem angegebenen Zeitpunkte bis zum November, dem letzten Beobachtungsmonat, wieder ab.

In Regensburg wurde ein viel benutzter Brunnen von Hofmann untersucht. Es fanden sich am 10./11. 57, 23./12. 77, 18./1. 59, 18./2. 74, 27./3. 145, 24./4. 68, 17./5. 14, 30./6. 255, 31./7. 60, 9./8. 28, 9./9. 103, 22./10. 25 Bakterien.

De Blécourt giebt die Zahlen von 80 Groninger Brunnenwässern an, die nach einander in verschiedenen Monaten untersucht wurden. 41 von ihm im März untersuchte Brunnen enthielten durchschnittlich 677, 25 im April untersuchte 1452, und 14 im Juni untersuchte 2183 Mikroorganismen im Cubikcentimeter. Von einem Brunnenwasser giebt Roth an, dass es im Monat October und November circa 909, Anfang December 600, Mitte December 450 Spaltpilze pro Cubikcentimeter enthielt, während im Juni 9500 Colonien sich aus einem Cubikcentimeter entwickelten.

In Leitmeritz war in 54 Brunnen während der warmen Monate die Zahl der Bakterien grösser geworden, allerdings meist nicht erheblich, in vier Brunnen hatte sie abgenommen, in acht war sie gleich geblieben. Die Temperaturschwankung während eines Jahres betrug bis auf vier Fälle weniger als 3° C. Die höchste Temperaturschwankung betrug 3,8°. Ein Zusammenhang zwischen Schwankung und Keimzahl ist nicht zu erkennen.

Rubner fand in seinem in einem Keller gelegenen Brunnen von Juni bis Januar eine Temperatur von 8,1 bis 11,8° C. Dabei schwankte die Bakterienzahl zwischen 863 und 1620, wobei die Zahl 1142 bei 8,1°, die Zahl 1620 bei 11,3°, die Zahl 960 bei 11,8° gefunden wurde.

Ueber den Gehalt der Quellen an Bakterien zu verschiedenen Jahreszeiten scheinen bis jetzt nur wenig Daten veröffentlicht zu sein.

Bezüglich der von Maschek untersuchten Quellen in und bei Leitmeritz (S. 494) lässt sich die Einwirkung der Temperatur nicht nachweisen. Dasselbe ist bei den Regensburger Quellen der Fall. Ihr Wasser wird unter Einschiebung eines Hochreservoirs in 4,5 km langer Leitung der Stadt zugeführt. Die durchschnittliche, nahezu constante Temperatur des Quellwassers ist 10,6° C. Die chemische Untersuchung ergab für 100000 Theile 22,7 Theile Gesammtrückstand, 7,7 Theile Glühverlust, 11,6 Theile Kalk, 0,5 Theile Chlor und 1,28 Theile Kaliumpermanganatverbrauch. Die Keimzahl in den einzelnen Monaten betrug 1885 im October 60

Keime im Cubikcentimeter, November 20, December 40; 1886 im Januar 32, Februar 32, März 31, April 15, Mai 25, Juni 39, Juli 41, August 40, September 24 Keime. Die Untersuchungen fanden je einmal im Monat statt[1]).

Bezüglich des Leitungswassers liegen viele Angaben vor, doch dürften einige Zahlen genügen.

Die Mittelzahlen für das Berliner Leitungswasser von fünf Auslässen in der Zeit von Juli 1884 bis Juli 1885 sind folgende:

1884					
Juli	August	September	October	November	December
201	144	98	38	21	36

1885					
Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
44	73	66	36	21	111

Es giebt also für die untersuchte Zeit ein Minimum im November und ein zweites im Mai. Beide sind auch bei der Untersuchung des unfiltrirten und filtrirten Spreewassers, sowie des Wassers in dem Charlottenburger Reservoir beobachtet worden; beim unfiltrirten Seewasser aber fehlt das Minimum für Mai, beim filtrirten das für den November.

Wie unrichtig es jedoch sein würde, diese Monatsmittel zu verallgemeinern, daraus weitgehende Schlüsse auf den Einfluss der Wärme oder der Jahreszeit zu ziehen, zeigt die nächste Untersuchungsperiode:

1885/1886 Monat	Durchschnittskeimzahl pro Cubikcentimeter: Spree bei Stralau	Durchschnittskeimzahl pro Cubikcentimeter: Tegelersee am Wasserwerk	1885/1886 Monat	Durchschnittskeimzahl pro Cubikcentimeter: Spree bei Stralau	Durchschnittskeimzahl pro Cubikcentimeter: Tegelersee am Wasserwerk
Juli	4 447 31 026*	1 700 5 540*	November .	5 673 12 130*	172
August . .	4 925	1 647	December .	5 440	366
September .	3 830	444	Januar . .	2 333 9 000*	99
October . .	2 951	231	Februar . .	2 116 7 110*	20 3 415*

* Sofern grosse, sichtlich zufällig entstandene Verunreinigungen des Wassers mit berücksichtigt werden.

[1]) Hofmann, Bakteriologische Untersuchung d. Wassers d. städtischen Wasserleitung in Regensburg. Münch. Med. Wochenschrift, Nr. 19, 10. Mai 1887, S. 350.

Miquel[1]) giebt die Monatsmittel von vier Jahren der Vanne und der Dhuis an; die Zahlen mögen hier folgen, wobei die erste Zahl dem Januar, die zweite dem Februar etc. entspricht. Im Vannewasser fanden sich 400, 1625, 1560, 860, 720, 590, 865, 985, 465, 495, 495, 525; im Dhuiswasser 2700, 4500, 2350, 3930, 1680, 765, 930, 500, 480, 985, 2175 und 1770.

Im Potomacwasser war die Zahl der Keime im Sommer viel geringer als im Winter. Smith[2]) führt diese Erscheinung auf die Niederschläge mit ihrem Oberflächenschmutzwasser zurück. Der Bakterienbefund zeigte sich höher oder niedriger, entsprechend dem Grade der Trübung. Der Autor[2]) führt auch die durchschnittlichen monatlichen Regenmengen an; aus denselben und den Bakterienbefunden ergiebt sich jedoch kein directer Zusammenhang; ein solcher ist auch nicht zu erwarten, da die Regenmengen Durchschnittszahlen sind, während die bakteriologischen Befunde auf Einzelbeobachtungen beruhen. Hatte es kurz vor der bakteriologischen Untersuchung geregnet, so mussten viele Mikroorganismen im Wasser gefunden werden, wenig dagegen, wenn es vorher trocken gewesen war.

Von mehreren Seiten, besonders von Frank[3]) und Schmelik[4]) ist darauf aufmerksam gemacht worden, dass zur Zeit der Schneeschmelze die Keimzahl in den offenen Wässern ganz erheblich zunimmt. Man darf annehmen, dass mit dem Schmelzwasser sowohl die Bakterien, welche während des Winters aus der Luft auf den Schnee gefallen sind, als auch ein grosser Theil der an der Erdoberfläche liegenden Mikroorganismen fortgespült und in die Wasserläufe übertragen werden.

Der gefrorene Untergrund verhindert das Eindringen des Schmelzwassers und damit die Ablagerung der Mikroorganismen; darin liegt auch der Grund, wesshalb den offenen Wässern durch die Schneeschmelze mehr Bakterien zugeführt werden, als durch die sommerlichen bezw. herbstlichen Regengüsse.

Aus den angeführten Versuchsergebnissen und den mitgetheilten Beobachtungen lassen sich die folgenden allgemeinen Schlüsse ziehen:

---

[1]) Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux. Paris 1891, p. 131.

[2]) Med. News, 7. April 1887, p. 405.

[3]) Die Verunreinigungen des Spreewassers etc. Zeitschr. f. Hygiene 3.

[4]) Steigerung des Bakteriengehaltes im Wasser während des Schneeschmelzens. Centralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde 4, Nr. 7, 1888. und 8, 102, 1890.

1) Durch Temperaturen von weniger als 0° wird eine Anzahl von Bakterienindividuen und -arten getödtet, andere Mikroorganismen derselben Art, sowie andere Arten widerstehen der Kälte sehr lange.

2) Temperaturen von 0 bis ungefähr 4° C. heben nicht die Lebensfähigkeit, wohl aber die Vermehrung der meisten Bakterienarten auf; einige Arten vermögen sich auch bei so niedrigen Wärmemengen zu vermehren.

3) Mit Zunahme der Temperatur tritt eine erhebliche Proliferation der Bakterien ein. Die Grösse dieses Einflusses der Temperatur zeigt sich hauptsächlich bei den angestellten Experimenten; bei den natürlichen Wässern und unter den gewöhnlichen Aussenverhältnissen hingegen tritt sie weniger hervor.

4) Die Temperatur des Oberflächenwassers, d. h. des Wassers der Seen, Bäche, Flüsse etc., folgt der Jahreszeit; so ist denn auch in den warmen Monaten durchschnittlich der Bakteriengehalt am grössten, in den kalten am kleinsten. Störende Einflüsse indessen bewirken, dass in vielen Fällen der Einfluss der Temperatur vollständig verwischt wird; vor Allem führen die Zuströmungen von Schmutzwasser, sodann das Aufrühren des Schlammes, das Abspülen der Ufer durch den Wellenschlag und das Schmelzen des Schnees dem Wasser eine grosse Menge von Mikroorganismen zu.

5) Die aus der Tiefe der Erde stammenden Brunnen- und Quellwässer haben in den meisten Fällen eine ziemlich constante, um nicht mehr als 3 bis 4° in den 12 Monaten schwankende Temperatur und dem entsprechend eine constante, oder in der warmen Periode nur wenig gesteigerte Mikrobenzahl.

6) Die Zahl der Bakterien im Leitungswasser ist während des Sommers höher als während des Winters, eine Thatsache, die nichts Auffälliges hat, wenn man bedenkt, dass das Leitungswasser in den Filtern, Reservoiren oder in dem Rohrsystem sich während des Sommers erwärmt.

D. Der Einfluss des Lichtes und der Dunkelheit auf die Mikroorganismen.

Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Mikroorganismen liegt eine Reihe von Beobachtungen vor, von welchen die bis zum Jahre 1889 veröffentlichten in mustergültiger Weise von Raum[1])

[1]) Zeitschrift für Hygiene 6, 312.

zusammengestellt sind, dessen Ausführungen wir hier in der Hauptsache folgen.

Downes und Blunt veröffentlichten bereits im Jahre 1877, dass das Licht unter günstigen Bedingungen die Entwickelung der Bakterien gänzlich verhindert, unter weniger günstigen verzögert; die directen Sonnenstrahlen wirken am mächtigsten, jedoch wohnt auch dem diffusen Tageslicht eine schädigende Eigenschaft inne; auch in Nährflüssigkeit vorhandene Keime können durch alleinige Lichtwirkung getödtet werden. Tyndall konnte bei seinen Versuchen wohl eine Entwickelungshemmung, aber keine Sterilisation durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen erreichen. James Jamieson erzielte den Tyndall'schen ähnliche Resultate; er ist geneigt, die Wärmewirkung höher zu stellen als die Lichtwirkung. Die differenten Resultate dieser Forscher erklären sich, abgesehen von der verschiedenen Wärmewirkung, durch das Arbeiten mit Bakteriengemischen; die einzelnen Arten der Mikroben besitzen eine verschiedene Widerstandsfähigkeit.

Duclaux vermied diesen Fehler, indem er die Unterarten von *Tyrothrix Scaber* verwendete; die Sporen dieser Mikroorganismen widerstanden besser, als die Vegetationsformen; der Grad der Widerstandsfähigkeit variirte je nach der Species, der Art des Nährbodens und der Lichtintensität.

Sehr ausgedehnte Versuche über die Lichtwirkung auf Milzbrandbacillen und Sporen stellte Arloing an, in welchen er gegenüber den Angaben von Nocard und Strauss feststellte, dass die Milzbrandsporen als solche getödtet werden, und zwar rascher, als die Bacillen. In Bouillon und in Wasser, deren Temperatur etwa 4 bis 11° C. betrug, genügte eine fünfstündige Insolation (im Februar), um die Sporen zu tödten, die ausgewachsenen Bacillen gingen erst nach 26- bis 30stündiger Besonnung bei 30 bis 36° C. zu Grunde. Nach den Untersuchungen von Roux soll auch das Nährmaterial durch die Besonnung verändert, zum Auskeimen der Milzbrandsporen ungeeignet gemacht werden; dahingegen vermehren sich eingesäete Milzbrandbacillen anstandslos darin. Die geringere Widerstandsfähigkeit der Sporen gegenüber den Milzbrandbacillen konnte auch Roux bestätigen und ferner nachweisen, dass das Licht seine schädigenden Wirkungen nur bei Anwesenheit von Sauerstoff geltend machen könne.

Gaillard steht völlig auf dem Standpunkte Arloing's, er bekräftigt unter Anderem nochmals, dass die einzelnen Strahlen des Spectrums eine geringere Wirkung ausüben, als das vollständige Sonnenlicht, dass das Nährsubstrat von Belang ist und die

Wirkung der Milzbrandkeime durch das Licht abgeschwächt wird.

Dandrieu zieht praktische Schlussfolgerungen und spricht sich für die Reinigung der Abwässer durch Berieselung aus, wobei indessen der Rieselboden häufig umgearbeitet werden solle, um dem Licht zugängig zu werden.

Engelmann zeigte, dass nicht alle Bakterien durch das Licht ungünstig beeinflusst werden, indem er nachwies, dass sein *Bakt. photometricum* in eine Art Dunkelstarre versetzt werde, während Lichtstrahlen mobilisirend darauf wirken.

Janowski[1]) studirte den Einfluss des Lichtes auf Typhusbacillen und fand, dass diffuses Tageslicht ihr Wachsthum sowohl auf Nährgelatine als auch in Bouillon wesentlich verzögerte. Setzte er die gleichen Culturen der Einwirkung der Sonnenstrahlen aus, so waren sie in 4 bis 10 Stunden abgestorben, trotzdem die Temperatur 40° C. nicht erreicht hatte; die eingehüllt gestandenen, fast ebenso hoch erwärmten Kolben liessen in derselben Zeit bereits kräftiges Wachsthum erkennen. Weitere Versuche zeigten dem Autor, dass hauptsächlich die chemischen Strahlen schädigend wirken.

Pansini[2]) fand, dass in flüssigen Medien — hängendem Tropfen verflüssigter Gelatine — schon in $^1/_2$ bis $2^1/_2$ Stunden alle Bakterien getödtet wurden. Milzbrandbacillen, welche nur kurze Zeit der Insolation ausgesetzt waren, wurden abgeschwächt. Nach den Ermittelungen von Santorini[3]) tritt die bakterientödtende Kraft des Sonnenlichtes schon bei niedrigen Temperaturen deutlich zu Tage, wird aber mit zunehmender Wärme stärker. Trockene Mikroben widerstehen der Lichtwirkung länger; die rothen und violetten Strahlen beeinflussen das Wachsthum und die Lebensfähigkeit der Mikroorganismen nicht.

R. Koch[4]) machte zunächst auf den stark schädigenden Einfluss des Sonnen- und diffusen Tageslichtes auf Tuberkelbacillen aufmerksam.

Die Arbeit Geissler's[5]) bezieht sich auf die Einwirkung des elektrischen und des Sonnenlichtes auf Typhusbacillen in Nähr-

---

[1]) Zur Biologie der Typhusbacillen. Centralblatt f. Bakt. u. Parasitenk. 13, 167.

[2]) Revista d'Igiene 1889.

[3]) Bulletino d'Accad. med. di Roma 1889—90.

[4]) Internationaler med. Congress zu Berlin.

[5]) Zur Frage über die Wirkung des Lichtes auf Bakterien. Centralblatt f. Bakt. u. Parasitenk. 11, 161.

gelatine. Von seinen Schlussfolgerungen mögen folgende Erwähnung finden: Es besteht zwischen der schädigenden Einwirkung der beiden Lichtarten nur ein qualitativer Unterschied; nicht nur die sog. chemischen und die Lichtstrahlen, sondern auch die Wärmestrahlen schädigen; alle Strahlen der Spectren, mit Ausnahme der rothen, behindern das Wachsthum der Typhusbacillen, und zwar um so mehr, je kleiner ihre Wellenlänge ist; die Nährgelatine wird durch Sonnenlicht und elektrisches Licht zu einem weniger günstigen Nährboden. Chmelewsky[1]) kam bezüglich der Eiterkokken zu ganz ähnlichen Resultaten.

Die bei weitem beste Arbeit für die hier in Frage stehenden Punkte ist unter dem Titel „Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bakterien und über die Selbstreinigung der Flüsse" von Buchner[2]) veröffentlicht. Er brachte *Bac. typhi*, *Bac. coli* und *Bac. pyocyaneus*

	Typhusbac.		*Bac. coli*		*Bac. pyocyan.*		Bedingungen
	belichtet	dunkel	belichtet	dunkel	belichtet	dunkel	
Aussaat . . .	3000	4600	4600	4 800	50 200	38 400	Erlenm. Kolben mit 1 cm hoher Schicht, directes Sonnenlicht 11 bis 21° C.
Nach 2 Tagen	0	7600	0	12 600	9 600	269 000	
Aussaat . . .	1400	1200	5800	5 200	22 600	21 000	directes Sonnenlicht, belichtet 32° C., dunkel 25° C., $1^1/_2$ Liter.
Nach 3 Stunden	0	5000	0	9 800	0	21 000	
Aussaat . . .	2048	2200	9472	9 856	3 328	2 048	diffuses Tageslicht 7,1° C. — 3,9° C., $1^1/_2$ Liter.
Nach 4 Stunden	0	1024	3328	11 776	0	2 432	
Aussaat . . .	—	—	165 000 122 000	130 000 116 000	87 000 86 800	101 000 104 000	directes Sonnenlicht, weiss gestrichenes Blechgefäss von 0,25 m² Grundfläche, 10 Liter Inhalt, 20° C. — 29,9° C.
Nach 1 Stunde	—	—	0 0	148 000 132 000	0 0	106 000 108 000	
Nach 2 Stunden	—	—	0 0	137 000 140 000	0 0	verflüssigt	

[1]) Zur Frage über die Wirkung des Sonnen- und elektrischen Lichtes auf die Eiterbakterien (russisch). Ref. Centralbl. f. Bakt. **12**, 174.

[2]) Archiv für Hygiene **17**, 179.

in Wasser, dem, um es zu einem besseren Nährmaterial zu machen, etwas Liebig'scher Fleischextract hinzugefügt war, und setzte diese Aufschwemmung sowohl dem diffusen Tageslichte als dem directen Sonnenlichte aus. Einige der erhaltenen Resultate sind als Paradigmen in der vorstehenden Tabelle zusammengestellt.

Um die Einwirkung des Lichtes auch in grösseren Wassertiefen nachzuweisen, besäete Buchner Agar- oder Gelatineschalen dicht mit Typhus- oder Cholerabacillen, schloss sie durch ein Gummiband wasserdicht ab, klebte auf die nach oben gerichtete besäete Schale ein dunkles Papierkreuz und brachte sie unter Wasser mit folgendem Resultat.

Stand der Platten unter dem Wasserspiegel	Aussaat	Entwickelung von Colonien	
		im beschatteten Theil der Platten	im belichteten Theil der Platten
0,1 m	*Vib. cholerae.*	sehr stark	0
1,1 „	*B. pyocyan.*	„ „	0
1,6 „	*Bac. typhi.*	„ „	0
2,6 „	*B. pyocyan.*	entschieden stärker als im belichteten Theil	mässig stark
3,1 „	*Bac. typhi.*	wenig stärker als im belichteten Theil	stark

Hiernach darf man annehmen, dass bei ziemlich klarem Wasser der Lichteinfluss sich bis zu 2 m Tiefe kräftig auf die Bakterien äussert.

Um den Einfluss des Lichtes auf die Selbstreinigung der Flüsse zu controliren, untersuchten die Mitarbeiter des Autors das Isarwasser zur Tages- und Nachtzeit. Es fand sich, dass die oberhalb Münchens geschöpften Proben während der ersten Hälfte der Nacht viel weniger Keime enthielten, 160, 5, 8, 107, als die der Wirkung des Tageslichtes nicht mehr ausgesetzten Proben nach Mitternacht, 380, 460, 520, 510, 250.

Obschon sich in den Nachtstunden von 1 bis 7 Uhr das Minimum des Bakteriengehaltes im Canalwasser findet, und die Entfernung von München bis Freising, 33 km, in 8 Stunden vom Wasser durchlaufen wird, so fand sich doch um 9 Uhr stets der höchste, hingegen Nachmittags der niedrigste Keimgehalt.

Datum	Ort	Stunde	Wasser-temperatur	Bakterienzahl im Cubikcent.
24. 12. 92.	Freising . . .	9 a. m.	+ 1°	19 382
		4 p. m.	+ 1,5°	2 520
3. 1. 93.	Oberhalb Münchens .	9 a. m.	— 0,5	97
		4 p. m.	+ 0	54
„	Freising . . .	9 a. m.	+ 1,0°	10 104
		4 p. m.	+ 2,0°	188
10. 1. 93.	Oberhalb Münchens .	9 a. m.	— 1,0°	160
		4 p. m.	— 0,5°	4
„	Freising . . .	9 a. m.	+ 0,5°	10 590
		4 p. m.	+ 1,0°	6 130

Den Buchner'schen ähnliche Versuche sind von P. Frankland und M. Ward [1]) mit Milzbrandsporen angestellt. Die Autoren fanden, dass im December durch die Sonnenstrahlen, besonders die zum blauen Ende des Spectrums hin liegenden, Milzbrandsporen auf Gelatineplatten schon in wenigen Stunden abgetödtet wurden, und zwar auch durch reflectirtes Licht und bei einer so niedrigen Temperatur, dass nicht einmal die Gelatine der Versuchsschalen flüssig wurde. Die Versuchsanordnung war der Buchner's fast gleich. Dass wirklich die Sporen und nicht das Nährsubstrat afficirt wurde, bewies Ward, indem er auf einer Glasschale eine dünne Schicht Milzbrandsporen antrocknen liess, deren eine Hälfte er belichtete; als er Agar darüber goss, blieb die belichtete Seite steril, die dunkel gehaltene bedeckte sich mit Milzbrand. Eine theilweise Belichtung einer dünnen Agarschicht und spätere Impfung mit Milzbrand liess keinen Unterschied erkennen. Auch die in Wasser gebrachten Milzbrandsporen starben bald ab, in längstens 151 Stunden.

Frankland konnte weiter nachweisen, dass die Sporen des Milzbrandes widerstandsfähiger gegen die Sonnenstrahlen sind im Wasser als in den gewöhnlichen Nährmedien, eine Erscheinung, auf welche vor ihm schon Strauss und Momont aufmerksam gemacht haben.

Das diffuse Tageslicht übte nach Frankland und Ward's Beobachtungen einen wesentlichen Einfluss auf Milzbrandsporen nicht aus.

Für das Meerwasser ist die tödtende Lichtwirkung von Dr. Bassenge [2]) erwiesen; dieser fand bei einer Reise von den capver-

[1]) Proceedings of the Royal society Vol. 53. The vitality and virulence of Bac. anth., p. 204 u. 303.

[2]) B. Fischer. Die Bakterien d. Meeres. Planktonexpedition 1893, S. 57.

dischen Inseln nach Trinidad (17° bis 11° nördl. Br.) vom 16. bis 29. November 1893 Abends an der Oberfläche des Meeres nur zwischen 14 und 126 Bakterien, in 10 m Tiefe indessen regelmässig über 2000, nur je einmal wurden 790 und 1390 notirt.

Dieudonné[1]) konnte für *Micr. prod.* und *Bac. fluorescens* bestätigen, dass nicht die Wärme, sondern das Licht, und zwar sehr kräftig die ultravioletten, violetten und blauen, weniger kräftig die grünen, gar nicht die gelben und rothen Strahlen tödtend wirken, dass das elektrische Licht nur quantitativ sich vom Sonnenlicht unterscheide, und dass der Nährboden ebenfalls, wenn auch schwach, durch das Licht beeinflusst werde. Angeregt durch eine Beobachtung von Richardson, fand Dieudonné weiter, dass jedenfalls ein grosser Theil der Lichtwirkung auf Bildung von Wasserstoffsuperoxyd aus Wasser beruhe, er konnte das Superoxyd in den belichteten Theilen der Nährmaterialien und in den von der Sonne beschienenen Wasserschichten in ziemlich reichlichen Mengen nachweisen.

E. Der Einfluss der Bewegung und Ruhe auf die Mikroorganismen.

Ueber die Einwirkung der Erschütterung auf die Vermehrung der Mikroorganismen sind viele Versuche angestellt worden, welche zum Theil zu widersprechenden Resultaten geführt haben. Wir verweisen betreffs der älteren Arbeiten auf die Zusammenstellung von G. Wolffhügel im 2. Heft der Arbeiten aus dem Gesundheitsamt: „Die Vermehrung der Bakterien im Wasser.“

Hier sollen nur einige der neueren Beobachtungen erwähnt werden, sofern bei denselben Wasser als Substrat benutzt worden ist, und Zählungen vorgenommen sind.

Frankland[2]) schüttelte je 50 Theile bakterienhaltigen Wassers mit 5 Theilen Eisenschwamm. Er fand pro Cubikcentimeter in dem ursprünglichen Wasser 609, in dem eine Minute lang geschüttelten Wasser 28 und in dem 15 Minuten lang geschüttelten Wasser 63 entwickelungsfähige Keime. Die beiden letzten Proben wurden entnommen, nachdem eine halbe Stunde Zeit zum Absetzen gegeben war.

Fünfzehn Minuten andauerndes Schütteln mit Thierkohle 1 : 50, und fünfstündiges Absetzenlassen reducirte die Zahl der Mikroorga-

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 1894, 9, 405 u. 537.

[2]) Chemical News 1885, Nr. 1338 und 1339. The removal of microorganisms from water.

nismen von 8325 auf 274. Als 1 g gepulverter Coaks mit 50 ccm Wasser eine viertel Stunde lang geschüttelt worden war, trat keine Keimentwickelung mehr auf, obschon das Versuchswasser zahllose Bakterien enthalten hatte. Die Zeit des Niedersinkens des Coakspulvers hatte zwei Tage gedauert. Schütteln mit Holzkohle und mit Kalk hatte noch bedeutenden, Schütteln mit Thonerde, Ziegelmehl, Gyps, Manganoxyd ungenügenden Erfolg.

Bei diesen Versuchen kam ausser dem Schütteln wohl hauptsächlich das Niedergerissenwerden der Bakterien durch die sich absetzende, fein vertheilte Materie zur Geltung. Wie viel Mikroorganismen sich in dem zu Boden gesunkenen Schlamm befanden, ist nicht angegeben.

Poehl brachte eine Flasche mit Wasser, welches 4147 Bakterien pro Cubikcentimeter enthielt, in eine Centrifuge; eine zweite Flasche mit demselben Wasser liess er eine Stunde lang stark schütteln. Die erste Probe brachte nach dieser Zeit noch 533, die letztere 728 Colonien pro Cubikcentimeter zur Entwickelung.

Die schon aus dem Jahre 1883 stammende Beobachtung Poehl's, die Wirkung der Centrifuge betreffend, steht ganz allein da; der Autor giebt auch nicht an, ob er vor der Probeentnahme die Flasche geschüttelt hat; es ist also immerhin möglich, dass eine Verwechselung zwischen Absterben und Sedimentiren vorliegt.

Ein anderes Wasser mit 25 558 Mikroorganismen enthielt nach einstündiger Behandlung in der Centrifuge noch 3692 lebensfähige Keime.

Cramer, Leone, Miquel und wir erhielten andere Resultate. Cramer schüttelte eine viertel Stunde lang bakterienhaltiges Wasser. Es ergab sich im Mittel aus acht Versuchen, dass die vier geschüttelten Proben pro Cubikcentimeter mehr Keime, nämlich 87, enthielten, als die nicht bewegten, in welchen nur 80 Bakterien vorhanden waren. Leone giebt ebenfalls an, dass er keinen Unterschied zwischen dem ungeschüttelten und geschüttelten Wasser habe finden können.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Miquel (l. c. S. 737). Er arbeitete nicht mit Reinculturen, sondern mit dem Wasser der Vanne und der Dhuis. Das erstere enthielt 28, das letztere 65 Bakterien im Cubikcentimeter. Das Kölbchen mit dem Vannewasser, welches 250 Stösse in der Minute erhielt, hatte nach 24 Stunden 71 000, die in dem nämlichen Raume bei derselben Temperatur stehende Controlprobe 80 000 Bakterien; das geschüttelte Dhuiswasser barg 43 000, das ruhig bei 20 bis 22° C. gestandene 31 000 Mikroorganismen.

Die von uns angestellten Versuche fielen ebenso negativ aus. Ein Schüttelapparat wurde mit einem kleinen, an die Wasserleitung angeschlossenen Wasserrad in Verbindung gebracht. Die Zahl der kräftigen Stösse stieg bis zu 100 in der Minute. An den Speichen des Rades war ein rund gebogenes Glasrohr von 2,5 cm Weite so befestigt, dass die Entfernung von der Peripherie des Rohres bis zur Achse des Rades 12 cm betrug. Die höchste Umdrehungszahl war 50 in der Minute. In den Schüttelapparat brachten wir Kölbchen, von denen einige Gummipfropfen mit Glasröhrchen trugen, während der Hals der anderen nach der Füllung in eine lange Spitze ausgezogen und zugeschmolzen war. Die erwähnten Gummipfropfen und Glasröhrchen waren vorher im Dampfapparate sterilisirt und die letzteren U-förmig gebogen, um den Gasaustausch zu ermöglichen. Die offenen Kölbchen wurden immer nur zur Hälfte gefüllt; die ausgezogenen hingegen wurden in einzelnen Fällen halb und in anderen Fällen so weit gefüllt, dass in der Spitze nur $^1/_2$ bis 1 ccm Luft verblieb.

Die von uns zum Experimentiren benutzten Mikroorganismen zeigten sich sowohl bei freiem wie bei beschränktem Gasaustausch gegen Bewegungen unempfindlich. Die erhaltenen Resultate sind in umstehender Tabelle verzeichnet. Auf die geringen, bald positiven, bald negativen Schwankungen im Keimgehalt kann kein Gewicht gelegt werden.

Etwas andere Resultate erhielt B. Schmidt[1]); er konnte durch Schütteln mit der Hand und mit einem Schüttelapparat keine Wachsthumsbehinderung constatiren bei *Micr. prodigiosus*, *Micr. candicans*, *Micr. staph. aureus* und *albus*, dem *Bac. typhi*; dahingegen trat etwas verlangsamtes Wachsthum bei *Bac. violaceus* und bei einigen verflüssigenden Bakterien deutliche Hemmung der Verflüssigung auf, so z. B. bei den Kommabacillen von Finkler-Prior und Koch. Eine Abschwächung der Virulenz des Milzbrandes konnte selbst durch das heftigste Schütteln nicht erzielt werden.

Meltzer[2]) konnte durch einfaches Schütteln und durch Schütteln mit Glasperlen mittelst einer Schüttelmaschine, die 180 Excursionen von 40 ccm Schwingungsweite in der Minute machte, in wenig Tagen den *Bac. megatherium*, in einigen weiteren Tagen den *Micr. radiatus* und in 11 Tagen den *Bac. albus* aus Wasser zerstören. Ein rother Bacillus aus Wasser hingegen, bei Beginn des Versuches zu 950 Exemplaren in der Controle enthalten,

[1]) Archiv für Hygiene 13, 247.

[2]) Studies of the department of the pathology of the college of physicians and surgeons. Columbia college, Vol. III u. Zeitschr. f. Biolog. 30, 1844.

Mikroorganismus und Temperatur	Zahl der Colonien in $^1/_2$ ccm	Mikroorganismus und Temperatur	Zahl der Colonien in $^1/_2$ ccm nach			Mikroorganismus und Temperatur	Ausgesäet in $^1/_2$ ccm	Zahl der Colonien in $^1/_2$ ccm nach	
Rother Bacillus aus Wasser, eingesäet in $^1/_2$ ccm 3200. Temperatur 20,0° C.	Nach zweitägigem Schütteln bezw. Stehen	Weisser Kokkus aus Wasser, eingesäet in $^1/_2$ ccm 25 000 bis 26 000 Temperatur 12° C.	4 Tagen	9 Tagen	14 Tagen	Gelber Kokkus aus Luft. Temperatur 5° C.		3 Tagen	10 Tagen
Geschütteltes, zugeschmolzenes, halb gefülltes Kölbchen	16 000	Geschütteltes, zugeschmolzenes, ganz gefülltes Kölbchen	1 100 000 1 000 000	830 000 930 000	1 250 000	Geschütteltes, halb gefülltes, zugeschmolzenes Kölbchen	42 300 38 400	20 900 21 600	4 200 4 732
Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	18 750	Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	900 000 1 050 000	900 000 900 000	1 240 000 1 190 000	Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	40 000 42 500	18 800 17 160	3 200 2 500
Geschütteltes, offenes Kölbchen	22 500	Geschütteltes, offenes Kölbchen	1 080 000 1 100 000	1 250 000 bis 1 500 000	1 800 000	Geschütteltes, offenes Kölbchen	37 700 37 500	3 600 4 800 (unrein)	—
Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	21 100	Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	1 150 000 1 050 000	1 185 000	1 480 000	Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	39 000 39 000	13 200 14 000	1 630 1 275
Sich drehendes, halb gefülltes Glasrohr	24 300					Sich drehendes, halb gefülltes Glasrohr	35 700 38 000	11 100 9 600	2 160
Ruhig stehende Controlflüssigkeit	27 000					Zur Controle diente das ungeschüttelte, halb gefüllte, zugeschmolzene Kölbchen mit 40 bez. 42 500 Keimen			

verminderte sich nach 8 Tagen auf 259, nach 22 Tagen auf 127; der einfach geschüttelte vermehrte sich in denselben Zeiten auf 1366 und 4625, der mit Glasperlen geschüttelte hatte nach 8 Tagen bis auf 76200 zugenommen und nach 22 Tagen wieder bis zu 750 abgenommen. Zugleich waren die überlebenden Mikroben, „*asphyxiated*", in ihrer Entwickelung behindert worden, denn sie entwickelten sich langsamer und verflüssigten die Gelatine nicht so rasch, als sie das vorher gethan hatten.

Meltzer schliesst aus seinen Versuchen, dass viele Bakterienarten durch starkes Schütteln, andere schon durch blosses Vibriren (in einem Maschinenhause) zerstört werden, während wieder andere am Leben bleiben und auf die Bewegung als auf einen Reiz durch Vermehrung reagiren.

Diese Schlussfolgerungen Meltzer's dürften so ziemlich das Richtige treffen; die Art der Erschütterung und die Art der Bakterien sind von Einfluss auf den Schlusseffect.

Im Grossen lässt sich der Einfluss der Bewegung an den Leitungswässern studiren. In Berlin[1]) enthielt im Jahre 1884/85 das filtrirte Wasser des Stralauer Werkes durchschnittlich 90 auf Gelatine wachsende Bakterien. Die Ausflussöffnungen in der Schmidtstrasse und Weinmeisterstrasse lieferten, wie aus dem Chlorgehalt ersichtlich ist, filtrirtes Stralauer Wasser. Sie enthielten in dem angegebenen Zeitabschnitt durchschnittlich 66, bezüglich 43 Bakterien. Danach hatten sich die Mikroorganismen auf ihrem Wege bis zum Ausflusshahn, wozu sie nicht mehr als fünf bis acht Stunden gebrauchen, nicht unwesentlich vermindert. Das Jahr 1885/86 zeigt indessen diese Verhältnisse nicht. Der durchschnittliche Keimgehalt des filtrirten Wassers betrug 180 pro Cubikcentimeter; in der Schmidtstrasse fanden sich 177, in der Weinmeisterstrasse 184 Keime pro Cubikcentimeter. Es war also weder eine Vermehrung noch eine Verminderung der Keime eingetreten.

Die Innsbrucker[2]) Quellen sind von der Stadt 4 bis 6 Stunden entfernt. Während in den Monaten Juli, August und September bei einer Wassertemperatur von 8,2° C. die Quellen zwischen 7 und 9 Bakterien pro Cubikcentimeter Wasser enthielten, schwankte die Zahl der Mikroorganismen in dem den Zapfhähnen der Stadt entnommenen Wasser nur zwischen 9 und 11.

Einen auffälligen Unterschied zwischen dem Keimgehalt des Wassers des Hauptsammelbrunnens und des Wassers aus einem

[1]) Nach der schon öfter citirten Arbeit von G. Wolffhügel, den Berliner Magistratsacten und der Arbeit von Plagge-Proskauer.

[2]) Zeitschrift für Hygiene 9, 115.

Auslasshahn wies Breunig[1]) für Kiel nach. Im Sammler fanden sich im Durchschnitt aus acht Einzelbeobachtungen 2786 Keime, am Hahn einer entlegenen Entnahmestelle 639. Dieser Befund war regelmässig. Einen Grund für diese Differenz vermochte Breunig seiner Zeit nicht anzugeben.

Fischer[2]) hingegen erklärt die Erscheinung durch den Nachweis einer stagnirenden Wasserschicht in dem Sammelbrunnen, welche sich oberhalb des Kopfes des Saugrohres befindet; hier entwickeln sich die Bakterien in grossen Mengen, während in den tiefer unterhalb des Saugkopfes gelegenen Bezirk bakterienarmes oder bakterienfreies Grundwasser eindringt. Werden aus dem oberen Bezirk Proben geschöpft, so werden viele Bakterien gefunden, während das aus den tieferen Brunnenschichten gepumpte Wasser des Rohrsystems wenig Bakterien enthält. — Auf diesen Punkt ist bei der Entnahme von Wasserproben zu achten!

Nach allen diesen Beobachtungen darf man annehmen, dass die Bewegung, welche die Bakterien im Wasser unter gewöhnlichen Umständen erleiden, an sich keinen nennenswerthen Einfluss auf die Vermehrung oder Verminderung der Mikroorganismen ausübt.

Man hat sich gewöhnt, ausser günstigen Ernährungsbedingungen und ausreichend hoher Temperatur auch das „Stagniren des Wassers“ als einen wesentlichen Factor für die Vermehrung der darin enthaltenen Bakterien anzusprechen. Aber nicht die Ruhe, nicht das Stagniren als solches bewirkt die Vermehrung — in manchen Fällen findet während der Stagnation auch Abnahme statt —, sondern die Vermehrung wird bedingt durch die mehr oder minder günstigen Verhältnisse, welche während einer gewissen Zeit auf die Mikroben des Wassers einwirken.

Es empfiehlt sich daher, den Ausdruck Stagnation nur dann zu gebrauchen, wenn keine Lebensbedingungen specialisirt sind, ihn aber fortzulassen und von Zeit oder Länge der Einwirkung etc. zu reden, wenn die besonderen Verhältnisse namhaft gemacht sind.

Die Zeit, welche die Mikroorganismen gebrauchen, um sich zu vermehren, ist von allen denjenigen Factoren abhängig, welche auf das Wachsthum derselben überhaupt einwirken. Unter den günstigsten Verhältnissen verdoppelten sich nach den Untersuchungen von

---

[1]) Bakteriologische Untersuchung des Trinkwassers der Stadt Kiel im August und September 1887. Kiel 1888.

[2]) Zeitschrift f. Hygiene und Inf. 13, 277.

Buchner, Longard und Riedlin[1]) die Cholerabacillen in etwa 20 Minuten. Es kann aber unter ungünstigen Lebensbedingungen diese Verdoppelung vielleicht in ebenso viel Stunden, vielleicht sogar in ebenso viel Tagen erfolgen, bis zuletzt das Absterben die Vermehrung überwiegt und Abnahme eintritt.

F. Das Niedersinken der Mikroorganismen im Wasser; ihr Vorkommen in verschiedenen Wassertiefen.

Man sieht in geimpften, ursprünglich durchsichtigen Nährflüssigkeiten, dass sich die allmählich in Folge der Bakterienentwickelung auftretende Trübung später wieder aufhellt, während zu gleicher Zeit ein weisslicher oder gelblicher Bodensatz entsteht. Versuche haben ergeben, dass aus diesem Sediment bei Uebertragung auf Platten mehr Colonien als aus der darüber befindlichen klaren Flüssigkeit wachsen. In den Nährlösungen verhalten sich aber nicht alle Mikroorganismen gleich: die Milzbrandbacillen z. B. senken sich zu Boden, während die Heubacillen sich zum Theil an die Oberfläche begeben und dort eine feste Haut bilden, zum Theil aber sich als krümelige Massen unten in der Flüssigkeit ablagern. Die Choleravibrionen streben mit grosser Energie nach oben und entwickeln sich dort mächtig, während die in der Tiefe des Nährmaterials befindlichen Choleravibrionen nur ein kümmerliches Dasein fristen.

Ueber das Niedersinken der Mikroorganismen im Wasser bringt Cramer einige Angaben.

Er liess Wasser 70 Tage lang stehen und entnahm dann aus der halben Höhe einen Cubikcentimeter Flüssigkeit, welcher 170 entwickelungsfähige Keime enthielt. Darauf schüttelte er die Flasche, hob eine andere entsprechende Probe heraus und fand nun 2500 Colonien pro Cubikcentimeter auf der Platte. Dieser Versuch spricht für eine ungleiche Vertheilung der Bakterien in dem betreffenden Wasser, lässt es aber unentschieden, ob das Mehr an Keimen sich an der Oberfläche — wir erinnern an die Bakterienhäute — oder am Boden und den Wänden der Flasche befunden habe.

Fol und Dunant bestimmten den Gehalt verunreinigten, mit aufgewühltem Schmutz vermischten Genfer Seewassers mit 150000 Bakterien pro Cubikcentimeter. Sie überliessen das Wasser in

[1]) Ueber die Vermehrungsgeschwindigkeit der Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde 2, 1.

einem 40 cm hohen, 10 cm weiten Gefäss sich selbst und fanden nach 8 Tagen 12000 und nach 3 Wochen nur noch 7000 Spaltpilze. Ob die Autoren den eventuell vorhandenen Bodensatz aufgerührt haben, wird nicht angegeben.

Bolton liess hohe Gefässe mit nicht sterilisirtem Wasser bei niedriger Temperatur stehen und entnahm dann Wasserproben von der Oberfläche, wie auch mittelst langer Pipetten vom Boden der Gefässe.

Die erhaltenen Resultate waren folgende:

Zahl der Colonien pro Cubikcentimeter	von der Oberfläche	aus der Mitte	vom Boden
Probe 1 nach 20 stündigem Stehen	2 120 2 240	—	48 460 44 980
„ 2 „ 24 Stunden	23 760 24 000	7320 7500	13 060 14 000
„ 3 „ 2 Tagen	11 740 11 140	—	25 940 27 520
„ 4 „ 3 „	1 720 2 040	—	1 920 1 200
„ 5 „ 4 „	2 280 3 840	—	9 580 10 549

Dreimal war also die Bakterienzahl am Boden grösser als an der Oberfläche, einmal waren die Zahlen einander gleich, und einmal übertraf die Oberfläche den Boden um das Doppelte an Mikroorganismen.

Drei andere Wasserproben wurden nach einem Zeitraum von 7 Monaten untersucht, in allen dreien fanden sich an der Oberfläche keine Bakterien. Dagegen ergab die Untersuchung nach dem Umschütteln 540 bis 760 Keime im Cubikcentimeter.

Heraeus liess zwei Flaschen mit Wasser, welches 150 Keime im Cubikcentimeter enthielt, bei 10° C. acht Wochen lang stehen. Nach dieser Zeit betrug die Zahl der Bakterien im Cubikcentimeter:

Flasche I. oben 660000; Flasche II. oben 1104000
„ „ „ n. d. Schütteln 1056000; „ „ unten 1222000

Wiesbadener Leitungswasser stand in einem 25 cm hohen Glascylinder 4 Wochen im Eisschrank und enthielt in der obersten Schicht vor und nach dem Umschütteln 3000 Keime im Cubikcentimeter.

Alle weiteren Versuche führten Heraeus zu denselben Resultaten; er glaubt daher, ein Niedersinken der Bakterien im Wasser nicht annehmen zu dürfen.

Zweifellose Sedimentirung konnte hingegen Hueppe nachweisen. In einem Wasser, welches anfänglich 750 Keime enthalten hatte, fanden sich nach zwei Monaten oben 660 000, aber nach dem Umschütteln 1 056 000 Keime; Leitungswasser mit einem Anfangsgehalt von 16 Bakterien enthielt nach derselben Zeit, während welcher es bei 10° C. gestanden hatte, oben 11 280 und unten 123 750 Keime; Brunnenwasser mit 560 Bakterien hatte unter den gleichen Bedingungen oben 41 670 und unten 130 000 Bakterien.

Die vorstehend angegebenen Forscher haben mit Bakteriengemischen gearbeitet. Nun ist kaum zu bezweifeln, dass die verschiedenen Arten der Mikroorganismen sich bei dem Niedersinken im Wasser verschieden verhalten.

Die unbeweglichen Arten der Mikroben sollten sich der Annahme nach im Wasser früher als die beweglichen Arten absetzen. Von diesem Gesichtspunkte aus haben wir eine Anzahl von Versuchen angestellt und die Resultate hierunter angegeben.

Mikroorganismen	Entnahmestelle	Keimzahl in 1 ccm nach Tagen			
		1	2	3	4
Grüner beweglicher fluorescirender Bacillus aus Wasser in einer 5 Liter-Flasche mit 20 cm hoher Schicht sterilisirten Leitungswassers, Temperatur 18 bis 20° C.	1 cm unter d. Oberfläche	164 400	226 000 218 000	288 000 268 000	346 000 344 000
	direct am Boden	173 600	232 000 234 000	286 000 254 000	384 000 388 000
				geschüttelt 288 000	geschüttelt 368 000
Gelber unbeweglicher Kokkus[1]) aus Luft unter denselben Bedingungen	1 cm unter d. Oberfläche	25 700 28 200			
	direct am Boden	25 200 28 000			
		geschüttelt 22 000			

Ein 60 cm langes, 2,5 cm weites Glasrohr, mit sterilisirtem Leitungswasser gefüllt, welches im Cubikcentimeter 11 000 grüne,

[1]) Die bis jetzt bekannten Kokken sind bis auf ganz wenige Arten unbeweglich.

bewegliche, fluorescirende Bacillen enthielt, wurde bei 5° C. 10 Tage lang in einem nur mässig belichteten Kellerraume sich selbst überlassen und zeigte nach dieser Zeit:

Im Cubikcentimeter	1 cm unter der Oberfläche	910 000 960 000
	direct am Boden	850 000 900 000

Dasselbe Rohr, einen grünen, nicht fluorescirenden, beweglichen Bacillus aus Wasser enthaltend, und zwar zu 8000 im Cubikcentimeter, zeigte nach 10 Tagen ruhigen Stehens bei 12° C.:

Im Cubikcentimeter	1 cm unter der Oberfläche	777 800 728 000
	direct am Boden	620 000 654 000

Ein weisslicher Kokkus aus Wasser, zu 17000 bis 18000 im Cubikcentimeter, verhielt sich in einem Rohre von 54 cm Länge und 2,5 cm Weite wie folgt:

Entnommen	Lebensfähige Keime im Cubikcentimeter		
	nach 10 tägigem Stehen bei 5° C.	nach wiederum 10 tägigem Stehen bei 12° C.	nach wiederum 20 tägigem Stehen bei 10° C.
1 cm unter der Oberfläche	2200 2500	510 000 466 000	400 000 410 000
direct am Boden	4040 5000	500 000 500 000	295 000 320 000

Die mitgetheilten Zahlen lassen ersehen, dass bei der von uns gewählten Versuchsanordnung die beweglichen und die unbeweglichen Bakterien sich nicht zu Boden gesenkt haben.

Scheurlen[1]) brachte in 17 cm hohe Röhrchen Suspensionen von beweglichen Bakterien, *Bac. typhosus*, *Bac. megatherium*, Bacillus der rothen Milch, *Proteus vulgaris*, *Prot. mirabilis* und *Spirill. cholerae asiaticae*, und fand, dass im Laufe von vier Tagen die ersten vier Mikrobenarten zum grossen Theil zu Boden sanken, während die

[1]) Ueber die Wirkung des Centrifugirens auf Bakteriensuspensionen etc. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte 7, 269.

beiden zuletzt erwähnten gleichmässig im Wasser suspendirt blieben. Das gleiche Verhalten zeigte sich, als die sechs Bacteriensuspensionen centrifugirt wurden.

Schäfer[1]) fand bei einer zwei Minuten dauernden Anwendung einer schwachen Centrifuge, dass die Flüssigkeit in der Mitte des Glases etwa halb so viel Bakterien enthielt, als der Bodensatz.

Wir konnten mit einer kräftigen Centrifuge in 20 Minuten gegen 90 Proc. der Bakterien eines typhusverdächtigen Wassers ausschleudern. Denselben Procentsatz erreichte übrigens Schäfer, als er dem auszuschleudernden Wasser fein gepulverten Talk zusetzte.

Bei den Sedimentirungsversuchen ist immer zu berücksichtigen, dass die erhaltenen Zahlen die Resultate sind aus einer Senkung und aus einem mehr oder minder starken Absterben, bezüglich einer mehr oder minder starken Vermehrung der Mikroben in den oberflächlichen und den tiefen Wasserschichten, wobei nicht feststeht, ob das Vermehren und das Absterben in allen Schichten des Wassers das gleiche ist.

Unsere Versuchsreihe bietet nach dieser Richtung hin einiges Interesse. Nach den ersten 10 Tagen, in welchen die Temperatur niedrig war, fand sich am Boden die doppelte Keimzahl wie an der Oberfläche. Durch Erhöhung der Wärme wurden günstigere Bedingungen geschaffen; die Kokken waren nach weiteren 10 Tagen gleichmässig durch das Wasser vertheilt. Als nach wiederum 20 Tagen, in welchen die Temperatur etwas ungünstiger war, nochmals untersucht wurde, war das Absterben in der Tiefe grösser als an der Oberfläche. Es hatte sich somit das Verhalten der Organismen, soweit ihre Anordnung an der Oberfläche oder in der Tiefe in Frage kommt, innerhalb von 40 Tagen vollständig umgekehrt. Möglich ist, dass der Luftsauerstoff günstig auf die Erhaltung der Art einwirkte, jedenfalls wird die Grösse des Luftbedürfnisses der einzelnen Arten von entscheidender Wirkung auf das Sedimentiren lebender Mikroorganismen sein.

