Ueber die hygienische Bedeutung des Trinkwassers und rationelle Prinzipien für dessen Untersuchung und Beurtheilung

von

Dr. Max Barth, Karlsruhe.

I.

Wer in einigermassen bedeutendem Umfang sich mit der Untersuchung von Trinkwässern beschäftigt hat, der wird schon in so manchem Falle, wenn er aus den analytischen Zahlendaten ein Gutachten über die Verwendbarkeit eines ihm vorliegenden Wassers zu Trinkzwecken abgeben soll, ein unangenehmes Gefühl der Unsicherheit empfunden haben, falls er nicht nur schablonenmässig die erhaltenen Zahlen mit den in Leitfäden zur Wasseranalyse angegebenen Grenzwerthen für bestimmte Substanzen im Trinkwasser vergleichen will, um dann, je nachdem die von ihm gefundenen Mengen unter den Grenzwerthen bleiben, oder für diesen oder jenen Bestandtheil dieselben überschreiten, das betreffende Wasser als brauchbar zu bezeichnen, oder zu verwerfen.

Für Denjenigen, dem solche Art von Begutachtung wenig Befriedigung gewährt, diese Unsicherheit zu beseitigen und zugleich in die Prinzipien, nach denen bei der Beurtheilung von Trinkwässern verfahren werden soll, nach Möglichkeit Klarheit und Einheitlichkeit zu bringen, ist der Zweck der vorliegenden Abhandlung.

Durch Aufstellung der oben erwähnten „Grenzwerthe", welche sich auf die Angaben der Wiener Wasserversorgungscommission, ferner besonders auf diejenigen von Reichardt, Schulze und der englischen Rivers Pollution Commission*) über die zulässigen Maximalgehalte an gewissen nicht normalen Trinkwasserbestandtheilen stützen, wird im Allgemeinen die Anforderung ausgesprochen, dass ein gutes Trinkwasser Nichts oder nur sehr geringe Quantitäten von Bestandtheilen enthalten soll, welche auf eine Verunreinigung schliessen lassen, wie organische Substanz, Ammoniak, Salpetersäure, Chlor pp., und viele, insbesondere auch die Reichardt'schen Untersuchungen haben dargethan, dass es in der That Wässer gibt, welche den gestellten Anforderungen entsprechen. Es sind dies vornehmlich Quellwässer aus nicht kalkigen Schichten.

Wenn es sich daher um Versorgung einer grösseren Commune mit einem einheitlichen, der Controle leicht zu unterziehenden Trinkwasser handelt, so soll man vor allen Dingen darauf bedacht sein, womöglich ein ziemlich weiches Quellwasser hiezu zu benützen, auch wenn die Kosten seiner Herzuleitung sich nicht unerheblich höher stellen, als für jede andere Art von Trinkwasser.

Da aber, wo aus verschiedenen Gründen die Möglichkeit der Quellwasserversorgung ausgeschlossen ist, muss man eben seine Anforderungen etwas

*) Nach Fischer, chem. Technol. d. Wassers, Braunschweig 1880 pag. 138 u. ff.

niedriger stellen. Nach welchem Prinzip wird nun bei der Zulassung höherer Werthe für den Gehalt des Wassers an verunreinigenden Bestandtheilen verfahren?

Wenn man sieht, dass über die für tadellos gutes Trinkwasser beanspruchten Grenzwerthe selbst übereinstimmende Vorschriften nicht existiren, dass z. B. bald 400 mgr. i. Hl., bald 1 gr i. Hl. als oberste zulässige Grenze für den Gehalt an Salpetersäure aufgestellt wird, so ist man fast versucht, die Antwort auf die Frage nach jenem Prinzip dahin abzugeben: Nach gar keinem, oder nach einem solchen, welches mit der Gesundheitspflege nur wenig zu thun hat. So z. B. weiss man nicht, ob das Berliner Leitungswasser trotz seiner etwas hohen Oxydirbarkeit deshalb noch für ein gutes Trinkwasser gehalten werden muss, weil es sonst allen Anforderungen an ein solches entspricht,*) oder deshalb, weil Berlin seinen Einwohnern kein besseres zur Verfügung zu stellen in der Lage ist.

Thatsache ist, dass verhältnissmässig wenige Brunnenwässer den von der Wiener Commission gestellten Anforderungen entsprechen, und doch sind diese fast die einzige Wasserversorgung des flachen Landes. Grössere Städte der Ebene, welche die Wohlthat eines einheitlichen Trinkwassers geniessen wollen, sind oft durch ihre Lage gezwungen, sich des Flusswassers dazu zu bedienen, welches auch bei vorzüglichster Filtration an die Beschaffenheit eines guten Quellwassers nicht heranreicht. Die allmonatlich mehrmals früher von mir ausgeführten Untersuchungen des Breslauer Leitungswassers, das filtrirtes Oderwasser ist, haben ergeben, dass dasselbe äusserlich klar, farb- und geruchlos und ohne Bodensatz, selten weniger als 300 mgr. Sauerstoff zur Oxydation auf den Hektoliter verbrauchte, dass die verbrauchte Sauerstoffmenge häufig 350 und 400 mgr. betrug und bei Hochwasser, wo auch die sorgfältigste Filtration kein glanzhelles Wasser erhalten liess, selbst diese Zahlen erheblich überschritt; gänzlich frei von Ammoniak war das Wasser nur selten. Muss man also die Nothwendigkeit anerkennen in Ermanglung des absolut Guten sich oft auch mit dem weniger Guten zu begnügen, so fragt es sich nun, wie weit man in dieser Genügsamkeit gehen darf, ohne das man Gefahr läuft, ein Wasser zum Trinkgebrauch zu gestatten, welches von nachtheiliger Wirkung auf die Gesundheit des dasselbe Geniessenden sein kann. Wenn einer Anzahl von Familien zwei Wässer zur Verfügung stehen, welche beide nicht allen Ansprüchen an ein gutes Trinkwasser genügen, äusserlich aber klar und geruchlos sind, und von denen das eine in seinem Gehalt an organischer Substanz und durch Aufweisen einer Spur von Ammoniak die Grenzwerthe etwas überschreitet, das andere darin unter den Grenzwerthen bleibt, aber etwas mehr als die zulässige Menge Salpetersäure enthält, welches von beiden ist das am wenigsten zum Genuss geeignete? Diese Frage lässt sich aus dem blossen

*) Vgl. Kubel-Tiemann Anleitung z. Unters. v. Wasser etc., Braunschweig 1874 pag. 163 und 175.

Vergleich mit den Grenzwerthen nicht beantworten. Die Produkte von Zersetzungsvorgängen enthalten beide, enthalten aber auch bei Weitem die meisten derjenigen Wässer, freilich in etwas geringerer Menge, welche man noch als gute passiren lässt. Ob sich aber die Grenze, wo das Trinkwasser aufhört unbedenklich zu werden, durch blosses Aufstellen nackter Zahlenwerthe für bestimmte Bestandtheile markiren lässt, das ist doch noch sehr zu bezweifeln.

Wir gelangen vielleicht zu einem sicherer zu handhabenden Masstab für die Güte und Brauchbarkeit eines Wassers zu Trinkzwecken, wenn wir uns die Rolle einmal recht klar vergegenwärtigen, welche das Trinkwasser für die Gesunderhaltung unseres Körpers spielt. Dazu wollen wir uns folgende zwei Fragen zur Beantwortung vorlegen:

1. Kann das Trinkwasser zum Verbreitungsmittel von Infektionskrankheiten werden und unter welchen Verhältnissen ist dies der Fall?
2. Welchen Einfluss hat das Trinkwasser auf das Wohlbefinden des Körpers im Allgemeinen, auf die Erhaltung einer möglichst kräftigen Widerstandsfähigkeit auch gegen andere als ansteckende Krankheiten?

Ueber die Bedeutung des Trinkwassers als direktes Verbreitungsmittel von Infektionskrankheiten herrschen bis heute noch unter den auf diesem Gebiet massgebenden Autoritäten sehr verschiedene, z. Theil diametral entgegengesetzte Ansichten.

Während einige Forscher glauben, auf Grund ihrer Erfahrungen dem Trinkwasser bei der Verbreitung gewisser Infektionskrankheiten eine sehr hohe Bedeutung zuschreiben zu sollen, wird solche von anderer Seite in Abrede gestellt.

Es sind fast alle medicinischen Autoritäten Englands Vertreter der erstern Ansicht und auch in Deutschland findet sie sehr viele Anhänger.