Rubner[2]) hing in einen Brunnen Glaskolben hinein, die mit Brunnenwasser gefüllt waren, und entnahm mehrere Tage später nach dem Umschütteln aus ihnen und aus dem freien Brunnenwasser Proben, wobei erstere bis zu unzähligen Keimen im Cubikcentimeter enthielten, während letzteres seinen Bakteriengehalt, ungefähr 1000, nicht verändert hatte. Gegen diese Versuche lässt

[1]) Ueber den Desinfectionswerth des Aethylendiaminsilberphosphats etc. Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. 16, 189.

[2]) Archiv f. Hygiene 11, 365.

sich einwenden, dass nach Brödtler's[1]) Untersuchungen die Flächen der Gefässe Ansiedelungs- und Vermehrungsgelegenheiten darstellen. Rubner hing dann, um den Beweis noch weiter zu führen, Reagensgläser in den Brunnen hinein, einige mit der Oeffnung nach oben, andere mit der Oeffnung nach unten; erstere enthielten in vier Fällen nach einigen Tagen viele Bakterien, letztere hingegen weniger. Die zwei anderen Versuche (Nr. 2 und 4) aber sprechen nicht für die Sedimentirung. Ein stricter Beweis für das Niedersinken ist durch die Rubner'schen Versuche also auch nicht erbracht.

Emmerich[2]) lieferte denselben für Milzbrandsporen, die er in einen Brunnen schüttete. Bald nachher entwickelten sich aus 1 ccm Brunnenwasser 208, nach 12 Stunden 60, nach 30 Stunden 0, nach fünf Tagen nochmals 40 Milzbrandcolonien, darauf keine mehr. Im Brunnenwasser wachsen weder die Sporen rasch zu Stäbchen aus, es tritt also keine Vermehrung ein, noch sterben sie in kurzer Zeit ab. Das specifische Gewicht der Sporen ist jedoch ein grösseres, als das der Bacillen, und somit wird die Sedimentirung rascher erfolgen.

Als Rubner den Schlamm jenes $^1/_2$ Jahr alten Brunnens aufrührte, fanden sich in 1 ccm des trüben Wassers $1^1/_2$ Millionen Bakterien, was für ein Niedersinken der Bakterien, oder für ihr Wachsthum im Schlamm, oder, das Wahrscheinlichste, für beides spricht.

Chasanow[3]) und Kotzin[4]) untersuchten die Sedimentirung der Bakterien in einem Reservoir, wohin Morgens das Wasser für das Dorpater Universitätsgebäude gepumpt wurde, und sie fanden fast regelmässig, dass die Zahl der Bakterien Nachmittags geringer war als Morgens, und ferner, dass die oberen Schichten weniger Bakterien enthielten, als die tieferen.

Percy Frankland[5]) untersuchte das in zwei Klärbecken des West Middlesex Wasserwerkes einströmende Themsewasser, und nach einigen Tagen das Wasser der Bassins. Er fand, im Themsewasser, vor dem Sedimentiren 1437, nach dem Verweilen im ersten Bassin 318, nach dem Verweilen im zweiten 177 Bakterien im Cubikcentimeter. Bei der Anlage des New River-Werkes ergaben sich ihm unter denselben Verhältnissen die Zahlen 677, 560 und 183.

---

[1]) Dissertation. Berlin 1891.
[2]) Münch. med. Wochenschrift 1888, Nr. 18.
[3]) Dissertation. Dorpat 1892.
[4]) Dissertation. Dorpat 1892.
[5]) Centralbl. f. Bakt. u. Par. 1893, 2, 125.

So viel geht immerhin aus der Gesammtzahl der Versuche hervor, dass das Sedimentiren nicht geleugnet werden kann. Schon der erste über sieben Monate sich erstreckende positive Versuch von Bolton ist nach dieser Richtung beweisend.

Ueber das Sedimentiren der Bakterien in grösseren, in der Natur vorkommenden Wassermassen liegen wenig Beobachtungen vor. Im Capitel VIII haben wir gezeigt, dass im Allgemeinen der Gehalt der grösseren Seen an Mikroorganismen, besonders weiter vom Ufer entfernt, ein recht geringer ist. Die Flüsse werden, auch wenn sie gewöhnlich nicht viel Bakterien enthalten, doch grosse Mengen derselben zur Zeit der Regen in die Seen spülen. Man sollte demnach erwarten, dass der Bakteriengehalt der Seen wenigstens zu Zeiten ein sehr reichlicher wäre, was jedoch nicht der Fall zu sein scheint. Man darf nun schliessen: „Das Flusswasser ist zeitweise keimreich, das Seewasser ist keimarm und der Schlamm am Boden der Seen ist keimreich, also muss ein Sedimentiren der Mikroorganismen stattgefunden haben.“ Es liegen bereits (s. S. 488) so viele Beobachtungen über den Keimreichthum des Schlammes in weiterer Entfernung vom Ufer vor, dass eine derartige Folgerung gerechtfertigt ist. Indessen ist hierbei nicht zu vergessen, dass der Schlamm des Bodens ein guter Nährboden ist, in welchem ausserdem die schädigende Wirkung des Lichtes nicht mehr zur Geltung kommt; es ist daher eine Vermehrung der niedergesunkenen Bakterien am Boden der Gewässer wahrscheinlich. Wenn auch der Schlamm sehr keimreich ist, so ist damit nicht gesagt, dass die tieferen Wasserschichten mehr Keime als die oberen enthalten. Rubner hat allerdings in seiner schon mehrfach erwähnten Arbeit das specifische Gewicht der Bakterien mit 1,038 und 1,065 festlegen können. Indessen macht sich der Einfluss des Luftsauerstoffes, der Strömungen, der Temperatur etc. geltend und trübt das Bild. So konnte Rubner selbst in seinem Versuchsbrunnen zweimal eine erhöhte Bakterienzahl in der Tiefe nachweisen, 570 bezw. 920 Mikroben im Cubikcentimeter an der Oberfläche und 1830 bezw. 1433 ccm über dem Boden, während im dritten Falle die Menge der Bakterien an beiden Orten gleich war, sie betrug oben 1650, unten 1550.

Fol und Dunant fanden an der Oberfläche des Genfer Sees in drei Versuchen 26, 30 und 90, in 2 bis $2^1/_2$ m Tiefe 16, 41 und 43 bis 50 Bakterien pro Cubikcentimeter Wasser.

Ueber den Keimgehalt, welchen das Wasser des Züricher Sees in verschiedenen Tiefen zeigt, macht Cramer die folgenden Angaben:

Am 5. December 1884, einem stürmischen Tage, ergaben im Mittel:

3 Versuche mit Wasser	von 0,5 m unter der Oberfläche	61
3 „ „ „	„ 80 m Tiefe, 2 m üb. d. Grunde	57
3 „ „ „	„ 0,5 m unter der Oberfläche	58
3 „	in 18 m Tiefe und 2 m über dem Grunde	143
	am 16. Juni:	
4 Versuche mit Wasser	von der Oberfläche	36
3 „ „ „	aus 4 m Tiefe	37
4 „ „ „	„ 6 m „	21
	am 20. Juni:	
8 Versuche mit Wasser	von der Oberfläche	81
4 „ „ „	aus 4 m Tiefe	175
4 „ „ „	„ 8 m „	92
4 „ „ „	„ 12 m „	167

entwickelungsfähige Keime pro Cubikcentimeter.

Aus diesen und den auf Seite 487 u. 488 angegebenen Zahlen lässt sich also ein grosser Unterschied in der Keimzahl der verschiedenen Wassertiefen nicht folgern.

Die Thatsache steht fest, dass ein Wasser schon relativ kurze Zeit nach der Verunreinigung mit einer grossen Zahl von Bakterien derselben wieder verlustig gehen kann.

Einige Beispiele dieser Art sind Seite 477 bis 484 angeführt.

Zweifellos hat die Sedimentirung auf die Reinigung der Flusswässer einen nicht zu verkennenden Einfluss, indessen ist das Niedersinken der lebenden Mikroorganismen nicht die einzige Ursache des Verschwindens der Bakterien aus dem Wasser.

Die anorganischen und abgestorbenen organischen, im Wasser enthaltenen Theile sinken zu Boden, sofern sie schwerer sind als das Wasser. Dieser Vorgang wirkt ebenfalls auf die Entfernung der Mikroorganismen aus dem freien Wasser ein, indem die niedersinkenden Stoffe mechanisch einen Theil der Bakterien mit sich reissen. Den experimentellen Beweis für diese Behauptung hat P. Frankland durch seine bereits erwähnten Schüttelversuche erbracht.

Noch beweisender, weil den natürlichen Verhältnissen mehr entsprechend, sind die Versuche von Krüger[1]). Derselbe schüttete

[1]) Die physikalische Einwirkung von Sinkstoffen auf die im Wasser befindlichen Mikroorganismen. Zeitschr. f. Hygiene 7, 86.

chemisch indifferente Stoffe (Thon, Calciumcarbonat, Kieselguhr, Aluminiumoxyd, Ziegelmehl, Holzkohle, Koks, Sand) in hohe Gefässe mit Wasser, welches unbewegliche, im Wasser häufig vorkommende Bacillen enthielt. Ganz regelmässig, und zwar um so mehr, je langsamer der eingeführte Stoff niedersank, wurde ein grosser Theil der Bacterien mit zu Boden gerissen.

Bratanowicz[1]) machte ähnliche Versuche, er warf Kreide, Thon, Koks, Sand etc. in einen Brunnen, und konnte gleichfalls ein erhebliches Absinken der Keimzahl constatiren.

Eine nicht geringe Anzahl von Bakterien wird ferner durch die im Wasser selbst entstehenden Niederschläge entfernt. Zumal die beim Entweichen von Kohlensäure aus den Bicarbonaten des Calciums, Magnesiums und Eisens entstehenden unlöslichen Carbonate schliessen Bakterien ein und führen dieselben mit in die Tiefe. In den Krüger'schen Arbeiten sind auch hierüber beweisende Zahlenangaben gemacht.

Ferner bringt P. Frankland dafür gute Beobachtungen. Hartem Brunnenwasser wurde so viel Kalkwasser zugesetzt, dass der gesammte kohlensaure Kalk ausfiel. Durch dieses Verfahren wurden zwischen 52 und 99 Proc. aller Bakterien nach kurzer Sedimentirung entfernt.

Die Methode, durch Erzeugung voluminöser Niederschläge mit Hülfe hinzugefügter Chemikalien Abwässer von den darin suspendirten Partikeln, also auch von den Mikroorganismen, zu befreien, ist schon alt und hat sich im Allgemeinen bewährt.

Andererseits sind die niedersinkenden Stoffe zum Theil auch organischer Natur und daher gute Nährstoffe für die Bakterien; sie bilden Nahrungscentren, in deren nächster Nähe die Mikroorganismen in grosser Zahl vorhanden sind, während sie in weiterer Entfernung davon entweder fehlen oder doch seltener sind. Fallen die guten Nahrungsstoffe langsam zu Boden, so folgen die beweglichen Bacillen denselben spontan; die unbeweglichen werden zum Theil eingeschlossen zwischen den einzelnen Fäserchen des Nährsubstrats mit niedergerissen, zum Theil aber von den gröberen Klümpchen angezogen und mit in die Tiefe genommen.

Diejenigen Mikroorganismen aber, welche sich von dem grösseren guten Nährkörper trennen, werden in dem Wasser mit der gerade vorhandenen Nährsubstanz vorlieb nehmen müssen. Entsprechend der Art werden einige Mikroorganismen dazu im

[1]) Keimgehalt des Grundwassers in Dorpat und Brunnendesinfectionsversuche. Dissertation 1892.

Stande sein, andere aber nicht; die letzteren sterben in Folge dessen ab.

Von den Mikroorganismen, welche in einen Fluss eintreten, gehören relativ wenige dem Wasser selbst an. Die meisten kommen von der Erdoberfläche, mit den Fäcalien, mit den Hausabwässern etc. in den Strom, aber alle entstammen Medien, welche reicher an Nährsubstanzen sind als das Flusswasser. Sie gelangen also von besseren Lebensbedingungen in schlechtere, und vor Allem ist das der Fall, wenn die suspendirten Partikelchen, die Nährstoffe, ausgefallen sind. Die Folge wird sein, dass alsdann die „fremden" Bakterien wegen der schlechten Ernährungsbedingungen bald absterben, woraus eine bedeutende Abnahme der Mikroorganismen resultirt.

Hierzu kommt dann noch die abtödtende Eigenschaft des Lichtes, welche von Buchner in so schöner Weise für einige Bakterien nachgewiesen ist. Weitere Versuche müssen lehren, wie weit das Licht zerstörend auf die grosse Masse der in den Schmutzwässern enthaltenen Mikroorganismen einwirkt. Von vornherein ist aber die Annahme gerechtfertigt, die Wirkung des Lichtes sei dabei eine bedeutende, denn einerseits hat die Mehrzahl der in Frage kommenden Bakterien bis dahin im Dunklen gelebt, Koth-, Erdbacillen u. s. w., und andererseits concurriren die schädigenden Momente insofern, als niedrigere Temperatur, schlechtes Nährmaterial und Lichtwirkung zusammen kommen, letztere wahrscheinlich zum grösseren Theil in der Form des Wasserstoffsuperoxyds (Dieudonné S. 581).

Soweit bis jetzt unsere Erfahrungen reichen, ist die Selbstreinigung der Flüsse zurückführen:

1. auf das Absterben derjenigen Bakterien, welche nicht zu den anspruchslosen Arten, zu den sogenannten Wasserbakterien gehören, oder welche gegen Lichtwirkung empfindlich sind;
2. auf ein Niedersinken von bewegungslosen Mikroben oder von Dauerformen beweglicher Bakterien;
3. auf ein spontanes Niedergehen der Bakterien mit den festen Stoffen, welche Nahrungscentren bilden;
4. auf ein mechanisches Mitgerissenwerden der Mikroorganismen durch die Sinkstoffe.

Das Verschwinden der Bakterien aus dem Wasser bildet einen Theil der Processe, welche man „Selbstreinigung" nennt und die kurz auf Seite 10 dieses Buches besprochen sind.

Sehr günstige Verhältnisse bietet die Spree. Der Havelsee mit seinem sehr langsam fliessenden Wasser und seiner geringen Schifffahrt bildet für die Spree ein mächtiges „Klärbassin", wo das Schmutzwasser der Stadt Berlin mit reinem Seewasser in ganz erheblichem Grade verdünnt wird, und wo die Bakterien, die in dem klaren Wasser starker Belichtung ausgesetzt sind, zu Boden sinken. So ist es erklärlich, dass die Spree mit 190 000 Keimen im Cubikcentimeter Wasser in den 12 km langen See eintritt und ihn mit 9000 Bakterien im Cubikcentimeter wieder verlässt.

Allerdings haben nur wenige Flüsse den Vorzug, „Klärbassins" in ihrem Laufe zu besitzen, um darin ihre Sinkstoffe abzusetzen; die meisten Flüsse werden daher die suspendirten Stoffe und darunter die Mikroorganismen auf grössere Strecken und während einer längeren Zeit fortführen, als das die Spree thut.

Ausser der Eigenart der suspendirten Substanzen kommt bei der Ablagerung die Tiefe des Flusses, sein Wassergehalt, die Configuration des Bodens und der Ufer, sowie die Schnelligkeit des Stromes in Betracht. In den Theilen des Flusses, in welchen die Strömung eine langsamere ist, kommen die schwebenden Stoffe zuerst zur Ruhe. Dort werden im gegebenen Falle Schlammbänke entstehen können, und die in denselben vorgehenden Zersetzungen werden je nach der Art der Stoffe, der Art der Bakterien, der Temperatur, der Durchlüftung und Durchfeuchtung verschieden sein; es finden dort Oxydationen sowie Reductionen statt.

Die Verunreinigung der Flüsse durch die menschliche Oekonomie und Industrie ist zuweilen eine sehr erhebliche und hat an manchen Orten zu berechtigten Klagen geführt. Ob eine Verunreinigung als lästig empfunden wird, hängt in erster Linie von dem Verhältnisse der Schmutzstoffe zur Wassermasse ab; sodann aber kommt die Beschaffenheit der Schmutzstoffe in Betracht; es macht einen Unterschied, ob z. B. Farbstoffe oder die Abwässer einer Zuckerfabrik oder städtische Abwässer in das Wasser gelangen; man kann also nicht alle Verunreinigungen mit demselben Maassstabe messen.

Aus diesen Verschiedenheiten folgt in Verbindung mit der Eigenart der Wasserläufe naturgemäss, dass auch die sogenannte Selbstreinigung des Wassers der Flüsse eine verschieden lange Zeit und damit eine verschieden grosse Strecke des Flusslaufes in Anspruch nehmen wird. Die *River pollution Commission* hat nachgewiesen, dass in England kein Fluss so lang ist, um aller in seinen Oberlauf gelangten Verunreinigungen wieder ledig zu werden. Von den grossen Strömen des Festlandes lässt sich

das nicht sagen: Es muss, wie schon erwähnt, individualisirt werden.

Man betrachtet einen Fluss dann wieder als rein, wenn das Wasser sich aller aufgenommenen Schmutzstoffe so entledigt hat, dass es in seiner Zusammensetzung und in seinem Aussehen seinen früheren Stand wieder eingenommen hat.

Bis vor Kurzem hat man zum Zwecke des Nachweises der Verunreinigung und der Selbstreinigung allein die chemischen Methoden benutzt. Man bestimmte vornehmlich die gelöste organische Substanz, das Ammoniak, die salpetrige Säure, die Salpetersäure und die suspendirten Substanzen im Schmutzwasser und im Flusswasser vor und nach der Zumischung des Schmutzwassers.

Allein diese Kriterien genügten nicht für alle Fälle. Hulva hat desshalb versucht, zur besseren Beurtheilung der Verunreinigung, welche die Oder durch die Abwässer Breslaus erleidet, auch das durch das Mikroskop wahrnehmbare thierische und pflanzliche Leben oberhalb und unterhalb der Einmündung der Canäle mit in Rücksicht zu ziehen, und merkliche Unterschiede gefunden [1]).

Seit der genaueren Kenntniss der Mikroorganismen hat man diese mit gutem Erfolg zu dem obigen Zwecke verwerthet.

Zunächst ist die bakteriologische Methode geeignet, schnell kommende und schnell gehende Verunreinigungen eines Wassers, wie sie z. B. durch Regengüsse erzeugt werden, rasch und leicht zu constatiren. Es genügt, die Zahl der nach derVerunreinigung gefundenen Mikroorganismen zu bestimmen und mit der vor der Verunreinigung erhaltenen Zahl zu vergleichen, um ein ungefähres Bild von dem Grade der Verschmutzung zu erhalten. Ebenso zeigt die Rückkehr zur gewöhnlich vorhandenen Bakterienzahl, dass die abnormen Verhältnisse geschwunden sind.

Viel wichtiger jedoch ist die bakteriologische Untersuchung zur Abschätzung des Grades und der Dauer der durch städtische Abwässer etc. bewirkten Verunreinigung. Frank hat zuerst die bakterioskopische Methode auf die Berliner Verhältnisse angewendet und sie bewährt gefunden. Die Bestimmung der schwebenden Bestandtheile ist von Frank nicht ausgeführt worden; dahingegen hat er die gelösten Substanzen genau bestimmt, wobei sich ergab, dass die Unterschiede nicht so bedeutend waren, um mit Sicherheit die zuerst zunehmende, später wieder abnehmende Ver-

[1]) Beiträge zur Schwemmcanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau.

schmutzung schrittweise verfolgen zu können. Diese Aufgabe wurde aber leicht und in anschaulichster Weise durch Bestimmung der Bakterienzahl ermöglicht. In gleicher Weise hat Praussnitz für München gearbeitet, während Schlatter für Zürich sich mit der bakterioskopischen Methode allein begnügte. Die Frank'schen Befunde zeigen, dass nach 12 km die Spree den Havelsee mit derselben Bakterienzahl verlässt, mit welcher sie am „Oberbaum" in den Bezirk der Stadt eingetreten ist. Für die Limmat sank der Bakteriengehalt in 11 km, welche der Strom durchlaufen hatte, nicht wieder auf die ursprüngliche Zahl, etwa 200 Bakterien im Cubikcentimeter, herab, er betrug dort noch bis zu 5000. Ebenso wenig war die Isar in Freising, d. h. nach einem Laufe von 33 km, aller Bakterien verlustig gegangen, welche sie durch die Canäle Münchens erhalten hatte; oberhalb Münchens fanden sich durchschnittlich 300 Bakterien, bei Freising noch 2300 im Cubikcentimeter. Auch Heider[1]) konnte für Wien nachweisen, dass bei Hainburg, 40 km stromabwärts, der Keimgehalt der Donau um etwa 3000 bis 4000 Keime höher ist, als oberhalb Wiens bei Nussdorf. Die langsam fliessende Lahn (7 m in der Minute) hat schon nach einem Laufe von 7 km fast die ursprüngliche niedrige Bakterienzahl wieder erreicht (1400 : 2630 Bakterien).

Bei der natürlichen oder künstlichen Reinigung eines Wassers, der „Klärung", kommt es entweder darauf an, in dem Wasser vorhandene Krankheitskeime unschädlich zu machen oder ein Wasser vor Fäulniss zu bewahren. Gewöhnlich geschieht ersteres entweder durch Filtration oder durch Zusatz von Desinficientien, welche meistens zugleich voluminöse Niederschläge bilden. Erweist die bakteriologische Untersuchung, dass das betreffende Wasser während irgend einer Periode des Verfahrens keimfrei oder fast keimfrei ist — die bis jetzt bekannten Krankheitserreger, vor Allem Typhus- und Cholerabacillen, sind weniger widerstandsfähig, als die grosse Masse der in den Schmutzwässern vorkommenden Mikroben —, so ist dem Verlangen nach Abtödtung etwaiger Krankheitskeime genügt.

Um das Wasser vor Fäulniss zu schützen, hat man gleichfalls die Filtration angewendet oder Chemikalien hinzugesetzt und dann durch Sedimentiren geklärt. Hierdurch kann man wohl Keimfreiheit, aber nicht die Entfernung der gelösten fäulnissfähigen Stoffe erreichen. Derartige filtrirte oder mit Chemikalien be-

---

[1]) „Untersuchungen über die Verunreinigung der Donau". Das österreichische Sanitätswesen. Prag 1893.

handelte, zwar bakterienfreie, aber fäulnissfähige Wässer bleiben nur so lange vor der Fäulniss bewahrt, wenn sie nicht stark verdünnt, d. h. in grössere Wasserläufe eingelassen werden, als eine ausgesprochene alkalische oder saure Reaction besteht. Sobald auf irgend eine Weise eine leicht alkalische oder neutrale Reaction wieder hervorgerufen ist, wird das Wasser sofort ein günstiger Nährboden für die Mikroorganismen, und die bis dahin verzögerte Fäulniss beginnt. Bei der Beurtheilung solcher Wässer ist also nicht das Fehlen der Mikroorganismen, sondern die Reaction und die Menge der fäulnissfähigen Substanzen von entscheidender Bedeutung. Ueber die Faulfähigkeit eines Wassers entscheidet somit selbstverständlich nicht die bakteriologische, sondern die chemische Untersuchung.

Auch der nach Zusatz von Kalk, dem Hauptklärmittel, entstehende Schlamm ist fäulnissfähig; daher sind Schlammbänke dieser Art möglichst zu vermeiden — durch nur so viel Zugabe von Kalk, als unbedingt nothwendig ist — und rasch durch Baggerarbeiten zu entfernen. Leider ist der Kalkschlamm für die Landwirthschaft fast werthlos.

G. Das Absterben der Mikroorganismen.

Die Lebensdauer der Mikroorganismen kann unter Umständen eine recht lange sein. Von grösstem Einfluss auf dieselbe ist die Bildung von Dauerformen. Die Dauerfähigkeit der Sporen ist eine verschieden lange, ganz abgesehen von den Unterschieden, welche sich zwischen den endogenen Sporen und den Arthrosporen finden. Ausserdem wird die Dauerfähigkeit der Sporen von ihrem Aufenthaltsorte abhängen; es können z. B. diejenigen Dauerformen, welche jahrelanges Austrocknen vertragen, in feuchter Erde oder gar im Wasser entweder bald auskeimen oder mehr oder minder rasch zu Grunde gehen.

Duclaux[1]) konnte in Flüssigkeiten noch nach fünf Jahren lebensfähige Sporen der *Tyrothrix* nachweisen.

Auch nicht sporenbildende Mikroorganismen können unter sonst günstigen Verhältnissen lange ausdauern. Duclaux beobachtete, dass von etwa zehn Mikrokokken eine Art sich länger als drei Jahre in einem flüssigen Medium hielt und dass 12 unter 15 mit Hefe beschickten Ballons nach acht Jahren noch lebensfähige

[1]) Comptes rendus 1885, 9 Janvier. Sur la vitalité des germes de microbes.

Zellen enthielten. Aus 15 unter 65 verschlossenen Kolben, welche von Pasteur zu seinen Versuchen über *Generatio spontanea* gebraucht waren, konnte Duclaux noch nach 20 bis 25 Jahren neue Culturen herstellen. Die Reaction der Flüssigkeit in den fertilen Gefässen war leicht alkalisch, während die sterilen Lösungen entweder stark alkalisch oder sauer reagirten.

Zu den obigen Versuchen sind künstliche Nährlösungen verwendet worden. Dass die Lebensdauer der Bakterien in gewöhnlichem Wasser sich anders verhalte, ist wahrscheinlich; sie wird verschieden sein nach der Art der Organismen, welche in das Wasser gelangen. Miquel[1]) öffnete eine Flasche mit Seinewasser, welche neun Jahre verschlossen gewesen war; ursprünglich hatte dieses Wasser 4800 Bakterien in 1 ccm enthalten, nach dieser Zeit fanden sich 220 lebensfähige Keime. Eine andere Probe mit Vannewasser, die anfänglich 66 Bakterien im Cubikcentimeter enthielt, war nach zehn Jahren vollständig steril, trotzdem im Anfang eine starke Vermehrung der Mikroorganismen stattgefunden hatte. Ueber den Typhus, den Milzbrand, die Cholera wird im Kapitel XIV das Erwähnenswerthe angeführt werden.

Man darf wohl mit Sicherheit annehmen, dass das Absterben der Organismen allmählich erfolgt; die schwächeren Individuen verfallen zuerst dem Untergange, später folgen die kräftigeren. Sehr gut lässt sich das langsam fortschreitende Absterben beobachten bei Desinfectionsversuchen. Gelangt man mit dem Mittel, z. B. Carbolsäure, an die untere Grenze seiner Wirksamkeit, so erscheint auf den Culturplatten die Colonienzahl vermindert; je concentrirter man das Desinficiens anwendet, oder je länger man das Mittel einwirken lässt, um so mehr sinkt die Zahl, bis zuletzt die Gelatineplatten ganz frei von Colonien bleiben.

Ueber die allmähliche Abnahme der Keime berichtet Roth[2]): er hatte in einem Brunnenwasser 5000 lebensfähige Keime pro Cubikcentimeter gefunden; nachdem das Wasser zwei Tage in verkorkter Flasche gestanden hatte, enthielt es — nach dem Umschütteln — 80000, nach drei Tagen 120000, nach fünf Tagen 60000, nach zehn Tagen 43000 und nach vier Wochen nur noch 2200 Bakterien. Leone fand am fünften Tage eines Versuches eine halbe Million Keime im Cubikcentimeter Wasser, nach einem Monate noch 120000 und nach einem halben Jahre nur noch 95.

Die letzten Gründe, warum das Einzelwesen stirbt, sind uns verborgen; die grosse Frage des Werdens, des Lebens und des

[1]) Revue d'hygiène, Tom. IX, p. 737.
[2]) l. c. S. 158.

Vergehens ist weder für die grossen noch für die kleinen Wesen gelöst. Höchstens lassen sich Momente angeben, welche ein frühzeitiges Absterben bedingen, bezw. den Eintritt des Todes begünstigen. Diese Momente sind, soweit die Mikroben in Betracht kommen, hauptsächlich extreme Temperaturen, schlechte Ernährung und die Einwirkung von schädigenden Stoffen, von Giften.

Die niedrige Temperatur wirkt wesentlich dadurch, dass sie die Vermehrung, die Bildung neuer Generationen verhindert, dahingegen schadet sie dem Einzelwesen weniger, wie aus der langen Conservirung der Bakterien im Eise hervorgeht, ja sie kann sogar mehr als eine höhere Temperatur die Erhaltung der Einzelwesen begünstigen. Wir erinnern ferner daran, dass abwechselndes Gefrieren und Aufthauen erheblich mehr schädigt, als ein längeres Gefrorensein, und dass die Kälte die verschiedenen Arten der Organismen verschieden beeinflusst.

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei Einwirkung höherer Temperaturen. Dabei tritt ebenfalls, bevor das Leben geschädigt wird, eine Behinderung der Vermehrung auf, welcher nach einiger Zeit, allerdings rascher als bei der Einwirkung der Kälte, das Absterben der vorhandenen Individuen folgt. Im Allgemeinen liegt die Grenze für die Wachsthumsbehinderung bei 50°, während die Grenze für das Absterben bei ungefähr 60° beginnt. Die höheren Temperaturen angepassten Mikroorganismen sind S. 569 erwähnt.

Bezüglich des Absterbens in Folge von Nahrungsmangel kommt für die Mikroorganismen, sofern nicht Sporenbildung auftritt, die Beschaffenheit sowie die Menge des Nährmaterials in Betracht; ein Mangel nach der einen oder anderen Richtung hin hat den Tod zur Folge.

Einige Arten sind allerdings so anspruchslos, dass sie sogar das schon gebrauchte Material wieder benutzen können.

Auch wenn das Vermögen, sich von den Resten der vorangegangenen Geschlechter zu nähren, lange währt und daher ein Nahrungsmangel für einen grösseren Zeitraum nicht eintritt, so wird dennoch schliesslich das Absterben der Mikroorganismen erfolgen, anscheinend durch ihnen schädliche Stoffwechselproducte. Ueber die Natur dieser Gifte ist wenig bekannt. Wohl wissen wir, dass durch Mikroorganismen gewisse, den Pflanzenalkaloiden nahe stehende Stoffe erzeugt werden, welche höher entwickelten Wesen Gefahr und Tod bringen können, dass von den Bakterien, einen Theil ihrer Leibessubstanz darstellend, Toxalbumine und andere Bakterienproteïne gebildet werden; jedoch ist nicht anzunehmen, dass gerade diese Stoffe es sind, welche das Wachsthum der

Bakterien behindern und zuletzt das Absterben der eigenen Art herbeiführen. Dass aber eine Schädigung, ein Abtödten durch die Ausscheidungsproducte eintreten kann, erscheint durch die S. 533 dargelegten Untersuchungen erwiesen.

Wird auf die eine oder andere Weise der Tod der einzelnen Mikroorganismen bewirkt, so kommt bei der Abtödtung der Arten auch noch die Concurrenz in Frage. Lässt man ein Wasser oder eine Nährflüssigkeit längere Zeit stehen und untersucht von Zeit zu Zeit, so sieht man nicht selten, dass anfänglich ganz andere Arten vorwiegen als später; so können unbewegliche Bacillen auf bewegliche, auf diese wieder Kokken folgen etc. Die Verdrängung der einen Art durch die andere darf man sich vielleicht so vorstellen, dass gewisse Bakterien das vorhandene Nährmaterial nach einer bestimmten Richtung hin zerlegen, dass die Zerlegungsproducte jedoch für die Art, welcher dieselben ihre Entstehung verdanken, nicht besonders gute, hingegen für andere Arten sehr passende Nährmedien darstellen. Letztere Organismen werden somit stark wuchern und ihre Spaltungsproducte können wieder anderen Mikroben zur Nahrung dienen u. s. f. Hiermit ist jedoch nicht gesagt, dass eine bestimmte Bakterienart unter allen Umständen die nämlichen Zersetzungen bewirkt; die Untersuchungen einer Reihe von Forschern haben vielmehr ergeben, dass unter verschiedenen Bedingungen von denselben Mikroorganismen verschiedene Umsetzungen bewirkt werden können.

Ferner ist das Nährmaterial, welches sich im Wasser findet, von verschiedener Zusammensetzung. Hat die eine Art der Mikroorganismen das ihr hauptsächlich zusagende Material grösstentheils verbraucht, so gelangt sie unter ungünstige Bedingungen, und die nächst günstigst situirte Art tritt in den Vordergrund. Bei den verschiedenen Umsetzungen kann ferner die Reaction der Flüssigkeit, des Nährsubstrats, verändert werden, was den Sieg der durch die zeitweilige saure oder alkalische Reaction am meisten begünstigten Bakterienart zur Folge haben wird.

Allmählich wird auch der vorhandene Sauerstoff verzehrt, und damit gelangen an die Stelle der aërobiotischen Organismen die anaërobiotischen.

Ausser den Stoffwechselproducten der Bakterien giebt es begreiflicherweise noch andere chemische Verbindungen, z. B. die chemischen Desinficientien, welche die Entwickelung der Mikroorganismen beeinträchtigen oder ganz verhindern.

Besonderes Interesse verdient die Kohlensäure, weil sie einerseits vielfach bei den unter Mitwirkung von Mikroorganismen

erfolgenden chemischen Umsetzungen entsteht und andererseits einen normalen Bestandtheil der natürlichen Wässer und zumal der künstlichen Mineralwässer bildet.

Der Einfluss der Kohlensäure auf die Mikroorganismen ist sehr verschieden beurtheilt. In der ersten Choleraconferenz gab R. Koch[1]) an, dass die Kommabacillen in ihrem Wachsthum behindert werden, wenn Kohlensäure auf dieselben einwirkt.

Liborius[2]) zeigte darauf bei Versuchen über Anaërobiose, dass die Entwickelung der Colonien völlig zum Stillstand gebracht werden kann, wenn man die Luft mittelst Kohlensäure aus der Nährgelatine vertreibt oder einen Strom dieses Gases über die Schälchen mit Nährmaterial und Aussaat fortleitet.

Leone (l. c. S. 173) stellte die Behauptung auf, dass die im Wasser enthaltene Kohlensäure die Mikroorganismen abtödte. Er fand in kohlensaurem Wasser 186 Keime im Cubikcentimeter; die Menge derselben sank nach 5 Tagen auf 87, nach 10 Tagen auf 30, nach 15 Tagen auf 20 im Cubikcentimeter, während in den Controlflaschen sich die Zahl innerhalb derselben Zeiten auf Tausende im Cubikcentimeter steigerte. Derselbe Forscher leitete einen Kohlensäurestrom in eine Flasche mit Mangfallwasser und beobachtete, dass die Zahl der Keime nach 14 Tagen nur zwei im Cubikcentimeter betrug, ein Beweis, dass auch nicht unter Druck stehende Kohlensäure genügt hatte, die Bakterienentwickelung zu verhindern.

In ähnlicher Weise arbeiteten Scola und Allessi[3]), sie fanden, dass die Keimzahl mit sinkendem Kohlensäuregehalt zu, mit steigendem abnahm, jedoch geben sie an, dass ihre Experimente auch gegentheilige Daten enthalten.

Scola und Sanfelice sahen, dass unter Druck stehende Kohlensäure, wie im Soda- und Selterswasser, wohl den *Bac. subtilis*, aber nicht den *Proteus vulgaris* schädigt.

Sohnke[4]) führt an, dass aus destillirtem Wasser bereitetes Selterswasser frisch 10 bis 30 Bakterien im Cubikcentimeter enthielt, und dass diese im Laufe von 1 bis 9 Monaten sich auf 8 bis 1 Keim im Cubikcentimeter verminderten.

---

[1]) I. Choleraconferenz. Separatabdruck der Berl. klinischen Wochenschrift, S. 14.

[2]) Beiträge zur Kenntniss des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, Bd. I, Heft 1.

[3]) Estratto d. Bul. d. r. Accademia med. di Roma 1889—1890.

[4]) Sohnke, die Bakterienfrage in Bezug auf künstliche Mineral- und kohlensaure Wässer. Zeitschr. f. Mineralwasserfabrikation, Nr. 23, 1886.

Drei aus destillirtem Wasser hergestellte Proben, welche drei bis vier Jahre gelagert hatten, waren keimfrei. In drei von Mineralwasserfabriken benutzten Brunnen barg der Cubikcentimeter Wasser 36750, 42000 und 38750 entwickelungsfähige Spaltpilze; das aus diesen Brunnenwässern hergestellte Sodawasser, über dessen Alter allerdings Angaben nicht zu erhalten waren, enthielt 200, 175 bis 200 und 6060 bis 6600 Bakterien im Cubikcentimeter. Pfuhl[1]) wies in einem Sodawasser 80 bis 100, in einem anderen indessen 20000 Keime im Cubikcentimeter nach.

Die Frage nach dem Verhalten der Bakterien im künstlichen Mineralwasser ist von Wichtigkeit, weil anscheinend Krankheiten durch dasselbe verbreitet werden können; so wird z. B. die Typhusepidemie des Jahres 1884 in Mainz[2]) auf den Genuss inficirten Sodawassers zurückgeführt.

Besondere Berücksichtigung verdient aus diesem Grunde die folgende im Kaiserl. Gesundheitsamte ausgeführte Arbeit, welche mit Rücksicht auf die Krankheitsverbreitung durch Selterswasser unternommen wurde.

Hochstetter[3]) untersuchte das künstliche Selterswasser von fünf Fabriken Berlins, von welchen vier ihre Producte angeblich aus destillirtem und filtrirtem, destillirtem Wasser herstellten. Von 20 frisch untersuchten Flaschen enthielt nur eine weniger als 100 Bakterien pro Cubikcentimeter, eine zwischen 100 und 500, zwei enthielten zwischen 500 und 1000, sechs zwischen 1000 und 10000, acht zwischen 10000 und 75000, und in zwei Flaschen war die Anzahl der Keime unzählbar. Als mehrere Flaschen einige Tage im Keller gelegen hatten, ergab die Untersuchung abermals einen grossen Keimreichthum, so dass die Lagerung von wenig Tagen zweifellos ohne Einfluss geblieben war. Hochstetter liess daher seine Flaschen lange Zeit liegen, und zwar zwischen 35 und 206 Tagen. Die ersten 17 Flaschen dieser Serie hatten fünf Wochen auf Eis gelegen, ihr Keimgehalt schwankte zwischen 30 und 50000, von den 17 Flaschen enthielten neun über 10000 Bakterien im Cubikcentimeter. Die später untersuchten Proben verhielten sich ähnlich, so dass ein näheres Eingehen auf die

---

[1]) Pfuhl, Aus dem Garnison-Lazareth Altona. Bakterioskopische Untersuchungen. Deutsche Militärärztliche Zeitschrift 1886, Nr. 1.

[2]) Die Typhusepidemie in Mainz. Ber. d. Geh. Med.-Raths Dr. Hellwig an das Grossherzogl. Ministerium d. Innern. Abth. f. öffentl. Gesundheitspflege. Mainz 1885.

[3]) Ueber Mikroorganismen im künstlichen Selterswasser. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. II.

Versuchsresultate überflüssig erscheint; nur sei erwähnt, dass eine der sechs Flaschen, welche 203 bis 206 Tage liegend im Keller aufbewahrt worden war, im Cubikcentimeter 3 Bakterien, vier zwischen 1030 und 14000 und eine 147000 Bakterien enthielt. Das Wachsthum der aus dem Selterswasser gewonnenen Colonien war ein sehr langsames.

Die Versuche Hochstetter's zeigen mithin, dass der Bakteriengehalt kohlensäurereicher Wässer ein sehr verschiedenartiger sein kann, und dass die Kohlensäure demnach durchaus nicht in gleicher Weise die Entwickelung aller Mikroorganismen beeinträchtigt oder verhindert. Sie wirkt auf einige Mikroorganismen direct tödtend, auf andere wachsthumbeschränkend, auf dritte gar nicht ein. Für die Herkunft der Mikroben im Selterswasser giebt es verschiedene Quellen. Es kann das zur Verwendung gekommene destillirte Wasser längere Zeit gestanden haben, und während dieser Zeit eine Vermehrung der Bakterien eingetreten sein; auch kann von dem Flaschenspülwasser etwas zurückgeblieben sein, und ferner können von Filtern aus (Durchwachsen der Filter mit Bakterien) Mikroorganismen in das zur Selterswasserfabrikation dienende Wasser gelangt sein; Selterswasser, aus Brunnenwasser fabricirt, erhält seine Bakterien selbstverständlich grösstentheils aus letzterem.

Nachdem durch die soeben erwähnten Versuche die Haltbarkeit mancher Arten von Mikroorganismen im Selterswasser erwiesen war, wurden von Hochstetter pathogene Keime in dasselbe übertragen.

Milzbrandbacillen starben in kürzester Zeit ab, die längste erwiesene Lebensdauer betrug eine Stunde, dahingegen hielten sich Milzbrandsporen unbegrenzt lange. Typhusbacillen hielten sich bis zu fünf Tagen im Selterswasser. In acht Versuchen mit 56 Flaschen Selterswasser wurde das Verhalten der Cholerabacillen geprüft; immer waren dieselben in längstens 24 Stunden abgestorben, konnten jedoch in einigen daraufhin untersuchten Proben bis drei Stunden nach der Einführung nachgewiesen werden. Dieses rasche Absterben war ausschliesslich bedingt durch die Kohlensäure und nicht etwa durch die anderweitige chemische Beschaffenheit des Wassers; denn Selterswasser, welchem durch Erhitzen die Kohlensäure entzogen war, zeigte noch am 19. Tage lebende Cholerabacillen. Ebenso wenig übte der Druck von zwei Atmosphären auf die Lebensdauer der obigen Bacillen irgend welchen Einfluss aus.

Kohlendioxyd durch Wasser geleitet, welches die erwähnten Mikroorganismen enthielt, tödtete sie in kürzester Zeit.

Hochstetter hat mithin die Angaben früherer Forscher über die Giftigkeit der Kohlensäure mehreren Mikroorganismen gegenüber bestätigt, aber auch den Nachweis geliefert, dass Krankheitskeime bis zu einer gewissen, eng begrenzten Zeit durch Selterswasser übertragbar sind.

Ein Selterswasser oder Sodawasser, welches acht Tage alt ist, enthält keine Typhuskeime, ein Selterswasser, welches einen Tag alt ist, keine lebenden Cholerakeime mehr.

Man thut daher gut, zur Zeit einer Typhus- bezw. einer Choleraepidemie das künstliche Selterswasser, sofern es nicht aus ganz unverdächtigem Wasser fabricirt worden ist, mindestens eine bis zwei Wochen bezw. mindestens einen bis einige Tage ablagern zu lassen, um sich vor Infection zu schützen.

XII.

Die Schwankungen im Bakteriengehalt ein und desselben Wassers.

Schon aus früheren Angaben ist ersichtlich, dass der Reichthum an Mikroorganismen in einem und demselben Wasser zu verschiedenen Zeiten nicht der gleiche ist. Ausführliche Beispiele dieser Art liefert unter Anderen H. Buchner, dessen Untersuchungen je acht Tage aus einander liegen.

Münchener Wasser.

Datum	Bakterien im Cubikcentimeter			
	Alte Isar-Caserne, Pumpbrunnen	Hofgarten-Caserne, Pumpbrunnen Nr. 2.	Neue Isar-Caserne, Laufbrunnen (älteres Wasserwerk)	Garnison-lazareth, Neue Mangfallleitung
1885:				
8./6.	200	88	300	65
15./6.	160	128	150	47
22./6.	300	60	180	18
1./7.	1200	600	1500	180
8./7.	600	1 200	86	52
15./7.	64	4 000	32	13
21./7.	44	80	56	34
29./7.	2000	10 000	82	7
3./8.	8000	400	78	46

Um zu veranschaulichen, in welcher Weise die Bakterienbefunde ein und desselben Wassers innerhalb ganz kurzer Zeiträume schwanken können, stellen wir in der folgenden Tabelle

die Ergebnisse einiger von de Blécourt (l. c.) ausgeführten Versuche zusammen.

Brunnen im physiologischen Laboratorium zu Groningen	Zeit	Zahl der Colonien im Cubikcentimeter	Wasserleitung in Groningen	Zeit	Zahl der Colonien im Cubikcentimeter
15. Juni	9 a. m.	715	15. Juni	11 a. m.	685
„ „	11½ a. m.	686	„ „	2½ p. m.	165
„ „	2 p. m.	986	„ „	7 p. m.	223
„ „	6½ p. m.	1023			
			16. „	11 a. m.	367
16. „	11 a. m.	3366	„ „	2½ p. m.	779
„ „	2½ p. m.	3538	„ „	4½ p. m.	638
„ „	4½ p. m.	2963			
„ „	7 p. m.	1954	17. „	9½ a. m.	241
			„ „	1 p. m.	765
17. „	9½ a. m.	1927	„ „	5 p. m.	781
„ „	1 p. m.	1739	„ „	7 p. m.	1727
„ „	5 p. m.	1367			
„ „	7 p. m.	1405			

Die Schwankungen im Gehalt ein und desselben Wassers können auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden.

Bei Flüssen, Bächen und Seen, überhaupt bei allen offenen Wässern, kommen in erster Linie die durch die Schneeschmelze Regengüsse, Abwässer etc. bedingten unreinen Zuflüsse in Betracht; alsdann verdienen die Verschmutzungen Beachtung, welche durch das Aufwühlen des Schlammes am Boden und an den Ufern entstehen, sei es, dass der Wind das Wasser stark bewegt, sei es, dass auf irgend eine andere Weise, z. B. durch die Räder oder Schrauben der Dampfboote, die Wellen an das Gestade geworfen werden, von wo sie mit Bakterien beladen zurückströmen. Gegen diese Momente sind die übrigen als geringfügig zu bezeichnen, wenn sie auch ihren Einfluss geltend machen.

Bei den Quellen kommen grosse Unterschiede nicht häufig vor. Es ereignet sich indessen, dass durch starke Regengüsse u. s. w. die hochliegenden unterirdischen Wasserläufe Bakterien zugeführt erhalten.

Bei einigen centralen Wasserversorgungen, welche Grundwasser schöpfen oder, der nicht immer bewiesenen Annahme nach,

durch den Boden filtrirtes Flusswasser benutzen, wird zuweilen nach heftigen Regengüssen das Wasser trübe. Libbertz fand das Wasser der Frankfurter Leitung keimfrei; nach einigen regnerischen Tagen enthielt es jedoch 40 bis 60 Bakterien pro Cubikcentimeter. Hueppe giebt für Wiesbaden an, dass das Wasser der „Sammeldohlen", welche dem natürlichen Quellwasser eine erhebliche Menge Grundwasser beimischen, durch heftigen Regen nach vorhergegangener Dürre so trübe werden könne, dass die erste Füllung des Reservoirs keine Verwendung findet.

Die bakteriologische Prüfung gewährt uns mithin Anhaltspunkte, um die Bedeutung dieser Trübungen zu beurtheilen, und ist daher geeignet, wie die Wirkung der künstlichen, so die der natürlichen Filtration zu controliren.

Der Keimgehalt des Wassers der Wasserleitungen mit Sandfilterbetrieb wird besonders durch drei Momente beeinflusst:

Durch die Reinigung der Filter und, in allerdings erheblich geringerem Grade, durch Schwankungen im Druck, sowie durch den Gehalt des Rohwassers an Bakterien.

Diese Verhältnisse traten bei den Berliner Wasserwerken, welche das Wasser zum Theil aus dem Tegeler See, zum Theil unweit Stralau aus der Spree entnahmen, klar zu Tage. Im Allgemeinen liefert das Tegeler Werk, welches mit einem Hochreservoir und einem an Sinkstoffen armen Rohwasser arbeitet, das bakterienärmere Wasser. Das Stralauer Werk war schlechter gestellt, es besass kein Reservoir und war auf das mit Sinkstoffen stark beladene Spreewasser angewiesen, was im Betriebe Druckschwankungen nach dem stündlichen Bedarf und die Nothwendigkeit einer öfteren Filterreinigung zur Folge hatte. Der Bakteriengehalt des filtrirten Spreewassers war daher in der Regel etwas grösser, als der des filtrirten Wassers aus dem Tegeler See und zumal veränderlicher. Das zeigt sich besonders, wenn man die Leistungen einzelner Filter mit einander vergleicht. Da die Filter nicht alle zur gleichen Zeit gleich gut arbeiten, so ist erforderlich, dass die bakteriologische Prüfung des Wassers einer Sandfilteranlage sich auf das Wasser jedes einzelnen Filters erstreckt. Ist ein Filter unter mehreren schlecht, so braucht das im Bakteriengehalt des Gesammtwassers nicht immer zum Ausdruck zu kommen, die Untersuchung des Filtrats jedes einzelnen Filters giebt erst sichere Auskunft.

Bei Wasserwerken, welche Reservoire besitzen, ist darauf zu achten, dass der Schlamm, welcher sich allmählich am Boden absetzt, nicht bewegt und nicht mit in die Leitungen gespült werde;

seinem Eintritt wird sofort ein Ansteigen der Bakterienzahl folgen. Längeres Verweilen des Wassers in den Reservoiren und Leitungen wird gleichfalls in den meisten Fällen eine Vermehrung der Mikroorganismen nach sich ziehen.

In Petersburg hat nach den Angaben von Pochl auf der Wyborger Seite das Leitungswasser nur in den zur medicinischen Akademie gehörigen Bezirken die erforderliche Circulation. Eine in der Akademie entnommene Probe enthielt 9538 Bakterien pro Cubikcentimeter. In den übrigen Bezirken ist die Bewegung des Wassers viel geringer, eine von dort geschöpfte Probe enthielt daher 23 712 Keime im Cubikcentimeter.