Die „Berichte der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur" enthalten eine nicht unbedeutende Anzahl von Fällen, welche zu Gunsten der sogenannten Trinkwassertheorie sprechen; insbesondere werden auf eine Infektion durch unreine Brunnenwässer kleine Typhusepidemien zurückgeführt, welche an einem Ort plötzlich auftauchen, innerhalb enger Kreise, etwa einiger benachbarter Häuser, Erkrankungen hervorrufen und, ohne grössere Dimensionen anzunehmen, nach einiger Zeit wieder verschwinden.

Diese Beispiele constatiren allerdings zum Theil weniger den nothwendigen Zusammenhang zwischen Trinkwasser und Epidemie, als vielmehr nur das Vorkommen eines schlechten Trinkwassers zur Zeit der Epidemie innerhalb des Krankheitsbezirks;*) in anderen Fällen**) aber lässt sich beweisen, dass ein zwangsweiser Wechsel des Trinkwassers seitens der Bewohner der betreffenden Häuser (z. B. das Vertauschen des städtischen Leitungswassers in Folge eines Fehlers in der Leitung mit Wasser aus einem seit langer Zeit unbenutzten und

*) Jacobi und Broer, „über einen kleinen Herd von Abdominaltyphus in Breslau am Dom und an der Kreuzkirche." Jahresber. d. schles. Ges. 1877.

**) Vgl. Jacobi „über eine Typhusepidemie auf der Michaelisstrasse in Breslau. Jahresb. 1876, S. 261.

vernachlässigten Brunnen) mit dem Beginn der Epidemie in Zusammenhang stehe, und dass dieselbe sich verliere, dass wenigstens neue Erkrankungen nicht stattfinden von der Zeit an, wo der Genuss des nach den Resultaten chemischer und mikroscopischer Untersuchung für den Träger der Epidemie gehaltenen Wassers verhindert werde.

Biermer*) nimmt mehrfach Gelegenheit, seine Ansicht, nach welcher dem Trinkwasser bei der Verbreitung speziell von Typhus eine sehr hohe Bedeutung zukommt, auszusprechen. Ausserdem sind u. A. schon vielfach die Typhusepidemie im Waisenhause zu Halle a. S.**) 1871 und diejenige in Lausen***) bei Basel 1872 als beredte Beweise für die Verbreitung des Typhus durch das Trinkwasser angeführt worden. Der Glaube indessen, jede irgendwo sich zeigende grössere Epidemie speziell von Typhus oder Cholera ohne Weiteres mit dem Genuss inficirten Trinkwassers in Zusammenhang bringen zu müssen, hat nicht selten die eingefleischten Trinkwassertheoretiker in Bezug auf den Ursprung der ersten inficirenden Keime und den Weg, den diese nehmen mussten, ehe sie zur krankheiterzeugenden Wirkung gelangen konnten, zu Erklärungsversuchen veranlasst, die an Unwahrscheinlichkeit kaum etwas zu wünschen übrig lassen.

Ich erinnere an die Cholera-Epidemie, welche Ost-London im Jahre 1866 heimsuchte; dort sollten Cholerakeime, die aus den Darmentleerungen eines erst unmittelbar vorher in London angesiedelten cholerakranken Individuums stammten, in das zum Trinken benutzte Leitungswasser eingedrungen sein.

Um aber dieses Wasser wirklich inficiren zu können, hätten die Keime durch die Siele in einen Fluss gelangen müssen, darin stromaufwärts treiben, durch ein starkes Ufer sickernd in ein offenes, von da in ein bedecktes Reservoir und endlich in die zum Consumenten führende Leitung übergehen müssen. Sicher würden die Hygieniker Englands, wenn sie nicht in der Meinung befangen gewesen wären, die Ursache der Seuche müsse unter allen Umständen im Trinkwasser gesucht werden, bei den Erklärungsversuchen für die Entstehung und Verbreitung der Epidemie der Wahrscheinlichkeit mehr Rechnung getragen haben.