Becker[1]) constatirte in sieben zu verschiedenen Zeiten geschöpften Wasserproben aus den Auslasshähnen der Gothaer Wasserleitung

9, 50, 19, 14, 7, 21, 12

entwickelungsfähige Keime pro Cubikcentimeter, während aus zwei anderen Proben, welche er entnommen hatte, nachdem die Leitung Tags vorher längere Zeit abgestellt war, sich 312 und 101 Colonien pro Cubikcentimeter entwickelten.

Die Wiener Hochquellenleitung ergab nach v. Frisch bei den constant laufenden Brunnen im Mai und Juni

8, 13, 28, 42, 25, 34, 13 Colonien,

während zu denselben Zeiten das Wasser aus einem nur bei jeweiligem Gebrauch geöffneten und im vierten Stock eines Hauses belegenen Ausflusshahn, nachdem man es vor dem Einfüllen in die Versuchsgefässe fünf Minuten hatte laufen lassen, 574, 571 und 531 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter auf der Gelatine zum Auskeimen kommen liess.

Bei den Brunnen kann der Unterschied in der Keimzahl bedingt sein zunächst durch dieselben Bedingungen wie bei den offenen Wässern, d. h. durch zufällige Verunreinigungen oder durch Schmutzzuflüsse, welche von unten, oben oder von der Seite her continuirlich oder discontinuirlich in den Brunnenkessel eindringen. (Siehe Seite 499 und 522.)

Sodann bewirkt die ungleichmässige Vertheilung der Mikroorganismen Schwankungen im Keimgehalt. Die Bakterien halten sich da auf, wo sie die besten Lebensbedingungen finden. Einige Arten werden daher vorwiegend an der Oberfläche leben, andere schliessen sich den schwebenden Partikelchen an und wieder andere vermehren sich am Boden oder an den Wänden.

[1]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte, Erfahrungen u. s. w. Bd. 1.

Ausserdem sind manche Organismen durch eine mehr oder weniger lockere Schleimschicht mit einander vereint, sie bilden somit Verbände in dem Wasser. Gelangt zufällig eine dieser Bakterienanhäufungen in eine Probe hinein, so werden viel Bakterien gefunden, während die nächste Probe, wenn ihr die Anhäufungen fehlen, sich als nahezu keimfrei erweisen kann. Selbstverständlich sind die Spaltpilze auch in den offenen Wässern vielfach verschieden vertheilt. Weiter übt die Temperatur, das Licht, die veränderte chemische Zusammensetzung ihren Einfluss aus. Sind diese Momente bei der Stagnation eines Brunnenwassers ungünstig, so wird eine geringe, sind sie günstig, so wird eine grössere Keimzahl vorhanden sein, jedoch muss dann in letzterem Falle die Vermehrung stärker sein als das Absterben und das Sedimentiren zusammengenommen.

Werden die am Boden des Brunnens liegenden Bakterien aufgerührt, sei es durch das Eindringen des Schöpfgefässes in die tieferen Regionen, sei es durch das scharfe Ansaugen bei tiefstehendem Saugkopf des Pumpenrohres, so resultirt wiederum ein erhebliches Ansteigen der Zahl der Bakterien.

Sind so schon die Ursachen für den Wechsel im Bakteriengehalt eines Brunnenwassers sehr zahlreich und verschieden in ihren Wirkungen, so kommt noch hinzu, dass die in einer abgepumpten Probe enthaltenen Bakterien auch von der Pumpe, ihrem Gestänge und ihrem Rohre stammen können, von wo sie durch Zufälligkeiten ganz unbestimmbarer Natur abgerissen werden. Besteht die Pumpe ganz oder theilweise aus Holz, so bildet sie sogar ein gutes Nährsubstrat für Bakterienwucherungen.

Von grosser Wichtigkeit ist es, darüber sichere Auskunft zu erhalten, ob die in dem Brunnenwasser aufgefundenen Bakterien der Oberfläche der Erde, den oberen Bodenschichten oder dem Grundwasser entstammen, oder ob sie durch Vermehrung zufällig in den Brunnen gerathener Keime entstanden sind. In den beiden ersteren Fällen würden, wie bereits früher erwähnt ist, gelegentlich auch pathogene Keime mit den unschädlichen Bakterien eindringen und eine Gefahr bedingen können, während diejenigen Bakterien, welche vor langer Zeit zufällig in den Brunnen gelangten und sich dort vermehrten, die eigentlichen „Wasserbakterien", oder die den Brunnenwandungen anhaftenden oder am Pumpwerk sitzenden Mikroorganismen als harmlos anzusehen sind.

Man hat vielfach angenommen, dass sich aus einer starken Verminderung der Keimzahl eines Brunnenwassers beim Abpumpen

das Nichtvorhandensein unreiner Zuflüsse erschliessen lasse; diese Annahme trifft jedoch gewöhnlich nicht zu.

Um das zu beweisen, muss zunächst auf die Wirkung des Abpumpens eingegangen werden.

Heraeus zeigte, dass unabhängig von den gelösten Substanzen diejenigen Brunnen die wenigsten Keime enthielten, welche am meisten benutzt wurden.

Betrachtet man die in der Arbeit von de Blécourt[1]) enthaltenen Tabellen, so stellt sich gleichfalls heraus, dass die öffentlichen Brunnen Groningens, also diejenigen, welche am meisten abgepumpt werden, durchschnittlich nicht so viel Mikroorganismen enthalten, als die privaten.

Maschek[2]) erhielt bezüglich des Keimgehaltes der Brunnen etwas andere Resultate; er theilt die von ihm untersuchten Brunnen in drei Classen, in sehr stark benutzte, stark benutzte und schwach benutzte.

Es enthielten

sehr stark	stark	schwach	Keime zwischen	und
benutzte Brunnen				
1 [3])	—	—	10 —	20
—	1	1	30 —	50
—	1	—	100 —	300
4	4	1	300 —	500
2	5	7	500 —	1000
2	14	5	1000 —	2000
3	5	3	2000 —	3000

Bolton giebt an, er habe gefunden, dass nach anhaltender starker Wasserentnahme eine wesentliche Verminderung des Bakteriengehaltes im Brunnenwasser eintrete, doch erwähnt er auch einige Ausnahmen. In einem Falle hatte der Brunnen vor dem Schliessen 152 bezw. 232 Mikroben im Cubikcentimeter; das erste Wasser nach dreizehnstündiger Pause enthielt 44 bezw. 32 Keime im Cubikcentimeter, nach 15 Minuten währendem Pumpen fanden sich 1000 bezw. 760 und nach zweistündigem Pumpen 108 bezw.

[1]) Quantitatief bakteriologische onderzoekingen over het Groninger grond- en leidings water. Groningen 1885, pag. 44 — 62.

[2]) Briefliche Mittheilung.

[3]) Kasernenbrunnen 33 m tief, mit Dampfmaschine gepumpt, um das zum Bau der Kaserne erforderliche Wasser zu liefern.

105 Bakterien. Der zweite Brunnen enthielt in der ersten Wasserprobe nach zwölfstündiger Pause 40 bis 60 Mikroorganismen, nach einstündigem Pumpen indessen 220 bezw. 300 und nach anderthalb-, zwei- und dreistündigem Pumpen je 60 Keime im Cubikcentimeter.

M. Gruber[1]) citirt eine Angabe von Meeraus, „Die Wasserversorgung von Linz“:

Das Wasser eines grossen Versuchsbrunnens enthielt im Cubikcentimeter

	Tausende von Keimen
beim Beginn des Schöpfens	
nach achttägigem, ununterbrochenen Auspumpen mittelst Centrifugalpumpe . .	472
nach vierzehntägigem Pumpen	22
nach fünfzehntägigem Pumpen	10

Aus den angeführten Beispielen geht hervor, dass im Allgemeinen durch längere Zeit dauerndes Abpumpen, d. h. eine Entfernung des im Brunnenkessel ursprünglich vorhandenen Wassers und Nachströmen neuen Wassers der Keimgehalt sinkt, dass aber Fälle vorkommen, in welchen die Herabminderung der Keimzahl ganz ungemein lange auf sich warten lässt, oder gering ist, oder überhaupt fehlt.

Dieser Sachverhalt erklärt sich, ganz abgesehen von der Keimfreiheit oder dem Keimreichthum des zufliessenden Wassers, durch die Grösse der Wassermenge in den Brunnenkesseln, durch die Eigenthümlichkeiten ihrer Wandungen und der Pumpen, sowie durch die Lage des Saugers, ob letzterer Brunnenschlamm aufnimmt oder nicht.

Sehr schwer ist es, einen Brunnen durch Abpumpen gänzlich von den darin befindlichen Bakterien zu befreien. Heider, so erzählt Gruber (l. c. S. 422), liess einmal drei Tage hindurch ununterbrochen aus einem 8 m langen und 5 cm weiten Röhrenbrunnen Wasser pumpen mit einer Förderung von 20 Litern in der Minute. Die zuletzt aufgefangene Probe enthielt noch 174 Keime im Cubikcentimeter, obwohl das Grundwasser, wie anderweitige Beobachtungen lehrten, keimfrei war. An der Brunnenwand, an dem Pumpenrohr, in der Pumpe, zwischen den kleinen, an festen Gegenständen haftenden Algen u. s. w. befinden sich Mikroorganismen. Wenn es auch gelingt, die frei im Brunnen-

[1]) Die Grundlagen der hygienischen Beurtheilung des Wassers. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 25, 415.

wasser befindlichen Spaltpilze durch fleissiges Pumpen zu entfernen, so ist doch nicht zweifelhaft, dass die soeben erwähnten Keime theilweise zurückgehalten werden; sie mischen sich dann in mehr oder minder grosser Zahl dem Wasser bei und bilden „constante und unvermeidliche Versuchsfehler“ (Plagge und Proskauer).

Würde man die Grösse des „Versuchsfehlers“ kennen, hätte man eine gewisse, fest normirte Zahl für denselben, so würde deren Ueberschreitung, sofern der Brunnen wirklich abgepumpt ist, für unreine Zuflüsse entweder aus den oberflächlichen Bezirken, oder aus den tiefen, das Grundwasser führenden Lagen sprechen.

Um die Grösse dieser Zahl kennen zu lernen, und den Einfluss eines consequenten, lange fortgesetzten Abpumpens auf die Brunnen zu bestimmen, sind sowohl Röhren- als Kesselbrunnen gesondert zu untersuchen.

Die einfachsten Verhältnisse bieten die Röhrenbrunnen. Die von uns dem Versuche unterworfenen Röhrenbrunnen sind sämmtlich bis in eine Tiefe von 4 bis 5 m getrieben und stehen höchstens 1 m tief in der wasserführenden Schicht, welche aus altem Saalegeröll besteht.

Nimmt man die Rohrweite mit 5 cm und die Höhe des Wasserstandes mit 1 m an, so beträgt die Wassermenge in jedem Brunnenrohre etwa 2 Liter, die Capacität des ganzen Rohres zwischen 8 und 10 Litern.

In einer halben Stunde unausgesetzten Pumpens wurden, wie die Messungen ergaben, gegen 300 Liter Wasser gehoben. Hierdurch wurde also in jedem einzelnen Falle das ursprünglich vorhandene Wasser 150 mal erneuert. Aus der umstehenden Tabelle ergiebt sich der Einfluss, welchen ein solches energisches Abpumpen auf den Keimgehalt des Wassers ausübte.

In der zweiten Versuchsreihe wurde ein 4,8 m tiefer Röhrenbrunnen, welcher 1,10 m im Grundwasser stand und dessen Durchmesser 5 cm betrug, an neun auf einander folgenden Tagen abgepumpt.

Die Menge des Wassers, welche bis zum Grundwasserspiegel in dem Pumpenrohre stand, betrug 2,1 Liter; war das ganze Rohr gefüllt, so betrug die Wassermenge ungefähr 10 Liter.

Nach Beginn des Pumpens, sodann nach einer Entleerung von 1,1 cbm Wasser und zuletzt nach Entleerung von im Ganzen 2,2 cbm Wasser, d. h. nachdem die ursprünglich vorhandene Wassermenge 500- und 1000 mal erneuert war, oder nachdem die ganze

Datum der ersten und der zweiten Untersuchung	Brunnen	Anzahl der Bakterien vor dem Abpumpen	Anzahl der Bakterien nach dem Abpumpen	Anzahl der Schimmel vor dem Abpumpen	Anzahl der Schimmel nach dem Abpumpen	Klarheit bezüglich Trübung	Bemerkungen
21./2.	A.	185	21	—	—	Klar	Mehrere Tage unbenutzt
		172	14				
14./5.	„	490	104	—	—	Klar	
		380	115				
21./2.	B.	178	188	—	—	Das Wasser ist immer etwas trübe	Täglich wird ungefähr $1/2$ cbm Wasser dem Brunnen entnommen.
		135	155				
6./5.	„	16	15	13	18		
		26	16	27	19		
21./2.	C.	16	10	—	—	Klar	Tägliche Entnahme ungefähr $3/4$ cbm
		17	18				
6./5.	„	54	34	57	24	Klar	
		63	65	52	48		
21./2.	D.	22	16	—	—	Klar	
		24	18				
6./5.	„	46	42	16	20	Vor und nach dem Pumpen sehr leicht getrübt, „nicht ganz blank", Rost	
		61	41	23	30		
18./3.	E.	704	104	—	—	Vor dem Pumpen leicht gelbröthlich, nach dem Pumpen klar	Tägliche Entnahme ungefähr 1 cbm
		610	90				
18./3.	F.	4070	3700	—	—	Vor dem Pumpen deutlich trübe, grau; nach dem Pumpen klarer, aber noch nicht ganz klar	Täglich wird ungefähr $1/2$ cbm entnommen
		4400	1900				
14./5.	„	150	900	—	—	Vor dem Abpumpen klar, nach dem Abpumpen erdige Partikel	
		250	840				
4./4.	K.	40	37	98	10	Klar, aber vor dem Pumpen etwas röthlich	Sehr stark benutzt, täglich 2 bis 3 cbm
		20	305	98	14		
		60	194	52	24		
6./5.	„	42	16	5	19	Vorher ganz leicht getrübt, nachher klar	
		40	2	8	25		
		34	6	20	27		

im Rohre stehende Wassersäule 100- und 200 mal entfernt worden war, wurde der Keimgehalt bestimmt.

Es fanden sich in 1 ccm des untersuchten Wassers Bakterien:

Datum	Anfang	nach 1,1 m_3	nach 2,2 m_3	Datum	Anfang	nach 1,1 m_3	nach 2,2 m_3
6./7.	1200	162	120	11./7.	175	186	117
	—	380	460		250	245	170
7./7.	476	800	2750	12./7.	128	43	74
	414	900	1800		131	37	46
8./7.	265	—	305	13./7.	166	115	60
	290	—	290		182	90	64
9./7.	218	950	52	14./7.	127.	280	250
	274	480	108		142	229	300
10./7.	63	236	235				
	122	400	240				

In beiden Versuchsreihen tritt ein bedeutendes Schwanken im Keimgehalt zu Tage. Bei einigen der Brunnen ist die Bakterienzahl vor dem Abpumpen gross und nimmt mit der Dauer des Abpumpens ab, bei anderen ist sie anfänglich gering und nimmt beim Abpumpen zu. Nicht selten fällt mit dem Ansteigen der Mikroorganismen bei der energischen Entleerung der Brunnen eine Trübung des Wassers zusammen; der am Boden und in nächster Nähe des Rohres liegende feine Schlamm mit den darin niedergesunkenen Mikroben war mit hinaufgerissen worden.

Andererseits fällt nicht immer der grössere Bakteriengehalt mit einer Trübung zusammen; man darf daraus folgern, dass Bakterien, welche irgendwo im Rohre oder in der Pumpe an einer geschützten Stelle sich entwickelt hatten, durch das kräftige Pumpen entfernt wurden und sich dem Wasser beimischten.

Gleichmässigere Resultate hat C. Fränkel[1]) bei einem 8 m tiefen, in reinem Sande stehenden Röhrenbrunnen Berlins erhalten. Er fand im Cubikcentimeter Wasser:

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 6, 32.

Datum	des 1 ten Liters	des 500 sten Liters	Datum	des 1 ten Liters	des 500 sten Liters
10./4.	7 200	54	14./4.	verfl.	42
11./4.	7 000	42	16./4.	6 400	360
12./4.	11 200	160	17./4.	11 200	110
13./4.	verfl.	20	19./4.	üb. 6 000	20

Indessen auch diese Zahlen weichen nicht unwesentlich von einander ab.

Die Schlussfolgerung lautet also: Für Röhrenbrunnen hat das starke Abpumpen keine gleichmässige Wirkung und es ist bei keiner der angewendeten Versuchsanordnungen gelungen, den sog. Versuchsfehler für die betreffenden Brunnen zu finden.

Um über die Einwirkung energischen Abpumpens von Kesselbrunnen auf den Keimgehalt Aufschluss zu erhalten, sind von Maschek in Leitmeritz sehr sorgfältig ausgeführte Versuche in grosser Anzahl angestellt worden, von welchen wir einige anführen:

Maschek bestimmte bei jedem einzelnen Brunnen seine Tiefe und Weite, den Wasserstand, die Art der Pumpe, die Weite der Rohre, die Menge des entnommenen Wassers, und rechnete dann aus, wie viel von dem ursprünglich vorhandenen Wasser beim Schluss des Versuches noch im Brunnen verblieben war. Nach Bestimmung der Zahl der Mikroorganismen durch das Plattenverfahren bei Beginn des Versuches (Rubrik Nr. 12 der Tabelle) stellte Maschek nach mehrstündigem Abpumpen eine zweite Untersuchung des Bakteriengehaltes an (Nr. 13 der Tabelle); dieser folgte zum Schluss des Versuches eine dritte Untersuchung (Rubrik Nr. 14). Sodann stellte der Autor anderweitig durch Rechnung die Menge der Bakterien fest, welche schliesslich in dem Wasser noch hätte vorhanden sein müssen (Rubrik Nr. 15 der Tabelle).

Die Differenzen zwischen den beiden letzteren Zahlen in Verbindung mit den in Rubrik Nr. 12 aufgeführten ergeben den Werth des Abpumpens. Eine weitere, gewöhnlich am folgenden Tage entnommene Probe (Rubrik Nr. 17) giebt die Vermehrung zwischen dritter und vierter Probeentnahme an.

(Siehe Tabelle auf Seite 620/21.)

Aus diesen Versuchen folgt, dass es sehr schwer ist, bei Brunnen mit grossem Wassergehalt das ursprünglich vorhandene Wasser durch Pumpen vollständig zu entfernen. Wenn bei Brun-

nen mittlerer Grösse dazu mehr als sechs Stunden und bei weiten Brunnen mehr als zwölf Stunden ununterbrochener Arbeit erforderlich sind, so verbietet sich in vielen Fällen ein vollständiges Auspumpen von selbst. Die Einwirkung des Pumpens auf den Keimgehalt des Wassers erwies sich als unsicher, sie wurde ausser durch die Zeit des Pumpens am meisten durch die Wassermenge im Brunnen beeinflusst. Bei einem Brunnen mit 119 cbm Wasser sank die Keimzahl innerhalb 12 Stunden von 2750 auf 1064, bei einem anderen Brunnen mit 6 cbm Wasser von 458 auf 68, bei einem dritten mit nur 0,5 cbm Wasser in achtstündiger Arbeit von 896 auf 63. Von Einfluss ist natürlich auch die Zahl der ursprünglich vorhandenen Keime: 5100 Bakterien, welche auf 510 reducirt wurden, stehen 37, die nur auf 25 zurückgebracht werden konnten, gegenüber; allerdings war in letzterem Falle die Wassermenge fast doppelt so gross als in ersterem.

Aus den Untersuchungen Maschek's lässt sich schliessen, dass bei Kesselbrunnen durch ein stundenlang dauerndes, ununterbrochenes Abpumpen wohl eine Verminderung der Bakterien zu erzielen ist, dass indessen allgemeine Regeln bezüglich der Grösse der Keimabnahme, der Grösse des „Versuchsfehlers" sich nicht aufstellen lassen.

Ist somit einerseits die Zahl der Bakterien in einem Brunnenwasser eine sehr schwankende, von Aeusserlichkeiten und Zufälligkeiten vielfach abhängige, ist andererseits das Abpumpen vieler Brunnen kaum ausführbar und die Grösse der durch das Abpumpen erreichbaren Keimabnahme nicht einmal für Rohrbrunnen sicher zu bestimmen, dann kann uns auch die bakteriologische Untersuchung eines Brunnenwassers gewöhnlich eine Auskunft über die Herkunft der Bakterien nicht geben und ist somit in dieser Hinsicht zwecklos.

Selbst wenn durch intensives Abpumpen die Bakterienzahl bis zu einer gewissen niedrigen Grenze abnimmt, so ist dadurch noch nicht constatirt, dass keine Keime zufliessen, sondern nur erwiesen, dass zu der betreffenden Zeit entweder keine oder relativ wenig Keime in den Brunnen gelangen.

Die unreinen Zuflüsse, welche die Bakterien zuführen, können nämlich discontinuirliche sein, z. B. nur statthaben nach Regengüssen, oder wenn Waschwasser ausgegossen wird, oder wenn in einem nicht weit entfernt liegenden, mit Schmutzwasser gefüllten

Datum, Wassertemperatur Celsius, und Entnahmestelle	Brunnentiefe, Weite und Wasserstand in Metern	Auszemenirung des Schachtes	Pumpwerk. Art der Röhren. Weite derselben in Millimetern. Geröhrlänge	Geologische Beschaffenheit der Brunnenmulde	Umgebung des Brunnenschachtes	Zeit der Wasserhebung in Stunden	Hectoliter gehobenes Wasser	Volum des ursprünglich im Brunnen vorhandenen Wassers in Wasserliteren
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
4./2. 1888 9,3° öff. Brunnen Ringplatz	22,8 1,9 2,1	Ziegel sehr gut erhalten	Zwei Pumpwerke, eines mit Holzröhren, eines mit Emailleröhren 91, 85. Holz	Rollkiesel	Ringplatz, gut gepflastert	6 6	120,6 154,7	40
8./2. 1888 10,2° öff. Brunnen Capuzinerplatz	14,0 1,3 0,9	Sand-stein-Quader	Holz 85 Holz	Sand	freistehend auf einem kleinen Platz	7	128,5	187
10./2. 1888 9,0° öff. Brunnen Dominikanergasse	14,3 1,15 1,12	Sand-stein-Quader	2 Pumpwerke, eines mit Emailleröhren, eines mit Holz 91, 85. Holz	Sand	steht in dunkler ungepflasterter Gasse. Das Grubensystem in schlechtem Zustande	5 5	138,9 64,0	18
14./2. 1888 10,0° öff. Brunnen Wenzelsplatz	11,0 1,9 0,8	Ziegel	Holz 89 Holz	Nur zur Hälfte ausgemauert, der untere Theil steht im Pläner	kleine schmutzige Häuser in der Nähe	12	217	192,1
1./3. 1888 9,7° Rudolfstr.	14,5 0,8 0,8	Ziegel	Holz 89 Holz	Kies	Hauptcanal 5 m entfernt	8	148,9	5,9
25./2. 1888 9,7° öff. Brunnen Stephansvorstadt	11,5 1,13 0,96	Ziegel	Holz 91 Holz	Kies	freier Platz	7	133,3	8,3
4./3. 1888 9,9° öff. Brunnen Fleischergasse	6,7 0,5 2,55	Ziegel	Emaille 91 Eisen	Kies	neuer Stadttheil. Schlechte Canalisation	12,54	111,9	18
6./3. 1888 9,7° öff. Brunnen Gieslagasse	7,9 1,45 2,34	Ziegel	Emaille 91 Eisen	Sand	freier Platz	8	196,1	20,3
8./3. 1888 9,9° öff. Brunnen Jesuitenstiege	11,2 1,1 0,9	Ziegel	Emaille 91 Eisen	Sand	steht frei	7,40	105,3	5,4
22./4. 1888 9,5° Mühlgasse Nr. 5	8,2 1,5 1,3	Quader	Holz 86 Holz	Sand	grosser schmutziger Hof	8	159,2	25,3
14./3. 1888 9,5° öff. Brunnen Domplatz	20,85 1,75 1,6	Bruch-steine und Quader	Holz 91 Holz	Kies	grosser freier, reiner Platz ohne Pflasterung	9	148	27,9
29./3. 1888 10,1° Dominikgasse	17,3 1,5 1,35	Bruch-stein	Holz 90 Holz	Sand	in der Nähe ein als Abort benutzter, nie gereinigter Brunnen	9,40	192	22,7
20./4. 1888 9,4° Mühlstr. Nr. 21.	5,8 1,1 1,0	Bruch-stein	Holz 90 Holz	Sand	freier Platz	9	90	8,3

Volum des nach dem Abpumpen noch vorhandenen Wassers in Hectolitern	Grad der Verdünnung	Zahl der aus 1 ccm des ursprünglichen Wassers zur Entwickelung gekommenen Colonien nach 15 Minuten während Pumpen (6 Platten)	Zahl der Colonien aus 1 ccm Wasser nach mehrstündigem Pumpen	Zahl der Colonien aus 1 ccm des zuletzt geschöpften Wassers I (6 Platten)	Berechnete Zahl der Colonien, welche aus 1 ccm des zuletzt geschöpften Wassers hätten gezüchtet werden müssen	Zeit der vierten Untersuchung	Zahl der Colonien pro 1 ccm der vierten Untersuchung nach mehrstündigem Pumpen	Bemerkungen
10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
1,6 [illegible]	1/500	650 475	140 152	61 52	4 — 5	5./2.	62	Die obere Zahlenreihe giebt die Leistungen des ersten Pumpwerkes, die untere die des zweiten an
[illegible]	1/83 000	579	179	73	0	9./2.	63	
[illegible]	1/600 000	1480 1530	361 385	256 270	0	15./2.	227	Wie bei 1
[illegible]	1/2,3	2750	1286	1064	859	15./2.	1433	
9	—	896	192	62	0	3./3.	53	
[illegible]	1/2 020 000	578	175	59	0	26./2.	83	
[illegible]	1/551 000 000	1255	362	62	0	5./3.	79	
[illegible]	1/50	37	29	25	0	7./3.	28	
[illegible]	1/138 000 000	5376	2820	695	0	10./3.	452	
[illegible]	1/875	5100	2608	548	6	23./4.	630	
[illegible]	1/4799	728	158	146	16	17./2.	53	
[illegible]	1/4313	6800	2748	1385	2	29./3.	1876	
[illegible]	1/2 000	2780	975	245	0	21./4.	293	

Reservoir, sei es ein Tümpel, eine Kothgrube oder dergleichen, ein gewisses Niveau erreicht wird u. s. f.

Ferner kann die Masse des unreinen zufliessenden Wassers im Verhältniss zu der des zuströmenden reinen Wassers gering sein. „Dringt in der Zeiteinheit ein Cubikmeter reines Grundwasser in den Brunnen und fliesst ein Cubikcentimeter Schmutzwasser mit einer Million Keimen in derselben Zeit zu, so hat jeder Cubikcentimeter des Mischwassers nur einen einzigen Keim; jedoch können unter diesen relativ wenigen Keimen sehr wohl pathogene Mikroorganismen vorhanden sein" (Heraeus).

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bezüglich des Grundwassers. Dass letzteres an einzelnen Stellen Mikroorganismen enthält, ist nicht zu bezweifeln; solche Fälle sind indessen nicht häufig, und im Allgemeinen dürften vom Grundwasser aus erheblich weniger Bakterien in die Brunnen gelangen, als daraus beim Abpumpen nach längerer Ruhe entfernt werden.

In beiden Fällen braucht somit eine starke Herabminderung der Bakterienzahl die Keimfreiheit des zuströmenden Wassers nicht anzuzeigen.

Zuweilen, insonderlich bei neu angelegten, gut construirten glattwandigen Brunnen und unter Anwendung besonders gut geeigneter Pumpen gelingt es, wie wir selbst in mehreren Fällen constatiren konnten, keimfreies Wasser zu erhalten. Ein solcher Befund ist von hervorragender Wichtigkeit, denn: Keimfreies Wasser spricht gegen unreine Zuflüsse.

Die localen Verhältnisse werden in den meisten Fällen einen Schluss erlauben, ob die temporär gute Bodenfiltration eine bleibend gute sein wird.

Eine Auskunft über die wichtige Frage, ob von oben oder von der Seite her Bakterien in den Brunnen eindringen, oder zu gewissen Zeiten eingedrungen sind, ergiebt die genaue Besichtigung des Brunnens und seiner Umgebung. Diese ist in der Weise anzustellen, dass zunächst nachgesehen wird, ob die Pumpe auf dem Brunnen steht. In einem solchen Falle liegt die Gefahr vor, dass neben dem Pumpenrohre direct Wasser in den Brunnen zurücklaufe. Wird Wäsche u. s. w. am Brunnen gespült, so kann auf diese Weise leicht eine Infection statthaben. Die Pumpe soll neben dem Brunnen stehen, und das Abwasser in wasserdichter Rinne rasch abgeleitet werden.

Der Brunnen sei durch Construction eines Gewölbes, oder durch einen Eisendeckel, welcher in einen mit Lehm ausgestrichenen Falz eingreift, oder durch Steinplatten mit Cementverbindung

wasserdicht eingedeckt. Empfehlenswerth ist es, den Brunnenkessel 0,25 m über das umgebende Erdreich hinaufzuführen und dann einzudecken.

Dringt von oben oder von der Seite her Wasser in den Brunnen hinein, so giebt sich das durch Tropfenfall oder durch schwarze, schlammige Flecken und Streifen zu erkennen.

Brunnen, welche nicht glatt in Cement gemauert, oder in Eisen construirt, oder mit einem ordentlichen Lehmschlag umgeben sind, Bedingungen, welche bei den wenigsten älteren Kesselbrunnen erfüllt sind, bieten keine Garantie, dass nicht Schmutzwasser von oben oder von der Seite her einfliesse.

Die Werthigkeit dieser Schmutzwässer ist jedoch eine verschiedene. Wenn die Brunnen weit abliegen von Infectionsquellen, z. B. auf freiem Felde oder inmitten eines grösseren Gartens, welcher mit menschlichen Fäcalien nicht gedüngt wird, dann werden eindringende Schmutzwässer wohl die Appetitlichkeit und Annehmlichkeit beeinträchtigen, sie werden aber eine Infectionsgefahr nicht bedingen können. In gleicher Weise wie bei den offenen Wässern ist also auch hier die Localität entscheidend für die Möglichkeit einer Infection.

Die Frage ist nun, wie gross muss die Entfernung von inficirten Localitäten sein, um bei undichten Brunnenwandungen die Infectionsgefahr als ausgeschlossen betrachten zu lassen. Generell lässt sich diese Frage nicht beantworten, denn die Bodenbeschaffenheit ist maassgebend. Ist das Erdreich von Rissen und Spalten durchsetzt, oder besteht es aus Schotter mit weiten, nicht verschlammten Porencanälen, und bewegt sich das Grundwasser lebhaft, dann muss die Entfernung schon recht gross sein, um eine Infectionsgefahr auszuschliessen, wie das Seite 523 angegebene Beispiel der Stadt Soest zeigt.

Ist indessen der Boden gleichmässig-feinporig und bewegt sich das Wasser im Boden langsam, dann genügt schon eine geringe Entfernung, z. B. 10 m, um das Eindringen von Bakterien von Abtrittsgruben, Düngerstätten und Aehnlichem aus zu verhindern.

Diese Entfernung von 10 m ist von Kurth[1]) für den bremischen Boden als ausreichend gefunden worden. In seiner höchst lehrreichen und wichtigen Arbeit, welche leider der zu weit vor-

[1]) Kurth, Zeitschr. f. Hygiene u. Infectionskrankheiten 19, 1. Ueber die gesundheitliche Beurtheilung der Brunnenwässer im bremischen Staatsgebiet, mit besonderer Berücksichtigung des Vorkommens von Ammoniumverbindungen und deren Umwandlungen.

geschrittenen Drucklegung wegen nicht gebührend berücksichtigt werden konnte, weist Kurth nach, dass in der Tiefe des Bodens des bremischen Staates grössere Mengen von Ammoniak vorhanden sind, welche, in höhere Schichten gebracht, in salpetrige Säure und Salpetersäure umgewandelt werden.

Als Erreger dieser Umsetzungen werden von ihm der Nitrobacter und Nitrosomonas (Winogradski) angesprochen, welche in der Grundwasserzone des Bodens bei Bremen enthalten sein sollen. Neben diesen Bakterien waren nach Kurth noch andere, nicht auf Fleischwasser —, aber auf Peptonkochsalzgelatine wachsende Bakterien vorhanden, welche zufällig in Brunnen gelangten und sich von dort aus in der Erde des Grundwasserbezirkes verbreitet haben sollen. Niemals vermochte der Autor, sofern ein Brunnen inficirt war und ein dicht daneben liegender nicht, in diesem zweiten Brunnen, auch wenn letzterer stark abgepumpt wurde, die Mikroben hinüberzuziehen, wenn die zwischengelagerte, gleichmässig-poröse Sandschicht 10 m stark war.

Ob das eindringende Grundwasser keimfrei ist, lässt sich bei Röhrenbrunnen, welche vom gesundheitlichen Standpunkte aus, weil besser geschützt, am meisten zu empfehlen sind, nach Desinfection des Brunnens und der Pumpe und folgendem ergiebigen Abpumpen durch die bakteriologische Prüfung des Wassers bestimmen.

Zuerst ist die Desinfection von Pumpen zum Zwecke der Vermeidung von Fehlern bei Bestimmung des Keimgehaltes von Kowalski bei Wiener-Neustadt versucht worden.

Der Autor schüttete Alkohol in die Brunnenrohre und flammte sie aus. Das Verfahren ist indessen wenig zweckmässig. Besser ist die von C. Fränkel angegebene Methode, welche auf S. 505 und 506 näher beschrieben ist.

Kesselbrunnen vollständig keimfrei zu machen gelingt selten. Muss man den Versuch machen, so pumpe man den Brunnen so weit als möglich leer, und bepinsele die Wandungen mit Kalkmilch (1 Liter pulverig gelöschten Fettkalkes in 3 Litern Wasser), dann gebe man zu je 100 Litern des Restes des Brunnenwassers, nachdem der Bodensatz, soweit er nicht hat ausgeschöpft werden können, aufgerührt ist, 0,25 Liter pulverigen gelöschten Kalkes hinzu. Tüchtiges Umrühren und nachträgliches Auspumpen des Kalkschlammes ist erforderlich.

Will man bei einem Kesselbrunnen über den Keimgehalt des Grundwassers Aufschluss haben, so treibt man in den Boden des stark abgepumpten und möglichst vom Schlamme befreiten Brunnens mindestens einen Meter tief ein Rohr ein, welches sorgfältig

desinficirt zur Probeentnahme dient. Man kann auch durch die Seitenwand des Brunnens oder von oben her neben dem Brunnen in die Grundwasserzone hineindringen.

Gruber (l. c. S. 429) macht mit Recht darauf aufmerksam, dass es bei der Probeentnahme nothwendig sei, so viel Wasser aus dem Kesselbrunnen zu entnehmen, als später bezogen werden soll, weil durch das Schöpfen die Grundwasserverhältnisse wesentlich — chemisch und bakteriologisch — verändert werden können. Im Uebrigen siehe das Capitel XV, C, die Entnahme der Wasserprobe.

Kommt es darauf an, zu erfahren, wie viel Mikroorganismen oder welche Arten in einem Brunnenwasser sind, so genügt die Entfernung des Wassers, welches in den Röhren gestanden hat, was durch ein vielleicht 10 Minuten dauerndes Abpumpen in auskömmlicher Weise erreicht wird.

XIII.

Die verschiedenen Arten der im Wasser vorkommenden Mikroorganismen.

In offenen Wässern können unter Umständen alle möglichen Bakterienarten vorkommen. Viele der zufällig in das Wasser gelangten Mikroorganismen werden indessen nach kurzer Zeit daraus wieder verschwinden, sei es dass sie zu Boden sinken bezw. niedergerissen werden oder dass sie absterben. Mit der Zeit vermindert sich die Artenzahl noch weiter, indem die Mikroorganismen, welche ihrer Natur nach im Wasser die günstigsten Lebensbedingungen finden, die übrigen Organismen mehr oder minder vollständig verdrängen.

Vom gesundheitlichen Standpunkte aus hat die Bestimmung der Arten in offenen Wässern geringen Werth, da alle offenen Wässer mit wenigen Ausnahmen — wie früher auseinandergesetzt worden ist — als verdächtig zu bezeichnen sind. Die Bestimmung der Arten kommt also nur dann in Frage, wenn pathogene Bakterien aufgesucht werden sollen, eine Aufgabe, worauf später zurückzukommen ist.

Bei den Brunnen liegt die Frage etwas anders. Von den bei ihrer Herstellung ursprünglich hinein gelangten Keimen werden ebenfalls nach einiger Zeit alle Arten bis auf die wenigen eigentlichen „Wasserbakterien“ verschwunden sein.

Gelangen jedoch unreine Zuflüsse in einen Brunnen, so tragen diese fortwährend neue Arten hinzu.

Vielfach besteht desshalb die Annahme, dass bei Brunnen wenige Arten für eine unverdächtige, viele Arten für eine verdächtige, auf unreinen Zuflüssen beruhende Herkunft der Bakterien sprächen.

Man darf hierbei von vornherein nicht unberücksichtigt lassen, dass temporäre Verunreinigungen, welche in grösseren Zwischen-

räumen eintreten, trotz der Artbestimmung der Beobachtung leicht entgehen, weil zu der Zeit der Probeentnahme und Untersuchung die fremden Bakterien schon wieder abgestorben sein können.

Ferner ist die Bestimmung der Artenzahl in einem Wasser gewöhnlich mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Die Strömungen im Brunnenwasser sind nicht stark; es werden sich also darin Anhäufungen von Bakterien bilden, welche aus wenigen Organismen derselben Art entstanden sind. Gelangt eine derartige Colonie in eine Probe, so wird man über den wahren Gehalt des Wassers an Bakterien und an Arten getäuscht. Weiter ist zu bedenken, dass wie im Wasser selbst, so auch auf den Nährgelatineplatten die selteneren Arten von der dominirenden Art unterdrückt werden; wenn viele Organismen einer Art auf der mit Wasser und Nährgelatine beschickten Platte zum Wachsthum kommen, so bleiben die Colonien der weniger zahlreichen Arten, wenn sie überhaupt sichtbar werden, klein und lassen ihre charakteristischen Merkmale nicht zu Tage treten. Hierzu kommt noch, dass gerade in denjenigen Fällen, wo Schmutzwasser oder unreines Grundwasser eindringt, die Zahl der Bakterien erheblich zu sein pflegt.

Bei den sogenannten Verdünnungsplatten, welche oft nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{100}$ ccm Wasser enthalten, fällt dieser Fehler allerdings fort, vorausgesetzt, dass die Verdünnung gross genug ist, dafür tritt aber wieder eine andere Fehlerquelle ein; sofern nämlich die Anzahl der Keime gering ist, kommen die unvermeidlichen Verunreinigungen, d. h. die bei den verschiedenen Manipulationen aufgefangenen Bakterien wesentlich in Betracht. Durchschnittlich rechnet man etwa sechs Colonien auf die Platte als durch Verunreinigung entstanden. Sind diese sechs Colonien verschieden, so zählt man fälschlich sechs weitere Arten, wodurch ein nicht unbedeutender Fehler bedingt wird. Derselbe lässt sich durch die später erläuterte Rollröhrchenmethode von v. Esmarch dann vermeiden, wenn wenig verflüssigende Bakterien im Wasser enthalten sind; finden sich mehrere, die Gelatine in grösserem Umkreise verflüssigende Keime, so sind die Rollröhrchen nicht wohl brauchbar.

Weiter kommt hinzu, dass einige Arten in der Nährgelatine sehr langsam wachsen, und leider enthält fast jedes Wasser verflüssigende Keime, welche also diese Arten nicht in die Erscheinung treten lassen. Sämmtliche anaërobe, und alle bei höherer Temperatur wachsende Arten bleiben auf den Gelatineplatten unsichtbar, und hierdurch entsteht ein Fehler, welcher wesentlich grösser ist, als der durch dieselben Verhältnisse bei der blossen

Keimzählung entstandene. In jedem Wasser finden sich nämlich immer eine oder mehrere dominirende, auf Gelatine gut wachsende Bakterienarten, sie beherrschen die Zahl, und ihnen gegenüber kommen die wenigen, nur bei Luftausschluss oder hoher Temperatur u. s. w. gedeihenden kaum in Betracht; ganz anders liegt das Verhältniss bei Zählung nach der Artenzahl, da hat jede Art nur eine einzige Nummer, und kommen z. B. von zehn auch nur drei nicht zur Entwickelung, so ändert sich dadurch das Bild vollkommen. Ausserdem ist absolut nicht klar gelegt, was der Ausdruck „viele" Arten bedeutet.

Der Einzige, welcher überhaupt eine Artenzahl fixirt hat, ist Migula gewesen. Er sagt: „Die Bakterien, welche auch in wirklich reinem Wasser in grösserer Menge vorkommen, beschränken sich auf sehr wenig Arten, und wo mehr als zehn Arten in einem Cubikcentimeter Wasser vorkommen, kann man annehmen, dass das Wasser in höherem oder geringerem Grade durch organische Substanzen verunreinigt ist".

„Man wird ganz allgemein die Wahrnehmung machen, dass überall da, wo anerkannte Fäulnissbakterien auftreten, auch die Zahl der vorhandenen Bakterienarten eine grössere ist, und je mehr Arten vorhanden sind, desto grösser wird im Allgemeinen auch die Verunreinigung des Wassers sein."

Der Autor stellt dann noch die bakteriologischen Befunde von 400 Brunnen zusammen und schliesst, da ein Achtel der ganzen Zahl über zehn Bakterienarten enthält, dass diese Wässer verunreinigt seien. Untersuchungen nach der chemischen Richtung hin, sowie Mittheilungen über die Oertlichkeit fehlen vollständig, und hierdurch allein schon wird dem Urtheil Migula's über seine 400 Brunnen jeder Boden entzogen, und die Behauptung, dass in wirklich reinen, d. h. der Infectionsgefahr nicht ausgesetzten Wässern nicht mehr als zehn Arten vorkommen, schwebt in der Luft. Man darf wohl annehmen, dass selbst in einem gut verwahrten, infectionssicheren Kesselbrunnen an den verschiedenen Stellen der Wandung und der Pumpe mehr als zehn Arten von Mikroben wachsen, welche bei Gelegenheit alle im Wasser in einer Anzahl von Exemplaren vertreten sein können.

Ferner ist in dem vorstehenden Ausspruch von „Verunreinigung durch organische Substanzen" die Rede, welche durch die Artenzahl bewiesen werden soll. Im Allgemeinen verfolgt aber die Bakteriologie des Trinkwassers den Zweck, nicht die Verunreinigung, sondern die Möglichkeit der Infection eines Wassers zu erweisen, und die Gegenwart der Bakterien so-

wohl als der organischen Substanz sind in dieser Beziehung gleichwerthig, d. h. sie sind Beweisstücke für oder gegen die Infectionsmöglichkeit — bezw. Wahrscheinlichkeit.

Des Nachweises der organischen Substanz durch die Bakterien bedarf es ausserdem nicht, dieser wird vielmehr ganz selbständig durch die chemische Untersuchung geliefert.

Was weiter die „anerkannten Fäulnissbakterien" betrifft, so ist zu bedenken, dass Fäulniss ein gar nicht zu definirender Begriff ist. Alle auf todtem, organischem Material lebenden Bakterien sind Zerleger dieses Materials, eine Grenze zu den Fäulnissbakterien hin ist gar nicht zu ziehen. Ausserdem sind die Mikroorganismen, welche man bei dem hauptsächlichsten Fäulnissprocess, der Fäulniss thierischer Gewebe, findet, fast ubiquitär. Legt man ein Stück keimfreien Fleisches in „reine" Luft, oder taucht es in „reines" Wasser, so ist es rettungslos dem Verderben verfallen. Ob die veranlassenden Mikroben sich im Wasser weiter entwickeln, hängt von Aeusserlichkeiten und Zufälligkeiten ab. Schon eine grössere Zahl abgestorbener Wasserbakterien giebt z. B. dem Proteus vulgaris, einem sehr häufig bei Fäulniss vorhandenen, fast überall vorkommenden Mikroben, genügendes Material zur Entwickelung; ein Holzstückchen, ein abgestorbenes Schimmelfädchen genügt zur üppigen Bakterienvegetation. (Vergl. auch S. 540.)

Von allen Bakterienarten kommt bezüglich des Nachweises der Infectionsgefahr — abgesehen von den pathogenen Keimen selbst — nur einer Gruppe eine grössere Bedeutung zu, nämlich denjenigen, welche sich gewöhnlich in Begleitung der pathogenen Bakterien befindet, das heisst den Mikroorganismen der Auswurfstoffe, also in erster Linie des Kothes.

Findet man sie in einem Wasser, gleichgültig, ob in einem offenen oder in einem anscheinend gut verwahrten, so wird man immer den Genuss dieses Wassers widerrathen. Aber man darf trotzdem nicht vergessen, dass die genauer studirten Fäcesbakterien zum Theil in der Natur weit verbreitet und vorzüglich geeignet sind, auch ausserhalb des Körpers zu leben und sich zu vermehren. Also nicht einmal diese Arten sind diagnostisch völlig einwandsfrei.

Betrachtet man die Gruppe genauer, so ist zunächst zuzugeben, dass gelegentlich die verschiedensten Arten von Bakterien in den Fäces sich finden. Häufig sind Heubacillen- und Proteusarten, indessen dürfte Niemand, wenn er sie im Wasser entdeckt, behaupten wollen, sie stammten aus den Fäces, weil sie überall, also auch in sicher unverdächtigen Wässern vorkommen. Der von

Miquel[1]) im Koth aufgefundene Bac. thermophylus wächst nicht bei Zimmertemperatur; der Bac. lactis erythrogenes ist von Baginski[2]) einmal im Stuhl eines Kindes gesehen worden. Die vier von Bienstock[3]) angegebenen Mikroben, der Bac. putrificus coli, Bac. subtilis similans I u. II, der Bac. pseudomurisepticus sind so ungenau beschrieben, dass, den Bac. putr. vielleicht ausgenommen, es schwer sein dürfte, sie wiederzufinden; das Bac. lactis aërogenes Escherich[4]) und das wahrscheinlich damit identische Bac. tholoeidum Gessner[5]) sind zwar im Duodenum und Dünndarm von Individuen, die Milch geniessen, zahlreich, dahingegen sind sie im Stuhl selbst nur selten vorhanden; der Bac. cavicida Brieger[6]) kommt ebenfalls nicht häufig vor.

Von der ganzen Gruppe der Kothbakterien bleibt somit, soweit sie auf Nährgelatine zum Wachsthum kommen, nur das Bac. coli commune, welches nicht selten in Reincultur oder mit nur wenig anderen Bakterien gemischt auf den aus Koth hergestellten Culturplatten erscheint und von welchem im nächsten Capitel ausführlicher die Rede sein wird. Aber auch dieses findet sich ausserhalb des menschlichen und thierischen Körpers ebenfalls, und zwar ganz ungemein häufig; schon wenig Stunden nach der Geburt gelangt es in den Darm jedes Menschen und einer grossen Reihe von Thierarten hinein. Zudem findet man es an den verschiedensten Orten und bei den verschiedensten Gelegenheiten. Selbst wenn also das Bac. coli com. im Wasser gefunden wird, so ist das noch kein Beweis für die Verunreinigung des Wassers mit Fäcalien.

Hiernach darf man von der Artenbestimmung zur Zeit wenig erwarten, und die Hoffnung, aus der Artenbestimmung einen grösseren Nutzen zu ziehen als aus der Zählung der Individuen, hat sich bis jetzt als trügerisch erwiesen.

Der Werth, der Nutzen der Bakteriologie für die Untersuchung des Wassers hat eine gewisse feste Grenze, über die wir auch durch die Artbestimmung nicht hinaus können. Die Bakteriologie kann uns, abgesehen von dem Nachweis von Krankheitskeimen, schliesslich nur ein Urtheil geben über die genügende oder ungenügende Filtration, darin liegt ihre Aufgabe und das ist ihre Grenze. Zur Bestimmung der Filtrationsleistung aber, natürlicher oder künstlicher, dient allein die Zahl der durchgetretenen Individuen und nicht die der Arten.

---

[1]) Eisenberg, Bakt. Diagnostik, Nr. 107. [2]) Das. Nr. 61. [3]) Das. Nr. 154, 158, 159, 287. [4]) Das. Nr. 289. [5]) Das. Nr. 290. [6]) Das. Nr. 292.

Selbstverständlich hat die Artbestimmung dann Werth, wenn es sich um den Nachweis specifischer Zersetzungen handelt. Soll z. B. der Einfluss des Wassers auf Bierwürze bestimmt werden, so tritt die Artbestimmung in ihr Recht; es kommt in solchen Fällen darauf an, die für die Würze schädlichen Keime, also „ihre pathogenen" Bakterien, zu finden, nur diese haben Interesse, die sonst gefundenen Arten sind auch da belanglos.

Aber aus der Anwesenheit von z. B. Eiweiss unter stinkender Fäulniss umsetzender Bakterien in einem Wasser auf seine hygienische Qualität zu schliessen, ist nicht gestattet, denn auch solche Zersetzungen einleitende Keime sind, wie eben gezeigt wurde, fast überall vorhanden.

Von Interesse kann es sein, die Bakterienflora zweier benachbarter Wässer, z. B. eines Fluss- und eines Brunnenwassers, mit einander zu vergleichen, um event. durch die Artenbestimmung einen Zusammenhang der Wässer zu construiren oder auszuschalten.

Im Allgemeinen aber ist vom hygienischen Standpunkte aus die Bestimmung der im Wasser aufgefundenen Arten mit ihren charakteristischen Eigenschaften nicht erforderlich.

Um indessen den besonderen Zwecken zu genügen und dem Wunsche derjenigen, welche sich über die Bakterienflora des Wassers zu orientiren wünschen, gerecht zu werden, seien die Hauptarbeiten über die Diagnostik der Bakterien des Wassers hierunter angegeben.

Bolton: Ueber das Verhalten verschiedener Bakterien im Trinkwasser. Zeitschrift für Hygiene, Bd. I, S. 76.

Adametz: Die Bakterien der Trink- und Nutzwässer. Heft I der Mittheilungen d. Oesterr. Versuchsstation für Brennerei und Mälzerei in Wien 1888.

Maschek: Bakteriologische Untersuchungen der Leitmeritzer Trinkwässer.

Breunig: Bakteriologische Untersuchung des Trinkwassers der Stadt Kiel. Dissert. Kiel 1888.

Tils: Bakteriologische Untersuchung der Freiburger Leitungswässer. Dissert. Freiburg 1890.

Tataroff: Die Dorpater Wasserbakterien. Dissert. Dorpat 1891.

Russell: Untersuchungen über im Golf von Neapel lebende Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene u. Inf., Bd. XI, S. 165.

G. u. P. Frankland: Ueber einige typische Mikroorganismen im Wasser und Boden. Zeitschr. f. Hyg., Bd. VI, S. 373.

Zimmermann: Die Bakterien unserer Trink- und Nutzwässer. Chemnitz 1891 u. 1893.

J. Eisenberg: Bakteriologische Diagnostik. Hamburg und Wien 1890.

A. Lustig: Diagnostik der Bakterien des Wassers. Jena 1893.

Ein gutes Quellenregister für die einzelnen Arten giebt Percy Frankland in den Proceedings of the R. Society. London 1892, July.

XIV.

Die pathogenen Mikroorganismen.

Von allen Bakterien, welche im Wasser vorkommen können, sind diejenigen die wichtigsten, welche Krankheiten zu erregen vermögen, die sog. pathogenen Bakterien.

Von vornherein ist nicht ausgeschlossen, dass unter gewissen Verhältnissen die Erreger der meisten Infectionskrankheiten im Wasser vorkommen und durch dasselbe weiter verbreitet werden. Zur Zeit dürfte es indessen sehr schwer sein, sie im Wasser nachzuweisen.

Leichter gelingt das bei den Erregern der Cholera, des Typhus und des Milzbrandes. Gerade Cholera und Typhus sind die beiden Krankheiten, welche nicht selten durch das Wasser weiter verbreitet werden, und eine sehr grosse Zahl von Wasseruntersuchungen wird vorzugsweise mit Rücksicht auf diese Krankheiten unternommen. Demgemäss müssen wir auch den Erregern derselben an dieser Stelle besondere Aufmerksamkeit schenken.

Was die Uebertragung der erwähnten Krankheitserreger in das Wasser anlangt, so wissen wir von der Cholera, dass sie an die Dejectionen der Cholerakranken, d. h. den Koth und das Erbrochene, gebunden ist, und dass die Erreger der Krankheit mit den Fäces in das Wasser gebracht werden, sei es, dass Koth direct in das Wasser oder am Rande desselben abgesetzt wird, sei es, dass eine nicht genügend filtrirende Erdschicht zwischen Abort und Wasserbezugsquelle sich befindet, oder dass Kommabacillen beim Waschen der mit Fäcalien besudelten Wäsche von Cholerakranken direct in die offenen Wässer und die undichten Brunnen übertragen werden u. s. f. Besondere Beachtung verdienen die Tagewässer und zumal das ablaufende Regenwasser, weil dadurch die ausserhalb der Häuser in Hofräumen, auf Düngerhaufen etc. ausgeschütteten oder abgesetzten Infectionserreger leicht in die zum Trink- und Hausgebrauch dienenden Wässer gespült werden.

Die Thatsache, dass nach Unwettern ein Ansteigen der Choleramorbidität stattfindet, ist schon von früher her bekannt; sie wurde von R. Koch in der zweiten Choleraconferenz nochmals hervorgehoben und durch die Untersuchungen der französischen Commission zur Erforschung der Cholera in Frankreich im Jahre 1884 wiederum bestätigt.

Auf ähnliche Weise können auch die Typhus- und Milzbrandbacillen mit den Abgängen erkrankter Menschen und Thiere in das Wasser gerathen. Für diese beiden pathogenen Keime sind indessen auch noch andere Möglichkeiten gegeben.

Typhus und Milzbrand sind in unseren Breiten endemisch und scheinen sich an gewissen Oertlichkeiten weiter entwickeln oder doch lange halten zu können. Irgend ein Zufall vermag also, lange Zeit nach geschehener Infection eines Ortes, von dort die Krankheitserreger in das Wasser zu tragen.

Im Allgemeinen ist das Wasser ein schlechter Nährboden für die pathogenen Mikroorganismen. Unter gewöhnlichen Verhältnissen scheinen sie sich darin weder bedeutend zu vermehren, noch sehr lange zu halten.

Einige diese Verhältnisse berührende Versuche sollen der Wichtigkeit des Gegenstandes wegen Erwähnung finden, wobei zu bemerken ist, dass bei den älteren Versuchen wenig Rücksicht auf die Belichtung genommen ist, die, wie wir Seite 575 gesehen haben, das Absterben der Bakterien wesentlich begünstigt.

Milzbrandbacillen, von Wolffhügel und Riedel[1]) in Wasser von 35° gesäet und gehalten, vermehrten sich von 5 bis 420 Bacillen in 2 bis 4 Tagen auf 16200 bis 34800, in Wasser von 7 bis 10° jedoch waren sie schon nach 2 Tagen bis auf ganz vereinzelte Exemplare abgestorben.

Meade Bolton[2]) brachte 7740 sporenfreie Milzbrandbacillen pro Cubikcentimeter in Leitungswasser und konnte bei + 20° nach 55 Stunden noch 332, nach 6 Tagen indessen keine lebensfähigen Keime mehr nachweisen; die bei 35° C. gehaltenen Proben aber waren schon nach 55 Stunden steril.

Das rasche Absterben des sporenlosen Milzbrandes im Londoner Leitungswasser haben nach Frankland's Angabe[3]) Crookes, Olding und Tidy ebenfalls nachgewiesen.

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 1886, Heft 1. Die Vermehrung der Bakterien im Wasser. Experimentelle Ermittelungen.

[2]) Ueber das Verhalten verschiedener Bakterienarten im Trinkwasser. Zeitschrift für Hygiene 1, 105.

[3]) The vitality of pathogenic. Microorganism in water. The Lancet, July 31, 1886.

Schon früher war bekannt (Koch), dass Milzbrandsporen sich sehr lange Zeit im Wasser halten können. Dieser Befund ist durch Meade Bolton bestätigt worden, welcher die Sporen noch nach fast einem Jahre lebensfähig fand.

Kraus[1]) stellte Untersuchungen an über das Verhalten von pathogenen Keimen in nicht sterilisirtem Wasser von 10,5°, welche Temperatur der der Brunnen entspricht. Seine Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

1. Typhusbacillen.

Wasserproben	Tage nach der Probeentnahme							
	1.	2.	3.	5.	7.	9.	20.	150.
	Typhusbacillen in 1 ccm Wasser.							
I. Wasser . .	57 960	50 400	15 680	9000	0	0	0	0
II. Wasser . .	57 000	50 840	32 643	8900	0	0	0	0
III. Wasser . .	56 000	35 910	10 010	7060	0	0	0	0
	Wasserbakterien pro 1 ccm Wasser.							
I. Wasser . .	0	0	0	80	288 000	400 000	970 000	1080
II. Wasser . .	0	0	490	Platten verflüssigt	300 000	427 000	unzählbar	1980
III. Wasser . .	0	0	280	500	256 000	Platten verflüssigt	456 000	1050

2. Koch'sche Vibrionen.

Wasserproben	Tage nach der Probeentnahme				
	1.	2.	4.	8.	135.
	Koch'sche Vibrionen in 1 ccm Wasser.				
I. Wasser	10 000	0	0	0	0
II. Wasser	8 700	0	0	0	0
III. Wasser	9 420	0	0	0	0
	Wasserbakterien pro 1 ccm Wasser.				
I. Wasser	30	400	70 000	1 400 000	2040
II. Wasser	80	900	85 000	unzählbar	8100
III. Wasser	250	2000	100 000	„	4100

[1]) Kraus, Ueber das Verhalten pathogener Bakterien im Trinkwasser. Archiv für Hygiene 6, Heft 4, S. 234.

3. Milzbrandbacillen.

Wasserproben	Tage nach der Probeentnahme				
	1.	2.	4.	8.	130.
Milzbrandbacillen in 1 ccm Wasser.					
I. Wasser	1150	900	0	0	0
II. Wasser	1050	1000	0	0	0
III. Wasser	1180	850	0	0	0
Wasserbakterien pro 1 ccm Wasser.					
I. Wasser	50	800	10 400	1 500 000	2100
II. Wasser	200	1000	9 700	unzählbar	7250
III. Wasser	800	2500	150 000	„	4240

Chemische Untersuchung der drei Wasserproben.

Bezeichnung	Abdampfrückstand	Chlor	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Sauerstoff zur Oxydation der organischen Substanzen
	Milligramme in 100 ccm					
I. Wasser Mangfallleitung . .	27,6	0,41	0,24	0	0	0,0365
II. Wasser Brunnen Findlingstrasse Nr. 36 . .	59,6	2,56	6,96	0	0	0,304
III. Wasser Brunnen hygienisches Institut München	56,0	2,56	0,26	0	Spur	0,620

Der sporenlose Milzbrand hielt sich in diesem Falle also mehr als zwei und weniger als vier Tage in nicht sterilisirtem Wasser.

Hueppe, wir und Karlinski erzielten bei sporenlosem Milzbrand gleiche Erfolge.

Nach Hochstetter[1]) blieben bei einer Temperatur von 11 bis 13° die sporenlosen Bacillen drei Tage lang nachweisbar, während

[1]) Hochstetter, Ueber Mikroorganismen im künstl. Selterswasser etc. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte. Bd. II.

Milzbrandsporen nach 154tägigem Aufenthalt im Wasser noch vollständig lebens- und infectionsfähig waren.

Uffelmann[1]) brachte Milzbrandsporen in Brunnenwasser, welches er bei Zimmertemperatur hielt, und fand sie nach drei Monaten noch lebensfähig.

De Giaxa sah, dass die Milzbrandbacillen und auch die Milzbrandsporen in Seewasser aus dem Golf von Neapel — seine Temperatur ist nicht angegeben — „in dem Wettkampfe mit den gemeinen Mikroorganismen überflügelt wurden und in längstens 24 Stunden zu Grunde gingen". Im sterilisirten Meerwasser, welches 350 und 50 m vor dem Einfluss eines Abwassercanals geschöpft war, vermehrten sich die eingeführten Stäbchen und Sporen reichlich und waren bisweilen noch nach 36 Tagen nachweisbar. Die in den Magen einiger Fische gebrachten Milzbrandbacillen und -sporen und, was gleich hier erwähnt sei, auch Cholerabacillen waren in wenigen Stunden abgestorben; nur zweimal kamen noch nach vier und fünf Stunden Aufenthaltes im Magen der Fische aus den Milzbrandsporen Colonien zur Entwickelung.

Sehr ausgedehnte und sehr correcte Versuche sind von P. Frankland und M. Ward[2]) angestellt. Die Forscher fanden, dass die Milzbrandbacillen in ein oder zwei Tagen abstarben, wenn dem (Themse-) Wasser keine organische Materie zugesetzt und die Temperatur nicht erhöht wurde. Sie halten es aber nicht für ausgeschlossen, dass der Milzbrand im Wasser unter gewissen Umständen Sporen bildet. Die Milzbrandsporen aber waren sehr widerstandsfähig, sie blieben im Wasser über sieben Monate lebendig und virulent, und zwar ohne bedeutende Zahlverminderung im sterilisirten Fluss- und Seewasser, dahingegen unter oft erheblicher Zahlverminderung im nicht sterilisirten Wasser; bei Kälte hielten sie sich länger als bei Wärme. Getödtet wurden die Sporen in kurzer Zeit, bis längstens in 151 Stunden, durch directes Sonnenlicht, während zerstreutes Tageslicht einen geringen ungünstigen Einfluss ausübte.

Bezüglich des Milzbrandes sind die Resultate somit eindeutig. Die Versuche ergeben, dass sporenloser Milzbrand sich nur wenige Tage im Wasser zu halten vermag, dass indessen Milzbrandsporen unter günstigen Umständen

[1]) Wiener medicinische Presse 1888, Nr. 37.

[2]) Proceedings of the Royal Society, Vol. LIII, p. 164. Second report to the R. Soc. Water research Committee. The vitality and virulence of Bac. anthracis and its spores in potable waters.

durch Monate hindurch im Wasser ihre Lebensfähigkeit bewahren.

Ueber die Ausdauer der Typhusbacillen im Wasser liegt eine Reihe sorgfältiger Versuche vor.

Einige Forscher hielten die Culturen, welche durch Mischen von Typhusbacillen mit sterilisirtem oder nicht sterilisirtem, mehr oder minder gehaltreichem Wasser hergestellt waren, bei einer Temperatur von etwa 10° C., als den Wärmegraden des gewöhnlichen Trinkwassers; andere hielten sie bei Zimmertemperatur, also bei 15 bis 20°, was ungefähr der Temperatur stehender, offener Gewässer in der Sommerzeit entsprechen dürfte; wieder andere brachten die Culturen in den Brütapparat, somit auf etwa 37° C.

Je nach den verschiedenen Versuchsanordnungen sind verschiedene Resultate erhalten worden.

Kraus (siehe die Tabelle) versetzte die Typhusbacillen unter die ungünstigsten Bedingungen, indem er sie in das sehr reine, nicht sterilisirte Mangfallwasser übertrug und darin bei 10,5° C. hielt; nach sieben Tagen waren die Typhuskeime verschwunden. Auch die Uebertragung und Züchtung in den gehaltreicheren Brunnenwässern war ohne Einfluss auf das Absterben. Hueppe wiederholte diese Versuche und gelangte zu ähnlichen Resultaten. Es fand ein langsames Absterben unter steter Zunahme der Wasserbakterien statt, gleichwohl waren am zehnten Tage in fünf von zehn Kölbchen noch vereinzelte Typhuskeime vorhanden, am fünfzehnten Tage indessen keine mehr.

Wolffhügel und Riedel mischten unfiltrirtem, sterilisirtem Pankewasser etwa 2000 Typhusbacillen pro Cubikcentimeter bei und liessen dann dasselbe bei 8° C. stehen; nach fünf Tagen waren die Bacillen um die Hälfte vermindert. Karlinsky[1]) sah die Typhusbacillen in den Innsbrucker Wässern, deren Temperatur 8° C. betrug, in sieben Tagen von 30000 auf 0 zurückgehen.

Holz[2]) inficirte Brunnenwasser und Grabenwasser, ohne es vorher zu sterilisiren, mit Typhusbacillen und hielt die Kölbchen bei 12° C. Der Nachweis gelang in dem ersteren noch nach 18, in dem letzteren nach 14 Tagen.

Karlinski[3]) brachte nach dem Vorgange von Kraus Typhusbacillen in einen Brunnen, welcher 680 Liter Wasser von 8,3 bis 11,0° enthielt. In 10000 Theilen des Wassers waren enthalten:

[1]) Arch. f. Hygiene 9, 113.
[2]) Zeitschrift f. Hygiene 8, 143.
[3]) Arch. f. Hygiene 9, 432 und 10, 464.

77 Theile Gesammtrückstand, 2,3 Chlor, 17 Salpetersäure, die organische Substanz verbrauchte 0,23 O. Die Keimzahl im Cubikcentimeter Wasser schwankte zwischen 930 und 1130.

Nach Zusatz von 5 Litern Bouillon, die 72 Millionen Typhusbacillen im Cubikcentimeter enthielt, stieg der Gehalt an festen Bestandtheilen und die Zahl der Wasserbakterien erheblich, dahingegen sank die Zahl der Typhusbacillen von 500000 in 24 Stunden auf 130000, in 48 Stunden auf 0; „typhusähnliche" Bacillen blieben bis zum elften Tage nachweisbar.

Als nicht Bouillon-, sondern abgestreifte Gelatineculturen eingebracht wurden, sank die Zahl von 5900 in vier Tagen auf 0, „typhusähnliche" Bacillen blieben bis zum fünften bezw. siebenten Tage. Bei der Schwierigkeit der exacten Typhusbacillendiagnose, die damals noch erheblich grösser war als jetzt, ist nicht unwahrscheinlich, dass unter den typhusähnlichen einige, wenn auch wenige Typhuscolonien enthalten gewesen seien.

Karlinski füllte später eine Cisterne mit Fluss- und Regenwasser und setzte Dejectionen hinzu, die im Cubikcentimeter gegen 700 Typhusbacillen enthalten haben sollen. In drei derartigen Versuchen konnten die Bacillen niemals länger als drei Tage hindurch nachgewiesen werden.

In zwei weiteren Versuchen wurden einmal täglich, das andere Mal viermal hinter einander in dreitägigen Zwischenräumen Typhusstühle in das Wasser geschüttet. Die nach kräftigem Umrühren entnommenen Proben liessen in der ersten Versuchsreihe nur bis zum zwölften Tage, trotzdem bis zum fünfzehnten Tage die Einführung der Typhusstühle stattfand, im zweiten ebenfalls nur bis zum zwölften Tage die specifischen Bacillen erkennen.

Karlinski ist der Ansicht, dass die nach der Einführung der Dejectionen in enormer Weise sich vermehrenden Saprophyten die Typhuserreger zerstören.

Bobrow[1]) stellte Untersuchungen an über die Lebensdauer von Cholera- und Typhusbacillen in einem Brunnenwasser von 0,5 bis 2,5° C. Unter Concurrenz der Wasserbakterien, welche etwa 15000 im Cubikcentimeter betrugen und während der Versuchszeit auf ungefähr gleicher Höhe blieben, sank in acht Tagen die Zahl der Typhuskeime von 143000 auf 0 herunter. Der stärkste Abfall, um 100000, trat am ersten Tage ein. Im sterilisirten Brunnenwasser ging die Zahl von $2^1/_4$ Millionen in zehn Tagen

[1]) Ueber das Verhalten einiger pathogener Mikroorganismen im Wasser. Dissertation. Dorpat 1893.

auf 0 herunter, im sterilisirten, destillirten, sonst in gleicher Weise behandelten Wasser sank in fünf Tagen die Zahl von $^1/_2$ Million bis auf 2.

Als Proben bei 14 bis 18° C. im Zimmer gehalten wurden, verschwanden aus dem nicht sterilisirten Wasser 143 000 Typhusbacillen im Cubikcentimeter in 9 Tagen, aus sterilisirtem Brunnenwasser $2^1/_4$ Millionen in 28 Tagen, aus sterilisirtem, destillirtem Wasser $4^1/_2$ Millionen in 11 Tagen.

P. Frankland[1]) sah, dass Typhusbacillen im unsterilisirten, unfiltrirten Themsewasser bei 6° und bei 19° nach 25 Tagen noch lebendig, nach 34 Tagen abgestorben waren, im unsterilisirten Wasser des Katrinesees (Schottland) waren sie bei 6° nach 17 Tagen noch nachweisbar, bei 19° nicht mehr.

Als P. Frankland die beiden Wasser durch Thonzellen keimfrei filtrirte, starben im Themsewasser die Typhusbacillen in 5 bezw. 12 Tagen, im Loch Katrinewasser bei beiden Temperaturen in 21 Tagen ab.

Hochstetter züchtete Typhuskeime bei 12 bis 15° in Selters-, destillirtem und Leitungswasser; dieselben waren in der Regel gegen den fünften Tag abgestorben, ohne dass ein Einfluss der Wasserart zu constatiren war.

Wolffhügel und Riedel benutzten zu zwei bei 16° ausgeführten Versuchen sterilisirtes, unfiltrirtes Pankewasser, dem sie in dem einen Falle die zehnfache Menge destillirten Wassers zugemischt hatten. In dem ersten Versuche stieg die Zahl der Typhuskeime in drei Tagen von 800 auf unzählige, im letzten von 112 in zwei Tagen auf 122 000, um nach weiteren acht Tagen auf 280 zu fallen. Nach Heraeus' Angabe hatten in unfiltrirtem Spreewasser bei 12° C. 12 000 Keime innerhalb 48 Stunden bis auf 87 000 zugenommen; bei den übrigen Versuchen sank die Menge der Bakterien stetig. Bei diesen Temperaturen scheint die Eigenart des Wassers von Bedeutung zu sein; denn nur in den unfiltrirten Wässern stieg die Zahl an.

Die ersten Experimente bei Zimmertemperatur wurden von Wolffhügel und Riedel angestellt, und zwar mit destillirtem, Brunnen- und Berliner Leitungswasser, wobei der Nachweis der Typhusbacillen zuweilen noch nach 32 Tagen gelang. Dabei zeigte sich, dass in einigen Fällen die Erreger des Typhus — in gleicher Weise wie die Kommabacillen — zuerst abnahmen, um dann zuzunehmen, worauf zuletzt wieder Abnahme folgte. Meade

[1]) Zeitschr. f. Hygiene u. Infectionskrankheiten 19, 393.

Bolton hielt die Typhusbacillen in sterilisirtem, destillirtem Wasser über zwei, in schlechtem Brunnenwasser vier bis sechs Wochen lebendig.

Die Zunahme der Typhusbacillen bei Zimmertemperatur, das heisst 15 bis 22° C., ist nicht constant, aber sicher beobachtet. Ausser von Wolffhügel und Riedel ist eine Vermehrung von Maschek und Hueppe angegeben; Arnold, welcher unter Hueppe's eigener Leitung die Versuche dieses Autors wiederholte, konnte nur Abnahme, keine Zunahme constatiren.

Die nämliche Beobachtung haben wir gemacht. Unter 12 Kölbchen, welche pro Cubikcentimeter gegen 12000 Typhuskeime enthielten, war bei einem am dritten Tage ein geringer, noch innerhalb der Versuchsfehlergrenze liegender Anstieg zu bemerken; in einem der Kölbchen, welche alle mit abgekochtem, von organischen Substanzen nahezu freiem Quellwasser gefüllt waren, wurden nach vier Wochen unter verunreinigenden Kokken noch etwa 30 Typhuskeime pro $^1/_2$ ccm gezählt, während in einem anderen Kölbchen schon am vierten Tage die Bacillen abgestorben waren. Seitz[1]) konnte gleichfalls eine längere Dauer der Bacillen des Typhus constatiren, jedoch giebt er über eine Vermehrung derselben nichts an.

Sehr günstige Resultate erzielte Maschek, welcher den verschiedenen, der Untersuchung unterworfenen, bei 18 bis 22° gehaltenen Wässern die Bacillen in 0,5 ccm Kochsalzlösung hinzusetzte. Am 10. Tage waren die Typhusbacillen in einem Kölbchen, am 40. in drei weiteren, am 60. im fünften und am 80. im sechsten abgestorben. Auch Chantemesse und Widal konnten die Bacillen drei Monate lang bei Zimmertemperatur im Wasser lebendig erhalten.

Hueppe brachte die Typhuserreger in nicht sterilisirtes Brunnenwasser. Bei 16 bis 20° C. zeigten sich in vier von zehn Versuchen nach fünf Tagen die Typhusbacillen abgestorben, in fünf weiteren lebten sie bis über den 10. und in einem Falle bis über den 30. Tag hinaus.

Wir lassen die Zahlen der zuletzt angegebenen Versuchsreihe schon desshalb folgen, weil sie darthun, wie leicht die Typhusbacillen bei der grossen Zahl von Bakterien übersehen werden können, welche sich in nicht sterilisirten Wässern finden, sofern dieselben mehrere Tage gestanden haben.

---

[1]) Bakteriologische Studien zur Typhusätiologie. München 1887, S. 33.

	sofort	1. Tag	5. Tag	10. Tag	20. Tag	30. Tag
Typhusbakterien . .	1600	760	95	96	70	70
Wasserbakterien . . .	720	12 000	160 000	259 000	700 000	500 000

Nach de Giaxa vermehrten sich (anscheinend bei Zimmertemperatur) die im sterilisirten Meerwasser gehaltenen Typhusbacillen, nachdem zunächst eine Abminderung stattgefunden hatte, und zwar um so mehr, je unreiner das Meerwasser war. In einem Falle wurden die Bacillen nach 14, im anderen Falle nach 25 Tagen noch in erheblichen Mengen nachgewiesen.

Bei Bluttemperatur, 37°, sind die Typhusbacillen nur selten gehalten. Wolffhügel und Riedel erzielten in dem verunreinigten Pankewasser, gleichgültig, ob es mit 90 Proc. destillirten Wassers verdünnt war oder nicht, eine Vermehrung. Heraeus erhielt bei unfiltrirtem Spreewasser das gleiche Resultat. Bei Bolton's Versuchen waren die Bacillen bei Brüttemperatur früher abgestorben als bei Zimmerwärme.

Ueberblicken wir die Resultate, welche die zahlreichen Versuche ergeben haben, so erhellt, dass selbst unter den ungünstigsten, bei den verschiedenen Untersuchungen innegehaltenen Bedingungen die Typhuskeime sich ungefähr eine Woche lang im Wasser zu halten vermochten. Unter günstigeren Verhältnissen trat zuweilen eine geringe Vermehrung ein; aber auch dann, wenn diese nicht statthatte, blieb eine Anzahl der eingebrachten Typhusbacillen des Oefteren Wochen lang, zuweilen sogar Monate hindurch entwickelungsfähig. Ein Einfluss der Qualität der Wässer machte sich in einigen Fällen dahin geltend, dass unreine Wässer der Vermehrung bezw. der Conservirung der Typhusbacillen günstiger waren.

Ueber die Lebensdauer der Cholerabacillen im Wasser liegen verschiedene Beobachtungen vor.

Der Bericht über die Thätigkeit der zur Erforschung der Cholera entsandten Commission enthält folgenden darauf bezüglichen Passus: „Ungleichmässig waren die Ergebnisse einiger Versuche, die Bacillen im sterilisirten Tank- oder Leitungswasser zu cultiviren. Während einige Male unter diesen Umständen eine unzweifelhafte Vermehrung der Bacillen stattfand, schienen sie in einigen Fällen bald abzusterben."

Die Fähigkeit der Cholerabacillen, sich unter günstigen Verhältnissen im Wasser zu halten, wird durch die Angabe S. 182 desselben Berichtes geliefert. Am 8. Februar 1884 wurden in dem Wassertank zu Saheb-Bagan in Calcutta Kommabacillen gefunden und blieben bis zum 23. Februar nachweisbar. Somit waren dieselben mindestens 14 Tage, wahrscheinlich aber viel länger, im Wasser lebensfähig geblieben, denn die erste Choleraerkrankung in Saheb-Bagan fiel auf den 2. Januar, die zweite auf den 10. Januar; von dieser Zeit an war also die Möglichkeit der Besiedelung des Wassers mit Kommabacillen der Cholera gegeben, allerdings hat auch eine wiederholte Neubesiedelung stattfinden können.

Nach Nicati und Rietsch[1]) hielten sich die Cholerabacillen im

sterilisirten destillirten Wasser . . .	20 Tage
Marseiller Canalwasser	38 „
Seewasser	64 „
Hafenwasser	81 „
Bilgewasser[2])	32 „

De Giaxa fand die Cholerabacillen im nicht sterilisirten Meerwasser nach 2 bis 4 Tagen auch dann abgestorben, wenn anfänglich eine Vermehrung stattgefunden hatte. Sie verschwanden um so eher, je mehr fremde Bakterien im Wasser waren. Im sterilisirten Seewasser vermehrten sich die Kommabacillen und hielten sich Wochen hindurch.

Koch[3]) erwähnt, dass die Kommabacillen, in Brunnenwasser übertragen, sich bis zu 30 Tagen nachweisen liessen. Im Berliner Canalwasser hielten sie sich nur 6 bis 7 Tage, mit Koth gemischt nur 27 Stunden und in Abtrittsjauche waren sie schon nach 12 Stunden nicht mehr zu entdecken. Es liegen jedoch jetzt eine Reihe von Beobachtungen vor, nach welchen sich Cholerabacillen Wochen, sogar Monate hindurch in den Fäcalien zu halten vermögen.

Babes[4]) fand die Cholerabacillen noch nach 7 Tagen im Seine- bezw. Berliner Leitungswasser lebend.

Wolffhügel und Riedel zeigten, dass bei einer Temperatur von 16 bis 20° C. die Cholerakeime sich nicht unwesentlich im

---

[1]) Nicati und Rietsch, Revue d'hygiène 1885, Nr. 5. Expériences sur la vitalité du bacille virgule cholérigène.

[2]) Bilgewasser ist das Schmutzwasser in den untersten Schiffsräumen, fälschlich nennt man dasselbe auch Kielwasser.

[3]) Conferenz zur Erörterung der Cholerafrage. Berliner klinische Wochenschrift 1885, Nr. 37 a und b.

[4]) Babes, Untersuchungen über R. Koch's Kommabacillus. Virchow's Archiv, 99, 1885.

sterilisirten Wasser vermehren. Sie konnten durch das Plattenverfahren noch nach sieben Monaten Cholerakeime darin nachweisen. Die bereits bezüglich der Typhusbacillen angeführte Erscheinung, dass die Zahl der eingesäeten Keime in den ersten Tagen auffällig abnimmt, um dann erst zuzunehmen, trat bei den Cholerabacillen gleichfalls in mehreren Proben auf.

Frankland[1]) bestätigte diese Beobachtung durch einschlägige Versuche und spricht die Ansicht aus, dass alle Mikroorganismen, welche nicht natürliche Wasserbewohner seien, sich analog verhalten.

Als die Cholerabacillen von Wolffhügel und Riedel in nicht steriles Wasser gebracht wurden, unterlagen sie selbst bei Zimmertemperatur in wenigen Tagen, und nur in vereinzelten Fällen wurden Bacillen am 10. und 20. Tage noch lebend gefunden.

Hueppe verwendete ebenfalls nicht sterilisirtes Wasser, am nächsten Tage waren in 8 von 10 Kölbchen die Cholerabacillen abgestorben, in je einem waren sie nach 5 und 10 Tagen noch nachweisbar. Maschek arbeitete mit sterilisirtem, destillirtem Wasser und mit sterilisirtem Brunnenwasser; im ersteren, welchem er $^1/_2$ ccm Kochsalzlösung zugesetzt hatte, liessen sich 40 Tage hindurch Cholerabacillen nachweisen; im letzteren zeigten sie sich in einem Kölbchen bis zum 20., im zweiten bis zum 25., in zwei weiteren bis zum 40., im letzten bis zum 60. Tage. Der Kochsalzgehalt hat bei Maschek's Versuchen entschieden einen günstigen Einfluss ausgeübt.

Nach Hochstetter starben die Mikroorganismen der Cholera in destillirtem Wasser in 5 von 7 Versuchen innerhalb 24 Stunden ab, in einem Falle waren sie noch nach Ablauf eines Tages, in einem anderen noch nach sieben Tagen nachweisbar. Dagegen hielten sich die Cholerakeime im sterilisirten Berliner Leitungswasser sehr lange, trotzdem bei einigen Versuchen fremde Mikroorganismen eingedrungen waren. Die längste, constatirte Lebensdauer betrug 392 Tage.

Kruse[2]) impfte 18 Breslauer Brunnenwässer und hielt die Halbliterflaschen dunkel bei 16° C.; nach zwei Wochen waren noch in neun, nach 4 Wochen noch in drei Flaschen lebende Cholerabacillen nachweisbar. Je grösser die Einsaat war, um so länger hielten sich die Bacillen.

---

[1]) P. Frankland, On the multiplication of microorganisms. Proceedings of the Royal Society 1880, Vol. 40, p. 541.

[2]) Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurtheilung des Wassers. Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. 17, 29.

Alle die erwähnten Experimente beziehen sich auf Wasser, welches bei Zimmertemperatur gestanden hat. Die Resultate wurden ungünstiger, als man die Cholerabacillen in Wasser von Brunnentemperatur brachte.

Wie die Tabelle auf Seite 633 ersehen lässt, waren bei den Versuchen von Kraus die Bacillen schon nach 24 Stunden abgestorben.

Drei von uns mit Quellwasser angestellte Versuche lieferten bei 11,5° dasselbe Resultat. In sechs von Hueppe mit Wiesbadener Leitungswasser angestellten Versuchen waren am dritten Tage alle Cholerakeime abgestorben, in fünf anderen Kölbchen konnten die Cholerabacillen zu derselben Zeit noch aufgefunden werden, wenn auch bereits eine bedeutende Verminderung der Keimzahl stattgefunden hatte; in dem sechsten Fläschchen hielten sich entwickelungsfähige Keime bis zum zehnten Tage. Bei Brunnenwasser von 10° waren nur in einem von acht Versuchen am zwanzigsten Tage einige Cholerabacillen entwickelungsfähig geblieben, bei den sieben übrigen Versuchen waren nach den ersten zwei bis drei Tagen die Bacillen aus dem Wasser verschwunden. Bei Karlinsky's Versuchen war die längste Lebensdauer der Cholerabacillen, welche in den Innsbrucker Quellwässern bei 8° C. gehalten wurden, drei Tage.

Nach Bobrow's Untersuchungen schwanden aus nicht sterilisirtem Brunnenwasser von 1 bis 2° C. 21000 Choleramikroben in 24 Stunden, im sterilisirten Brunnenwasser gleicher Temperatur sank die Zahl von $1^1/_2$ Millionen in fünf Tagen auf 0; im sterilisirten, destillirten Wasser bei 1 bis 2° C. von 13900 in 15 Stunden auf 450, in 39 Stunden auf 0. Ein zweiter Versuch, bei welchem die Kolben bei 14 bis 18° C. aufgestellt wurden, zeigte, dass die Cholerabacillen aus sterilisirtem, destillirtem Wasser schon nach 13 Stunden, aus sterilisirtem Brunnenwasser aber erst nach 12 Tagen verschwunden waren.

Rob. Koch[1]) giebt an, dass am 31. Januar 1893 in einem Altonaer Brunnen Cholerabakterien gefunden wurden. Ein Liter dieses Brunnenwassers wurde bei 3 bis 5° C. aufgehoben und von Zeit zu Zeit auf Cholerabacillen geprüft. Sie konnten 18 Tage lang nachgewiesen werden, während dem Brunnen selbst entnommene Proben keine Cholerabakterien mehr aufwiesen.

Können sich hiernach auch die Bakterien längere Zeit im kühlen Brunnenwasser halten, so erscheint im Allgemeinen eine

---

[1]) Die Cholera in Deutschland während des Winters 1892/93. Zeitschr. f. Hygiene und Infectionskrankheiten 15, 120.

Vermehrung unter diesen Umständen ausgeschlossen; Fischer[1]) hielt Choleraculturen bei 6 bis 7° C. in Bouillon, ohne dass er ein Auswachsen der Bacillen constatiren konnte, während bei 9° C. ein Wachsthum auf Gelatine durch mikroskopische Beobachtung erkennbar war.

Nach Uffelmann[2]) hielten sich in dem ziemlich stark verunreinigten Hafenwasser von Rostock die Cholerabacillen bei Zimmertemperatur 2 Tage lang, bei 10° C. 5 Tage, im Wasser der Oberwarnow blieben sie bei Zimmertemperatur 2 Tage, bei 10° C. 6 Tage lebendig; bei 4 bis 7° C. konnten sie im Wasser der Oberwarnow wenigstens 20 Tage, im Leitungswasser (aus der Oberwarnow filtrirt) mindestens 23 Tage, im Sielwasser mindestens 7 Tage lang nachgewiesen werden.

Diese Versuche in Verbindung mit den Winterepidemien in Nietleben und Altona mit ihren positiven Bacillenbefunden beweisen deutlich, dass die Cholerabacillen im kalten Wasser schwer absterben, sich vielmehr in demselben anscheinend besser conserviren als in dem wärmeren, vielleicht weil sie der Concurrenz mit den Wasserbakterien, die sich ebenfalls in einer Art Kältestarre befinden, nicht ausgesetzt sind.

Ueber die Ausdauer der Kommabacillen im Eise selbst haben Uffelmann, Weiss und Renk Versuche angestellt und hat Koch Beobachtungen gemacht.

Zur Zeit der Epidemie in Nietleben (Koch, l. c. S. 158) Mitte bis Ende Januar 1893 kamen in Cröllwitz, 2 km, Trotha, 5 km, Lettin, 6 bis 7 km, und Wettin, 20 km von Halle-Nietleben entfernt, Cholerafälle vor, welche auf den Genuss von Saalewasser zurückgeführt werden mussten. Zu jener Zeit betrug die Lufttemperatur während der Nacht mehrmals — 20° C., die Saale war mit Eis bedeckt, und trotzdem hielten sich Cholerabacillen in ihr lebendig.

Die in und bei Nietleben gemachten Befunde (Seite 465) beweisen ebenfalls, dass der Cholerabacillus in eiskaltem Wasser unter Schnee und Eis existiren kann.

Uffelmann[3]) liess Wasser, welchem Cholerabacillen beigegeben waren, im Reagensröhrchen gefrieren, täglich thaute er nur so viel Tropfen auf, als gerade zur Untersuchung nothwendig waren. Trotz

---

[1]) Ueber einige bemerkenswerthe Befunde bei der Untersuchung choleraverdächtigen Materials. Deutsche med. Wochenschrift 1893, Nr. 23 ff.

[2]) Berl. klin. Wochenschr. 1892, S. 1210 und 1893, S. 916.

[3]) Weitere Beiträge zur Biologie des Cholerabacillus. II. Einfluss der Kälte auf seine Lebensfähigkeit. Berliner klinische Wochenschr. 1893, Nr. 7, S. 158.

einer Kälte, die in der Nacht bis —24,8° C. betrug, hielten sich die Choleramikroben drei bis fünf Tage lebendig.

Renk[1]) ordnete seine Versuche ähnlich an wie Uffelmann, nur thaute Renk die ganze $^3/_4$ bis $1^1/_2$ Liter betragende Masse auf, ehe er Proben entnahm. In einem Versuche waren die Cholerabacillen bei 9,6° C. Kälte in 39 Stunden abgestorben. In einem zweiten Versuche wurde eine aus Viehsalz und Eisstückchen hergestellte Kältemischung benutzt; nach drei Tagen waren alle Kommabacillen zu Grunde gegangen. In einem dritten Experiment wurde zuerst mit einer Kälte von — 7° C., als der Inhalt der Flaschen nach zwei Stunden vollständig gefroren war, mit — 2° C. und am dritten Tage mit — 0,5° C. gearbeitet. Nach 24 Stunden waren 1 500 000 Kommabacillen bis auf 12 000 bis 14 000, nach drei Tagen waren alle bis auf vereinzelte Exemplare verschwunden. In dem vierten Versuche sank die Zahl von 1 Mill. Cholerakeimen in 24 Stunden auf 24 400; nach vier Tagen waren alle abgestorben; in diesem und dem folgenden Versuche war die Temperatur wenig unter 0° C. gehalten worden. Im letzten Versuche zeigte sich, dass nach fünf Tagen ununterbrochener Frostwirkung alle Cholerabacillen getödtet waren, dass aber die Abtödtung erst nach sechs bis sieben Tagen eintrat, wenn die Frostwirkung täglich unterbrochen wurde. Die Einsaat hatte $1^1/_2$ Mill. auf den Cubikcentimeter betragen.

Weiss[2]) brachte Röhrchen mit Cholerabacillen, die in Wasser, Bouillon oder Cholerakoth suspendirt waren, in Kältemischungen hinein. Die Temperatur blieb einige Male mehrere Tage lang unter 0° C., andere Male aber hob sie sich im Verlaufe jedes Tages wieder bis über den Nullpunkt. Im Wasser hielten sich die Bacillen längstens 7 Tage, in Bouillon 21 Tage, in wenig Bouillon und Wasser 5 Tage, und im Cholerakoth nur 3 Tage.

Aus der Reihe aller dieser Versuche folgt, dass die Cholerakeime sich im Wasser sehr verschieden verhalten. Sie gehen darin häufig in kürzester Zeit zu Grunde, halten sich darin in anderen Fällen bei 0° mindestens mehrere Tage, bei 10° Wochen und bei 20° Monate hindurch, und zwar zuweilen selbst dann, wenn andere Organismen zugleich in grösserer Zahl zugegen sind.

Neben den vorstehend angegebenen, hauptsächlich experimentellen Untersuchungen stehen die früher bereits erwähnten

---

[1]) Ueber das Verhalten der Cholerabacillen im Eise. Fortschritte der Medicin 1893, Nr. 10, S. 396.

[2]) Zeitschr. f. Hygiene 18, 442.

Beobachtungen, wo man Cholerabacillen in Wassergefässen, Reservoiren, in Brunnen, Bächen und Flüssen aufgefunden und zum Theil sogar längere Zeit beobachtet hat. Sie zwingen zu dem Schluss, dass die Cholerabacillen noch häufiger im Wasser vorkommen und sich länger darin zu halten vermögen, als aus den Resultaten der Experimente allein hervorzugehen scheint.

Im Allgemeinen erwies sich das destillirte Wasser als am wenigsten zuträglich für die Cholerabacillen, meistens starben darin die Keime sofort, einmal indessen blieben sie drei Wochen (Nicati und Rietsch), ein anderes Mal sogar sieben Wochen (Maschek) am Leben. In dem letzteren Falle war dem Wasser etwas Kochsalzlösung hinzugesetzt.

In notorisch schlechtem Wasser, See-, Hafen-, Canalwasser (siehe z. B. die Versuche von Nicati und Rietsch) war die Lebensfähigkeit eine erhöhte. Diese Erscheinung passt zu den Angaben von Bolton, welcher erst bei einem Gehalt von etwa 40 Theilen organischer Substanz auf 100000 Theile Wasser Vermehrung constatiren konnte.

Ueber den Einfluss der Salze liegt eine Beobachtung von Dahmen[1]) vor, welcher fand, dass ein Zusatz von 1 Proc. krystallisirter Soda die neutrale Nährgelatine in hervorragendem Maasse zur Anzucht der Cholerabacillen geeignet mache. Weiter zeigte Aufrecht-Magdeburg[2]), dass eine Nährgelatine, mit Elbwasser hergestellt, in gleicher Weise wie 1 Proc. Soda wirkte. Hueppe führte aus, dass durch den hohen Kochsalzgehalt des Elbwassers bei Hamburg im August 1892 — bis zu 814 mg im Liter — sowie durch das in Folge der hohen Wassertemperatur (22°) bedingte Absterben mancher Wasserorganismen für die Erhaltung der Cholerabacillen im Elbwasser, in der Hamburger Leitung und den Hausreservoiren sehr günstige Bedingungen geschaffen worden seien.

Einen werthvollen Beitrag zu der Einwirkung von Salzen auf das Wachsthum von Cholerabacillen im Wasser lieferte Trenkmann[3]).

Er setzte zu 10 ccm Brunnenwasser eine durch die Plattencultur sofort bestimmte Anzahl Cholerabakterien und fügte einzelnen Röhrchen Salze hinzu. Sämmtliche Proben standen bei 21 bis 22° C.

---

[1]) Centralblatt f. Bakt. und Parasitenk. 12, Nr. 18.
[2]) Centralblatt f. Bakt. und Parasitenk. 13, Nr. 11/12.
[3]) Centralblatt f. Bakt. und Parasitenk. 13, Nr. 10.

Auf den Controlplatten fanden sich etwa 1600 Cholerabakterien.

Nach 24 Stunden waren enthalten in

10 ccm sterilen Brunnenwassers		580	Cholerabac.
„ „ + 1 pro Mille	Chlornatrium . . .	9 240	„
„ „ + 1 „ „	salpetrigs. Natrium .	17 600	„
„ „ + 1 „ „	salpeters. Natrium . .	20 940	„
„ „ + 1 „ „	kohlens. Natrium . .	31 000	„
„ „ + 1 „ „	Dinatriumphosphat .	6 540	„
„ „ + 0,6 Proc.	Chlornatrium + 0,3 kohlens. Natrium .	54 720	„
„ „ + 1 pro Mille	Chlorkalium	43 320	„
„ „ + 1 „ „	salpeters. Kalium . .	22 740	„
„ „ nicht ster. Brunnenwassers . . .	216 Cholerabac.	19 300	Saprophyten
„ „ + 1 pro Mille Chlornatrium . . .	10 000 „	32 400	„
„ „ + 1 pro Mille Chlornatrium + 1 pro Mille Schwefelnatr.	28 100 „	2 160	„

Als 10 ccm nicht sterilen Brunnenwassers + 0,6 pro Mille Chlornatrium + 0,3 pro Mille kohlensaures Natrium + 0,6 pro Mille Schwefelnatrium inficirt und bei 10 bis 12,5° C. gehalten wurden, fanden sich nach 24 Stunden 108 Cholera- und 54 andere Colonien, nach 4 Tagen 162 und 13 700; nach 7 Tagen waren die Cholerabacillen verschwunden. Bei 12,5 bis 16,0° C. hielten sich die Cholerabakterien in ähnlicher nicht steriler Lösung 9 Tage, während sie in dem nicht sterilisirten Brunnenwasser schon nach 2 Tagen abgestorben waren.

Klett[1]) setzte zu filtrirter Berliner Canaljauche Leitungswasser im Verhältniss von 1 Theil Jauche zu 5, 50, 100, 500, 1000 und 4000 Theilen Wasser und impfte mit Typhus- und Cholerabacillen. Nach vier Tagen waren noch überall Typhuskeime vorhanden, eine allmähliche Abnahme, dem Grade der Verdünnung entsprechend, liess sich nicht nachweisen; Cholerabacillen waren nach 24 Stunden in allen bei 16° C. gehaltenen Proben vorhanden, nach 48 Stunden noch in den Mischungen 1:5, 1:10, 1:50, nach vier Tagen waren sie auch dort verschwunden.

Kruse[2]) brachte die gleiche Menge Cholerabacillen in keimfrei filtrirtes, chemisch schlechtes, und auf die Hälfte concentrirtes,

---

[1]) Die Frage der Flussverunreinigung. Dissertation. Berlin 1893.

[2]) Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankheiten 17, 31.

sodann in dasselbe aber nur filtrirte und zuletzt in das nicht filtrirte Brunnenwasser hinein. In der ersten Probe begann sowohl bei 22° als bei 37° unmittelbar nach der Einsaat das Wachsthum. Im einfach filtrirten Wasser machte sich bei 22° zuerst eine deutliche Verminderung und dann erst eine Vermehrung der Keime geltend, bei 37° begann sofort eine langsame Vermehrung. Im unfiltrirten Wasser trat bei beiden Temperaturen sofort eine stetige Verminderung der eingesäeten Cholerabacillen ein, während die im Wasser vorhandenen Saprophyten sich üppig vermehrten. Als ähnliche Experimente mit dem chemisch sehr reinen Leitungswasser angestellt wurden, fand überall bei beiden Temperaturen ein rasches und stetiges Absterben der Choleramikroben statt.

Nach diesen Untersuchungen lässt sich der Einfluss der organischen und anorganischen Stoffe im Wasser auf die Cholerabacillen nicht verkennen: gehaltreiche Wässer sind den Mikroben der Cholera förderlich.

Ferner ist in Rücksicht zu ziehen, dass die Choleramikroben wohl niemals ohne alle Beimischung in das Wasser gelangen. Sie kommen dorthin mit Schmutzwasser, oft sogar mit Fäcalien; sie befinden sich also entweder in einer mehr oder minder guten Nährlösung oder doch in der Nähe von Nahrungscentren. Die erstere kann in stagnirendem Wasser recht lange concentrirt bleiben, während sie in fliessendem Wasser allerdings bald verdünnt werden dürfte. Die Nahrungscentren bleiben jedoch auch dort bestehen, und diesen ist gerade für die Cholera eine hohe Bedeutung zuzusprechen. Die Kommabacillen haben das Bestreben, sich an feste Punkte anzuschliessen; die im Wasser vorhandenen oder an der Oberfläche schwimmenden Partikel, die abgestorbenen Pflanzentheile des Ufers, die modrigen Holzschichten des Pumpenrohres bilden solche Punkte für die Kommabacillen; dort vermögen sie sich vielleicht zu vermehren oder doch einige Zeit zu halten, während sie im freien Wasser einem rascheren Absterben entgegen gehen.

Aber alle diese Momente genügen nicht, um die auffallenden Unterschiede im Wachsthum und in der Dauerhaftigkeit der Cholerakeime im Wasser zu erklären. Wahrscheinlich spielt die den einzelnen Keimen innewohnende Lebensenergie in dieser Beziehung eine hervorragende Rolle. Aus einer grossen Reihe von Beobachtungen darf man folgern, dass ein Mikroorganismus, welcher längere Zeit ausserhalb des Thierkörpers gezüchtet ist, seine Infectionskraft und seine Wachsthumsfähigkeit in mehr oder minder hohem Grade, ja vollständig verlieren kann. Für die Cholera führt Frankland ein Beispiel von geringer Ausdauer an: Eine

auf Gelatine gewachsene ältere Cultur ging zu Grunde, als sie in Wasser übertragen wurde, sie wuchs aber nach dem Einimpfen in Bouillon zu kräftigen Bacillen aus, welche sich nun im Wasser zu halten vermochten.

Dass viele Cholerabacillen reines Wasser nicht als zuträglich empfinden, zeigt ihre oft sehr starke Abnahme in den ersten Tagen. Man bekommt den Eindruck, als ob ein Desinfectionsmittel auf die Cholerakeime eingewirkt hätte. Nur die kräftigsten Bacillen überstehen den Eingriff und wachsen dann unter sonst günstigen Bedingungen in den nächsten Tagen zu neuen zahlreichen Individuen aus.

Man hat der Concurrenz ein grosses Gewicht beigelegt und behauptet, „Fäulnisskeime", Saprophyten überwucherten die Cholera-erreger. Gewiss wird das in manchen, vielleicht in vielen Fällen vorkommen, in anderen jedoch nicht. Ausser vielen sonstigen Umständen, welche in Rücksicht zu ziehen sind, ist auch die Art der Saprophyten von Belang. Nach dieser Richtung hin hat die Giaxa[1]) Versuche angestellt, die indessen noch nicht ausgedehnt und eindeutig genug sind, um hier näher darauf einzugehen. Während z. B. die Kommabacillen von den nach Hauser so benannten Proteusarten in kürzester Zeit überwuchert und unterdrückt werden sollen, vermögen sie neben einigen Kokken, Schimmel- und Hefearten sehr wohl weiter zu existiren. Auch die frühere Annahme, dass Fäulniss als solche die Cholerakeime rasch zum Absterben bringt, dürfte nicht immer zutreffen. Jedenfalls konnten Schottelius, Gruber und Andere in bereits mehrere Tage altem, flüssigem, „faulendem" Koth eine Vermehrung der Choleravibrionen nachweisen.

Da man nach den vorstehenden Erläuterungen durchaus nicht immer auf ein schnelles Absterben der Cholerabacillen rechnen darf, und da ausserdem stets die für die pathogenen Bakterien günstigsten Bedingungen vorauszusetzen sind, so erhellt, dass die Cholerakeime bei Wasseruntersuchungen gegebenen Falles die ernsteste Beachtung verdienen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, erscheint es zweckmässig, nicht an dieser Stelle, sondern später, wenn von dem Nachweis der pathogenen Keime im Wasser die Rede ist, auf die sonstigen morphologischen und biologischen Verhältnisse der Infectionserreger einzugehen.

[1]) Zeitschrift f. Hygiene 6, 204. Ueber das Verhalten einiger pathogener Mikroorganismen im Meerwasser.

Ueber die Veränderungen, welche die pathogenen Bacillen im Wasser erleiden, über die Art ihres Zerfalles berichtet C. Braem[1]). Die Milzbrandbacillen färben sich, wenn sie länger als 48 Stunden im Wasser gelegen haben, weniger dunkel, oder sie bekommen kleine, nicht färbbare Lücken, „Vacuolen"; die Färbung nach Gram-Günther mit Pikrocarminvorfärbung lässt zunächst einen körnigen Zerfall des Zellprotoplasmas erkennen, dann verschwindet allmählich die violette Färbung und die todten Stäbchen färben sich rosa, und zwar um so schwächer, je länger sie im Wasser verweilt haben. Inzwischen haben die Stäbchen auch im Längs- und Querdurchmesser zugenommen, oft verschwinden die scharfen Ecken, und die ursprünglich geraden Begrenzungslinien sind bogenförmig geworden.

Die Cholerabacillen verdicken und verlängern sich im Wasser, werden plumper, verlieren oft die Krümmung und werden zu kurzovalen, sogar zu fast kugeligen Elementen. Ihre Contouren werden immer undeutlicher. Die Färbbarkeit nimmt mehr und mehr ab, bis sie zuletzt ganz verschwindet.

Aehnlich verhalten sich die Typhusbacillen. In dem Maasse, wie sie aufquellen, verlieren sie an Färbbarkeit, bis zuletzt verschwommene, blasse Gebilde übrig bleiben.

Bei allen drei Mikroorganismen fanden sich auch nach langer Zeit noch eine Reihe von Individuen, welche weder in der Form, noch in der Farbe von den lebenden abwichen. Die Cultur allein bewies, dass auch diese Mikroben abgestorben waren.

---

[1]) Untersuchungen über die Degenerationserscheinungen pathogener Bakterien im destillirten Wasser. Königsberg 1889.

XV.

Der mikroskopische und bakteriologische Nachweis der Mikroorganismen im Wasser.

Zum Nachweis der Bakterien im Wasser und zur Bestimmung ihrer Zahl dienen die mikroskopische Untersuchung und die Cultur in Nährgelatine, welche auf Glasplatten oder in Reagensröhrchen ausgebreitet wird. Um die Art der Mikroorganismen sicher zu erkennen, bedarf man unter Umständen noch einiger anderer Verfahren, nämlich der Stichcultur, der Cultur in Bouillon, in Milch, Nährsalzlösung, Zuckergelatine und Peptonwasser, auf Kartoffeln, auf Agargallerte, auf Fleischbrei, auf Blutserum, der Indolreaction und zuletzt des Thierexperimentes.

A. Verzeichniss der zur mikroskopischen und bakteriologischen Wasseruntersuchung erforderlichen Gegenstände[1]).

a) Für die Entnahme und den Transport.

Sterilisirte Erlenmeyer'sche Kölbchen, Flaschen, oder grössere Reagensgläschen mit Watteverschluss und Gummikappen.

Ein Thermometer.

Eventuell der eine oder der andere der Seite 674 bis 678 angegebenen Apparate zur Entnahme aus mehr oder minder grosser Wassertiefe.

Reagensröhrchen bezw. Ballons mit Spitze oder Hals, zum Zuschmelzen für weiteren Transport.

Ein Gefäss mit Eis, für die Kölbchen, Röhrchen oder Ballons, wenn die Untersuchung nicht sehr bald der Entnahme folgt (S. 679).

Gummirte Etiquetten und Oelstift.

[1]) Die gesperrt gedruckten Gegenstände sind unbedingt erforderlich.

b) Für die mikroskopische Untersuchung.

Ein Mikroskop mit mindestens einem schwachen und einem starken Ocular, einem schwachen Trockensystem und einem System für homogene (Oel-) Immersion, einem Abbeschen Beleuchtungsapparat, mehreren Blenden und dem für die Immersion erforderlichen Oel.

(Das Verhältniss der Oculare und Objective sei derartig, dass Trockensystem und starkes Ocular eine 80- bis 120-fache, Immersionssystem und schwaches Ocular eine ungefähr 500fache Vergrösserung bewirken.)

Gewöhnliche und hohle Objectträger.

Deckgläschen.

Drei Platinnadeln, zwei davon sind 6 cm lange, dünne, in Glasstäbe eingelassene Platindrähte; die dritte wird hergestellt aus einem 0,2 mm starken Platindraht, der in der Flamme möglichst fein ausgezogen, und etwa 1 bis $1^1/_2$ cm lang in einen dünnen Glasstab eingeschmolzen ist (Schiller).

Drei Platinösen, zwei davon sind an der Spitze zu kleinen Oesen umgebogene, in Glasstäbe eingelassene Platindrähte; die dritte, sehr klein, ist hergestellt aus der Spitze der zweiten Hälfte des, wie vorstehend angegeben, ausgezogenen Platindrahtes.

Spitzgläser von 50 bis 100 ccm Inhalt.

Färbeflüssigkeiten in Flaschen mit kleinen Pipetten.

Vaselin bezw. Fett.

Canadabalsam.

Eine Spritzflasche.

Eine Pincette.

Eine Spirituslampe bezw. ein Bunsenbrenner.

Filtrirpapier.

c) Für die Plattencultur.

Rechtwinkelig geschnittene, sterilisirte Glasplatten nicht mehr als doppelt so breit, als die Entfernung von der Säule des Mikroskops bis zur Mitte des Objecttisches beträgt, und 15 bis 20 cm lang.

Petri'sche oder Soyka'sche Doppelschalen von etwa 10 cm Durchmesser.

Sterilisirte 1 ccm-Pipetten mit $^1/_{10}$ ccm-Theilung.

Sterilisirte Glasstäbe.

Röhrchen mit keimfreier, flüssiger, nicht über 40° C. warmer Nährgelatine.

Röhrchen mit keimfreiem, flüssigem, 40° C. warmem Nähragar.

Eine Schale mit Eiswasser, welche, mit Glasscheibe überdeckt, auf einem Nivellirständer steht.

Eine Libelle.

Glasglocken bezw. Teller zur Herrichtung von feuchten Kammern.

Glasbänkchen.

Ein Zählplatte nach Wolffhügel, d. h. eine in Quadratcentimeter getheilte Glasplatte über mattschwarzer Unterlage.

Eine Lupe.

d) Für das Studium der Art der Mikroorganismen.

Reagensröhrchen mit sterilisirter Nährgelatine.

Reagensröhrchen mit sterilisirter Bouillon.

Reagensröhrchen mit Peptonkochsalzwasser verschiedener Concentration.

Reagensröhrchen mit sterilisirter Milch.

Reagensröhrchen mit sterilisirter Lackmusmolke.

U-Röhren, gefüllt mit sterilisirtem Fleischwasser.

Reagensröhrchen mit sterilisirter Agargallerte verschiedener Zusammensetzung.

Reagensröhrchen mit sterilisirtem Blutserum.

Erlenmeyer'sche Kölbchen mit Fleischbrei.

Sterilisirte gekochte Kartoffeln.

Reagensröhrchen mit mineralischer Nährflüssigkeit.

Sterilisirte Messer.

Sterilisirte Pincetten.

Eine sterilisirte Spritze (Morphiumspritze aus Glas mit aufgeschraubten Metallenden, oder Koch'sche Spritze).

Sublimatlösung 1 pro Mille unter Zusatz von 1 Proc. Salzsäure.

Beizen und Farbstoffe für die Cilienfärbung.

Ein Brütapparat, d. h. ein Wärmkasten mit Heizvorrichtung, welche gestattet, die Temperatur der Luft im Inneren des Apparates constant auf 36 bis 38° zu erhalten.

B. Die Vorbereitungen für die Untersuchungen.

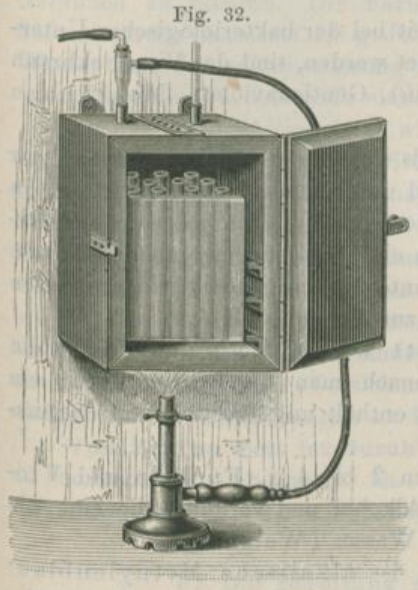
a) Das Sterilisiren der Apparate, Glasgegenstände, Messer etc.

Die Glasgegenstände werden durch Auskochen gereinigt und trocken geputzt oder auf Holzgestellen aufgestellt, bis sämmtliches Wasser abgelaufen ist. Die Reagirröhrchen, die Flaschen und die Erlenmeyer'schen Kölbchen schliesst man durch Bäusche ungeleimter, gewöhnlicher Watte, welche nicht zu fest eingesetzt werden dürfen. Die Glasplatten, die Glasstäbe und die kleinen Pipetten stellt man zweckmässig in passende Blechkästen (Fig. 31), um sie gegen nachträgliche Verunreinigung durch auffallende Keime zu schützen. Die gefüllten Kästen, sowie die Flaschen, Kölbchen, die Petri'schen oder Soyka'schen Schalen, die Injectionsspritze etc. werden in einen Trockenschrank (Fig. 32) mit doppelten Wänden gebracht und $1^1/_2$ bis 2 Stunden auf 150 bis 180° C. erhitzt. In dieser Zeit sind die den Gefässen anhaftenden Keime abgetödtet, bezw. versengt. Man erkennt die genügende Hitzewirkung daran, dass die Watte eine leicht bräunliche Farbe angenommen hat. Sollte sie in einzelnen Gefässen intensiver braun geworden sein, so müssen letztere verworfen werden, da die gebildeten empyreumatischen Producte entwickelungshemmend auf die Bakterien einwirken können.

Fig. 31.

Blechkasten.

Fig. 32.



Trockenschrank.

Die vorstehend erwähnten Glassachen lassen sich auch durch $^3/_4$stündiges Erhitzen im strömenden Wasserdampf sterilisiren. Die Reagensröhrchen werden, nachdem der Wattepfropf etwa 1 cm weit in das Röhrchen hinein-

geschoben ist, mit der Oeffnung nach unten in kleinen Drahtkörbchen in den Sterilisirungsapparat gebracht; um das entstandene Condenswasser zu vertreiben, stellt man die sterilisirten Sachen in den Trockenschrank, wobei die Oeffnungen der Röhrchen nach oben sehen müssen.

Die Spitzgläser und die Glasglocken brauchen nicht sterilisirt zu werden; es genügt, sie in reinem Wasser auszuwaschen und mit einem reinen Tuch auszutrocknen.

Die Deckgläschen (für die Beobachtung im hängenden Tropfen) macht man keimfrei, indem man sie nach vorsichtigem Abwischen langsam durch eine nicht russende Flamme zieht. Die Platinnadeln, Platinösen, die Messer, Pincetten, die Impfnadeln, kurz, die Metallinstrumente, hält man so lange in die Flamme, bis die etwa anhaftenden Keime verbrannt sind (180°). Um eine erneute Infection dieser Gegenstände zu verhüten, werden sie noch heiss so auf die Tischkante gelegt, dass die Klingen und Spitzen die Unterlage nicht berühren, und mit einer Glasglocke überdeckt.

b) Die Anfertigung der Farbstofflösungen.

Die Farbstoffe, welche zur Zeit bei der bakteriologischen Untersuchung am häufigsten angewendet werden, sind das Bismarckbraun (Vesuvin), Fuchsin (Diamantrubin), Gentianaviolett, Methylenblau und Victoriablau.

Bismarckbraun kommt als gesättigte wässerige Lösung zur Verwendung. Die Flasche wird mit einem kleinen Trichter, in welchem das Filter ruht, geschlossen. Für den jedesmaligen Gebrauch werden einige Tropfen in ein Uhrschälchen mit destillirtem Wasser abfiltrirt. Diese verdünnte Lösung, deren Concentration dem Fall angepasst wird, dient zur Färbung (Koch).

Von dem Gentianaviolett werden 2,5 g durch Schütteln in 100 ccm Wasser gelöst, wonach man die Lösung durch ein kleines Filter filtrirt. Das Filtrat enthält ungefähr 2 Proc. Gentianaviolett (Weigert).

Methylenblau löst man zu 2 bis 4 g, Fuchsin und Victoriablau zu 2,0 g in 15 ccm Alkohol und verdünnt die eine wie die andere Lösung mit 85 ccm Wasser (Weigert).

Für viele Mikroorganismen ist alkalische Methylenblaulösung (Löffler) sehr geeignet: 30 ccm concentrirte alkoholische Methylenblaulösung werden mit 100 ccm Kalilauge 1:10000 versetzt.

Intensiv und rasch färbt auch Carbolfuchsin (Ehrlich, Ziehl, Neelsen u. A.). Man bereitet dasselbe, indem man 1 g

Fuchsin in 10 ccm Alkohol löst und die Flüssigkeit mit 100 ccm einer fünfprocentigen Carbollösung versetzt.

Da diese concentrirte Lösung gern Farbstoffniederschläge giebt, so verdünnt man sie zweckmässig zur Hälfte und mehr mit destillirtem Wasser. Die dünne Lösung eignet sich nicht nur für die Färbung von Typhusbacillen, sondern auch für die anderen Bakterien in vorzüglicher Weise.

Empfohlen sei auch das Victoriablau; es färbt die Bakterien rasch und intensiv, Gelatine und Agarreste, die Niederschläge aus Wasser, Bouillon u. s. w. hingegen sehr wenig. Da es leichter verblasst als die anderen Anilinfarben, so eignet es sich für Dauerpräparate weniger gut.

Soll nach der Methode von Gram gefärbt werden, so bereitet man sich eine Lösung von Anilinwassergentianaviolett, indem man ungefähr 5,0 ccm Anilinöl mehrere Minuten lang mit 160 ccm Wasser kräftig schüttelt, 100 ccm des gesättigten Anilinwassers abfiltrirt und 5 ccm einer gesättigten alkoholischen Gentianaviolettlösung hinzufügt. Man thut gut, diese Farbstofflösung ebenso wie die Lösung des Bismarckbraun vor dem jedesmaligen Gebrauch zu filtriren. Die Färbeflüssigkeit hält nur kurze Zeit. Sodann fertigt man aus 1,0 g Jod, 2,0 g Jodkalium und 300 ccm Wasser eine Jodjodkaliumlösung an.

Ueber die Färbetechnik siehe Seite 681 und 691.

Zu den Färbeflüssigkeiten wird zweckmässig etwas Campher (zu 100 ccm ein erbsengrosses Stückchen) gesetzt, wodurch ausser grösserer Haltbarkeit der Lösungen eine bessere Färbung der Mikroorganismen bewirkt wird (Koch). Die Flaschen mit den Farbstofflösungen werden mit durchbohrten Stöpseln verschlossen, welche Pipetten tragen. Man achte darauf, dass die Pipetten nicht bis auf den Boden der Flaschen reichen und dass ein etwa vorhandener Bodensatz auch auf andere Weise nicht aufgerüttelt wird; unter Beachtung dieser Vorsichtsmaassregeln hat man nur selten nöthig, die Farbstofflösungen zu filtriren.

Von Zeit zu Zeit ist durch Anfertigung eines Präparates zu controliren, ob nicht in den Farbeflüssigkeiten selbst Mikroorganismen sich entwickelt haben!

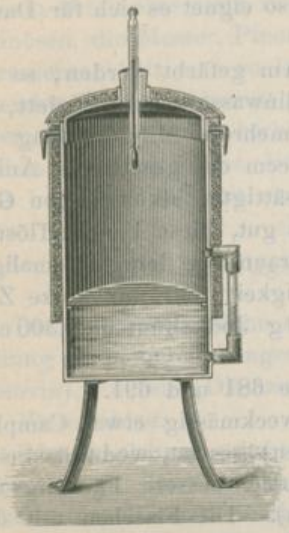
c) Die Bereitung der Nährgelatine.

Man setzt 500 g rohen, gehackten, fettfreien Fleisches mit 1 Liter Wasser an und lässt den Brei in einem kühlen Raume 12 bis 24 Stunden stehen. Die Masse wird auf ein Leintuch ge-

schüttet und gut ausgepresst, wonach man das Filtrat durch Wasserzusatz auf 1 Liter ergänzt. Dann wird $^1/_2$ Stunde im Dampfkochtopf (Fig 33 u. 34) auf 100° C. erhitzt[1]), um den Blutfarbstoff zu zerstören und das Eiweiss, welches sich in dicken Ballen an der Oberfläche der Flüssigkeit ansammelt, zu entfernen.

Bei Zeitmangel kocht man sofort das Gemisch aus Fleisch und Wasser im Dampfsterilisirungsapparate eine bis zwei Stunden und lässt es zur Ausscheidung des Fettes abkühlen.

Fig. 33.



Kleiner Dampfsterilisirungsapparat im Durchschnitt.

Fig. 34.

Grösserer Dampfsterilisirungsapparat.

Die auf die eine oder die andere Weise hergestellte Brühe wird durch ein Faltenfilter besten Filtrirpapiers hindurchgegeben.

Von dem hellen, klaren Filtrat, dem „Fleischwasser", wird ein Theil in ein Kölbchen gefüllt, $^1/_2$ Stunde im Dampftopf sterilisirt, fest verschlossen, etiquettirt und im Dunklen aufgehoben. Der Inhalt dient im Bedarfsfalle zur Füllung der U-Röhrchen bei der Untersuchung auf Typhusbacillen.

In den wiederum zum Kochen erhitzten Rest des Fleischwassers wird $^1/_2$ Proc. Kochsalz, 1 Proc. Pepton (*Peptonum sic-*

[1]) Die Zeit, welche vergeht, bis das Thermometer im Apparate 100° C. zeigt, ist bei allen diesen Zeitbestimmungen selbstverständlich nicht mit gerechnet.

cum[1]) und 10 Proc. Gelatine (die beste für den Hausgebrauch übliche Gelatine) und wenn erwünscht 1 bis 2 Proc. Traubenzucker hinzugegeben. Nachdem alles gelöst ist, wird nochmals kräftig umgeschüttelt. Darauf setzt man unter zeitweiligem kräftigen Schütteln eine gesättigte Lösung von kohlensaurem Natrium so lange hinzu, bis blaues Lackmuspapier nicht mehr geröthet, rothes gerade noch nicht gebläut und violettes (neutrales) nicht verändert wird. Sollte man zu viel Natriumcarbonat angewendet haben, so wird der Ueberschuss durch Zusatz von reiner Salzsäure oder Milchsäure neutralisirt.

Nach genauer Neutralisation, von welcher man sich durch mehrmaliges Proben zu überzeugen hat, fügt man 0,15 Proc. krystallisirtes Natriumcarbonat ($Na_2CO_3 + 10H_2O$) hinzu, d. h. man giebt auf 1 Liter 1,5 g krystallisirte Soda oder 10 ccm von einer 15procentigen Lösung.

Nach Zusatz des Alkalis wird bei 1 Liter Flüssigkeit etwa 20 Minuten, bei 4 Litern etwa 30 Minuten lang gekocht. (Für die Untersuchung auf Cholera eignet sich eine stark alkalische Nährgelatine, welche ungefähr 1 Proc. krystallisirte Soda ($Na_2CO_3 + 10H_2O$), entsprechend 0,37 Proc. wasserfreiem Natriumcarbonat (Na_2CO_3) enthält. Zu ihrer Herstellung setzt man zu 100 ccm der 0,15 Proc. Soda enthaltenden Gelatine 5,5 ccm einer 15procentigen Lösung krystallisirten Natriumcarbonats hinzu und sterilisirt 15 Minuten lang. Eine entstehende Trübung schadet in diesem Falle nicht.) Dann filtrirt man einen Theil der Flüssigkeit heiss durch ein doppeltes Faltenfilter aus bestem Filtrirpapier in sterilisirte Reagensröhrchen, indem man in jedes derselben 7 bis 10 ccm des hellgelben, klaren Filtrates hineinlaufen lässt und darauf achtet, dass, so weit der Wattepfropf reicht, die Nährlösung nicht die Wände des Röhrchens berührt; den Rest filtrirt man in Kölbchen von 100 bis 250 ccm Inhalt. Sollte die Flüssigkeit nicht klar durchlaufen, so filtrirt man sie durch ein reines Tuch in einen Kolben, lässt bis auf ungefähr 40° abkühlen und setzt unter tüchtigem Umrühren das mit der gleichen Menge sterilisirten Wassers kräftig geschüttelte Weisse eines Hühnereies jedem Liter Nährgelatine hinzu. Durch 15 Minuten dauerndes Kochen fällt das Eiweiss aus und schliesst den feinen Niederschlag ein.

Gleich nach dem Ueberfüllen und an dem folgenden Tage werden die gefüllten Reagensröhrchen und die Kölbchen im Dampfsterilisirungsapparate je 15 Minuten lang gekocht und rasch durch

[1]) Am besten erweist sich Pepton sic. Witte-Rostock.

Einsetzen in Wasser abgekühlt. Zu langes Erhitzen raubt der Gelatine die Fähigkeit, zu erstarren. Dieselbe Erscheinung kann eintreten bei zu grosser Alkalescenz.

Durch einmaliges Erhitzen auf 100° werden die in der Nährgelatine befindlichen Bacillen und Kokken sicher getödtet, nicht so sicher alle Sporen. Bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren wird den letzteren indessen Zeit gegeben, auszukeimen und zu Bacillen auszuwachsen. Das Aufkochen am zweiten Tage zerstört dann die im Laufe des ersten Tages aus den Sporen entstandenen Bacillen. Der sterilisirte Nährstoff wird, sofern er nicht alsbald verwendet werden soll, vor dem Austrocknen geschützt, indem man die oberen Enden der mit Wattepfropfen verschlossenen Röhrchen mit passenden Gummikappen versieht. Da hier und da sich in der Gelatine sehr schwer zerstörbare Sporen finden, so ist die Nährgelatine in den ersten Tagen täglich zu besichtigen, ob sich nicht etwa Colonien darin gebildet haben. Die inficirten Röhrchen sind auszumerzen und abermals an zwei auf einander folgenden Tagen zu sterilisiren.

d) Die Bereitung sterilisirter Bouillon.

Man fertigt dieselbe in der Weise an, dass man von der Fleischflüssigkeit, welche zur Herstellung der Nährgelatine dient, nachdem man Kochsalz und Pepton, aber noch keine Gelatine hinzugesetzt hat, 50 ccm in ein kleines Kölbchen abgiesst, für sich neutralisirt, circa 0,15 Proc. Soda zugiebt, kocht, filtrirt, in Röhrchen vertheilt, sofort und am folgenden Tage sterilisirt.

Die Bereitung des Fleischwassers für die U-Röhrchen ist auf Seite 656 angegeben.

e) Die Bereitung der Agar-Agar-Nährgallerte.

Die Nährgelatine hat den Nachtheil, bei Temperaturen, welche über 23° C. liegen, sich zu verflüssigen. Dahingegen besitzt das Agar-Agar die Fähigkeit, noch bei 40° C. fest zu bleiben. Bei Culturen, welche die Temperatur des Blutes zu ihrer Entwickelung oder zu ihrem besseren Fortkommen verlangen, gebraucht man daher einen Nährboden, in welchem die Gelatine durch 1 Proc. Agar-Agar ersetzt ist.

Bei der Bereitung verfahre man folgendermaassen:

Man macht das Fleischwasser schwach alkalisch, erwärmt auf 100° und giebt unter langsamem Umrühren das fein zerzupfte

Agar-Agar (0,75 bis 1,5 Proc.) hinein. Dasselbe quillt in der heissen Flüssigkeit rasch auf. Dann kocht man drei bis vier Stunden im Dampfapparate, prüft hierauf die Reaction und macht, wenn nöthig, schwach alkalisch. Nun wird das Gemenge wieder so lange in den Dampfapparat gestellt, bis der obere Theil der Flüssigkeit klar ist (je nach der Menge kann dies noch 12 Stunden und mehr dauern). Dann giebt man hinein: Pepton sicc. alb. 1,0 Proc., Kochsalz 0,5 Proc., Gelatine 2,0 Proc., löst unter tüchtigem Umrühren, macht die Lösung schwach alkalisch und kocht eine Stunde im strömenden Dampf, in welcher Zeit die Flüssigkeit klar geworden ist. Man filtrirt zunächst durch ein weitmaschiges Tuch, dann nochmals durch ein doppeltes Faltenfilter in Reagircylinder und kleine Kölbchen.

Das filtrirte Agar wird zweimal je $^1/_2$ Stunde lang sterilisirt.

Will man das Fleischwasserpeptonagar benutzen, so muss man dasselbe vorher verflüssigen, was erst bei ungefähr 100° gelingt. Man lässt dann bis auf höchstens 40° abkühlen, impft und giesst auf Platten aus. Das Agar-Agar hat die unangenehme Eigenschaft, Wasser auszuscheiden, wesshalb es an der Oberfläche feucht ist und leicht von der Platte abgleitet. Für Culturen eignen sich daher am besten flache Schalen (Soyka, Petri). Das Abgleiten kann man übrigens auch durch Siegellack verhindern, welchen man auf den Rand der Glasplatten träufelt.

Zur Herstellung sogenannter „hoher Röhrchen" füllt man 12 bis 15 ccm des Nähragars in die Reagirröhrchen hinein.

Die „schrägen Röhrchen" werden in der Weise hergestellt, dass man den Inhalt der Röhrchen — etwa 6 ccm Nähragar — verflüssigt und in schräger Lage der Röhrchen erstarren lässt.

f) Die Bereitung von Fleischbrei.

In Erlenmeyer'schen Kölbchen wird der Boden mit einer 2 cm hohen Schicht fettfreien, gehackten Fleisches bedeckt, und so viel Wasser zugegeben, dass das Fleisch noch herausragt. Die Masse wird an drei hinter einander folgenden Tagen in den Kölbchen sterilisirt. — Der Fleischbrei findet nur bei der Untersuchung auf Typhusbacillen Verwendung.

g) Die Bereitung von Peptonkochsalzwasser.

600 ccm destillirten Wassers werden mit 0,5 g Kochsalz versetzt und $^1/_2$ Stunde gekocht. In die heisse Flüssigkeit werden

5 g Pepton gegeben, wenn man das Peptonkochsalzwasser zur Untersuchung auf Cholera, aber 15 g, wenn man es zum Nachweis des Typhus verwenden will. Sobald sich das Pepton gelöst hat, wird filtrirt und das Filtrat zum Theil in Reagirröhrchen gefüllt, welche ebenso, wie der im Kolben verbliebene Rest, 15 Minuten auf 100° erhitzt werden.

Anmerkung. Das Pepton soll weiss, geruchlos, im warmen Wasser völlig löslich sein; seine Lösung muss klar und farblos aussehen, neutral oder schwach alkalisch reagiren, mit Fehling'scher Lösung eine durch Kochen unveränderliche violette Färbung, aber keinen röthlichen oder grünlichen Farbenton annehmen (bei Anwesenheit von Zucker wird kein Indol gebildet), sich bei Anwendung des Griess'schen Reagens nitritfrei zeigen und mit dem Diphenylreagens nach etwa fünf Minuten einen zwar schwachen, aber deutlich sichtbaren, schmalen, hellblauen Ring geben (Gorini, Centralblatt f. Bakt. 1893, S. 790).

h) Die Herstellung sterilisirter Milch.

Milch ist durch blosses Kochen schwer zu sterilisiren, es bedarf entweder des häufigen oder des sehr lange fortgesetzten Kochens; in beiden Fällen wird die Milch braun und in ihrer Gerinnungsfähigkeit etwas beschränkt. Kirchner hat nachgewiesen, dass das Chloroform die meisten der in der Milch enthaltenen Bakterien tödtet. Es sei daher ein combinirtes Verfahren empfohlen. 100 ccm frisch in ein sterilisirtes Gefäss gemolkener Milch werden sofort in einen sterilisirten Kolben geschüttet, dann werden 2,0 ccm Chloroform zugesetzt; der Kolben wird durch einen Gummipfropfen fest geschlossen und geschüttelt. Die Milch bleibt mehrere Tage mit dem Ueberschuss von Chloroform stehen, wird darauf in sterilisirte Reagenscylinder gefüllt, die wie üblich mit Wattepfropfen lose geschlossen sind, und an zwei aufeinander folgenden Tagen je $^1/_2$ Stunde sterilisirt. Die so behandelten Röhrchen kommen in den Brütapparat; diejenigen, deren Inhalt nach 48 Stunden geronnen ist, werden ausgeschieden, die übrigen werden fest verschlossen zum Gebrauch aufgehoben.

i) Die Herstellung der Nährsalzlösung.

Traubenzucker 20,0 g, Kalium- oder Natriumnitrat 10,0 g, Dikaliumphosphat 1,0 g, Magnesiumphosphat 2,0 g, Chlorcalcium 1,0 g werden in 1000 ccm destillirten Wassers gelöst und die Lösung an zwei aufeinander folgenden Tagen aufgekocht. Dient nur zur Differentialdiagnose bei der Untersuchung auf Typhusbacillen.

k) Das Präpariren der Kartoffeln zu Nährböden.

Manche Mikroorganismen wachsen auf durchschnittenen, gekochten Kartoffeln in charakteristischer Weise. Zum Anlegen von Culturen eignen sich die nicht mehligen Arten, die Futter- oder Salatkartoffeln am besten. Die Haut derselben sei möglichst glatt. Sind sogenannte Augen vorhanden, so werden dieselben ausgestochen. Die Kartoffeln reinigt man alsdann gründlich mit Bürste und Wasser, legt sie eine Stunde lang in eine Sublimatlösung von 5:1000 und lässt sie danach während 30 Minuten in einem Blechgefässe mit durchbrochenem Boden in dem Dampfsterilisirungsapparate kochen, wodurch sie keimfrei werden. Während dieser Zeit wird eine feuchte Kammer bereitet, indem man eine Glasglocke mit einpromilliger saurer Sublimatlösung auswäscht, die Sublimatlösung wieder abgiesst, die Glocke mit sterilisirtem Wasser vom Sublimat befreit und auf ihren Boden eine mit frisch abgekochtem Wasser befeuchtete Scheibe Filtrirpapier legt. Für jede Kartoffel wird ein gewöhnliches Küchenmesser durch starkes Erhitzen sterilisirt.

Ist alles vorbereitet, so wäscht man sich die Hände mit Sublimatlösung, erfasst mit Zeigefinger und Daumen der linken Hand die Kartoffel und durchschneidet sie mit dem sterilisirten Messer. Dann legt man die beiden auseinander geklappten Hälften mit der Schnittfläche nach oben in die Schale und schliesst letztere sofort durch die übergestülpte Glockenhälfte. Bei diesem Verfahren ist darauf zu achten, dass die Schnittfläche der Kartoffel und der Schnittrand einzig und allein mit dem sterilen Messer, dagegen durchaus nicht mit den Fingern oder den Fingernägeln in Berührung komme.

E. v. Esmarch schlägt eine andere Art der Bereitung der Kartoffeln vor, welche sich bewährt hat. Man wäscht die Kartoffeln ab, schält sie mit einem Küchenmesser, schneidet sie in Scheiben, deren Grösse sich nach dem Rauminhalt kleiner Doppelschälchen richtet und spült dann die passend geschnittenen Scheiben in reinem Wasser ab. Nachdem die Kartoffelstückchen in die Glasgefässe gelegt sind, werden sie ungefähr eine Stunde lang in den Dampfsterilisirungsapparat gebracht. Derartig präparirte Kartoffeln bleiben wochenlang brauchbar. Die obere Schale schützt genügend vor verunreinigenden Keimen, welche aus der Luft hineinfallen können. Die gläsernen Doppelschälchen sind ungefähr $1^1/_2$ cm hoch und haben einen Durchmesser von 5 bis 6 cm. Noch besser ist es, die Kartoffeln zuerst zu kochen, dann auszuschneiden, die Scheiben in die sterilisirten Schälchen zu legen und sie darauf

$^1/_4$ Stunde lang in den Dampfapparat zu bringen. Die Oberfläche der Kartoffelstücke bleibt unter dieser Bedingung weicher als bei dem Beschicken der Schälchen mit ungekochten Kartoffeln.

Globig schneidet aus gekochten Kartoffeln längliche Stücke, schiebt diese in gewöhnliche Reagirröhrchen, verschliesst mit Watte und sterilisirt kurze Zeit im Dampfkochtopf. Auch diese sehr einfache Methode ist recht brauchbar.

Der Typhusbacillus wächst charakteristischer und besser auf den nach der ersten Methode in grosse Glocken gelegten Kartoffeln. Kocht man die Kartoffeln in 2 bis 4proc. Kochsalzlösung (Fischer), so wachsen auch die Cholerabacillen darauf.

1) Die Bereitung eines festen durchsichtigen Nährbodens aus Blutserum.

Koch benutzte zuerst das Blutserum als Nährboden; es gelang ihm auf demselben bei Brüttemperatur die Züchtung mancher Organismen, welche auf Fleischwasserpeptongelatine oder Agar-Agar nicht zum Wachsthum zu bringen waren.

Die Bereitung sterilen Blutserums erfordert besondere Aufmerksamkeit; man muss sich dabei bemühen, ähnlich wie bei der Milch, von vornherein möglichst alle Keime auszuschliessen.

Dem zu schlachtenden Thiere werden, wenn angängig, die Haare am Halse abgeschnitten, worauf man die geschorene Stelle mit Sublimatlösung abwäscht und mit abgekochtem Wasser abspült. Ist das nicht thunlich, so trennt man die Haut in der Medianlinie so weit ab, dass sie bequem zur Seite gezogen werden kann. Nach Eröffnung der Halsschlagadern lässt man vorerst einiges Blut fortströmen und fängt alsdann das Blut in vorher mit 1 pro Mille Sublimatlösung ausgewaschenen, mit sterilisirtem Wasser nachgespülten, mit Alkohol und Aether gereinigten hohen Gläsern auf.

Die Gläser lässt man etwa 24 Stunden im Eisschrank stehen, ohne sie zu bewegen. Nach Ablauf dieser Zeit wird das klare, gelbliche Serum zu je 5 bis 8 ccm mit sterilisirten Pipetten in sterilisirte Reagensgläschen vertheilt.

Die Pfropfen der Röhrchen sind so zwischen den Fingern zu halten, dass nur der aus dem Röhrchen hervorragende Theil gefasst wird, und dass der den eigentlichen Verschluss bildende Theil des Wattepfropfens mit den Fingern unter keinen Umständen in Berührung kommt.

Würde man das Serum kochen, um es zu sterilisiren, so würde es in Folge der Gerinnung undurchsichtig. Dagegen er-

starrt das Blutserum bei 65 bis 72°, ohne seine Durchsichtigkeit zu verlieren.

Man tödtet daher die Keime durch discontinuirliche Erwärmung. Mindestens vier Tage lang werden die Serumröhrchen täglich acht Stunden und länger auf 68 Grad erhitzt. Es geschieht das in Apparaten von der durch Fig. 35 erläuterten Construction. Der Raum zwischen den Doppelwandungen des Kastens wird mit Paraffinöl oder Wasser angefüllt. Man wendet ersteres lieber als Wasser an, um das Rosten zu verhüten. Die Röhrchen werden schräg in den Apparat gelegt, damit das erstarrende Blutserum eine möglichst grosse Oberfläche erhalte.

Fig. 35.

Apparat zum Sterilisiren und Erstarren von Blutserum.

Die Temperatur soll nicht über 70° hinausgehen, weil sonst die Durchsichtigkeit leidet.

Die zur Erstarrung erforderliche Zeit schwankt zwischen einer halben und mehreren Stunden. Je niedriger die Temperatur ist, bei welcher die Erstarrung eintritt, um so mehr Zeit ist erforderlich, um so klarer aber wird auch das Präparat. Am schnellsten erstarrt Hammelserum, am langsamsten Kälberserum. Während des Festwerdens rühre man die Röhrchen nicht; öfteres Bewegen verhindert den Gelatinirungsprocess. Die fertigen Gläschen stellt man für drei Tage in den Brütapparat, um eventuell lebendig gebliebene Keime zur Entwickelung zu bringen. Die Röhrchen mit nicht sterilem Inhalt werden ausgeschieden.

Das sich beim Gelatiniren abscheidende Wasser darf nicht ausgegossen werden, weil das Serum sonst zu rasch austrocknet. Um die Serumröhrchen Monate hindurch frisch zu erhalten, schliesst man sie mit gut passenden Gummikappen, die dick mit Lanolin bestrichen sind. Lanolin ist für Bakterien und Schimmel undurchdringlich.

Die Impfung erfolgt durch Verstreichen des Impfmaterials mittelst einer Platinöse auf der schrägen Oberfläche des Blutserums.

m) Die Herstellung der Lackmusmolke[1]).

Ganz frische Milch wird mit der gleichen Menge Wasser versetzt, der so viel Salzsäure zugesetzt ist, als für die Ausfällung des Caseïns genügt. Der Caseïnniederschlag wird abfiltrirt. Das Filtrat wird nun genau neutralisirt (nicht bis zu eintretender Alkalescenz!), dann eine bis zwei Stunden im Dampfkochtopf gekocht, wobei der Rest des Caseïns ausfällt, und filtrirt. Ist die Molke alkalisch gemacht worden, so wird sie durch das Kochen braun oder gelbbraun und ist für Farbenreactionen nicht mehr verwendbar. Bleibt die Molke nach dem Filtriren trübe, so sterilisirt man sie, lässt den trüben Niederschlag sich absetzen und hebert die klare Flüssigkeit ab. Die völlig wasserhelle, mit einem Stich ins Gelbgrünliche versehene, genau neutrale Molke wird im Dampfkochtopf sterilisirt und zum Gebrauch aufgehoben.

Daneben wird gesondert und steril aufgehoben empfindliche Lackmuslösung (S. 383, 1.) von einer solchen Concentration, dass etwa 5 ccm zur Färbung von 100 ccm Molke genügen.

Die durch Zusammenschütten kleiner Proben erlangte Flüssigkeit darf empfindliches Lackmuspapier nicht färben und muss einen schönen, neutral-violetten — im Sinne der Optik purpurnen — Farbenton haben.

n) Die Herstellung der feuchten Kammer.

Als „feuchte Kammer“ dient der abgeschlossene Raum, welchen man erhält, wenn man eine Glasglocke in eine grössere Glasschale stellt. Untersatz und Glasglocke werden mit reinem Wasser oder verdünnter Sublimatlösung sorgfältig abgespült und sodann mit einem reinen Tuche gut abgetrocknet. Auf den Boden der unteren Schale legt man eine doppelte, fast den ganzen Boden einnehmende Scheibe von Filtrirpapier und befeuchtet sie mit Wasser. Sodann setzt man auf das Papier ein Glasbänkchen, welches man herstellt, indem man eine Glasplatte von ungefähr 4 cm Breite und 15 cm Länge mittelst Siegellack auf zwei ungefähr 1 cm hohe Glasleisten kittet. Auf das Bänkchen wird ein Stückchen Filtrirpapier gelegt, welches die Unterlage nach keiner Seite hin überragen darf. Das Papier dient dazu, die aufgelegte Versuchsplatte am Abgleiten zu hindern und die zu der

[1]) Petruschky, Bakteriologisch-chemische Untersuchungen. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde 6, 657.

betreffenden Platte gehörige Notiz aufzunehmen. — Man kann mehrere Glasbänkchen nebst den zugehörigen Versuchsplatten in eine Glocke bringen, wobei als Regel gilt, dass die an Keimen vermuthlich reichhaltigste Platte zu unterst gesetzt wird.

Glasbänkchen, Papier, Wasser und Glocke brauchen nur rein, nicht aber steril zu sein, da sie mit der Nährgelatine nicht in directe Berührung kommen.

o) Behelfe.

Im Folgenden soll kurz erläutert werden, wie man sich helfen kann, wenn die beschriebenen Geräthe u. s. w. in wünschenswerther Vollständigkeit nicht zur Verfügung stehen.

Fehlt ein Trockenschrank, so sterilisirt man die Glassachen direct über einer nicht russenden Flamme. Die Wattepfropfen schiebt man vorher 1 cm tief in die betreffenden Gefässe hinein, damit die Flamme sie nicht ansengt.

Das Erhitzen muss bis zur Abtödtung der Keime getrieben werden. An der Stelle, wo der Wattepfropfen sitzt, zeigt eine leichte Bräunung desselben den erforderlichen Hitzegrad an. Stark angesengte Watte macht das Gläschen unbrauchbar. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass die über der freien Flamme zu sterilisirenden Kolben, Pipetten, Röhrchen u. s. w. vollständig lufttrocken sind. Die übrigen Glassachen lassen sich ebenfalls über der freien Flamme keimfrei machen. Die Glasplatten bedürfen, wenn sie vorher sorgfältig abgewaschen und mit einem reinen Tuche polirt wurden, zur Sterilisirung nur kurz dauernder Erhitzung der einen Seite (Abflammen); sie werden bis zum Gebrauch zur Abkühlung mit der abgeflammten Seite nach oben einzeln unter Glasglocken, oder zu zweien mit den sterilen Flächen aufeinander gelegt.

Der Trockenschrank lässt sich auch durch den Bratofen der Küche ersetzen; die leichte Bräunung der Watte, welche innerhalb von ein bis zwei Stunden eintritt und angiebt, dass der Hitzegrad für die Sterilisation genügend war, ist abzuwarten.

Eine geeignete Nährgelatine kann man sich herstellen durch Auflösen von 1 Theil Liebig'schen Fleischextractes, 1 Theil Pepton und 10 Theilen Gelatine ohne Zusatz von Kochsalz, welches sich in dem Fleischextract in genügender Menge vorfindet, in 100 Theilen Wasser, oder durch Auflösen von 2,5 Theilen Fleischpepton (z. B. Kemmerich's) und 10 Theilen Gelatine in 100 Theilen Wasser. Hueppe räth, diesen Lösungen, um sie allgemeiner brauchbar zu machen, Trauben- oder Rohrzucker ($^1/_2$ bis 2 Proc.) hinzuzusetzen, welchem Vorschlage wir beipflichten.

Die Bouillon lässt sich ebenfalls mit Hülfe von Fleischextract bezw. Fleischpepton bereiten.

Steht ein Dampfsterilisirungsapparat, dessen Anwendung übrigens seiner sicheren Wirkung wegen immer zu empfehlen ist, nicht zur Verfügung, so erhitze man die Nährflüssigkeit im Wasserbade, welchem zweckmässig Kochsalz oder Chlorcalcium zur Erhöhung des Siedepunktes hinzugesetzt wird. Das Aufkochen behufs Sterilisation kann in derselben Weise bewerkstelligt werden. Wenn die Röhrchen 15 Minuten in dem lebhaft kochenden Wasser gestanden haben, nehme man sie heraus und wische sie ab. Auch lassen sich die gefüllten Reagensgläschen durch kurzes Aufkochen über der freien Flamme sterilisiren.

Ein Dampfkochtopf lässt sich improvisiren durch einen vom Klempner gefertigten Cylinder von Weissblech von etwa 20 bis 25 cm Durchmesser, der oben einen Deckel trägt, durch dessen Undichtigkeiten die Wasserdämpfe schon genügend entweichen, und dessen Boden durchlöchert ist. In 6 cm Höhe von unten her ist aussen ein Blechring angelöthet, welcher dem Rande eines Kochtopfes der Herdfeuerung aufruht. Der Kochtopf wird mit Wasser gefüllt, das Herdfeuer entzündet; der Cylinder wird durch den aufsteigenden Dampf bald in seinem Inneren auf Siedetemperatur gebracht.

Ein Brütapparat einfachster Construction wird von Esmarch empfohlen. Auf den Boden eines grossen und hohen Kochtopfes wird ein Stück Filz oder Pappe gelegt, und darauf ein Becherglas gestellt, welches durch eingelegtes Blei oder durch Sand genügend beschwert ist. Der Kochtopf wird mit Wasser von 40° C. bis beinahe zum Rande des Becherglases gefüllt und durch ein Nachtlicht oder eine kleine Petroleumlampe auf einer Temperatur von 30 bis 37° C. gehalten. Als Verschluss dient ein Holzdeckel, welcher noch mit einer Watteschicht bedeckt wird.

Den Zählapparat kann man dadurch ersetzen, dass man auf ein Stück schwarzen Papieres mit weisser Farbe feine Linien in 1 cm Abstand zieht, die sich rechtwinkelig kreuzen. Die zu zählende Platte wird auf das Papier gelegt.

Die Bereitung des schräg erstarrten Blutserums lässt sich dadurch bedeutend abkürzen, dass man das möglichst sorgfältig eingefüllte und behandelte, sofort bei 65 bis 70° C. erstarrte Blutserum nur an einem Tage während 8 bis 12 Stunden auf dieser Temperatur hält und dann die Röhrchen gleich in den Brütapparat bringt. Innerhalb der nächsten zwei bis drei Tage werden sich in den Gläschen, welche Keime enthielten, Colonien

entwickelt haben. Diese Röhrchen sind auszuscheiden. Nur diejenigen, welche keine Keimentwickelung zeigen, sind brauchbar.

Die feuchte Kammer kann man durch zwei auf einander gedeckte Teller ersetzen. Hierbei sind die Glasbänkchen entbehrlich, weil die Platten mit den Ecken dem Tellerrande aufliegen. Da die Teller weniger dicht schliessen, als die Glocken, so verdunstet einerseits die Feuchtigkeit schneller und andererseits können leichter fremde Keime in den Raum zwischen den beiden Tellern gerathen. Man muss daher eine dickere Unterlage nassen Filtrirpapiers anwenden, den Apparat an einem möglichst staubfreien, vor Luftzug geschützten Orte aufstellen und eventuell, um das Eindringen von Fliegen zu verhüten, eine Gazeumhüllung anbringen oder ein feuchtes Tuch herumlegen.

Hat man zur Entnahme von Wasserproben Erlenmeyer'sche Kölbchen oder sterilisirte Reagensröhrchen nicht zur Hand, so koche man eine gewöhnliche Medicinflasche aus, spüle sie wiederholt mit dem zu prüfenden Wasser, fülle dieselbe und verschliesse sie mit einem Stopfen, welchen man mit einem durch Hitze sterilisirten Messer aus einem grossen Korke heraus geschnitten und ebenfalls gekocht hat, oder besser noch, aus einem frischen Zweige unter Entfernung der Rinde mit einem abgeflammten Messer geschnitten hat. Die Untersuchung derartig entnommener Wasserproben muss baldmöglichst geschehen.

Besitzt man keinen mit Eis gefüllten Nivellirständer, so legt man die Platten nach Unterlage eines Blattes Papier auf einen horizontal stehenden Tisch, giesst aber die geimpfte Gelatine erst aus den Röhrchen auf die Platte, wenn sie beginnt, dickflüssig zu werden.

C. Die Ausführung der Untersuchung.

a) Die Entnahme von Wasserproben.

Die richtige Entnahme der Wasserproben ist der wichtigste Theil der ganzen bakteriologisch-mikroskopischen Wasseruntersuchung, sie ist die „conditio sine qua non". Leider wird aber, wie uns die Erfahrung gelehrt hat, nirgends in dem ganzen Verfahren der Wasseruntersuchung so viel gefehlt, als in diesem Punkte; es sei ihm daher eine ausführliche Besprechung gewidmet.

Die mikroskopische Untersuchung verfolgt den Zweck, gröbere Elemente, Fäcalreste, Abfälle aus Küche und Wirthschaft etc. im Wasser nachzuweisen. Diese Körper sind im Allgemeinen schwerer als das Wasser, werden sich also am Boden finden. Die Untersuchung des Bodensatzes, des Schlammes und

nicht die des freien Wassers giebt daher gewöhnlich die Antwort auf die gestellte Frage. Meistens kommt es darauf an, die oberste Schlammschicht zu erhalten, die man entweder nach Ablassen des Wassers direct abschöpft, oder bei nicht abgesenktem Wasserspiegel mit einem Schöpfgefässe entnimmt, nachdem die Wassertiefe vorher genau bestimmt worden ist. Hat man Zeit, so hängt man weite Glasschalen (die Hälfte einer „feuchten Kammer") in dem fraglichen Wasser dicht über dem Grunde auf und hebt sie nach einiger Zeit wieder heraus. Ist weniger Zeit vorhanden, so kann man bei geringer Tiefe die Schale vorsichtig in den Schlamm hineinsenken und die oberste Schlammschicht über den Rand langsam hineindringen lassen. Ferner lässt sich durch energische Bewegung des Wassers die oberste Schlammlage aufrühren und das mit Schlammtheilchen durchsetzte Wasser schöpfen und sedimentiren oder filtriren. In laufenden Wässern spannt man Filtertücher auf, in welchen sich der Schlamm absetzt.

Die bakteriologische Untersuchung soll, sofern nicht nach Krankheitserregern gesucht wird oder besondere Fragen beantwortet werden müssen, Aufschluss geben über die Zulänglichkeit der künstlichen oder natürlichen Filtration. Gewöhnlich muss also die Probeentnahme so stattfinden, dass die accessorischen Keime vermieden werden.

Will man die Leistung eines Sandfilters prüfen, so ist sein Rohwasser und sein Reinwasser zu untersuchen. Man schöpft daher die Probe für ersteres nicht aus irgend einer bequem zu erreichenden Stelle des Flusses, Sees oder Klär- bezw. Absitzbeckens, sondern direct vor den Saugern, und zwar auch dann, wenn die Probeentnahme dort etwas beschwerlicher und umständlicher ist, man z. B. das Wasser aus grösserer Tiefe heraufholen muss. In entsprechender Weise ist die Probe des filtrirten Wassers zu entnehmen; sie wird also nicht an einer beliebigen Stelle des Reinwasserreservoirs geschöpft, sondern möglichst dicht hinter den einzelnen Filtern aus dem Reinwasserrohre, welches zum Reservoir hinführt. Von Kümmel und Reinsch[1]) ist eine Methode angegeben, um die abführenden Rohre älterer Filter, die sonst nicht zugängig sind, der Probeentnahme zugängig zu machen.

Soll genau der Bakteriengehalt des Rohwassers mit dem seines Reinwassers verglichen werden, so ist das letztere um so viel später zu untersuchen, als das Rohwasser gebraucht, um sich

[1]) Reinsch, Ueber die Entnahme von Wasserproben behufs bakteriologischer Untersuchung bei den Sandfiltern älterer Construction. Centralbl. f. Bakteriologie u. Parasitenkunde 14, 278.

in Reinwasser zu verwandeln und bis zur Stelle der Probeentnahme vorzudringen.

Will man wissen, wie bakterienhaltig das Wasser ist, welches in die Stadt geliefert wird, so ist die Probe vor dem Reinwassersauger, oder aus dem Windkessel, oder einem anderen geeigneten Orte des primären Rohrstranges zu entnehmen. Kommt es darauf an, die Bakterien in dem zur Vertheilung dienenden Rohrnetze zu bestimmen, so schöpft man die Probe nicht aus einem selten benutzten Hahn eines oberen Stockwerkes, sondern aus demjenigen Zapfhahn, welcher das meiste Wasser abgiebt, weil man bei ihm die Additionalkeime der Stagnation vermeidet, und die Bakterien im Hahn selbst keine Zeit zur Ansiedelung und Entwickelung haben. Schöpft man aus einem gewöhnlichen, nicht viel gebrauchten, nicht kühl gelegenen Zapfhahn, so genügt es nicht, das Wasser 10 Minuten oder einige Stunden hindurch ablaufen zu lassen, bevor man zur Prüfung Wasser entnimmt; der Hahn muss vielmehr gründlich mechanisch gereinigt und zugleich desinficirt werden, ferner ist eine event. vorhandene Leder- oder Gummiplatte zu entfernen, ihr Lager zu desinficiren und eine gehörig desinficirte und in sterilisirtem Wasser vom Desinfectionsmittel befreite neue Platte einzulegen. Ist Dieses oder Aehnliches geschehen, dann erst lässt man das Wasser längere Zeit ablaufen. Der Zapfhahn sei mit einem möglichst kurzen Rohrstück mit dem Strassenrohre verbunden.

Wird die Frage nach dem Keimgehalt einer Quelle gestellt, so schöpfe man nicht aus der Brunnenstube, sondern man suche die Quelle dort zu erreichen, wo sie aus dem Erdreiche, dem Gestein zu Tage tritt. Quillt sie unter Wasser hervor, so ist das vordringende Wasser unvermischt von dem umgebenden Wasser zu entnehmen. Man muss sich ferner hüten, bei der Entnahme das Erdreich oder Gestein zu berühren, damit nicht von dorther Bakterien losgerissen und in die Probe gespült werden. Nicht alle Quellen führen, wie früher gezeigt worden ist, keimfreies Wasser; die Untersuchung der Quellen hat also volle Berechtigung.

Aehnlich steht es mit der Untersuchung der Brunnen. Das Grundwasser ist ja im Allgemeinen von einer gewissen Tiefe an keimfrei; im einzelnen Falle kommt es aber darauf an, nachzuweisen, dass diese Annahme auch richtig ist. Nicht selten z. B. liegen Centralbrunnen dicht neben Flüssen; die physikalische und chemische Untersuchung lässt die Frage offen, ob Grund- oder Flusswasser geschöpft wird, oder weist nach, dass bald Flusswasser, bald Grundwasser gehoben wird, oder zeigt con-

stant Flusswasser oder Mischwasser an; dann muss entschieden werden, ob in einem solchen Falle das Wasser, also eventuell filtrirtes Flusswasser, keimfrei ist oder nicht, denn im ersteren Falle kann das Wasser wohl, im zweiten hingegen möglicherweise nicht zum Consum zugelassen werden.

Um die Frage nach dem Keimgehalt derartiger oder ähnlicher Brunnen zu entscheiden, ist erforderlich, dass der Brunnen in solcher Weise längere Zeit hindurch abgepumpt wird, wie er beim normalen Betriebe benutzt wird. Zuweilen kommt man schon zum Ziele, wenn man nach längerem Betriebe das Wasser aus dem nächsten, zugängigen Auslaufe entnimmt. Finden sich in einem solchen Falle keine oder sehr wenig Keime, so ist die genügende Filtrationsleistung erwiesen, finden sich indessen viele Keime, so bleibt der Einwand bestehen, die Bakterien seien auf dem Wege vom Austritt aus dem Erdreiche bis zur Entnahmestelle in das Wasser hineingelangt. Man kann auch das Wasser direct aus dem Brunnen dicht neben und unter dem Saugkorbe der Pumpe entnehmen in der Annahme, dass sich an dieser Stelle zudringendes Grundwasser auf dem Wege zur Pumpe befinde. Hierbei sind dann sowohl die nicht in Betracht kommenden zahlreichen Bakterien der oberen Wasserschichten, als auch die Bakterien des „Bodenschlammes" zu vermeiden. Man muss also den Abstand des Saugkorbes von der Erdoberfläche und vom Brunnenboden vorher genau bestimmen. Indessen trifft die Annahme, dass sich Bakterien aus den oberen Wasserschichten und dem Brunnenschlamm dem zuströmendem Wasser nicht beimischen, wohl nur selten zu.

Um sich über den Keimgehalt des zur Verwendung kommenden Grundwassers zu unterrichten, ist in manchen Fällen erforderlich, neben dem fraglichen Brunnen einen Rohrbrunnen unter entsprechenden Cautelen einzutreiben, ihn zu desinficiren und dann die Probe zu entnehmen. Auch vorhandene Versuchsrohre in der Umgebung des Brunnens können hierzu benutzt werden, wenn sie gut desinficirt worden sind und ebenso tief hinunterreichen, als der Brunnen, bezw. bis in diejenige Schichttiefe gehen, aus welcher der Hauptbrunnen sein Wasser schöpft.

Gruber[1]) macht in einer sehr beherzigenswerthen Schrift darauf aufmerksam, dass es zuweilen nothwendig sei, abzuwarten, bis das Erdreich um die Rohrbrunnen herum zur Ruhe gekommen sei.

---

[1]) Die Grundlagen der hygienischen Beurtheilung des Wassers. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 25, 428.

Auch der bereits von Gruber erwähnte Vorschlag, ein Rohr von der Seite oder dem Grunde des Brunnens aus in das Erdreich einzutreiben und dort das Wasser zur Untersuchung zu entnehmen, verdient Berücksichtigung.

Gelingt das Eintreiben eines Rohres in den Kesselbrunnen und steht eine genügende Pumpkraft zur Verfügung, welche den Wasserspiegel stark senkt, so wird der eingetriebene abessinische Brunnen zum artesischen, d. h. über dem Brunnenwasserspiegel wird springbrunnenartig das unter Druck stehende Wasser der tieferen Bodenschichten aus dem eingetriebenen Rohre hervortreten; das längere Zeit hindurch hervordringende Wasser spült das Rohr gründlich aus und man erhält so auf die Frage, ob das eindringende Wasser keimfrei ist, eine correcte Antwort.

Leicht liessen sich noch mehr Varietäten der Probeentnahme anführen; jedoch genügen die vorgeführten Beispiele, gezeigt zu haben, dass es bei der Untersuchung der Filtrationsleistung nicht Princip sein muss, Bakterien finden zu wollen — das ist leicht und führt immer zu einem unrichtigen Schlussresultate —, sondern Bakterien nicht zu finden; beherzigt man diese Mahnung, so werden einwandsfreie Entnahmen gemacht werden.

Bei gewöhnlichen Pumpbrunnen, wo das Wasser nicht mit Maschinenkraft gehoben werden kann, gelangt man mit dem Abpumpen, wie früher gezeigt worden ist, nicht zum Ziele; man wird bei diesen Brunnen die accessorischen Bakterien nicht los. Daher versucht man besser einen Nortonbrunnen in oder neben den Kesselbrunnen zu schlagen und dessen Wasser zu untersuchen. Die Höhe der Kosten wird indessen oft hindernd im Wege stehen, und man wird vielfach unter Verzicht auf eine bakteriologische Untersuchung sich darauf beschränken müssen, aus den örtlichen Verhältnissen Schlüsse über die biologische Qualität des Wassers zu ziehen.

Aus einem gewöhnlichen Kesselbrunnen durch Pumpen oder Schöpfen eine Probe zu entnehmen, in ihr die Arten- und die Individuenzahl zu bestimmen und daraus Schlüsse ziehen zu wollen über den Keimgehalt des eintretenden Wassers, ist nach unseren jetzigen Kenntnissen über die Bakteriologie der Brunnen nicht mehr gestattet.

Zur Entscheidung der Frage, ob unreine Zuflüsse in ein Wasser gelangen, ist die bakteriologische Untersuchung allein wenig geeignet. Die Untersuchung des Gesammtwassers von

Brunnen und Quellen giebt z. B. über unreine Zuflüsse derselben nur in seltenen Fällen eine Auskunft. Die verdächtigen Zuflüsse werden vielmehr durch die Besichtigung festgestellt; die seitlich oder von oben einfliessenden Wasserströmchen lassen sich dann leicht abfangen und bakteriologisch untersuchen. Bei Flüssen und Seen deutet, wie früher schon gesagt, das Ansteigen der Keimzahl auf eine Verunreinigung hin.

Soll See- und Flusswasser untersucht werden, so ist nach der Fragestellung oder dem Zweck zu entscheiden, ob die Probe vom Ufer oder aus der Mitte, von der Oberfläche oder aus der Tiefe zu entnehmen ist.

Die zur Wasserentnahme dienenden Gefässe müssen sterilisirt sein.

Mit sterilisirter Watte geschlossene Kölbchen oder Reagensgläser sind die geeigneten Instrumente zur Entnahme von der Oberfläche bequem und frei vorliegenden Wassers. Muss Wasser dicht unter der Oberfläche geschöpft werden, so verwendet man, sofern man bequem dazu kann, Flaschen mit Glasstöpseln oder Soxhletflaschen mit Gummipfropfen, desinficirt vorher die Hände nach gründlicher Reinigung mit Wasser und Seife, bringt die Flasche geschlossen unter Wasser, so dass der Pfropfen bei fliessendem Wasser gegen den Strom gerichtet ist, wartet einige Minuten, damit die aus den oberen Wasserschichten mitgerissenen Bakterien fortgeschwemmt werden, und öffnet dann den Pfropfen. Sobald genügend Wasser eingeflossen ist, setzt man den Pfropfen, welcher während des Einfliessens dicht neben der Flasche und in gleicher Höhe mit ihr gehalten worden ist, fest auf und hebt die verschlossene Flasche heraus.

Soll unter der Oberfläche eines stagnirenden Wassers geschöpft werden, so sind dieselben Vorsichtsmaassnahmen zu treffen; da sich aber das Wasser nicht bewegt, so schiebt der Entnehmer die Flasche vor, nachdem er sie längere Zeit ruhig dicht vor sich unter Wasser gehalten hat, um auf diese Weise die mitgerissenen Mikroben der oberen Wasserschichten zu entfernen.

Noch einfacher nimmt man statt der Glasflaschen Reagircylinder, welche in ihrem oberen Theile zu einer ziemlich scharf umgebogenen Capillare ausgezogen, dann theilweise luftleer gemacht und zugeschmolzen worden sind.

Ein so präparirtes Röhrchen wird in die Hohlhand genommen und, wie vorhin angegeben, gegen den Strom gebracht. Darauf wird nach kurzer Zeit mit dem Daumennagel der desinficirten, das Gläschen haltenden Hand die Spitze abgesprengt. Beim

Herausnehmen muss die Capillare nach unten sehen und der untere Theil des Röhrchens mit voller Faust gefasst werden, um durch die Erwärmung das Eindringen von Wasser aus den höheren Schichten zu vermeiden.

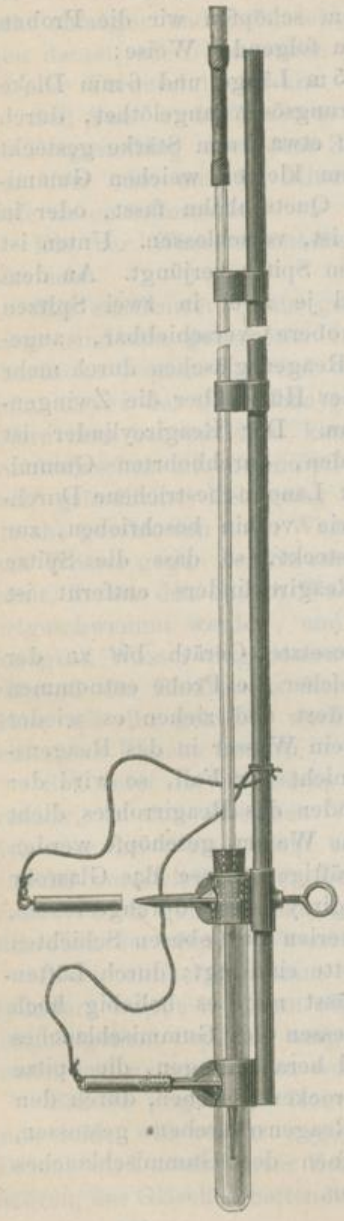
Aus Wassertiefen von $1/2$ bis 3 m schöpfen wir die Proben zur bakteriologischen Untersuchung in folgender Weise:

An einen Eisenstab von etwa 1,5 m Länge und 6 mm Dicke sind in Abständen von 25 cm Führungsösen angelöthet, durch welche ein gewöhnliches Glasrohr von etwa 5 mm Stärke gesteckt ist. Das Glasrohr ist oben mit einem kleinen weichen Gummischlauch, über welchen ein kräftiger Quetschhahn fasst, oder in welchen ein Stück Glasstab gesteckt ist, verschlossen. Unten ist das Glasrohr zu einer kräftigen kurzen Spitze verjüngt. An dem untersten Ende des Eisenstabes sind je zwei in zwei Spitzen auslaufende Zwingen, davon die obere verschiebbar, angebracht, in welchen ein dünnwandiges Reagensgläschen durch mehr oder weniger weites Ueberstreifen einer Hülse über die Zwingenspitzen sicher befestigt werden kann. Der Reagircylinder ist mit einem weichen, gut schliessenden, durchbohrten Gummipfropfen verschlossen. Durch die mit Lanolin bestrichene Durchbohrung des Pfropfens wird die, wie vorhin beschrieben, zur Pipette umgewandelte Glasröhre gesteckt, so dass die Spitze etwa 2 cm von dem Boden des Reagircylinders entfernt ist (Fig. 36, a. f. S.).

Wir führen das so zusammengesetzte Geräth bis zu der Wassertiefe, Felsspalte u. s. w., aus welcher die Probe entnommen werden soll, lassen es eine Minute dort und ziehen es wieder heraus, um uns zu überzeugen, dass kein Wasser in das Reagensröhrchen eingedrungen ist. Ist das nicht der Fall, so wird der Apparat wieder eingeführt, bis der Boden des Reagirrohres dicht über der Stelle steht, von welcher das Wasser geschöpft werden soll, dann wird mit einem kurzen, kräftigen Stosse das Glasrohr vor- und damit der Boden des Reagircylinders durchgestossen, worauf das Wasser, frei von den Bakterien der oberen Schichten und des Bodenschlammes, in die Pipette eindringt; durch Lüften des Quetschhahnes oder Glasstabes lässt man es beliebig hoch steigen und hält es dann durch Schliessen des Gummischlauches in dem Rohre fest. Der Apparat wird herausgezogen, die Spitze des Glasrohres mit sterilisirter Watte trocken gerieben, durch den sterilisirten Pfropfen eines sterilisirten Reagensröhrchens gestossen, und hierauf das Wasser durch Oeffnen des Gummischlauches aus dem Glasrohre keimdicht abgelassen.

Auf den ersten Eisenstab lässt sich ein zweiter und dritter schrauben, und auf das erste Glasrohr ein zweites und drittes Glasrohr mit einem kräftigen kurzen Gummistück fest aufsetzen.

Fig. 36.



Diesen sehr einfachen Apparat haben wir mit gutem Erfolge benutzt, sowohl um Wasser aus bestimmten Tiefen offener Wässer oder aus den unter Wasser der Quellstuben befindlichen Quellzuflüssen zu schöpfen, als auch um Proben aus einem bis zum Wasserspiegel zugängig gemachten Centralbrunnen neben und unter dem Saugkorbe zu fassen.

Das Instrument lässt sich natürlich leicht modificiren, so z. B. durch Ersatz des Glasrohres durch ein Metallrohr, durch Ansetzen einer 50 oder 100 ccm-Pipette an das untere Ende des Glasrohres, durch Anbinden eines luftleer gemachten Condoms an den Gummischlauch, um an dem Aufgetriebenwerden des Condoms die Menge des in die Pipette eingetretenen Wassers abschätzen zu können u. s. w.

Wollen wir Wasser unter Wasser in geringer Tiefe entnehmen, z. B. aus einer Felsspalte einer Brunnenstube, so verschliessen wir die untere Oeffnung einer 100 ccm Vollpipette oder eines Glasrohres mit Paraffin oder Siegellack, führen das Instrument bis zur Entnahmestelle und durchstossen den Pfropfen mit sterilisirtem Draht.

Um das Wasser aus grösseren Tiefen, z. B. aus nicht besteigbaren Kesselbrunnen, dicht über dem Boden zu entnehmen, sind eine ganze Reihe von Apparaten angegeben, die sich in zwei Gruppen eintheilen lassen.

Zu der ersteren gehören die Flaschenapparate. Glasflaschen mit Glasstöpseln werden in einen unten beschwerten Metallrahmen fest eingeschaltet, der obere Theil des Rahmens trägt eine Schnur, an welcher der Apparat niedergelassen wird. In der betreffenden Tiefe wird der Stöpsel durch eine zweite Schnur gehoben, aber nicht aus dem Flaschenhalse herausgezogen, worauf das Wasser eindringt. Der Schluss des Pfropfens geschieht entweder durch sein eigenes Gewicht [Cruz[1])], welches zuweilen noch durch eine Belastung vergrössert ist [Rohrbeck[2])], oder durch Federkraft [Johnston[3]), Heyroth[4])]. Der Apparat des letzten Autors ist, da er zu viel Bakterien aus den oberen Wasserschichten mitnimmt, weniger zu empfehlen.

Die zweite Gruppe der Apparate besteht aus einem beschwerten Reagensröhrchen, welches oben zu einer feinen gebogenen Capillare ausgezogen und durch Erhitzung fast luftleer gemacht ist. Das Röhrchen wird auf die gewünschte Tiefe gebracht und die Capillare zerbrochen, entweder durch Zug an einem Faden, welcher um die gekrümmte Capillare geschlungen ist, oder durch ein an dem Faden, welcher das Röhrchen trägt, niederfallendes, durchlochtes Bleigewicht. Letzteres Verfahren hat den Vorzug, dass man nur eines Fadens bedarf, was angenehm ist, da sich in grösseren Tiefen mit zwei Fäden schlechter arbeiten lässt. Die eine Unterabtheilung dieser zweiten Gruppe lässt die Mündung der Capillare nach oben [Miquel[5]), Russel[6]), Sclavo[7])], die andere nach unten sehen. Erstere Anordnung ist principiell unrichtig; wenn auch in eine eigentliche Capillare Wasser aus den oberen Wasserschichten beim Heraufwinden nicht eindringt, so ist doch zu bedenken, dass das ausgezogene Glasrohr nicht immer überall capillar ist, und dass hier und da Wasser eindringen kann, ohne dass man es merkt.

Dieser Uebelstand wird sicher vermieden, wenn die Capillare nach unten sieht, dann die in der Rundung des Rohres eingeschlossene

[1]) Oswaldo Gonçalves Cruz, Un nouvel appareil pour la recolte des eaux. Rio de Janeiro 1893.

[2]) Rohrbeck, Katalog, S. 131.

[3]) Wyatt Johnston, On the collection of samples of water, for bacteriological analysis. Canadian report of science 1892.

[4]) Reiseausrüstung für Zwecke der Entnahme und bakteriologischen Untersuchung von Wasserproben. (Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte **7**, 381.)

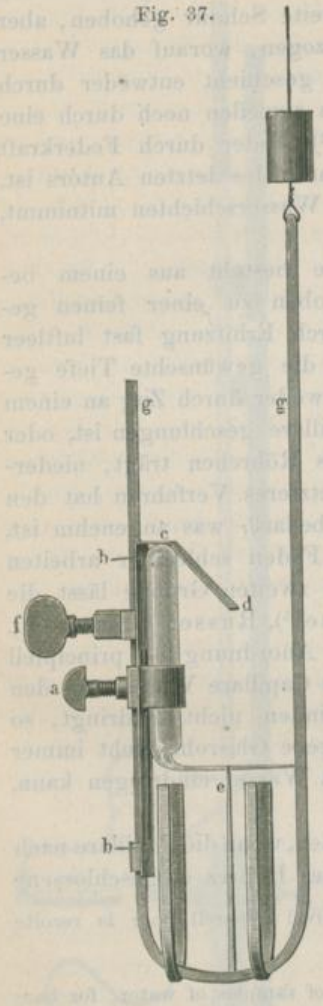
[5]) Manuel pratique d'analyse bact. des eaux 1892, p. 5.

[6]) Untersuchungen über im Golf von Neapel lebende Bakterien. Zeitschrift f. Hygiene u. Infectionskrankheiten **11**, 168.

[7]) Sclavo, Di un nuovo apparecchio par la presa dell' acque a profondita. Ministerio dell' Interno 1892. Ref. in Hygien. Rundschau 1893, S. 194.

Luft dehnt sich in den oberen Wasserschichten entsprechend dem abnehmenden Druck aus und drückt höchstens von dem in der Tiefe aufgenommenen Wasser etwas hinaus. Ist das ausgezogene Rohr an einer nicht capillaren Stelle gesprungen, so lässt es oberhalb des Wassers den Inhalt ausfliessen und der Versuch muss wiederholt werden. Ein Apparat der letzten Art ist von Runschke[1]) angegeben.

Fig. 37.



Wir benutzen einen ähnlichen, beistehend abgebildeten Apparat. Ein luftleer gemachtes Reagirrohr mit lang ausgezogener Capillare wird mittelst eines breiten, dünnen, durch die Schraube *a* anspannbaren Kupferbandes so gegen den flachen Kupferstab *b* befestigt, dass seine Kuppe sich in eine Oeffnung *c* des in die Platte *d* auslaufenden Metallstabes *b* einstemmt. Darauf wird der Metallstab *b* mit dem an ihm befestigten Reagirrohre so weit gesenkt, dass die Capillare auf der von unten hervorragenden Schneide *e* aufliegt, und nun mit der Schraube *f* an dem starken Kupferstabe *g* des Gestelles festgeschraubt.

Umgeben ist der Apparat von vier aufwärts gebogenen Armen, um das Glas gegen Stösse zu schützen. Ein an dem Faden niedergehendes Stückchen Bleirohr schlägt die Spitze der Capillare auf oder an der Schneide ab.

Für die Entnahme aus grossen Tiefen ist von B. Fischer[2]) ein Apparat angegeben, welcher aus dem Tiefseewasserschöpfapparate von Sigsbec entstanden ist. Das Wasser tritt beim Nieder-

---

[1]) Jahresber. d. chem. Untersuchungsamtes d. Stadt Breslau 1891, S. 17.

[2]) Ueber das Grundwasser von Kiel u. s. w. Zeitschrift f. Hygiene und Infectionskrankheiten 13, 260.

gehen durch ein mittelst sich drehender Flügelschraube geöffnetes Ventil durch den Apparat hindurch. Wird der Apparat nicht weiter gesenkt, so schliesst sich das Ventil durch seine Schwere und bleibt durch den Gegendruck der Flügelschraube beim Herausziehen geschlossen.

Im Allgemeinen soll bei derartigen Untersuchungen der Experimentator die Proben selbst entnehmen und gleich an Ort und Stelle verarbeiten, entweder — und zwar am besten — zu Rollröhrchen- oder zu Schalenculturen. Jedes Rollröhrchen wird zuerst in Papier und dann in sehr wenig Watte gewickelt; die Schalen stecken wir in viereckige passende Papierdüten, welche man in jeder Apotheke oder Materialwaarenhandlung bekommen kann, legen zwischen die einzelnen Schalen sehr dünne Schichten Watte, wickeln dann alle zusammen in ein Papier, umgeben sie mit einer dickeren Schicht Watte und schlagen das Ganze nochmals in Papier ein. Diese Umhüllung schützt gegen Kälte und Hitze.

Müssen die Wasserproben verschickt werden, so sind die Capillaren kurz zuzuschmelzen, doppelt etiquettirt, in einen wasserdichten Kasten (Deckelverschluss mit Gummipackung und Schrauben) zwischen Watte zu verpacken. Dieser Kasten ist in einen zweiten ebenfalls wasserdichten Kasten so einzustellen, dass der erstere Kasten überall von Eisstückchen umgeben ist.

Sollen Flaschen verpackt werden, so sind die Stöpsel fest mit Pergamentpapier zu überbinden, welches in Sublimatlösung gelegen hat. Nachher werden sie behandelt wie die Röhrchen. Von Heyroth, von Praussnitz und A. Pfuhl sind besondere Kästchen angegeben zur Aufnahme der Röhrchen. Im Wesentlichen bestehen sie aus einem gut schliessenden Blechkasten, welcher gelochte Einsätze zur Aufnahme der Flaschen oder Röhrchen enthält.

Bei der Ankunft der Proben muss sofort ihre Verarbeitung beginnen und in einem der Gläser gleich nach der Entnahme der zur Plattencultur erforderlichen Wassermengen mit einem genauen Thermometer die Temperatur festgestellt werden.

Die mikroskopische Untersuchung.

b) Die Untersuchung der ungefärbten Präparate.

Man bringt zum Beginn der Untersuchung je einen kleinen Tropfen des zu prüfenden Wassers auf die Mitte zweier gut gereinigter Deckgläschen und legt diese, bis das Wasser verdunstet

ist, auf Fliesspapier unter eine Glasglocke. Während dieser Zeit werden zunächst die Platten- bezw. Rollröhrchenculturen angelegt, wie unter e) dieses Capitels beschrieben ist. Dann bestreicht man den Rand des Schliffes eines hohlen Objectträgers mit Vaseline, träufelt einen kleinen Tropfen des zu untersuchenden Wassers auf ein Deckgläschen und legt dasselbe so auf den Hohlschliff, dass der hängende Tropfen weder den Boden noch den Rand berührt. In derselben Weise wird ein zweiter hohler Objectträger beschickt. Sodann wird der Tropfen bei mittelweiter Blende und 100 facher Vergrösserung durchforscht. Hierbei erkennt man Algen, Diatomeen und grössere Wasserthierchen, beobachtet die Ortsveränderung der mit Bewegung begabten Wesen und betrachtet die grösseren anorganischen Partikel, sowie pflanzliche und thierische Reste. Nach dieser Orientirung über die gröberen Partikel bringt man eines der erkannten Objecte oder den Rand des Tropfens in die Mitte des Gesichtsfeldes. Dann schaltet man statt des Trockensystems die Immersionslinse ein (ein sogenannter Revolver ist für den Systemwechsel sehr zu empfehlen), legt, wenn erforderlich, eine etwas weitere Blende ein, bringt einen nicht zu kleinen Tropfen Oel auf das Deckgläschen, nimmt das schwache Ocular und stellt das in die Mitte gebrachte Object vorsichtig und genau ein. Man kann auch einen Wassertropfen auf einen Objectträger bringen, ihn mit einem Deckgläschen bedecken und nun untersuchen. Statt der Oelimmersion lässt sich in diesem Falle auch gut ein stärkeres Trockensystem verwenden.

Bei der Durchmusterung des Tropfens sieht man, welcher Art die anorganischen Reste, die pflanzlichen und thierischen Gebilde sind.

Die Molecularbewegung kleinster Körperchen darf nicht als eine selbständige Bewegung angesehen werden.

Zuletzt giesst man den Rest des zu untersuchenden Wassers in ein Spitzglas, deckt eine Glasplatte darüber und lässt es ungefähr 24 Stunden an einem kühlen Orte ruhig stehen. In dieser Zeit senken sich die meisten grösseren suspendirten Substanzen zu Boden und ihnen folgt gewöhnlich ein erheblicher Theil der mit Bewegung begabten Wesen. Eine mit sterilisirter Pipette vom Boden des Glases entnommene Probe enthält daher besonders reichliche Mengen der in dem Wasser befindlichen geformten Theile. Zwei solcher Tropfen werden in hohlen Objectträgern untersucht.

Den Bakterien, welche sich wahrscheinlich in der Zwischenzeit wesentlich vermehrt haben, braucht man besondere Aufmerksam-

keit nicht zu schenken; sie werden besser in den gefärbten Präparaten erkannt. Dagegen hat man auf die Anwesenheit von *Crenothrix, Beggiatoa,* ferner von Eiern der Eingeweidewürmer, von Muskelfaserstückchen u. s. w. zu achten.

Inzwischen ist das Wasser der am ersten Tage aufgetragenen Tropfen verdunstet. Wenn man Ursache hat, auf die Ausscheidung von Salzen (siehe S. 416 und Taf. I) zu untersuchen, so werden die Deckgläschen mit den angetrockneten Tropfen nach oben mittelst schwacher und mittelstarker Vergrösserung und enger Blende untersucht. Darauf schreitet man zu ihrer Färbung.

c) Die Untersuchung der gefärbten Präparate.

Die lufttrockenen Deckgläschen werden mit einer Pincette gefasst und mit der bestrichenen Seite nach oben zweimal rasch hinter einander durch die Flamme eines Bunsenbrenners oder dreimal durch die Flamme einer Spirituslampe gezogen. Das jedesmalige Durchziehen soll ungefähr eine Secunde währen.

Nach R. Koch fixirt man hierdurch die Mikroorganismen, ohne ihre Form wesentlich zu verändern und ohne ihre Färbbarkeit zu vermindern, während die Albuminate unlöslich werden und störende Niederschläge nicht mehr bilden können.

Auf das getrocknete und erhitzte Präparat lässt man einen oder mehrere Tropfen der Farbflüssigkeit, am besten Victoriablau, fallen und dort ungefähr fünf Minuten verweilen.

Da in reineren Wässern nur wenige Organismen sich finden, so muss das Bestreben dahin gehen, diese wenigen Mikroben möglichst sichtbar zu machen. Zu dem Zwecke empfiehlt sich bei Wasseruntersuchungen eine von der soeben erwähnten Methode etwas abweichende Färbung. Man giesst einige Cubikcentimeter der Farblösung, am besten Methylenblaulösung, in ein flaches Schälchen und lässt die Deckgläser mit der bestrichenen Seite nach unten mehrere Stunden darauf schwimmen. Durch Erwärmen der Lösung auf etwa 60° wird die Intensität der Färbung erhöht, bezw. die zum Färben erforderliche Zeit abgekürzt.

Hat das Präparat Farbe angenommen, was beim Neigen des Deckgläschens leicht daran zu erkennen ist, dass die Stelle, an welcher der Wassertropfen eingetrocknet ist, tiefer gefärbt erscheint, so spült man den Ueberschuss des Farbstoffes durch einen schwachen Strahl reinen Wassers vorsichtig fort und legt das Deckgläschen mit der noch feuchten Präparatseite auf den Objectträger, wobei man das Einschliessen von Luftblasen sorgfältig

vermeidet. Das überschüssige Wasser wird mit Hülfe von Filtrirpapier entfernt und die Rückseite des Gläschens trocken gewischt.

Die Untersuchung geschieht, wie beim hängenden Tropfen, zuerst mit schwachem Objectiv, starkem Ocular und mittlerer Blende, dann mit schwachem Ocular, Oelimmersion und unter voller Beleuchtung, also ohne Blende. Sie hat sich auf alle Objecte zu erstrecken; bei den aus dem frischen Wasser erhaltenen gefärbten Präparaten steht indessen die Untersuchung auf Schizomyceten im Vordergrunde.

Bei dem Verdunsten des Wassertropfens lagern sich seine gelösten und suspendirten Bestandtheile vornehmlich in der Randzone ab. Dort finden sich die meisten Mikroorganismen, unter denen einzelne Kokken allerdings nur schwierig mit Sicherheit zu erkennen sind, weil auch der Farbstoff in Gestalt kleiner Kugeln sich ausscheiden kann; dort liegt ferner jene äusserst fein vertheilte Masse, welche man mit dem Namen Detritus bezeichnet, und die nur in wenigen Wässern ganz zu fehlen scheint.

Es kommt vor, dass aus Präparaten, welche nicht sehr sorgfältig angefertigt worden sind, ein Theil der Bakterien bei dem Befeuchten mit Wasser sich loslöst. Dieselben werden dann von dem Wasserstrome durch das Gesichtsfeld geschwemmt. Solche Bewegungen dürfen nicht als selbständige aufgefasst werden.

Soll ein Präparat conservirt werden, so entfernt man zuerst das Oel durch einmaliges Ueberwischen mit dem Finger, bringt einen Tropfen Wasser an den Rand des Deckgläschens, wodurch ein leichtes Abheben ermöglicht wird, hebt ab, tupft das Wasser mit Filtrirpapier fort, lässt vollständig lufttrocken werden und legt das trockene Präparat auf einen Objectträger, auf welchen man vorher ein Tröpfchen Canadabalsam gebracht hat. Je intensiver die Päparate gefärbt sind, um so länger halten sie sich; sie müssen gleichwohl im Dunkeln aufbewahrt werden.

Für die meisten Fälle ist es ausreichend, wenn man bloss am zweiten Tage aus dem Bodensatze des Spitzglases Tropfen in die Kammern von hohlen Objectträgern bringt, sie ungefärbt mikroskopirt und auf pflanzliche und thierische Wesen, mit Ausschluss der Bakterien, sowie pflanzliche und thierische Reste und anorganische Partikel untersucht, denn die Mikroorganismen kommen besser durch die Cultur zur Anschauung.

d) **Die Geisselfärbung [nach v. Ermengem[1]) und Bunge[2])].**

Die Geisselfärbung ist von Löffler zuerst mit Erfolg ausgeführt, doch ist jene Methode etwas umständlich, wir geben daher zwei spätere aber gute Methoden, wollen indessen hervorheben, dass auch bei diesen einige Uebung zunächst erforderlich ist, um gute Bilder zu erhalten.

Um gute Präparate zu erzielen, sind 10 bis 18 Stunden alte Agarculturen zu verwenden, von welchen nur wenige im reinsten destillirten Wasser gehörig vertheilte Bakterien auf das Deckgläschen zu bringen sind. Da selbst die geringsten Spuren von Schmutz störende Niederschläge verursachen, so müssen die neuen Deckgläschen zu ihrer Reinigung zuerst in einer Lösung von Kaliumbichrom. 60, Acid. sulf. conc. 60, Aq. dest. 1000 gekocht, dann in Wasser gespült und in absoluten Alkohol gelegt werden; darauf werden die Gläschen zur Verdunstung des Alkohols senkrecht unter eine Glocke gestellt. Zettnow[3]) wischt die neuen Deckgläschen mit alkoholfeuchtem Tuche kräftig ab und legt sie dann auf ein Stück Schwarzblech, welches mittelst eines Bunsenbrenners einige Minuten erhitzt wird. Das mit dem Bakterienmaterial beschickte Deckgläschen lässt man lufttrocken werden und zieht es, indem man es mit den Fingern festhält, dreimal durch die Flamme. Hiernach tropft man eine Fixationsflüssigkeit auf, bestehend aus einem Theile 2 proc. Acid. osmicum und zwei Theilen 10- bis 25 proc. acid. tannicum; zu 100 ccm der Gerbsäurelösung setzt v. Ermengem vier bis fünf Tropfen Eisessig. Die Flüssigkeit muss eine halbe Stunde kalt, oder fünf Minuten auf 50 bis 60° erwärmt einwirken.

Nachdem die Präparate sorgfältig in Wasser und dann in Alkohol ausgewaschen sind, taucht man sie einige Secunden in eine Lösung von 0,25- bis 0,5 proc. Arg. nitricum (Sensibilisirungsbad), aus dieser werden sie, ohne vorherige Abspülung, in eine Lösung gebracht von Acid. gallicum 5, Acid. tannicum 3, Natr. aceticum fusum 10, Aq. dest. 350 und dann nach einigen Augenblicken in die Silberlösung zurückgelegt. Sobald diese sich zu schwärzen beginnt, nimmt man die Deckgläschen heraus, trocknet sie und legt sie mittelst Canadabalsam auf den Objectträger. Gut gelungene

---

[1]) Trav. du labor. d'hygiène et de Bactériologie de l'Univ. de Gand. T. I, fasc. 3.

[2]) Fortschritte der Medicin 1894, S. 463, 652, 929.

[3]) Centr. f. Bakt. u. Par. 14, 63.

Präparate zeigen die Bakterien schwarzbraun, die Geisseln tief schwarz gefärbt.

Bunge verwendet drei Theile concentrirter wässeriger Tanninlösung und einen Theil einer wässerigen Verdünnung von Liquor ferri sesquichlorati (1 : 20 Wasser) und setzt zu 10 ccm der Mischung 1 ccm concentrirte wässerige Fuchsinlösung hinzu. Diese Beize muss mehrere Tage oder Wochen an der Luft stehen, bis sie durch Oxydation rothbraun wird; man kann die Oxydation rasch erreichen durch Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd zu der frischen Beize, bis die erwähnte rothbraune Färbung auftritt; hierzu ist etwa $^1/_2$ ccm einer 3 proc. Wasserstoffsuperoxydlösung zu 5 ccm der Beize erforderlich. Das Präparat fertigt man in der Weise an, dass man auf ein Deckgläschen etwas von der zu untersuchenden Cultur (drei Tage alte geben die besten Bilder) in ein Tröpfchen destillirten Wassers giebt, von hier aus inficirt man ein zweites Wassertröpfchen und entnimmt von diesem eine geringe Menge, um sie auf ein, wie vorhin angegeben, gereinigtes Deckgläschen gleichmässig auszustreichen. Das Präparat wird an der Luft getrocknet und unter Vermeidung zu starker Erwärmung einmal durch die Flamme eines Bunsenbrenners gezogen. Darauf wird die mit Wasserstoffsuperoxyd frisch oxydirte Beize durch ein doppeltes Filter auf das Deckgläschen gegeben, dort eine bis mehrere Minuten belassen und sehr sauber unter der Wasserleitung abgespült. Das hiernach getrocknete Präparat wird mit Carbolgentianaviolett gefärbt, abgespült, getrocknet und in Canadabalsam gelegt. Diese Farbflüssigkeit wird hergestellt durch Zusatz von einigen Tropfen concentrirter alkoholischer Gentianaviolettlösung zu einigen Cubikcentimetern einer 5 proc. Carbollösung.

Die biologische Untersuchung.

e) Die Cultur der im Wasser enthaltenen Mikroorganismen und das Zählen derselben.

Um die in einem Wasser enthaltenen Mikroorganismen nach Zahl und Art in die Erscheinung treten zu lassen, ist es nothwendig, sie in einem flüssigen Medium zu vertheilen, welches

1. für die Mikroorganismen ein möglichst angemessener Nährboden ist und
2. kurze Zeit nach der Mischung gelatinirt.

Durch das Gelatiniren werden die einzelnen Mikroorganismen an der Stelle, welche sie gerade innehaben, festgeklebt und können

sich mit anderen gleichzeitig vorhandenen Mikroben nicht mehr mischen. Da die Bakterien sich zugleich in einem guten Nährsubstrat befinden, so vermehren sie sich daselbst, und die neu entwickelten Bakterien lagern sich in dem festweichen Nährboden unmittelbar den älteren an. So entstehen im Verlaufe von wenigen Tagen in dem Nährsubstrate aus den einzelnen Keimen Bakterienanhäufungen, sogenannte Colonien, welche schon dem unbewaffneten Auge sichtbar sind. Die Colonien der verschiedenen Bakterienarten bieten in Gestalt, Farbe, Grösse etc. Verschiedenheiten, die besonders bei der Beobachtung unter dem Mikroskope hervortreten. Um die Cultur bei durchfallendem Lichte untersuchen zu können, muss sowohl sie selbst als auch ihre Umgebung und ihre Unterlage durchsichtig sein. Diesen Anforderungen entspricht am besten die Cultur in Nährgelatine auf Glasplatten oder in Schalen.

Die Anlage dieser „Plattenculturen" geschieht zweckmässig in folgender Weise:

In ein Röhrchen, welches verflüssigte, aber höchstens 37° warme, keimfreie Nährgelatine enthält, lässt man an der Gefässwand entlang 1 ccm des zu prüfenden Wassers fliessen, welches mit sterilisirter, graduirter Pipette dem Aufsammelgefässe entnommen worden ist. Dann verstöpselt man das Reagensröhrchen, dessen Pfropfen man vorsichtig losgedreht und während des Einfüllens der Wasserprobe unter Beobachtung der Seite 664 erläuterten Vorsichtsmaassregeln zwischen den Fingern gehalten hat, und mischt das Wasser mit der Nährgelatine durch langsames Auf- und Abneigen unter Vermeidung von Blasenbildung. Durch sorgfältiges Mischen werden die in dem Wasser enthaltenen einzelnen Mikroorganismen in der Nährgelatine möglichst gleichmässig vertheilt.

In derselben Weise wird einem zweiten Röhrchen $^1/_2$ ccm, einem dritten ein Tropfen Wasser hinzugefügt. Nie präparire man weniger als zwei Röhrchen von demselben Wasser, sowohl der Controle wegen, als auch, um bei Verunglücken des einen Röhrchens an dem zweiten Ersatz zu haben.

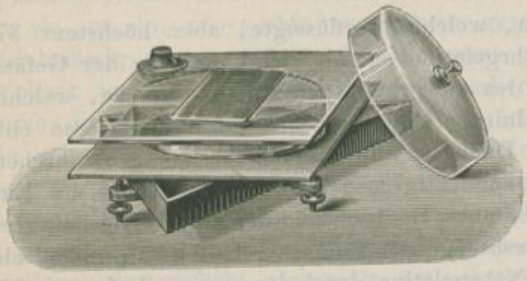
Vermuthet man viele Organismen in dem betreffenden Wasser, worüber man sich durch ein rasch angefertigtes, gefärbtes Trockenpräparat einige Auskunft verschaffen kann, so beschicke man die Röhrchen mit $^1/_5$ ccm, bezw. einem Tropfen Wasser; die Anzahl Tropfen pro Cubikcentimeter der benutzten Pipette ist durch Abzählen zu bestimmen. Man kann auch 1 ccm des zu prüfenden Wassers mit 10 ccm oder mehr keimfreien Wassers mischen, so die Zahl der Keime herabmindern und von der Mischung 1, $^1/_2$, $^1/_5$, $^1/_{10}$ ccm zur Untersuchung benutzen.

Mehr als 5000 bis 10000 Colonien auf einer Platte lassen sich schlecht zählen; man bestrebe sich daher, nur so viel Wasser zur Untersuchung zu verwenden, dass diese Zahl nicht allzu sehr überschritten wird.

Hat man das zu untersuchende Wasser auf die angegebene Weise mit der Nährgelatine gemischt, so wird die Mischung auf Glasplatten ausgegossen. Behufs Abkühlung der letzteren legt man sie einige Zeit auf eine Glasscheibe, welche eine mit Eis oder kaltem Wasser gefüllte Schale deckt; diese wird auf einem Nivellirständer (Fig. 38) horizontal eingestellt. Um das Auffallen von Keimen aus der Luft zu verhüten, stülpt man über die Versuchsplatten eine Glocke.

Da beim Ausgiessen der Mischung Mikroorganismen, welche an dem Rande des Reagensröhrchens haften, die Cultur verunreinigen können, sterilisirt man den Rand durch Erhitzen über einer Gas- oder Spiritusflamme. Man lässt abkühlen und giesst dann langsam den Inhalt auf die oberste der gekühlten Platten, sie so mit einem sterilen Glasstabe vertheilend, dass sie eine gleichmässige, rechteckige Fläche bildet, deren Rand überall noch ungefähr 1 cm vom Plattenrande entfernt bleibt. Nachdem die Gelatine vollständig erstarrt ist, überträgt man die Platte in die vorher präparirte feuchte Kammer. Die feuchte Kammer hat den Zweck, die Nährgelatine vor Verunreinigung durch Luftkeime und vor dem Austrocknen zu schützen. Das zweite bezw. dritte und vierte Röhrchen werden in gleicher Weise behandelt und die Platten in dieselbe Glocke auf Bänkchen gebracht. Genaues Etiquettiren der Bänkchen und der Kammer ist nothwendig.

Fig. 38.



Glasplatte auf der mit Eis gefüllten Schale eines Nivellirständers.

Die mit den Culturplatten besetzte Glocke stellt man in einen circa 20 bis 22° C. warmen Raum und belässt sie dort während mindestens dreier Tage[1]). In dieser Zeit haben sich die meisten

[1]) Ein Nachsehen der Platten, womöglich ohne den Deckel zu lüften, ist schon am zweiten Tage erforderlich, um sich über die ungefähre Zahl und Art

der in der Nährgelatine wachsenden Keime zu Colonien ausgebildet, welche mit blossem Auge oder der Lupe erkennbar sind. Je länger man mit dem Zählen warten kann, desto genauere Resultate erhält man.

Sind gar keine oder nur wenige verflüssigende Colonien vorhanden, so zähle man nicht vor dem fünften oder sechsten Tage; des Oefteren macht jedoch die rasch fortschreitende Verflüssigung der Nährgelatine das Zählen am dritten und in Ausnahmefällen (s. die Anmerkung) schon am zweiten Tage erforderlich. Um der zu starken Ausbreitung der verflüssigenden Colonien in etwas entgegenzutreten, tupft man die verflüssigte Gelatine mit Filtrirpapier fort und bepinselt den Rand der verflüssigten Stelle mit einer starken Lösung von Kaliumpermanganat. Die Schimmelwucherungen betupft man, so lange sie klein sind, mit Sublimat-Collodium. Durch vorsichtige Anwendung dieser Mittel gelingt es oft, eine Platte noch zu erhalten, welche sonst in kurzer Zeit unbrauchbar geworden wäre. Nach verschieden langen Zeiten gezählte Platten sollen ohne Angabe des Zeitunterschiedes nicht mit einander verglichen werden.

Zum Zwecke des Zählens legt man die Gelatineplatte auf einen matten, schwarzen Untergrund und überdeckt sie in einem gewissen Abstande mit einer in Quadratcentimeter getheilten Glasplatte.

Nun zählt man mit Benutzung einer gewöhnlichen Lupe die entwickelten Colonien, wobei kleine, glänzende, sehr langsam wachsende und auf Wasserplatten häufig vorhandene Colonien nicht zu übersehen sind. Ist die Colonienzahl sehr gross, so zählt man nur wenige Quadratcentimeter der Platte und berechnet aus dem Durchschnitt die Gesammtsumme für die ganze Platte. Bei stark bewachsenen Platten wendet man Zählplatten an, auf welchen einzelne Quadratcentimeter noch in Unterabtheilungen getheilt sind, oder man zählt nach Neisser unter dem Mikroskop mindestens dreissig Gesichtsfelder und findet dann die Gesammtzahl der Colonien durch Rechnung. Die Grösse des Gesichtsfeldes muss bekannt sein; bei Zeiss Objectiv *AA*, Ocular 2 und gewöhnlicher Tubuslänge beträgt sie 4,1548, bei Zeiss Apochromat 16 mm, Ocular IV 3,1416, bei Leitz Ocular 1, Objectiv III 4,1516, bei Seibert Ocular 1, Objectiv II 2,167, bei Winkler Ocular 1, Objectiv II 6,1575 Quadratmillimeter[1]).

der verflüssigenden Colonien und über etwaige Schimmelbildung zu orientiren, damit nicht die Platten durch diese Organismen vorzeitig zerstört werden. Droht Gefahr, so sind die Platten sofort weiter zu verarbeiten.

[1]) Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. 20, 119.

Die Summe der Keime wird stets für einen Cubikcentimeter Wasser angegeben. Wenn es darauf ankommt, ganz genaue Zahlen zu erhalten, so muss auch derjenige Theil der Gelatine berücksichtigt werden, welcher im Reagensrohre zurückbleibt. Zu dem Zwecke werden die ausgegossenen Röhrchen mit Watte geschlossen, etiquettirt neben der Glocke aufgehoben und später auf darin gewachsene Colonien untersucht, deren Zahl der Colonienzahl der Platten hinzugefügt wird.

Schon früher haben wir darauf aufmerksam gemacht, dass bei der Anfertigung der Platten unter Umständen Keime aus der Luft als Verunreinigungen auf dieselben gelangen können; bei ruhigem, vorsichtigem Arbeiten braucht man für die Platte höchstens sechs additionelle Keime zu rechnen.

Für Wasseruntersuchungen eignet sich in vielen Fällen ein von E. von Esmarch angegebenes Verfahren[1]). Esmarch füllt 1 ccm bezw. $^1/_2$ ccm und einen Tropfen des zu untersuchenden Wassers in ein Reagensröhrchen mit verflüssigter Nährgelatine, verschliesst es mit dem Wattepfropfen und zieht über diesen eine Gummikappe. Das auf diese Weise vor dem Eindringen von Flüssigkeit geschützte Gläschen wird, nachdem vorher Wasser und Gelatine gemischt worden sind, in einer Schüssel mit Eiswasser so lange gedreht, bis die Gelatine in dünner, gleichmässiger Schicht an der Glaswandung erstarrt ist. Man achte darauf, dass nicht die Gelatine mit dem Pfropfen in Berührung komme. Auch nehme man, wenn die Gelatine fest geworden ist, um den Gasaustausch nicht zu behindern, was ein verzögertes Wachsthum zur Folge haben kann, die Gummikappe ab. Die eingesäeten Keime wachsen wie gewöhnlich zu Colonien aus und werden gezählt. Das Zählen lässt sich bequem bewerkstelligen, wenn man die Oberfläche des Röhrchens mittelst Farbstrichen in einzelne Felder theilt, oder wenn man den ebenfalls von Esmarch angegebenen, von Rohrbeck in Berlin gefertigten, mit Lupe versehenen Zählapparat benutzt.

Wenn die Röhrchen nicht unter 22° C. gehalten werden können, z. B. in der heissen Zeit, oder wenn das Auftreten grosser Mengen verflüssigender Colonien in Frage kommt, benutzt man statt der Nährgelatine besser die Nähragargallerte, setzt aber, um das lästige Abscheiden von Wasser so viel als möglich zu verhüten, 2 Proc. Gelatine hinzu. Sofern Nährgelatine verwendet wird, räth Esmarch an, den Zusatz von Gelatine zu erhöhen.

---

[1]) Zeitschrift f. Hygiene 1, 293.

Noch ein anderes Verfahren muss erwähnt werden. Petri benutzt statt der mit Eis gefüllten Glasglocke, des Nivellirständers, der Glasplatten und der feuchten Kammer flache, 1 bis 1,5 cm hohe, gläserne Doppelschalen von 10 bis 15,0 cm Durchmesser. In diese auf gewöhnliche Weise sterilisirten Glasschalen wird 1 ccm bezw. 0,5 ccm bezw. ein Tropfen des zu untersuchenden Wassers hineingegeben, mit der verflüssigten Nährgelatine vorsichtig überschüttet und gemischt. Die Mischung erstarrt rasch in gleichmässiger, wenige Millimeter dicker Schicht, welche nur sehr langsam eintrocknet. Noch länger hält sich die Gelatine feucht, wenn man mehrere derartige Schalen unter eine Glasglocke bringt, die mit Wasser benetztes Filtrirpapier enthält. Um die gewachsenen Colonien zu zählen, stellt man die Schale auf eine gewöhnliche Zählplatte, welche auf einen schwarzen Untergrund gelegt ist. Bei der geringen Höhe des Schalenrandes lässt sich die Unterschale mit der darin enthaltenen Gelatine bequem unter das Mikroskop bringen und dort genau so wie eine Platte untersuchen. Es liegt auf der Hand, dass das angegebene Verfahren in vielen Fällen geeignet ist, die etwas umständliche Plattenmethode in vorzüglicher Weise zu ersetzen.

Ebenso praktisch als diese Schalen sind die von Soyka angegebenen. Sie sind den Petri'schen Schalen ähnlich, aber viel flacher und haben nicht senkrechte, sondern im stumpfen Winkel abstehende Ränder. Die Schalen eignen sich vorzüglich zur Anfertigung der Platten, d. h. Schalenculturen an Ort und Stelle. Král empfiehlt, sie in ein entsprechend geformtes Blechgefäss zu stellen behufs leichteren Transportes. Wir schieben dieselben, wie erwähnt, in Papierdüten.

Das Esmarch'sche Rollröhrchenverfahren ist vor Allem dann am Platze, wenn es darauf ankommt, möglichst genau eine geringere Zahl von Mikroorganismen in einem Wasser festzustellen — so z. B. wenn es sich darum handelt, zu entscheiden, ob ein Wasser keimfrei ist oder nicht. — Dahingegen ist die Platten- und Schalenmethode besser, wenn es darauf ankommt, Artbestimmungen vorzunehmen — z. B. bei der Untersuchung auf Typhus und Cholera.

f) Die Untersuchung der Platten.

Nach Feststellung der Zahl der Colonien erübrigt es, die Art derselben zu studiren, hauptsächlich so weit die pathogenen und verdächtigen Bakterien in Frage kommen. Zu dem Zwecke bringt man die Platte auf den Objecttisch des Mikroskopes, welches mit

starkem Ocular, schwachem Objectiv und enger Blende ausgestattet ist. Bei dieser — 80- bis 120 fachen — Vergrösserung betrachtet man die einzelnen Colonien. Es wird zunächst der Rand beobachtet, ob er in gleichmässiger oder ungleichmässiger Krümmung verläuft, ob davon strahlenförmige oder gewundene Fortsätze ausgehen, ob er sich wallartig, oder in dünner, membranartiger Form vorschiebt; ferner sind zu berücksichtigen: die Grösse, die Farbe, die Lichtbrechung, die Körnung, der Bau der Colonien, ob sie als mehr oder minder kugelige oder bröckelige Massen in oder auf der Gelatine liegen, ob sie ganz flach oder terrassenförmig sind u. s. w. Wenn die Gelatine durch die Mikroorganismen verflüssigt worden ist, so hat man festzustellen, welcher Art die Verflüssigung ist, ob sich dabei ein Geruch entwickelt, ob Bewegung in der Colonie ist u. s. f.

Es kann nicht genug empfohlen werden, die Colonien genau zu studiren, denn sie bieten so viele charakteristische Eigenthümlichkeiten, dass man daraus in sehr vielen Fällen die Art der Organismen besser erkennen kann, als aus den gefärbten Präparaten.

Bei der Revision der Platten hat man selbstverständlich in erster Linie sein Augenmerk darauf zu richten, etwaige pathogene Mikroorganismen herauszufinden; von allen irgendwie verdächtigen Colonien sind Proben zu entnehmen und weiter zu bearbeiten.

Für andere Zwecke sind auch die übrigen Organismenhaufen in Betracht zu ziehen. Ihre Mannigfaltigkeit ist meistens geringer, als man der Colonienzahl nach erwarten sollte.

Früher glaubte man, dass die die Gelatine verflüssigenden Bakterien Fäulnisserreger seien. Diese Annahme hat sich jedoch als unbegründet erwiesen, und hat man die Trennung in „verflüssigende“ und „nicht verflüssigende“ Colonien als eine unnöthige Complication fallen lassen.

g) Die Entnahme der Bakterien aus einer einzelnen Colonie.

Die Entnahme geschieht stets unter Controle des Mikroskopes bei 80- bis 120 facher Vergrösserung.

Man biegt eine feine Platinnadel ungefähr 1 mm von ihrem Ende in einen Winkel von etwa 120°, sterilisirt sie durch Erhitzen und lässt sie erkalten. Die Colonie, von welcher abgeimpft werden soll, wird in die Mitte des Gesichtsfeldes geschoben, die rechte Hand fest aufgestützt und die Spitze der Nadel unter die Mitte des Objectivs gebracht. Nun blickt man durch das Ocular. Sobald die Nadel, wenn auch undeutlich, sichtbar ist, wird sie

gesenkt, vor- oder zurückgeschoben, bis die Spitze derselben deutlich erkennbar dicht über der Colonie schwebt. Dann taucht man die Spitze in die Colonie und hebt sie langsam senkrecht wieder heraus. Bei grossen Colonien, besonders bei verflüssigenden, berührt man mit der Nadel nicht die Mitte, sondern nur eine Stelle des Randes, um möglichst sicher zu sein, jede Verunreinigung der entnommenen Probe auszuschliessen. Hat die Nadel ausser dem zu prüfenden Bakterienhaufen noch eine andere Colonie oder überhaupt irgend einen fremden Gegenstand berührt, so ist sie zu sterilisiren und der Versuch zu wiederholen.

Zu einer solchen Probeentnahme bedarf man zwar einiger Uebung, doch ist die soeben erläuterte Manipulation nicht zu umgehen, wenn eine reine Abimpfung gesichert sein soll.

h) Die weitere Behandlung der entnommenen Keime.

1. Die Anfertigung von gefärbten und nicht gefärbten Präparaten.

Im Allgemeinen empfiehlt es sich, zuerst von den an der Impfnadel haften gebliebenen Bakterien ein Deckglaspräparat zu machen. Zu dem Zwecke bringt man ein sehr kleines Tröpfchen Wasser auf ein Deckgläschen und streicht die Nadel darin ab, verreibt, lässt lufttrocken werden, erhitzt, lässt einige Tropfen Farbflüssigkeit wenige Secunden bis mehrere Minuten einwirken, spült ab, bringt das Präparat mit einem kleinen Tropfen Wasser auf den Objectträger und mikroskopirt. Wir erinnern nochmals daran, dass gefärbte Präparate mit schwachem Ocular, Oelimmersionssystem und unter voller Beleuchtung, also mit Anwendung des Abbe'schen Beleuchtungsapparates, untersucht werden müssen.

Es ist anzurathen, mit verschiedenen Lösungen zu färben, um die grössere oder geringere Affinität des Mikroorganismus zu dem einen oder anderen Farbstoff herauszufinden.

Zur Differentialdiagnose eignet sich in manchen Fällen recht gut die von Gram angegebene Methode. Man lässt das Deckgläschen nach der gewöhnlichen Vorbehandlung eine bis drei Minuten auf der Anilingentianaviolettlösung (s. Seite 657) schwimmen, bringt es alsdann für einige Secunden in Jodjodkaliumlösung und schliesslich bis gerade zur Entfärbung in absoluten Alkohol. Einige Bakterien behalten die Farbe bei dieser Behandlung, andere nicht. So verlieren z. B. die Typhus- und Cholerabacillen den Farbstoff. Bacillen also, welche in der Colonie und in den auf gewöhnliche Weise gefärbten Präparaten den Typhuserregern

gleichen, sind sicher keine Typhusbacillen, wenn sie sich nach der Gram'schen Methode gut färben. Die Methode will geübt sein; als Versuchsobjecte sind junge Milzbrandbacillen zu empfehlen.

Mit einer anderen Probe der zu prüfenden Colonie wird ein hohl geschliffener Objectträger beschickt. Man bringt ein linsengrosses Tröpfchen sterilisirter Bouillon mit einer grossen Platinöse auf das Deckgläschen und impft dasselbe mit einer Spur der betreffenden Colonie; dann umgiebt man den Hohlschliff des Objectträgers mit einer Schicht Vaselin und legt auf diese das Deckgläschen, so zwar, dass in dem dadurch hergestellten abgeschlossenen Hohlraum der Tropfen frei hängt, ohne den Rand oder den Boden des Hohlschliffes zu berühren. Der Vaselinverschluss der Zelle muss absolut luftdicht sein, damit das Verdunsten des geimpften Bouillontröpfchens verhindert werde. Den Objectträger bringt man in einen Raum, dessen Temperatur ungefähr 22° beträgt und beobachtet nach einiger Zeit die Entwickelung der Bakterien, ihre Form, Bewegung, Lagerung u. s. f. Die Untersuchung findet statt unter Anwendung eines schwachen Oculars, der Oelimmersion, und unter Einschaltung einer mittelweiten Blende.

Von den Colonien, welche man für pathogen hält, muss man ausserdem die in den Tabellen Seite 717 angegebenen Culturen anlegen. Ferner empfiehlt es sich, anfänglich alle im Wasser vorkommenden Arten von Mikroorganismen so zu behandeln, theils um die nothwendige Uebung zu erlangen, theils um die gewöhnlich auftretenden Bakterien und ihre Eigenschaften kennen zu lernen; hierdurch wird das Auffinden und Erkennen der pathogenen Bakterien wesentlich erleichtert.

2. Die Stichcultur.

Der Pfropfen eines feste Nährgelatine oder Nähragar enthaltenden Röhrchens wird losgedreht, herausgezogen und zwischen Zeige- und Mittelfinger der linken Hand gefasst, so dass der vorher im Röhrchen befindliche Theil frei über die Rückenfläche der Finger hervorragt.

Das Röhrchen selbst wird so zwischen Daumen und Zeigefinger gehalten, dass die Mündung nach unten und zur Hohlhand, das mit Gelatine gefüllte Ende nach oben und zur Handrückenseite gewendet ist. Durch diese Stellung wird verhütet, dass Keime aus der Luft auf die Gelatine fallen. Sodann entnimmt man mit sterilisirter Platinnadel unter dem Mikroskop eine Probe der betreffenden Colonie, sticht die Nadel ungefähr 3 cm tief in die Gelatine ein, zieht sie, ohne den Stichcanal zu erweitern, heraus,

schliesst das Röhrchen, etiquettirt und stellt es bei Seite. Ein zweites Röhrchen wird in derselben Weise beschickt.

Will man auf der Platte gefundene Bakterien weiter züchten, so geschieht das gewöhnlich in Form der Stichculturen. Alle vier bis sechs Wochen ist, um die Cultur fortzuführen, die Uebertragung einer Spur von der alten Stichcultur in ein neues Röhrchen erforderlich, man hat die Cultur „umzustechen".

Alle Culturen müssen dunkel aufgehoben werden.

3. Die Plattencultur in Nährgelatine.

Man verflüssigt die Nährgelatine, welche in einem Reagensröhrchen enthalten ist, bei höchstens 37°, dreht den Pfropfen los, entfernt ihn und nimmt ihn, wie unter 2 beschrieben, zwischen Zeige- und Mittelfinger; das Röhrchen wird in diesem Falle so zwischen linken Daumen und Zeigefinger gefasst, dass die Oeffnung zur Hohlhandseite und etwas nach oben, das untere Ende aber zum Handrücken und etwas nach unten gerichtet ist. Dann entnimmt man mit dem Platindraht eine Probe aus der verdächtigen oder fraglichen Colonie der ursprünglichen Platte oder aus der Stichcultur etc. und impft, indem man die Nadel in der Gelatine an der Wand des Gläschens abreibt. Nachdem man letzteres durch den Wattepfropfen wieder geschlossen hat, werden durch langsames Senken und Heben die Bakterien in der Gelatine vertheilt. Da in das Röhrchen unter Umständen Hunderttausende von Keimen übertragen werden, können auf der Platte so viele Colonien entstehen, dass sie sich im Wachsthum behindern und daher ihre charakteristischen Eigenschaften nicht voll entwickeln.

Hierdurch würde die Erkennung der Artmerkmale in Frage gestellt werden.

Um das zu verhüten, inficirt man von dem ersten Röhrchen ein zweites in folgender Weise:

Man dreht den Pfropfen des bereits inficirten und des zu impfenden Gläschens los, nimmt das inficirte Röhrchen zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand, so dass die Oeffnung zur Hohlhand und etwas nach oben, das geschlossene Ende zum Handrücken und etwas nach unten sieht, legt zwischen dieselben Finger und neben das erwähnte Reagensröhrchen das zu impfende Röhrchen, entfernt zuerst den Pfropfen des letzteren und fasst ihn mit Zeige- und Mittelfinger der linken Hand, entfernt darauf den Pfropfen des geimpften Gläschens, bringt diesen zwischen den vierten und fünften Finger und überträgt mit der sterilisirten

Platinöse einige minimale Tröpfchen aus dem ersten in das zweite Röhrchen, die Oese jedesmal in der Gelatine an der Wand abreibend.

Die Gläschen werden mit den entsprechenden Pfropfen geschlossen, und durch Heben und Senken die weniger zahlreichen Keime des zweiten Röhrchens in der Nährgelatine vertheilt.

Man thut immer gut, von dem zweiten Röhrchen noch ein drittes in derselben Weise zu impfen, da auch in dem zweiten Röhrchen noch zu viel Keime enthalten sein können.

Giesst man darauf die Gelatine der drei Röhrchen auf Platten aus, so werden sich auf einer derselben die Colonien in passender Vertheilung finden. Von einer gut entwickelten Colonie wird dann ein Deckgläschenpräparat gefertigt und nachgesehen, ob nur eine, und zwar die gewünschte Bakterienart vorhanden ist. Im zutreffenden Falle entnimmt man derselben Colonie eine zweite Probe zu einer Stichcultur und darf nunmehr erwarten, in dieser eine Reincultur des betreffenden Organismus zu haben. Zeigen sich die Colonien nicht charakteristisch, oder ergiebt das Deckgläschenpräparat die Anwesenheit verschiedener Bakterien, so muss das Plattenverfahren so lange wiederholt werden, bis die verschiedenen Organismen getrennt, also rein gezüchtet sind.

Selbstverständlich kann man auch hier statt der Platten Schalen oder Rollröhrchen verwenden.

4. Die Plattencultur in Agar-Gallerte.

Man fertigt dieselben genau in derselben Weise an wie die Gelatinecultur, benutzt indessen mit Vortheil flache Schalen anstatt der Platten.

Die Agarculturen legt man hauptsächlich an, um bei Brutwärme zu züchten, wo gemeiniglich ein viel rascheres Wachsthum stattfindet als bei Zimmertemperatur.

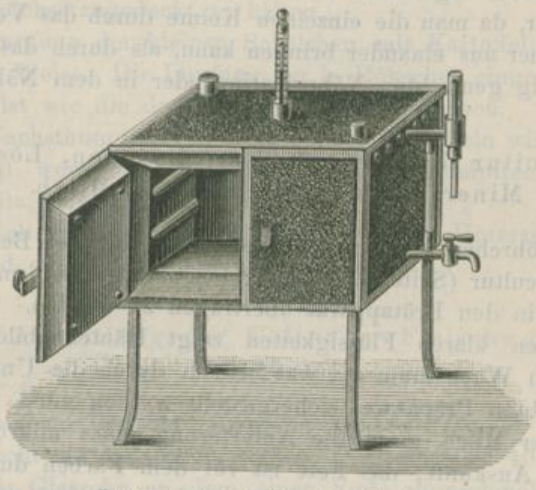
Man bringt dieselben daher in den in Fig. 39 abgebildeten Thermostaten, d. h. einen Blechkasten mit Doppelwandungen, zwischen welchen sich Wasser befindet, dessen Temperatur mittelst eines Thermoregulators constant auf 37° gehalten wird.

Das Agar scheidet, wenn es auf Platten oder in Schalen ausgegossen ist, Wasser aus, wodurch die oberflächlich liegenden Bakterien fortgeschwemmt, die Colonien vermengt werden können. Um das zu verhindern, thut man gut, die Agarschalen einige Stunden ungedeckt in dem Brütapparate, welcher allerdings staubfrei sein muss, stehen zu lassen, damit das Wasser rasch verdunstet

(Schiller). Andererseits trocknet das Agar in den geimpften Schalen im Brütapparate leicht aus, wenn sie länger als 24 Stunden darin stehen. Um diesen Uebelstand zu beschränken, stellt man die Schalen so in den Apparat, dass die Oberschale nach unten, die Unterschale nach oben kommt, bei welcher Anordnung dann die Agarschicht unter der Decke hängt.

Um die in der Tiefe des Agars befindlichen kleinen Colonien zugängig zu machen, sticht man mit der feinsten Platinnadel die Colonie unter Führung des Mikroskops an und zerspaltet sie sowie die überlagernde Gallertschicht. In den Spalt dringen die im

Fig. 39.



Brütapparat oder Vegetationskasten.

Agar eingeschlossene Flüssigkeit und die Bakterien der aufgeschlitzten Colonie hinein und werden von dort mit der feinsten Platindrahtöse entnommen.

Wie die Agarcultur bei Verdacht auf Cholera anzulegen ist, wolle man im nächsten Capitel nachsehen.

5. Die Cultur auf schrägem Agar und auf Blutserum.

Es empfiehlt sich, dazu möglichst reines Aussaatmaterial zu verwenden. Das Röhrchen mit schräg erstarrtem Nähragar oder Blutserum wird geöffnet und mit der Oeffnung zur Hohlhand, mit dem Boden zur Handrückenseite hin so zwischen Daumen und Zeigefinger gehalten, dass man von oben her auf die Fläche des

Nährmaterials sieht und das Condenswasser nicht über die Fläche läuft. Dann wird die mit der Cultur armirte Oese über die Mitte der geraden Fläche geführt, ohne sie indessen in das Condenswasser einzutauchen. Das so aufgebrachte Material wird von der Mitte aus nach rechts und links verstrichen.

Die Röhrchen kommen in den Brütapparat.

Soll von einer auf schräg erstarrtem Agar oder Blutserum gewachsenen Cultur etwas entnommen werden, so bietet der Rand der Cultur, weil dort die jüngsten und kräftigsten Bacillen liegen, die Entnahmestelle.

Zur Trennung verschiedenartiger Spaltpilze eignet sich das schräg erstarrte Agar und das Blutserum weniger gut als die Plattencultur, da man die einzelnen Keime durch das Verstreichen nicht so sicher aus einander bringen kann, als durch das Schütteln in der flüssig gemachten Nährgelatine oder in dem Nähragar.

6. Die Cultur in Peptonwasser, Bouillon, Lösung von Mineralverbindungen und in Milch.

Das Röhrchen wird in der Weise, wie bei der Beschreibung der Plattencultur (Seite 693) angegeben ist, gefasst und geimpft, um darauf in den Brütapparat übertragen zu werden.

Bei den klaren Flüssigkeiten zeigt Häutchenbildung oder Trübwerden Wachsthum an, was jedoch durch die Untersuchung eines gefärbten Präparates sichergestellt werden muss.

Bei der Milch giebt die Anfertigung eines mikroskopischen Präparates Auskunft; das Fett ist vor dem Färben durch Aether zu entfernen; sehr störend sind die nicht ganz fern zu haltenden Caseïngerinnungen; man färbt am besten mit Victoriablau. Bakterien, welche grössere Mengen Säure bilden, bringen die Milch, wenn auch öfter Tage darüber vergehen, zur Gerinnung (Bakt. coli im Gegensatz zum Typhus).

Ob die eingesäeten Mikroben rein geblieben sind, oder wie gross die Entwickelung ist, wird nach kräftigem Umschütteln durch Anlegung von Plattenculturen erwiesen.

7. Die Cultur auf Kartoffeln.

Die Zubereitung der Kartoffeln ist Seite 663 beschrieben. Zum Impfen umfasst man mit den in Sublimatlösung gewaschenen Fingern der linken Hand die eine Kartoffelhälfte — die Glocke wird vorher mit der rechten Hand abgenommen —, bringt mit der

Platinnadel das Impfmaterial auf die Mitte der Schnittfläche und verstreicht es mit einem sterilisirten und wieder abgekühlten kleinen Messer, so dass eine Randzone von 1 cm Breite frei bleibt.

Um Kartoffelculturen frei von Verunreinigungen zu halten, ist einige Uebung und grosse Sorgfalt nöthig; man merke sich, dass die rechte Hand die Arbeitshand ist, während die linke, immer sorgfältig mit 1 pro Mille Sublimatlösung befeuchtet, nur zum Anfassen der Kartoffel benutzt werden darf. Jedes Durchschneiden einer Kartoffel erfordert ein unmittelbar vorher sterilisirtes Küchenmesser, jede Impfung einer Kartoffelhälfte ein ebenfalls frisch sterilisirtes, abgekühltes kleines Messer. Die durchschnittenen Kartoffeln sind, um das Auffallen von Keimen aus der Luft zu verhüten, möglichst zugedeckt zu halten.

Die Impfung der kleinen Schälchen mit Kartoffeln geschieht in analoger Weise. Die Impfung der in Röhrchen eingeschlossenen Kartoffeln ist wie die des Blutserums zu handhaben.

Das Wachsthum der Culturen auf den Kartoffeln wird meistens beschleunigt, wenn man die Glocke mit den geimpften Kartoffeln in den Brütapparat (Fig. 39) bringt.

Die Cultur auf Kartoffeln findet bei der Untersuchung auf Typhus und event. auf Cholera Verwendung.

8. Die Anstellung der Cultur in Fleischwasser in U-Röhren.

Sie dient zur Typhusbestimmung. Sofern Pasteur'sche Gährkölbchen nicht zur Verfügung stehen, wird ein etwa 40 cm langes, 8 mm weites Glasrohr an dem einen Ende zugeschmolzen und in der Mitte zu einem Winkel von 45° gebogen, dann wird der geschlossene Schenkel vollständig, der offene etwa 10 cm hoch mit Fleischwasser (siehe Seite 656) gefüllt und das Rohr so in den Dampfapparat gelegt, dass das offene Ende des Rohres den höchsten Punkt einnimmt. In dieser Lage wird $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden sterilisirt. Nach der Abkühlung wird von der zu untersuchenden Colonie oder Cultur eine geringe Menge in keimfreiem Fleischwasser aufgeschwemmt und mittelst sterilisirten, engen Glasrohres in den geschlossenen Schenkel des U-Rohres übertragen, worauf die Ueberführung in den Brütapparat erfolgt.

Während die Typhusbacillen kein Gas bilden, entwickeln die Darmbakterien Gas, oft allerdings in so geringen Mengen, dass einige Tage vergehen, ehe sich eine Blase in der Kuppe des geschlossenen Schenkels angesammelt hat.

9. Das Ueberschütten der Culturen

dient gleichfalls zur Feststellung der Typhusbacillen.

In Traubenzuckergallerte entwickelt der Typhusbacillus kein Gas, wohl aber thun das die Colibacillen.

Man verflüssigt Traubenzuckeragar, lässt bis auf 40° abkühlen, giebt von der verdächtigen Cultur hinein, schüttelt vorsichtig um und lässt erstarren. Auf das erstarrte Agar wird dann der Inhalt eines zweiten Röhrchens gegossen. Das Röhrchen mit dem erstarrten Agargehalt wird dem Brütapparat übergeben. Das gebildete Gas zerklüftet den Agar.

10. Das Impfen der Kölbchen mit Fleisch

geschieht in der Weise, dass mit einer Platinnadel oder einer Oese etwas von der fraglichen Cultur genommen und durch Tupfen auf verschiedene Stellen des Fleischbreies übertragen wird. Die geimpften Kölbchen kommen in den Brütapparat. Entwickelt sich übler Geruch, so ist durch die Plattencultur die Reinheit der Einsaat und damit der Beweis zu erbringen, dass wirklich die eingeimpfte Bakterienart die Zersetzung bewirkt hat.

11. Die Indol- und die Nitrosoindol-Reaction.

Die Cholerabacillen bilden in Peptonkochsalzwasser (S. 661) bei Brutwärme schon in 6 bis 10 Stunden sowohl Indol als auch aus den Spuren vorhandener Nitrate salpetrige Säure.

Durch Zusatz von 1 ccm verdünnter Schwefelsäure (1 : 4), welche ganz frei von salpetriger Säure sein muss, zu etwa 10 ccm der Cultur entsteht die Reaction, welche sich in einer Rosafärbung ausspricht.

Der Typhusbacillus bildet weder Indol noch salpetrige Säure. Die Darmbakterien indessen erzeugen Indol. Setzt man zu 10 ccm Cultur einer fraglichen Colonie in Peptonkochsalzwasser, welche mindestens 48 Stunden im Brütapparat gestanden hat, 1 ccm einer Lösung von 0,02 Proc. Kaliumnitrit und fügt darauf 1 ccm verdünnter Schwefelsäure hinzu, so spricht das Auftreten der Rosafärbung gegen Typhus und für Bakt. coli.

12. Cultur auf Lackmusmolke.

Zum Gebrauch werden ungefähr 50 ccm Molke mit einer entsprechenden Menge (s. S. 666) Lackmuslösung zusammengeschüttet und hiervon je 10 ccm in Reagircylinder gegeben, sterilisirt und

mit einer echten Typhus-, echten Bakt. coli- und der fraglichen Cultur geimpft und darauf dem Brütapparat übergeben.

Nach 24 Stunden lässt die Typhuscultur einen Stich ins Röthliche, die Colicultur bereits deutliche Rothfärbung erkennen. Nach zehn Tagen Bebrütung wird mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge (4 g NaHO in 1 Liter H_2O) titrirt bis zur Neutralität. Die verbrauchten Zehntel Cubikcentimeter Titrirflüssigkeit geben den Gehalt an Säure in Procenten an, sind also zur Neutralisation von 10 ccm Nährmolke 0,2 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge verwendet, so entspricht das 2 Proc. $^1/_{10}$ Normalsäure.

13. Das Thierexperiment.

In der Regel genügen die bei den bisher erläuterten Verfahren hervortretenden Eigenschaften, um die Mikroorganismen zu charakterisiren und zu erkennen, so dass man bei Wasseruntersuchungen nur selten auf das Thierexperiment zurückzugreifen hat. Wir beschränken uns darauf, zwei Methoden der Impfung anzugeben, von welchen die erstere bei Choleraverdacht Verwendung finden kann.

1. Die Injection. Man vollzieht sie zweckmässig vermittelst einer Koch'schen oder Pravaz'schen Spritze. Die Sterilisirung derselben ist bereits Seite 655 erwähnt. Der Stempel der Pravaz'schen Spritze wird nach Löffler's Vorschlag am besten aus Asbestwolle gefertigt, welche durch Erhitzen nicht leidet. Undicht gewordene Stempel sind durch Ansaugen von sterilisirtem Wasser zum Aufquellen zu bringen.

Das Impfmaterial wird in einem sterilisirten Uhrschälchen mit sterilisirtem Wasser oder Bouillon verrieben, in die Spritze eingesogen, die Impfstelle der Haare entledigt und mit Sublimatlösung abgewaschen. Nachdem die Canüle bis zu der gewünschten Tiefe vorgestossen ist, spritzt man die Flüssigkeit langsam ein. Auf diese Weise kann man unter die Haut, in die Muskeln, in die Brusthöhle, in die Bauchhöhle, in eine Vene, in ein Gelenk hinein die Injection machen.

Für die Choleradiagnose wird die Injection in folgender Weise ausgeführt: Von einer etwa 18 Stunden alten Choleracultur bezw. einer Cultur, welche man für Cholera hält, wird mit einer Platinöse etwa $1^1/_2$ bis 2 mg entnommen, in 1 ccm Bouillon verrieben und einem Meerschweinchen, wie nachstehend beschrieben, in die Bauchhöhle injicirt. In der linken Unterbauchgegend werden die Haare entfernt, die Haut wird mit

Sublimat abgewaschen, dann wird die Nadel der Spritze ungefähr einen Querfingerbreit über der Schenkelfalte zuerst durch die Haut und dann durch die Muskulatur gestochen, welche dem Einstich erheblich weniger Widerstand entgegensetzt als die Haut. Wenn die Nadel ungefähr 1 cm tief eingestochen ist, wird durch leichtes Hin- und Herbewegen des oberen Theiles geprobt, ob die Spitze frei ist. Darauf wird die gefüllte Spritze aufgesetzt und nun erfolgt die Injection. Vorher wird das Gewicht und die Temperatur des Thieres bestimmt, letztere durch Messung im After. Einige Stunden nach der Einspritzung wird das Thier auffällig ruhig, fühlt sich schlaff an; schon jetzt macht sich starke Muskelschwäche bemerkbar, die Körperwärme beginnt zu sinken. Das Thier liegt auf der Seite oder platt auf dem Bauche, unfähig, sich wieder aufzurichten; die Hinterextremitäten sind wie gelähmt, von Zeit zu Zeit durchlaufen fibrilläre Zuckungen den Körper. Das Thier fühlt sich kalt an, und mit einer Temperaturerniedrigung bis weit unter 30° C. stirbt es im Laufe von ungefähr 24 Stunden. Der Befund bei der Obduction ist gering. Das Bauchfell und die Därme sind etwas geröthet, in der Bauchhöhle findet sich eine geringe Menge gelblicher bis röthlicher Flüssigkeit, die oft die Cholerabacillen in grosser, oft aber auch in nur geringer Zahl enthält. Die Leber, Milz sind schlaff, die Lungen und das Herz mit Blut erfüllt.

Zu diesen Versuchen sind nur Meerschweinchen verwendbar. Die Leichen der Thiere sind zu verbrennen.

2. Die subcutane Impfung. Um diese Art der Infection auszuführen, werden die Haare an der zu impfenden Stelle kurz abgeschnitten, die Haut wird mit Sublimatlösung gewaschen und vermittelst sterilisirter Watte abgetrocknet. Alsdann fasst man mit sterilisirter Pincette eine Hautfalte und durchschneidet dieselbe mittelst keimfrei gemachter Scheere. In die so entstandene Wunde schiebt man eine vorher geglühte und wieder abgekühlte starke Platinnadel oder Platinöse ein und bildet durch Trennung des Unterhautgewebes eine Tasche, in welche mit der Platinöse der Impfstoff übertragen wird.

Man führe, um den pathogenen Charakter eines Mikroorganismus festzustellen, zuerst viel Material und, wenn dasselbe tödtet, bei den folgenden Versuchen weniger ein. Als Versuchsthiere eignen sich in erster Linie weisse Mäuse, Meerschweinchen, Kaninchen und Hühner. Die Thiere, welche in Folge der Impfung gestorben sind, werden verbrannt. Auf sorgfältige Desinfection der Abgänge ist zu achten.

D. Der Nachweis der pathogenen Mikroorganismen im Wasser.

a) Typhus.

Die Erreger des Typhus gehören zu einer grösseren Gruppe von Bakterien, welche unter sich viele Aehnlichkeit haben, so dass es schwer hält, die einzelnen Arten sicher von einander zu unterscheiden.

Auf den Platten mit Nährgelatine wachsen die Typhusbacillen nicht in charakteristischer Weise. Früher glaubte man ein sicheres Unterscheidungsmerkmal in der Cultur auf gekochten Kartoffeln zu haben; die Typhusbacillen sollten dort in Gestalt eines fast unsichtbaren, glatten, glänzenden Häutchens wachsen, die verwandten Bacillen jedoch als dicke, theils grauweisse, theils gelbliche oder graubraune Beläge. Es giebt indessen Kartoffeln, auf welchen die Typhusbacillen wie die verwandten Arten, und wieder andere, wo diese wie Typhus wachsen.

Zur Zeit ist man nur dann berechtigt, die Diagnose „Typhusbacillen" zu stellen, wenn alle in der dem Schlusse dieses Capitels angehängten Tabelle verzeichneten Merkmale vorhanden sind.

Remy und Sugg[1]) haben in einer vorzüglichen experimentellen und kritischen Arbeit, auf welche wir uns nach entsprechender Nachprüfung zum Theil stützen, gezeigt, dass 14 Culturen von Typhusbacillen verschiedenster Herkunft stets alle die in der Tabelle verzeichneten Eigenschaften aufwiesen, während von 33 verwandten Mikroben zwar manche eine Anzahl, aber keiner alle Merkmale besass.

Am verwandtesten sind den Typhusbacillen die Darmbakterien und unter ihnen das Bakterium coli commune. Es unterliegt indessen keinem Zweifel, dass zur Zeit unter der Bezeichnung Bakt. coli com. Escherich mehrere eng verwandte Arten oder Varietäten zusammengefasst werden, welche unter sich in den Hauptzügen gleich sind, aber doch gewisse Verschiedenheiten bieten.

Um die Verwechselung des Typhusbacillus mit den Kothbacillen möglichst zu vermeiden, sind in der Tabelle die Merkmale beider neben einander gestellt, wobei indessen zu berücksichtigen ist, dass wegen der Unsicherheit des Begriffes Bakterium coli commune geringe Abweichungen von den hierfür angegebenen Merkmalen im concreten Falle vorkommen können.

---

[1]) Recherches sur le bacille d'Eberth-Gaffky, Tom. I. Caractères distinctifs du bacille de la fièvre typhoïde. Gand 1893.

Weil auf den Gelatineplatten, welche bis jetzt noch den Ausgangspunkt für die Untersuchung darstellen, sehr viele Bakterien ähnlich wie die Typhusbacillen wachsen und weil es fast unmöglich ist, bei grösserem Gehalt eines Wassers an Mikroorganismen alle verdächtigen Colonien abzustechen und zu färben oder die ganze Reihe der Culturversuche anzustellen, und weil andererseits das Streben dahin gehen muss, eine möglichst grosse Menge Wassers zu untersuchen, so hat man Methoden ersonnen, um die Zahl der Saprophyten gegenüber den Typhusbacillen herabzudrücken.

Von Chantemesse und Widal[1]) ist angegeben worden, man solle der Nährgelatine, zu welcher die Wasserprobe gesetzt wird, 0,25 Proc. Carbolsäure zugeben, dann würden die übrigen Bakterien in ihrer überwiegenden Mehrheit nicht mehr, die Typhusbacillen aber noch gut zum Wachsthum kommen. Nachprüfungen von Holz[2]) haben gezeigt, dass bereits 0,2 Proc. Carbolsäure die Entwickelung der Typhuscolonien in Rollröhrchen intensiv behindert, auf Platten indessen nicht, während wirklich die Saprophyten und besonders die verflüssigenden abgetödtet oder erheblich in ihrem Wachsthum beschränkt werden. Auch uns erwies sich ein Zusatz von 0,2 Proc. Carbolsäure dienlich; die Saprophyten wurden erheblich zurückgehalten, die Typhusbacillen hingegen nur wenig behindert. Andere Autoren, Kitasato, Ravitsch-Stcherba, Holz, Dunbar, Katz, Lösener, verwerfen indessen diese Methode.

Thoinot setzte zu $^1/_2$ Liter des zu untersuchenden Wassers 20 Tropfen reiner Carbolsäure und liess mehrere Stunden stehen; dadurch wurde die Entwickelung einer Anzahl gewöhnlicher Bakterien auf den damit angesetzten Gelatineplatten verhindert, die Entwickelung der Typhusbacillen aber nicht beeinflusst.

Auffälliger Weise erhielt Holz bei der Nachprüfung nicht sich deckende Resultate, insofern als die Gelatineplatten, welche aus einem stark bakterienhaltigen Grabenwasser angesetzt waren, sehr rasch verflüssigt wurden, während aus Brunnen- und Leitungswasser nur wenig Colonien auf den Platten wuchsen. Typhusbacillen zu Leitungs-, Brunnen- und Grabenwasser gesetzt und drei bis fünf Stunden mit 0,25 Proc. Carbolsäure stehen gelassen, wuchsen nicht aus dem ersteren, wohl aber aus den beiden letzteren.

Wir hatten folgendes Resultat:

[1]) Gazette des hôpitaux 1887, p. 202.
[2]) Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. 8, 773.

Nach Zusatz von 0,2 Proc. Carbolsäure und dreistündiger Einwirkung auf Saalewasser war die Gesammtzahl der Bakterien von 2100 mit 118 verflüssigenden auf 1155 mit 46 verflüssigenden gesunken; bei fünfstündiger Einwirkung waren die Keimzahlen auf $^1/_{10}$ reducirt. Bei Zusatz von 0,25 Proc. Carbol waren schon nach drei Stunden die Platten fast völlig frei von fremden Colonien, die Zahl der eingebrachten Typhusbacillen hatte sich gegenüber der Controle etwas vermindert; ihr Wachsthum auf den Platten war nicht behindert. Die Plattenculturen, aus Wasser mit Carbolzusatz, liessen sich erheblich leichter und besser untersuchen als die Controlplatten, die nicht mit Carbolsäure vorbehandelt waren. Einen Unterschied in der Entwickelung der Typhuscolonien bei Einwirkung von 0,25 oder 0,2 Proc. Carbol konnten wir nicht constatiren. Dem entgegen hatte Lösener[1]) mit demselben, nur etwas modificirten Verfahren ungünstige Resultate.

Parietti[2]) löst 5 g Carbolsäure und 4 g Salzsäure in 100 g destillirten Wassers, giebt hiervon 0,1, 0,2, 0,3 ccm zu je 10 ccm neutraler Bouillon, fügt jedem Röhrchen 1 ccm des zu untersuchenden Wassers hinzu und setzt die Gläser in den Brütapparat. Tritt nach 24 Stunden eine leichte Trübung ein, so soll diese auf Typhus deuten, die Bacillen sind dann durch das Plattenverfahren zu isoliren.

Kamen gelang es unter Anwendung dieser Methode, in zehn Reagensröhrchen alle Bakterien bis auf fünf Arten zurückzudrängen, wovon eine zweifellos Typhus war.

Unsere Resultate waren nicht günstig, bei stärkerem Zusatz, 0,3 ccm und 0,2 ccm, wuchsen Typhusbacillen nicht, und bei 0,1 Proc. gediehen noch so viel verflüssigende Bakterien, dass es schwer war, die Typhuscolonien früh genug heraus zu fischen. Gleich ungünstige Resultate werden von Lösener angegeben.

Die Methode von Vincent ist älter als die von Parietti, aber ihr ähnlich. Vincent setzt zu 10 ccm neutraler Nährbouillon fünf Tropfen reiner fünfprocentiger Carbolsäure und hält die mit 1 ccm Wasser beschickten Gläschen bei 42°, während sich die Methode von Péré[3]) dadurch unterscheidet, dass die Gläschen bei 34° gehalten werden.

---

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 11, 207. Ueber das Vorkommen von Bakterien mit den Eigenschaften der Typhusbacillen in unserer Umgebung ohne nachweisbare Beziehungen zu Typhuserkrankungen nebst Beiträgen zur bakteriologischen Diagnose des Typhusbacillus.

[2]) Ref. Hygienische Rundschau I. 337.

[3]) Ann. de l'Inst. Pasteur, 5, 86.

Ravitsch-Stcherba[1]) setzt 0,1 pro Mille α-Naphtol dem Nährboden hinzu; dann sollen die gewöhnlichen Wasserbakterien nicht mehr, die Typhusbacillen aber noch wachsen, deren Entwickelung erst bei 0,2 pro Mille aufhöre.

Lösener erhielt mit diesem Verfahren nicht sehr befriedigende Resultate, die oberflächlichen Typhuscolonien waren grünlich schimmernd, stark gezeichnet, in der Mitte etwas erhaben, also nicht leicht als solche erkenntlich; das Bakt. coli wuchs in Kuppenform.

Holz[2]) ging bei seinen Untersuchungen von der Thatsache aus, dass das Wachsthum auf der Kartoffel die Typhusdiagnose wesentlich erleichert. Er zerrieb rohe, geschälte Kartoffeln auf einem Reibeisen und presste den entstandenen Brei durch ein Tuch. Das Filtrat wurde $^1/_2$ Stunde im Dampftopf gekocht und nach dem Absetzen durch Papier filtrirt, dann mit 10 Proc. Gelatine versetzt, sterilisirt, in Reagensgläser gefüllt und abermals sterilisirt. Die so entstandene bräunliche, ziemlich klare „Kartoffelgelatine" bedurfte ungefähr 2,6 bis 3,2 ccm Normalalkali zu ihrer Neutralisation.

Auf den aus Kartoffelgelatine gefertigten Platten wachsen die Typhusbacillen etwas langsamer als auf gewöhnlicher Nährgelatine; die tiefliegenden Colonien erscheinen als runde oder ovale, zunächst stark lichtbrechende, gekörnte, später dunkle bis braungrün gefärbte Kugeln. Die von Lösener erwähnte Zopf- oder Borstenbildung hat nichts mit der „Kartoffelgelatine" zu thun; die Ausbildung der Typhuscolonien zu Formen, welche Citronen ähnlich sehen und häufig zopf- oder borstenartige Ausläufer zeigen, wird vielmehr hauptsächlich durch die grosse Weichheit der Gelatine bei raschem Wachsthum der Colonien bedingt. Die oberflächlichen Colonien haben recht stark ausgebuchtete Ränder, sind gefaltet und stark lichtbrechend. Beide Arten von Typhuscolonien bleiben entschieden kleiner als die entsprechenden Colonien auf den Platten mit gewöhnlicher Nährgelatine. Die gewöhnlichen Mikroorganismen des Wassers kommen grösstentheils auf der Kartoffelgelatine nicht oder schlecht fort, besonders werden die verflüssigenden Mikroben behindert, so dass die Platten mehrere Tage länger erhalten bleiben als sonst, dahingegen wachsen die Schimmel vorzüglich auf der Kartoffelgelatine. Holz setzt daher, wenn er Schimmel in grösserer Zahl fürchtet, 0,05 Proc. Carbolsäure der

[1]) Zur Frage des Nachweises der Typhusbacillen in Wasser und Fäces. Ref. hygienische Rundschau 1893, S. 392.

[2]) Zeitschr. f. Hygiene 8, 143.

Kartoffelgelatine hinzu. Wir möchten nicht zu dem Carbolzusatz rathen. Ein rasches Abstechen der „verdächtigen“ Colonien hilft über die Schwierigkeit hinweg.

Die Methode von Holz ist von mehreren Seiten abfällig beurtheilt worden. Wir können dem nicht beistimmen. Unsere Versuche haben gute Resultate ergeben, indessen kamen auf den Kartoffelgelatineplatten etwas weniger Typhuscolonien zur Entwickelung als auf den Controlplatten, wenn auch der Unterschied nicht gross war.

Uffelmann[1]) versetzte früher die gewöhnliche, schwach alkalische Fleischwasserpeptongelatine mit Citronensäure und Methylviolett. Dunbar's[2]) Versuch ebenso wie unsere Nachprüfungen hatten ein geradezu schlechtes Resultat.

Später versetzte Uffelmann[3]) die genau neutralisirte Gelatine mit 0,1 Proc. reiner Carbolsäure und 0,002 Proc. Methylviolett (gelöst in 1 ccm Alkohol und 2 ccm Wasser). In dieser Gelatine sollen die Typhusbacillen charakteristisch wachsen und sollen die Colonien nach zwei Tagen den Farbstoff kräftig aufnehmen, so dass sie nach zwei weiteren Tagen erheblich blauer sind als die Umgebung. Die übrigen Bakterien, mit Ausnahme des Bact. coli comm., sollen diese Eigenschaft nicht zeigen. Günstige Resultate sind auch mit diesem Verfahren nicht erreicht worden.

Alle die erwähnten Methoden verfolgen den Zweck, den Typhusbacillen gegenüber den anderen Mikroorganismen bessere Chancen der Entwickelung zu geben durch Verabreichung eines leicht sauren Nährmaterials, gegen welches die meisten übrigen die Gelatine fest lassenden Bakterien durch sehr mangelhaftes Wachsthum, die den Leim der Nährgelatine peptonisirenden durch verlangsamte Verflüssigung reagiren. Jedoch kommen nach beiden Richtungen hin Ausnahmen vor; besonders wachsen einzelne Bakterienarten und darunter das Bact. coli commune besser auf saurem Nährboden als der Typhusbacillus. Desshalb verwirft z. B. Dunbar alle diese Methoden, was indessen viel zu weit gegangen ist.

Sind in einem Wasser 100 Colibacillen und 10 Typhusbacillen enthalten, so gelingt es zweifellos eher, eine Typhuscolonie zu finden, wenn beide Arten allein oder mit wenigen anderen Mi-

---

[1]) Ueber den Nachweis des Typhus. Berl. Klin. Wochenschrift 1891, Nr. 35, S. 857.

[2]) Untersuchungen über den Typhusbacillus und den Bac. coli comm. Zeitschrift f. Hygiene und Infectionskrankheiten 12, 500.

[3]) Versuche über die Widerstandsfähigkeit der Typhusbacillen gegen Trocknung u. s. w. Centralbl. f. Bakt. und Parasitenkunde 15, 133.

kroben auf den Platten gewachsen sind, als wenn ausserdem noch ein oder mehrere Tausend andere Colonien und darunter verflüssigende sich entwickelt haben. Wächst neben dem Typhus auch der Colibacillus auf den Platten, so dienen die in der Tabelle aufgeführten, differential-diagnostischen Merkmale zur Trennung dieser beiden, dazu ist das saure Nährmaterial nicht geeignet. Zuweilen ist es an und für sich schon wichtig, das Bacterium coli nachgewiesen zu haben. Weitere Vortheile der erwähnten gegenüber der gewöhnlichen Nährgelatinemethode bestehen darin, dass mehr Wasser verwendet werden kann, weil weniger Saprophyten wachsen, dass Verflüssigungen weniger zu fürchten sind, und dass mehr Platten untersucht werden können, wenn nur 100 statt 1000 Bakterien auf der Platte vorhanden sind.

Diesen Vortheilen steht der Nachtheil gegenüber, dass auf den sauren Nährböden sicher nicht alle vorhandenen Typhusbacillen zum Wachsen kommen und die Typhuscolonien sich weniger rasch und weniger üppig und auch etwas weniger charakteristisch entwickeln; es ist daher Vorsicht und Aufmerksamkeit geboten.

Welche der verschiedenen Methoden man verwenden will, ist zur Zeit noch Sache der Liebhaberei, denn sicher arbeitet keine, und gross sind die Unterschiede anscheinend nicht, ausserdem ist eine gewöhnliche Plattencultur in Gelatine mit ihren dazu gehörenden Verdünnungen immer zu machen.

Die Sedimentirung zu Hülfe zu nehmen, ist zuerst unseres Wissens von Finkelnburg, und zwar mit Erfolg angewendet worden; die Centrifugirung, die ja weiter nichts ist als eine rasche Sedimentirung, leistet dasselbe aber in kürzerer Zeit, sie verdient daher den Vorzug vor dem gewöhnlichen Absitzenlassen. Man centrifugire mindestens eine halbe Stunde lang, und zwar möglichst kräftig.

Von Vortheil kann es sein, zwei Methoden zu combiniren, wie das unter anderen Holz gethan hat (Thoinot-Holz). In dem hygienischen Institut zu Jena wird oft zunächst die Centrifuge angewendet und dann Kartoffelgelatine benutzt, dadurch wird die Menge des Wassers, welche zur Untersuchung gelangt, wesentlich vermehrt.

Auf zwei Punkte ist noch aufmerksam zu machen: Für alle mit Carbol versetzten Nährböden eignet sich die Rollröhrchen-Methode nicht; da das Carbol nicht frei verdunsten kann, tritt eine über die gewünschte Grenze hinausgehende Behinderung des Wachsthums der Typhusbacillen ein.

Weiter hat sich uns als praktisch erwiesen, an die untere Grenze der auf den vorstehenden Seiten verzeichneten Säuregrade heranzugehen. Zwar wird dadurch die Zahl der Bakteriencolonien auf den Platten etwas grösser, aber andererseits sind die Chancen für die Entwickelung der Typhusbacillen bessere, und auf letzteres ist entschieden Rücksicht zu nehmen, da möglicherweise durch längeren Aufenthalt im Wasser die Typhusbacillen weniger lebens- und vermehrungskräftig werden. Lösener verwirft alle Methoden, er gestattet nur einen Zusatz von 0,03 bis 0,05 Proc. Carbolsäure zur Nährgelatine. Kruse[1]) lässt 0,05 bis 0,1 Proc. zu; mit letzterer Zahl können auch wir uns einverstanden erklären; übrigens kommt für die Grösse des Carbolzusatzes, als entwickelungshemmenden Principes, auch noch die mehr oder minder starke Säure bezüglich Alcalescenz der Gelatine mit in Betracht. Die Wirkung von 0,05 Proc. Carbolsäure kann durch die Wirkung der Reaction leicht paralysirt werden. Kruse verwendet zur Typhusbestimmung Nährgelatine, welche überhaupt nicht durch Zusatz von Natriumcarbonat neutralisirt ist, ein jedenfalls ungenaues Verfahren.

Nach diesen Vorbemerkungen stellt sich eine Untersuchung auf Typhus im Wasser in folgender Weise dar:

Der Entnahme muss eine genaue Besichtigung der Oertlichkeit vorhergehen, dann entnimmt man bei offenen Wässern an der Schöpfstelle zwei Proben, die eine etwa 10 bis 20 cm unter der Oberfläche, die andere an der Oberfläche, und zwar in der Nähe von Nahrungscentren, z. B. Rand des Gemäuers etc. Bei Brunnen nimmt man, um die unter günstigen Bedingungen im Rohr befindlichen Bakterien zu bekommen, die eine Probe aus dem zuerst ausfliessenden Wasser, die zweite schöpft man an den verschiedensten Stellen von der Oberfläche des Wassers mit einem reinen oder besser sterilisirten Gefäss. Geeignete Stellen sind die Wand des Brunnens oder die Umgebung des Pumpenrohres.

Ströll-Amberg hat in einen kleinen Stadtbach Beutel von Gaze hineingehängt, die an ihrer Spitze Glaswolle enthielten; nach vier Stunden hat er die Wolle herausgenommen, im Scheidetrichter abgespült und, nachdem die groben Körper durch ein Drahtsieb abgefangen waren, den Bodensatz aus dem Trichter in Gelatine entleert.

Nachdem man sich schlüssig geworden ist, welche der vorher bezeichneten Methoden man ausser der gewöhnlichen Platten-

[1]) Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurtheilung des Wassers. Zeitschrift f. Hygiene u. Infect. 17, 1.

cultur anwenden will, fertigt man die entsprechenden Culturen aus jeder der beiden Proben und macht ferner entsprechende Controlen mit einer Reincultur von Typhusbacillen, und mit Koth oder einer Reincultur von Bact. coli commune.

Kruse (l. c.) macht noch den Vorschlag, welcher ebenfalls neben der gewöhnlichen Plattencultur versucht werden mag, saure, d. h. nicht oder sehr schwach mit Alkali versetzte Nährgelatine in Petri'sche Schalen zu giessen, dann auf die erstarrte Gelatine 1 bis 10 bis 20 Tropfen Wasser zu träufeln und die Tropfen mit sterilisirtem Pinsel auf der Gelatine zu vertheilen, um so eine möglichst grosse Zahl von Oberflächencolonien zu erhalten, die besser auf Typhus hinweisen als die tief liegenden.

Von den auf die eine oder andere Weise hergestellten Platten werden die verdächtigen auf schrägen Agar und durch Stich in hohe Röhrchen mit Traubenzuckeragar übertragen und ebenso wie die von den Controlplatten des Typhus- und Colibacillus in gleicher Weise angefertigten Röhrchen in den Brütapparat gestellt. Ein Theil der abgestochenen verdächtigen Colonien wird auf Agar bei Brütwärme überhaupt nicht wachsen, womit der Beweis erbracht ist, dass Typhus nicht vorliegt, ein anderer Theil wird in den nächsten 24 bis 48 Stunden aus dem Traubenzucker Gas bilden, was der Typhusbacillus niemals thut.

Diejenigen Culturen, welche auf schrägem Agar und in Traubenzuckeragar ohne Gasbildung gewachsen sind, werden mikroskopisch auf ihre Form, Färbbarkeit und Beweglichkeit untersucht, dann werden Uebertragungen vorgenommen in Peptonwasserröhrchen zur Anstellung der Indolreaction, sowie in U-Röhrchen mit Fleischwasser und in Röhrchen mit sterilisirter Milch. Gerinnt die Milch nach längerer Zeit nicht, so ist ihre Reaction zu prüfen, eine leicht saure, also nicht alkalische Reaction spricht für Typhus.

Lässt sich dann Indol nicht nachweisen, tritt keine Gasentwickelung auf und gerinnt die nicht alkalische Milch nicht, so sind die übrigen Proben zu machen, Cilienfärbung, Impfung von Kartoffeln, von Lackmusmolke, von Fleischbrei und von Nährsalzlösung.

Man sorge dafür, dass man stets eine Sorte Kartoffeln vorräthig habe, auf welcher die Typhusbacillen als fast unsichtbares glänzendes Häutchen wachsen.

Alle die erwähnten Präparationen werden auch mit den gleichalterigen Agarculturen von Typhus- und Colibacillen vorgenommen.

Wegen einer Stellung der Diagnose durch Immunisirungsversuche siehe das Capitel Cholera (Seite 712).

b) Cholera.

Die Mikroorganismen der Cholera gehören den gekrümmten Bacillen an. Ist auch die Krümmung nicht immer sehr deutlich ausgesprochen, so ist sie dennoch stets vorhanden. Ausser in gefärbten Präparaten lässt sie sich sehr schön erkennen im hängenden Tropfen am Rande der Culturen, wo die Bacillen in einfacher Schicht angetrocknet sind. Sollen Kommabacillen aus Wasser als Cholerabacillen angesprochen werden, so müssen sie alle in der angehängten Tabelle aufgeführten Eigenschaften besitzen.

Früher glaubte man, die Diagnose auf Cholera sei leicht zu stellen; diese Annahme besteht noch zu Recht bei Untersuchung von Fäcalien, obgleich sich auch dort bei der Vertiefung unseres Wissens Schwierigkeiten gezeigt haben. Dahingegen bedarf es grosser Sachkenntniss und grosser Vorsicht, wenn man sagen soll, ob ein im Wasser aufgefundener Kommabacillus als der Choleraerreger angesehen werden darf. Allen denjenigen, welche sich mit dieser Frage abgeben wollen, sei dringend angerathen, sich recht intensiv mit der Cultur der Choleravibrionen der verschiedensten Herkunft zu befassen, um auf diese Weise möglichst viele Variationen und Nüancen im Wachsthum der Choleramikroben kennen zu lernen, den Blick zu schärfen und das Urtheil zu reifen.

Das Hauptmerkmal ist zur Zeit noch das schon von Koch in seiner ersten Publikation, als besonders charakteristisch angegebene Wachsthum auf der Gelatineplatte und gerade diesem ist daher die vollste Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Wenn man auch aus den Eigenthümlichkeiten des Wachsthums auf Gelatineplatten die Choleramikroben nicht von allen ähnlichen bekannten Vibrionenarten unter allen Umständen unterscheiden kann, so wachsen sie doch auf diesem Material meistens so eigenartig, dass in der Mehrzahl der Fälle die Diagnose darauf gestützt werden kann. Auch die Bemerkung Gruber's[1]), dass die ganz jungen Choleracolonien schon unregelmässige Gestalt, sowie körniges, zerklüftetes Gefüge oder Furchung zeigen, während

---

[1]) Archiv f. Hygiene 20, 123. Ueber die bakteriologische Diagnostik der Cholera und des Choleravibrio.

die übrigen Vibrionencolonien um diese Zeit noch runde, glatte, dunkle Kugeln darstellen, ist der vollen Beachtung werth.

Die Schwierigkeiten, welche der Diagnose auf Cholerabacillen aus Wasser sich entgegenstellen, sind dadurch entstanden, dass dort eine grössere Reihe von Vibrionen gefunden sind, die den Cholerabacillen ähnlich sehen.

Dunbar[1]), dem auf diesem Gebiete eine grosse Erfahrung zur Seite steht, unterscheidet zwischen solchen Vibrionen, die leicht, und solchen, die schwer von den Choleramikroben zu trennen sind. Zu den ersteren zählt er den von Finkler und Prior[2]) in faulendem Koth, von Gruber und seinen Schülern im Wasser des Donaucanals gefundenen — verflüssigt viel intensiver, giebt die Nitrosoindolreaction nicht —, den von Fokker[3]) aus Hafenwasser — Differenz in der Plattencultur —, den von Rénon[4]) aus Brunnenwasser — ist drei- bis viermal so lang und doppelt so breit als der Cholerabacillus —, den von Russel[5]) aus dem Golf von Neapel — wächst nicht bei Brüttemperatur —, den von Günther[6]) aus Spreewasser — giebt keine Nitrosoindolreaction —, den von Weibel[7]) aus Brunnenwasser — Differenz in der Plattencultur —, den von Kiessling[8]) aus Schlammwasser der Altonaer Sandwäsche — wahrscheinlich ebenso wie der Weibel'sche mit dem von Günther identisch —, den von Bujwid[9]) aus Wasser der Weichsel und aus einem Brunnen (Bac. choleroides α und β) — Differenz in der Plattencultur —, den von Löffler[10]) aus einem Stadtgraben in Demmin — stark verflüssigend wie Finkler und Prior —, den von Bonhoff[11]) aus Brunnenwasser von Stolp — keine Nitrosoindolreaction —, die von Blachstein und Sanarelli[12]) aus Seinewasser etc.

Zu den schwer zu unterscheidenden zählt Dunbar unter anderen den Vibrio Berolinensis; Günther[13]) indessen, ebenfalls

---

1) Versuche z. Nachweis v. Choleravibrionen im Flusswasser. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt **9**, 379.

2) Tagebl. d. Versamml. deutsch. Naturforscher u. Aerzte in Magdeburg.

3) Deutsche med. Wochenschrift 1893, Nr. 7, S. 162.

4) Etudes sur quatre cas de Choléra; Ann. de l'Inst. Pasteur 1892, p. 630.

5) Zeitschr. f. Hygiene und Inf. **11**, 198.

6) Deutsche med. Wochenschrift 1892, Nr. 49, S. 1124.

7) Centralblatt f. Bakt. u. Par. **13**, 117.

8) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt **8**, 430.

9) Centralblatt f. Bakt. u. Par. **13**, 120.

10) Centralblatt f. Bakt. u. Par. **13**, 384.

11) Archiv f. Hygiene 1893. **14**, 248.

12) Annales de l'Institut Pasteur 1893, p. 689 et 692.

13) Neisser und Günther, Archiv für Hygiene **19**, 194 u. 214.

ein sehr geübter Beobachter, der sich viel mit diesem Vibrio beschäftigt hat, will ihn sicher durch die Plattencultur differenziren können; die ein bis zwei Tage alten Colonien seien feinkörniger und hätten glatte und kreisrunde Ränder.

Der Vibrio danubicus ist ebenfalls dem Cholerabacillus sehr ähnlich, aber er verflüssigt durchschnittlich erheblich rascher und die Cultur ist für Tauben hochgradig pathogen, was nach den Untersuchungen Pfeiffer's der Cholerabacillus, trotz entgegenstehender Ansicht anderer Autoren, nicht ist.

Hierhin gehören ferner einige von Sanarelli aus Seinewasser gezüchtete Mikroben; leider sind die Angaben dieses Autors etwas summarisch. Ferner gehören hierher die von Spronck[1]) in fünf Wässern Hollands gemachten Befunde. Sind die von ihm gezüchteten Vibrionen nicht wirklich Choleramikroben, so stehen sie ihnen doch morphologisch sehr nahe.

In der letzten Zeit sind nun von Dunbar[2]) in dem neuen Hamburger Leitungswasser, im Elbwasser, dem Wasser der Unstrut, der Pregnitz, der Amstel, der Oder, des Rheines vielfach Bakterien gefunden worden, welche sich von den Cholerabakterien zunächst nicht unterscheiden liessen. Ein Theil derselben zeigte indessen im Dunkeln eine deutliche Phosphorescenz[3]). Diese Erscheinung ist bei wahren Cholerabacillen früher niemals beobachtet worden, doch ist sie vor Kurzem, sofern eine Verwechselung ausgeschlossen ist, von Rumpel[4]) in zwei Fällen bei anscheinend echten Cholerabacillen gesehen worden; andererseits verliert die Phosphorescenz dadurch etwas von ihrem Werth, dass sie bei den übrigen Vibrionen nicht constant vorkommt, bald vorhanden ist und nach einiger Zeit fehlt, oder umgekehrt, zuerst fehlt und sich später einstellt. Es ist also die Frage, ob die leuchtenden Vibrionen echte Cholerabacillen sind oder nicht, noch nicht ganz sicher entschieden, wenn auch die grösste Wahrscheinlichkeit für Verschiedenheit ist.

Dunbar selbst lässt die Frage offen, ob die von ihm gefundenen, nicht leuchtenden Wasservibrionen echte Cholerabacillen seien, denn wenn auch manche derselben zunächst in ihren culturellen Eigenschaften von den Cholerabacillen sich nicht unwesentlich unterschieden, so ist doch die Breite der Wachsthumserschei-

[1]) Referat im Centralblatt für Bakt. u. Par. 15, 53.

[2]) Versuche z. Nachweis v. Cholerabakterien im Flusswasser. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt 9, 379.

[3]) Kutscher, Ein Beitrag zur Kenntniss der den Choleravibrionen ähnlichen Wasserbakterien. Deutsche med. Wochenschr. 1893, Nr. 49.

[4]) Berliner klinische Wochenschrift 1895, Nr. 4.

nungen der Choleraculturen verschiedener Herkunft einerseits gross und andererseits nehmen bei längerem Züchten die aus Wasser gewonnenen Vibrionen den Cholerabacillen gleiche oder sehr ähnliche Formen an.

In der letzten Zeit ist durch R. Pfeiffer[1]) eine Differenzirungsmethode gefunden, welche alle Beachtung verdient und hoffentlich von durchschlagendem Erfolg sein wird. Durch Injection von abgetödteten Choleravibrionen unter die Haut, später von virulenten Choleravibrionen in die Bauchhöhle kann man Meerschweinchen im Laufe mehrerer Monate gegen die 20- bis 30fache tödtliche Dosis virulenter Choleramikroben immunisiren. Tödtet man die Thiere durch Verbluten, so gewinnt man aus dem Blut ein Serum, welches im Stande ist, andere Meerschweinchen bei intraabdomineller Injection gegen sonst tödtliche Gaben von Cholerabacillen zu schützen. Mischt man nämlich 20 bis höchstens 50 mg des Serums mit 1 ccm Bouillon und 3 mg — der sicher tödtlichen Dosis einer vollvirulenten — Choleracultur und injicirt dieses Meerschweinchen in die Bauchhöhle, so bleiben die Thiere am Leben; schon innerhalb einer halben bis anderthalb Stunden werden, wie man an kleinen, mit Glascapillaren aus der Bauchhöhle der Thiere entnommenen Tröpfchen sehen kann, die Cholerabacillen zerstört, indem sie körnig zerfallen. Werden aber andere choleraähnliche Vibrionen, welche fast alle bei Injection in die Bauchhöhle dasselbe Krankheitsbild, wie die echten Choleramikroben erzeugen, mit der Bouillon und dem Immunserum injicirt, so werden diese Vibrionen nicht getödtet und das Thier stirbt unter den Seite 700 angegebenen Erscheinungen. Erweist sich diese Methode weiterhin als allgemein brauchbar, dann wird sie die Diagnose, ob Cholerabacillus, ob nicht, ganz wesentlich erleichtern; Vorbedingung ist nur, dass die gefundenen Vibrionen eine starke Virulenz besitzen und dass Immunserum zur Hand ist. Letzteres aber dürfte, vorläufig wenigstens, nur in grösseren Instituten bereitet und stets in geeigneter Qualität vorräthig gehalten werden können. Wir sind aus diesen Gründen auch in die Details der Frage nicht eingetreten, wollten aber andererseits nicht verfehlen, die Aufmerksamkeit der Leser auf diesen wichtigen Punkt zu lenken, da hier wahrscheinlich ein allgemeines Gesetz vorliegt, welches, mutatis mutandis, auch für die Diagnose des Typhus[2]) von durchschlagendem Erfolg sein kann.

---

[1]) Zeitschrift f. Hygiene u. Infect. 18, 1 und 19, 75; ferner Dunbar, Deutsche med. Wochenschr. 1895, Nr. 9.

[2]) R. Pfeiffer, Deutsche med. Wochenschr. 1894, Nr. 48.

Die Untersuchung eines Wassers auf Cholera wird sich ungefähr folgendermaassen gestalten:

Bei der Entnahme von Proben ist Rücksicht zu nehmen auf das starke Sauerstoffbedürfniss der Cholerabacillen und auf ihre Vorliebe für gute Nährstoffe, und damit auf die Nahrungscentren.

Man schöpfe daher nicht aus der Tiefe und nicht aus der Mitte der Wässer, sondern von der Oberfläche und vom Rande. Ist z. B. ein Steg in das Wasser hineingebaut, so werde an den Hölzern, welche den Steg tragen, geschöpft.

Bei Entnahme aus einem Brunnen sind drei Reihen von Proben erforderlich (man wird stets mehrere Kölbchen von jeder Probe ansetzen müssen); die erste Probe enthalte das Wasser, welches nach längerem Stehen zuerst aus der Pumpe entleert wird, die zweite das Wasser, welches nach dem vollständigen Leerpumpen des Pumpenrohres aus dem Brunnen direct kommt, die dritte werde aus dem zugänglich gemachten Brunnen an der Wasseroberfläche geschöpft, und zwar an verschiedenen Stellen des Brunnenmantels und des Pumpenrohres und, sofern schwimmende Partikel vorhanden sind, an oder mit diesen.

In dem Untersuchungsgange folgen wir den Ausführungen R. Koch's[1]), welche er in seiner classischen Abhandlung „Ueber den augenblicklichen Stand der bakteriologischen Choleradiagnose" niedergelegt hat, sofern nicht neuere Beobachtungen eine Abweichung erforderlich machen.

Von jeder Probe werden in mehrere Erlenmeyer'sche Kölbchen 100 g Wasser gegeben und 10 ccm einer 10 proc. Peptonkochsalzlösung hinzugesetzt.

In der Peptonkochsalzlösung vermehren sich die Choleramikroben und auch die meisten anderen Vibrionen sehr lebhaft, während die übrigen Bakterien in ihrer Entwickelung bedeutend zurückbleiben. Die Vibrionen trüben die Bouillon durch ihre Vermehrung und bilden an der Oberfläche ein mehr oder weniger starkes Häutchen. Diese Eigenthümlichkeit der Wasservibrionen und der Cholerabakterien, in Peptonkochsalzlösung besser zu wachsen als die meisten anderen Bakterien, ist von Dunbar benutzt zur Vorcultur, oder, wie Koch sagt, zur „Anreicherung" der Cholerabacillen, und wirklich gelingt es, auf diese Weise selbst wenige Cholerakeime zwischen vielen Tausenden anderer Mikroben im Wasser aufzufinden.

---

[1]) Zeitschr. f. Hygiene u. Infectionskrankheiten 14, 319.

Die übrigen älteren und neueren Anreicherungsmethoden und Vorculturen stehen, soweit die Wasseruntersuchung in Frage kommt, erheblich hinter der erwähnten zurück, welche jetzt allgemein und immer angewendet wird.

Die Kölbchen werden in den Brütapparat bei 37° C. gestellt. Nachdem sie dort 10, 15 und 20 Stunden gestanden haben, wird eine Platinöse an verschiedenen Stellen der Oberfläche eben eingetaucht. Die so entnommene Probe wird in Nährgelatine mit 1 Proc. Sodagehalt übertragen. Davon werden zwei Verdünnungen gemacht und Platten gegossen, die bei etwa 20 bis 22° C. aufgehoben werden.

Gefärbte Präparate geben Auskunft darüber, ob überhaupt Vibrionen in der Peptonlösung vorhanden sind.

Zugleich werden Agarplatten angefertigt, indem ebenfalls von der Oberfläche der Kölbchen Proben entnommen und mit Agar gemischt werden. Die in Petri'sche Schalen gegossenen Gemische werden (nach Schiller) behufs Erzielung einer trockenen Oberfläche offen in den Brütapparat gestellt. Koch mischt die entnommene Probe nicht mit dem Nähragar, sondern er hält Agarschalen vorräthig, die mehrere Tage gestanden haben, damit das Condensationswasser verdunste und eine feste Oberfläche entstehe, auf welche dann mit einer Platinöse die von der Oberfläche des Kölbchens genommenen Proben verstrichen werden.

Nach acht bis zehn Stunden findet die Untersuchung der Agarculturen statt. In Reincultur aufgefundene, gekrümmte Bacillen werden

1. in Röhrchen mit 10 ccm einproc. Peptonkochsalzwassers geimpft,
2. auf schräge Agarröhrchen gestrichen,
3. in Nährgelatine geimpft, die zu Platten ausgegossen werden,

und

4. in hängende Tropfen hohler Objectträger gebracht,
5. in feste Gelatine durch Stich übertragen,
6. sofern Material genügend vorhanden ist, gleich zu Thierversuchen verwendet.

Die Impfung von Blutserum und von Kartoffeln wird zur Stellung der Diagnose nur selten herangezogen.

Nach abermals acht Stunden wird darauf mit den Peptonröhrchen die Nitrosoindolreaction angestellt. (Man überzeugt sich durch eine gleichzeitig angesetzte Controlcultur mit Cholerabacillen in Peptonwasser von dem Gelingen der Reaction.)

Diejenigen Röhrchen, bei welchen die Reaction versagt, während die Controle die Nitrosoindolreaction giebt, werden sammt dem dazugehörigen Gelatine- und Agarröhrchen vorläufig ausgemerzt, sie enthalten keine Cholerabacillen. Die darin enthaltenen Vibrionen mögen später weiter bestimmt werden; die entsprechende Anleitung dazu, die Literaturhinweise finden sich auf den vorstehenden Seiten.

Es sei daran erinnert, dass der positive Ausfall der Nitrosoindolreaction auch bei anderen Vibrionen und nicht bei den Choleramikroben allein auftritt. Das Auftreten der Rosafarbe spricht desshalb nicht absolut für Cholera.

Unterdessen sind die erste und später die zweite Gruppe der Culturen auf den Gelatineplatten herangewachsen, die sehr sorgfältig geprüft werden müssen, weil, wie schon mehrfach erwähnt worden ist, die Cholerabacillen gerade dort sehr charakteristisch zu wachsen pflegen und das Wachsthum auf den Gelatineplatten zur Zeit noch den Ausschlag giebt in der Choleradiagnose.

Ergeben die Peptonröhrchen kein Choleraroth, so sind die aus den Kölbchen angefertigten Gelatineplatten besonders genau zu revidiren, und sind wiederum von den dort als „verdächtig" erscheinenden Colonien je ein Röhrchen mit schräg erstarrtem Agar und mit Peptonwasser zur Einleitung neuer Untersuchungen zu impfen.

Wenn die übrigen Charaktere nach Ausweis der Tabelle für Cholera sprechen, so kann man von der frischen Agarcultur Meerschweinchen impfen. Leider hat sich die Annahme, dass nur Cholera die Thiere unter den Seite 700 angegebenen Symptomen tödte, nicht bewahrheitet, es ist daher das Thierexperiment nicht streng beweisend. Sanarelli hat ausserdem gefunden, dass Cholerabacillen, welche vier Wochen im Wasser gelebt hatten, ihre Pathogenität verloren hatten. Die Identificirung durch Serum ist S. 712 besprochen.

Kuprianow fand, dass der Vibrio Koch, Vibrio Finkler-Prior, Vibrio Weibel, Vibrio Metchnikoff links drehende, der Vibrio Denecke (Käsespirillen), Vibrio Bonhoff *a* rechtsdrehende, und der Vibrio Berolinensis, sowie Vibrio Bonhoff *b* inactive Milchsäure erzeugen.

Aus Allem folgt, dass, wie beim Typhus, die in der Tabelle aufgeführten Eigenschaften sämmtlich (vielleicht mit Ausnahme der Impfung auf Blutserum und Kartoffel) zur Stellung der Diagnose auf Cholerabacillen herangezogen werden müssen.

c) Milzbrand.

Da die Milzbrandbacillen im Wasser nur kurze Zeit leben, die Sporen aber sich Monate lang halten und ihrer Schwere wegen bald zu Boden sinken, so ist es im Allgemeinen richtig, den Schlamm des verdächtigen Wassers zu untersuchen.

Diatroptoff[1]) führte die Untersuchung nach der Pasteur'schen Methode mit Erfolg aus. Er schwemmte 200 g Schlamm fünfmal hinter einander mit je 250 ccm sterilisirten Wassers auf und liess jedesmal in einem Spitzglas absitzen. Der Niederschlag aus der ersten Aufschwemmung wurde entfernt. Der Niederschlag der übrigen wurde 20 Minuten auf 90° C. erhitzt und dann zu Nährgelatine geschüttet, die zu Platten ausgegossen wurde. Es sei hinzugefügt, dass die Einimpfung des erhitzten Schlammbodensatzes in die Bauchhöhle von Kaninchen, Meerschweinchen und Mäusen ebenfalls rasch zum Ziele führt. Sterben die geimpften Thiere, so wird die Plattencultur aus Herzblut oder aus Milzpulpa anzeigen, ob der Milzbrandbacillus am Tode des Thieres betheiligt war oder nicht.

Soll das Wasser selbst untersucht werden, so geschieht das in der gewöhnlichen Weise durch Anfertigung von Gelatineplattenculturen; die verdächtigen Colonien werden nach Angabe der Tabelle weiter verimpft.

Sehr grosser Werth ist bei Untersuchung auf Milzbrand auf das Thierexperiment zu legen.

d) Eiterkokken.

Die Kokken der Eiterung im Wasser zu suchen, hat — besondere Verhältnisse ausgenommen — wenig Werth. Die Kokken sind fast ubiquitär, und wie sie beinahe in jede kleine Wunde eindringen, so werden sie auch in offene Wässer gelangen und dort, wenn nur das Augenmerk darauf gerichtet ist, vielfach gefunden werden. Glücklicherweise — so scheint es wenigstens — haben sie im Trinkwasser geringe Bedeutung.

Der Magen und Darm wird mit den Eindringlingen fertig, ohne dass Schädigungen durch sie entstehen. Würden die Eiterkokken im Darmcanal schädigen, so müsste diese Schädigung am deutlichsten bei den Säuglingen hervortreten. Bei ungefähr einem

[1]) Annales de l'Institut Pasteur 1893.

Drittel der stillenden Frauen finden sich — eingedrungen von den Oeffnungen auf der Warze her — in der Milch Eiterkokken, trotzdem sind gerade die Brustkinder die gesundesten und leiden am wenigsten an Brechdurchfall.

Man unterscheidet zwischen Traubenkokken (Staphylokokken) und Kettenkokken (Streptokokken) der Eiterung. Ihre Hauptmerkmale sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	Staphylokokkus pyogenes	*Streptokokkus pyogenes*
Färbung:	Färben sich gut mit allen Anilinfarben, auch nach der Gram'schen Methode.	Gleichfalls.
Mikroskopisches Bild des gefärbten Präparates:	In Massen zusammenliegende, mittelgrosse, ziemlich isodiametrische Kokken gleichen Kornes.	Einzelne oder in Ketten zusammenliegende, nicht gleichmässig grosse Einzelwesen.
Gelatinestich:	Im Verlauf weniger Tage bildet sich eine trübe graue Verflüssigung längs des Stichcanals. Die Cultur sinkt bald zu Boden und nimmt dort ihre specifische Farbe an. Je nach der Farbe unterscheidet man den *staphylokokkus pyogenes, albus, aureus, citreus, flavus.*	Auf der Oberfläche kleine Hervorragungen, in der Tiefe des Stiches oft kleine Körnchen, wie aneinander gereihte, gelbweisse Perlchen. Sehr langsames Wachsthum.
Gelatineplatten:	Die stark gekörnte, dunkle, runde Colonie, die anfänglich scharf contourirt ist, verliert den scharfen Contour und sinkt die Gelatine verflüssigend in dieselbe ein.	Sehr kleine und sehr klein bleibende, stark lichtbrechende oder dunkle, nicht verflüssigende, scharf contourirte Colonien.
Schräg erstarrtes Nähragar mit Blutserum:	Lässt die aufgestrichene Cultur schon in 24 Stunden sich üppig entfalten, in 48 Stunden ist die specifische Farbe bereits stark ausgesprochen.	In 24 Stunden kleinste, Tröpfchen-ähnliche Culturen, die sich nicht wesentlich vergrössern.
Kartoffel:	Ueppiges Wachsthum mit specifischer Farbe unter Entwickelung eines Geruches nach saurem Kleister (Geruch wie bei *Mastitis suppurativa*).	Wächst entweder gar nicht oder in Gestalt sehr kleiner, weisser Knötchen.

XVI.

Die verschiedenen biologischen Untersuchungsmethoden.

1. Bemerkungen zu der vorstehend beschriebenen Koch'schen Methode der Wasseruntersuchung.

Dem von Rob. Koch angegebenen und von ihm zuerst in Anwendung gebrachten Verfahren, die in einem Wasser enthaltenen Bakterien ihrer Zahl und Art nach durch die Nährgelatinecultur auf Glasplatten zu bestimmen, hat man zum Vorwurf gemacht, dass dabei nicht alle Bakterien zum Wachsthum kommen. Es ist zweifellos richtig, dass eine Reihe von Mikroorganismen, darunter auch pathogene, in der auf den Glasplatten befindlichen Gelatine nicht wachsen, so z. B. kommen die anaërobiotischen Mikroorganismen, sowie diejenigen, welche erst bei Bluttemperatur gedeihen, nicht zur Entwickelung; auch giebt es eine Anzahl von Bakterien, deren Züchtung auf der gewöhnlichen Nährgelatine überhaupt nicht gelingt. Dieser Mangel ist indessen nicht von grossem Belang; denn die Arten, auf welche es zur Zeit hauptsächlich ankommt, Cholera und Typhus, gedeihen auf dem betreffenden Nährboden vortrefflich; sodann sind die Bakterien, welche nicht darauf fortkommen, wenig zahlreich denjenigen gegenüber, welche in der Gelatine wachsen.

Ist ein Wasser sehr keimreich, so kann man nur mit kleinen Bruchtheilen eines Cubikcentimeters arbeiten. Sowohl die Verdünnung als die Entnahme kleiner Mengen schliessen Fehlerquellen ein, welche indessen nur gering sind, wenn man sorgfältig arbeitet und fast capillare Pipetten anwendet.

Bei dem Suchen nach pathogenen Keimen ist es von Werth, grosse Wassermengen zu untersuchen. Dies ist jetzt durch das Peptonwasserverfahren bei Cholera möglich, bei Typhus indessen nur in beschänkterem Maasse.

Man hat behauptet, die Bakterien befänden sich fortwährend in einem Zustande der Vermehrung und Theilung, häufig treffe man Häufchen, Klümpchen, Zooglöen und Ketten von Bakterien; aus diesen doppelten und vielfachen Wesen entstehe nur je eine Colonie, daher decke sich die Anzahl der Colonien nicht mit der Menge der Keime, letztere sei grösser. Dieser Einwand ist bis zu einem gewissen Grade berechtigt, aber man darf nur da, wo zwei völlig getrennte Wesen vorhanden sind, von zwei Individuen reden. Ausserdem kommen Haufen, Ketten etc. in stark verunreinigten Wässern häufiger vor, aber eben so selten sind sie in gutem Trinkwasser.

Wo Bakterienconglomerate in grösserer Zahl vorhanden sind, da dürfte das Wasser so schlecht sein, dass es, wie Eyferth seiner Zeit von einem Theile der Braunschweiger Brunnenwässer behauptete, dem Wasser stagnirender Sümpfe gleicht; in einem solchen Falle kommt es auf ein Mehr oder Weniger von Colonien kaum an.

Der aus dem Zusammenkleben der Bakterien sich ergebende Fehler lässt sich ausserdem durch kräftiges Schütteln des zu untersuchenden Wassers verringern, jedoch ist er nicht ganz zu vermeiden und haftet allen bis jetzt bekannten bakteriologischen Wasseruntersuchungsmethoden an.

Alle diese Mängel beeinträchtigen den Werth des Verfahrens überhaupt nur wenig; denn bei geringer Bakterienzahl sind sie gleichfalls gering und bei grosser verlieren sie an Bedeutung. Streng genommen soll man aber nicht sagen, in einem Wasser sind so und so viel Bakterien enthalten, sondern es sind aus einem Cubikcentimeter des untersuchten Wassers so und so viel Bakterien zur Entwickelung gekommen; gleichwohl wird häufig der erstere Ausdruck statt des zweiten gebraucht.

Alle Nachtheile verschwinden jedoch gegenüber dem einen grossen Vorzuge, welchen nur das Koch'sche Verfahren gewährt, nämlich die hauptsächlich und in erster Linie interessirenden pathogenen Keime rasch und bestimmt der Erkennung zuzuführen.

Die Koch'sche Methode zeichnet sich ferner aus durch Einfachheit und Handlichkeit der Manipulation und sie gestattet leichter als andere Verfahren, in kurzer Zeit die Keimzahl und die Art der Bakterien genau zu bestimmen.

Um dem Leser zu ermöglichen, einen Vergleich zu ziehen, lassen wir eine kurze Beschreibung der übrigen bakteriologischen Wasseruntersuchungsmethoden folgen.

2. Die ältere Methode von R. Koch.

R. Koch hat seine ersten Untersuchungen in der Weise ausgeführt, dass er eine bestimmte Wassermenge in ein Röhrchen mit verflüssigter Gelatine brachte, durch Schütteln mischte und das Gemisch erstarren liess. Hierbei enthält der untere Theil des Röhrchens die wenigsten Colonien, welche ausserdem klein bleiben; in dem oberen Theil der Gelatine sind die Colonien zahlreicher und grösser. Bei dieser Untersuchungsmethode lässt sich die Art der Mikroorganismen schwer feststellen, und das genaue Zählen ist, besonders wenn Gasentwickelung oder Verflüssigung auftritt, unmöglich.

Diese ursprüngliche Methode, welche in grösserer Ausdehnung nur von Angus Smith angewendet worden ist, hat man zur Zeit ganz verlassen. Wünscht man einen ungefähren Anhalt zur Beurtheilung des Keimgehalts eines Wassers zu erhalten, so ist eine Cultur im „Rollröhrchen" schnell gemacht, und bei Untersuchungen, welche auf genaue Resultate abzielen, wird zweckmässiger das Rollröhrchen- oder Plattenverfahren in Anwendung gebracht.

3. Die Methode von Miquel.

Einen anderen Weg als R. Koch hat Miquel bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung eingeschlagen [1]).

Wenn man keimhaltiges Wasser mit keimfreiem verdünnt, so muss man endlich dahin kommen, dass in einer bestimmten Flüssigkeitsmenge, z. B. 2 ccm, höchstens ein Keim enthalten ist. Bringt man nun unter den nöthigen Cautelen in Kölbchen mit sterilisirter Bouillon je 1 ccm der Impfflüssigkeit, so trübt sich in Folge der Bakterienentwickelung die Flüssigkeit nur in denjenigen Kölbchen, in welche mit der Impfflüssigkeit ein Mikroorganismus eingeführt worden ist; der Inhalt der übrigen Kölbchen bleibt klar. Aus der Anzahl der zur Verwendung gekommenen und der klar gebliebenen Kölbchen lässt sich die im Cubikcentimeter des untersuchten Wassers befindliche Bakterienzahl berechnen. Dieses ist das Princip der Miquel'schen Methode, deren Technik Hermann Fol [2]) in ungefähr folgender Weise beschreibt:

---

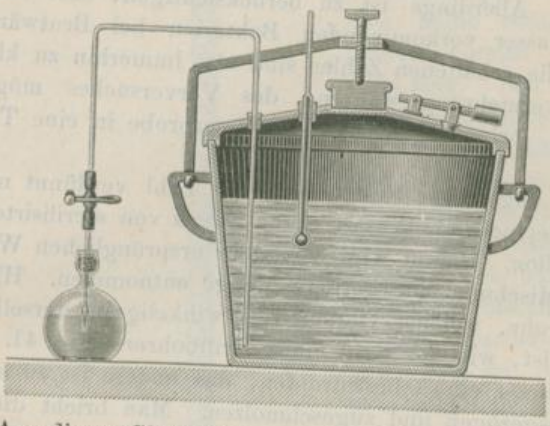
[1]) Des eaux de la Vanne et de la Seine. Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'an 1880, p. 493.

[2]) Nouvelle méthode pour le transvasage des bouillons stérilisés et le dosage des germes vivants contenus dans l'eau. Archives des sciences physiques et naturelles de Genève. Juin 1884, p. 557.

1 kg mageres Ochsenfleisch wird fünf Stunden lang in 4 Liter Wasser gekocht. Die erkaltete Bouillon wird filtrirt und am folgenden Tage im Papin'schen Topf bei 110° nochmals gekocht, darauf wird der feine Niederschlag abfiltrirt und das Filtrat wiederum fünf bis sechs Stunden auf 110° erhitzt.

Der Deckel des Topfes, siehe Fig. 40, trägt ausser dem Thermometer eine zweimal rechtwinkelig gebogene Metallröhre. An dem freien Ende derselben ist ein dickes Gummirohr mit Quetschhahn und eine seitlich offene, mit Spitze versehene Canüle (Troicart, Giftzahn) befestigt. Zur Aufnahme der fertigen, sterilen Bouillon dienen sterilisirte Glasballons mit in der Mitte etwas verjüngtem Halse. Oberhalb dieser Verengerung liegt ein Asbest-

Fig. 40.



pfropfen. Aus diesen Glaskolben von etwa 250 ccm Inhalt füllt man später je 10 bis 15 ccm Bouillon in die eigentlichen Versuchskölbchen oder in sterilisirte Reagensröhrchen.

Das Einfüllen der Nährlösung geschieht in folgender Weise: Nachdem die Kolben vorbereitet sind und die Bouillon im Papin'schen Topfe kocht, wird die Winkelröhre vorgezogen, so dass ihr in dem Topfe befindliches Ende über der Flüssigkeit steht. Sobald der Quetschhahn geöffnet ist, strömt der Dampf mit grosser Gewalt durch das enge Rohr. Nach zehn Minuten kann man letzteres als keimfrei erachten, besonders wenn man das Metallrohr von aussen durch einen Bunsenbrenner noch stärker erhitzt und das Kautschukröhrchen vorher in Ozonwasser gelegt hat. Darauf wird der Quetschhahn geschlossen, die Spitze der Canüle in sterilisirte Watte gesteckt und das untere Ende des Rohres bis dicht über den Boden des Topfes zurückgeschoben.

Durchsticht man alsdann mit der Canüle den Pfropfen eines Recipienten von 250 ccm Inhalt und öffnet den Hahn, so steigt die Bouillon in den Kolben über. Ist derselbe bis zur Marke gefüllt, so wird der Hahn geschlossen, der Kolben entfernt und sofort ein neuer gefüllt, bis die Bouillon abgefüllt ist. Die so präparirten Gefässe stellt man vier Wochen lang in den Brütschrank. Das Klarbleiben der Flüssigkeit zeigt Keimfreiheit an.

Soll ein Wasser untersucht werden, so muss man zuerst durch Vorversuche seinen ungefähren Keimgehalt bestimmen.

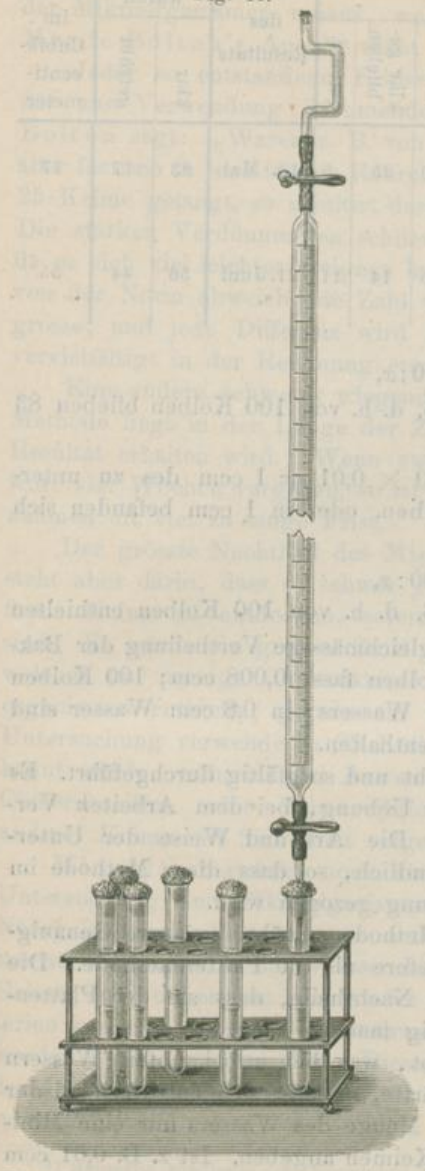
Miquel[1]) wendet jetzt zu den Vorversuchen auch feste Nährböden an. Am besten dürften sich zu diesem Zwecke Culturen in Schalen mit Nähragar eignen. Letztere, in den Brütapparat gebracht, lassen schon in 12 Stunden viele der Bakterien auskeimen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass eine Anzahl der im Wasser vorkommenden Bakterien bei Brutwärme nicht wachsen; die erhaltenen Zahlen sind also immerhin zu klein. Um die Keimvermehrung während des Vorversuches möglichst zu verhindern, bringt Miquel die Wasserprobe in eine Temperatur von 0°.

Nach ungefährer Feststellung der Zahl verdünnt man event. das zu untersuchende Wasser durch Zusatz von sterilisirtem Wasser oder Bouillon. Darauf wird von dem ursprünglichen Wasser oder von der Mischung eine geringe Menge entnommen. Hierzu dient ein Glasrohr, welches viermal rechtwinkelig in derselben Ebene gebogen ist, wie der Griff eines Drillbohrers, Fig. 41. Das eine Ende schliesst ein Asbestpfropfen, das andere ist zu einer feinen Spitze ausgezogen und zugeschmolzen. Man bricht die Spitze in dem zu untersuchenden Wasser ab und zieht vermittelst Ansaugens die Flüssigkeit in die Winkelröhre hinein. Durch die Biegungen wird ein Benetzen des Pfropfens vermieden. Von dem zu untersuchenden Wasser setzt man 1 bis 2 Zehntel eines Cubikcentimeters zu 99,9 bezw. 99,8 ccm Bouillon hinzu, welche sich in einer graduirten Glasröhre befinden. Die Mischung geschieht durch Auf- und Niederbewegen. Die Röhre ist mit einer scharfen, seitlich offenen Canüle, welche dem Giftzahn einer Morphiumspritze ähnlich ist, versehen. Dieselbe wird durch den Pfropfen eines sterilisirten Versuchskölbchens oder Reagensglases gestossen. Man öffnet alsdann den Hahn und lässt 10 ccm der Flüssigkeit einlaufen. Auf diese Weise lassen sich direct hinter einander aus einem Glasrohre zehn kleine Kolben füllen. Die gefüllten Gläs-

[1]) Manuel pratique d'Analyse bactériologique des eaux. Paris 1891.

chen, von denen man nicht weniger als 25 herstellt, werden in den Brütschrank gesetzt und täglich revidirt. Selten tritt nach dem vierzehnten Tage eine Trübung ein; die Gefässe bleiben gleichwohl mindestens vier Wochen in dem Apparat. Durch die mikroskopische Prüfung wird festgestellt, ob eine etwaige Trübung thatsächlich von Mikroorganismen herrührt.

Fig. 41.



Um das erwähnte graduirte Glasrohr zu sterilisiren, bedient man sich nach Fol sehr heisser Wasserdämpfe, welche man eine halbe Stunde lang mit grosser Gewalt hindurchstreichen lässt. Soll das auf diese Weise sterilisirte Rohr gefüllt werden, so schliesst man zuerst den unteren und darauf sofort auch den oberen Quetschhahn; die Wasserdämpfe condensiren sich und im Inneren des Rohres entsteht ein Vacuum. Alsdann durchsticht man mit dem Troicart den Pfropfen eines bouillonhaltigen Ballons und führt die Nadel in die Flüssigkeit ein. Oeffnet man danach den unteren Quetschhahn, so steigt die Bouillon in die evacuirte Röhre.

Die Menge der in einem Wasser enthaltenen Keime berechnet sich nach der Anzahl der klar gebliebenen und trübe gewordenen Kölbchen. Zwei Beispiele, welche wir den „Recherches sur le nombre des germes vivants par Fol et Dunant“ entnommen haben, führen wir zur weiteren Erläuterung an:

Nummer	Datum der Entnahme	Wasser entnommen aus:	Wassermenge in jedem Kölbchen in Cubikcentimetern	Zahl der Ballons			Datum des Resultats	Unter 100 Ballons waren		Zahl der Keime im Cubikcentimeter
				total	klar geblieben	getrübt		klar	getrübt	
I.	16. April	dem Genfer See	0,01	30	25	5	13. Mai	83	17	17
II.	26. Mai	einem laufenden Brunnen	0,008	25	14	11	21. Juni	56	44	55

ad Nr. I. $30:25 = 100:x$,

$x = 83$, d. h. von 100 Kolben blieben 83 steril und 17 enthielten Keime.

100 Kolben enthielten $100 \times 0{,}01 = 1$ ccm des zu untersuchenden Wassers; in 100 Kolben, oder in 1 ccm befanden sich also 17 Keime.

ad Nr. II. $25:14 = 100:x$,

$x = 56$, d. h. von 100 Kolben enthielten 56 keinen, 44 je einen Keim (gleichmässige Vertheilung der Bakterien vorausgesetzt). Jeder Kolben fasst 0,008 ccm; 100 Kolben somit 0,8 ccm des untersuchten Wassers; in 0,8 ccm Wasser sind 44, in 1,0 ccm also 55 Keime enthalten.

Die Methode ist gut erdacht und sorgfältig durchgeführt. Es gelingt zweifellos nach einiger Uebung, bei dem Arbeiten Verunreinigungen auszuschliessen. Die Art und Weise der Untersuchung ist jedoch recht umständlich, so dass diese Methode im Allgemeinen wenig in Anwendung gezogen wird.

Miquel giebt an, seine Methode gewähre grössere Genauigkeit, da sie höhere Zahlen liefere als die Plattenmethode. Die Methode hat indessen so viele Nachtheile, dass sie der Plattenmethode den Rang nicht streitig machen kann.

Sind alle Kölbchen getrübt, was bei unbekannten Wässern nicht gerade selten eintreten dürfte, so lässt sich entsprechend der zur Verwendung gekommenen Menge des Wassers nur eine Minimalzahl von darin enthaltenen Keimen angeben. Ist z. B. 0,01 ccm Wasser in jedes einzelne Kölbchen eingefüllt worden und sind alle 25 Kölbchen trübe, so finden sich im Cubikcentimeter des ge-

prüften Wassers mindestens 100 Keime; es können aber auch 1000 und mehr darin enthalten sein.

Ferner setzt die Methode eine sehr gleichmässige Vertheilung der Mikroorganismen voraus, welche Voraussetzung jedoch nach Meade Bolton's Angabe nicht zutrifft.

Jeder so entstandene Fehler fällt bei der geringen Anzahl der zur Verwendung kommenden Gefässe stark ins Gewicht. Bolton sagt: „Waren z. B. von 25 Röhrchen 20 getrübt, waren aber factisch in jene trüben Röhrchen insgesammt nicht 20, sondern 25 Keime gelangt, so resultirt daraus ein Fehler von 20 Procent". Die starken Verdünnungen schliessen ebenfalls Fehlerquellen ein, da es sich viel leichter ereignen kann, dass eine kleine Probe eine von der Norm abweichende Zahl von Organismen birgt, wie eine grosse, und jede Differenz wird mit der Zahl der Verdünnung vervielfältigt in der Rechnung erscheinen.

Eine andere, schwerer wiegende Unvollkommenheit der obigen Methode liegt in der Länge der Zeit, welche verstreicht, bis ein Resultat erhalten wird. Wenn zwischen Fragestellung und Antwort vier Wochen vergehen, so ist das eine für hygienische Maassnahmen oft viel zu lange Frist.

Der grösste Nachtheil des Miquel-Fol'schen Verfahrens besteht aber darin, dass es schwer gelingt, mittelst desselben specifische Keime zu entdecken, sofern letztere nicht sehr zahlreich sind. Es würde ein grosser Zufall sein, wenn aus einem Wasser, welches nur wenige Cholerakeime unter vielen anderen Mikroorganismen enthielte, gerade ein Cholerakeim in eines der zur Untersuchung verwendeten 25 Kölbchen geriethe, und somit erkannt würde, während bei Anwendung des Plattenverfahrens ein Cholerabacillus oder Wasservibrio zwischen vielen Hunderten anderer Keime mit Sicherheit aufgefunden werden kann.

Miquel[1]) berichtet noch über ein anderes Verfahren der Untersuchung der Mikroorganismen. Er imprägnirt Papier mit Nährgelose und schüttelt das zu untersuchende Wasser darauf oder taucht das Papier in das Wasser hinein und nimmt es, wenn die Gelose sich vollgesogen hat, wieder heraus, die anklebenden Bakterien kommen dann zum Wachsthum, die eingetrockneten Colonien werden gefärbt und gezählt. Dieses Verfahren bietet gegenüber der Plattenmethode keinen Vorzug; es bedarf daher weiterer Besprechung nicht.

[1]) Semaine médicale, 6. Novembre 1884. Des variations horaires des bactéries und Manuel pratique d'Analyse bactériologique des eaux. Paris 1891, p. 81.