Weil nun in der That die Trinkwasserhypothese schlechterdings nicht im Stande ist, alle Typhus- und Cholera-Epidemien zu erklären, ja weil sie gerade für solche Ausbrüche, welche ganze Städte und Landstrecken verheerten, völlig unzureichend ist, desshalb haben sich viele Forscher und insbesondere Pettenkofer und seine Schule von ihr losgesagt, da mit Recht für eine Krankheitsform auch eine einheitliche Ursache verlangt werden muss, und eine Erklärung, welche je nach Lage der Verhältnisse bald diesen, bald jenen Faktor als das krankheiterzeugende Moment annimmt, nicht als Zeugniss von der richtigen Erkenntniss der Herkunft der Krankheit angesehen werden kann.

*) Jahresber. 1876, S. 259 u. 1877, S. 320.

**) Zuckschwerdt: Die Typhusepidemie im Waisenhaus zu Halle a. S., 1871 etc.

***) Vgl. was Pettenkofer über beide Epidemien in seiner Abhandlung: „Ist das Trinkwasser die Quelle von Typhusepidemien?“ Zeitschrift für Biologie X. S. 439 u. ff. sagt.

Die zahlreichen und epochemachenden Arbeiten Pettenkofers, ferner auch diejenigen seiner Schüler und Buhls haben nun grade für jene grossen Epidemien, aber auch für viele ganz besonders interessante kleinere als ein unentbehrliches aetiologisches Moment den Boden erkennen lassen, und zwar Boden von einer bestimmten Beschaffenheit, was seinen Durchfeuchtungsgrad und seinen Gehalt an organischen Stoffen anlangt.

Die von Pettenkofer mit grösster Sorgfalt gesammelten Beispiele für das Verhalten von Choleraepidemien beweisen, dass überall da, wo aus irgend einem Grunde das Vorhandensein und demgemäss die Mitwirkung eines porösen Bodens von der bezeichneten Beschaffenheit ausgeschlossen ist, Erkrankungen trotz des engsten Verkehrs mit einem anderswoher inficirten und kranken Individuum nicht stattfinden. Von grossem Interesse sind in dieser Beziehung seine Angaben über den Verlauf von Cholera-Epidemieen auf Schiffen mit zweierlei Besatzung, von der der eine Theil durch längern Aufenthalt in einem Hafen, in welchem die Cholera grassirte, den Keim zu dieser Krankheit mit auf das Schiff brachte, der andere Theil, aus entfernteren Gegenden kommend, oder seit langer Zeit überhaupt nicht mehr auf dem festen Land gewesen, frei von Cholerakeimen war. Als während der Fahrt der betreffenden Schiffe die Cholera auf ihnen nun wirklich ausbrach, befiel sie ganz ausschliesslich den zuerst genannten Theil der Manschaften.

Eine direkte Uebertragung des Keimes von Individuum zu Individuum unter Ausschluss der Mitwirkung des Bodens kann also nicht stattfinden.

Für den Feuchtigkeitsgrad des Bodens, der auf die Verbreitung der Cholera von wesentlichem Einfluss ist, betrachtet Pettenkofer als zuverlässigen Massstab den Stand des Grundwassers.

Auch diejenigen Epidemieen, welche von den Gegnern seiner Ansicht lange als seiner Theorie widersprechend angeführt wurden, wie die von Malta und Gibraltar, wo angeblich weder von porösem Boden noch auch in Folge dessen von wechselnder Durchfeuchtung desselben die Rede sein konnte, hat Pettenkofer durch geistreiche Deutung der persönlich in Augenschein genommenen lokalen Verhältnisse als Bestätigungen seiner Meinung zu kennzeichnen gewusst: die Rolle des porösen Bodens übernimmt dort die ziemlich bedeutende lockere Verwitterungskruste des ursprünglich felsenfesten Gesteins und deren Durchfeuchtung geschieht durch die vorhandenen Quellwässer.

Port,*) Buxbaum**) u. A. beschreiben mehrere, z. Th. eng lokalisirte Cholera- und Typhus-Epidemien, bei deren Entstehen und Verbreiten das Trinkwasser gänzlich ohne Einfluss gewesen sein muss, weil die Bewohner verschiedener Häuser, wie wohl sie von demselben Wasser tranken, sich bezüglich des Erkrankens je nach der Lage der Häuser durchaus verschieden verhielten.

Buhl***) weist in einer Abhandlung über die Aetiologie des Typhus mit

*) Zeitschrift für Biologie VIII. Seite 457.

**) Ibid. VI., 1.

***) Ibid. I., 1.

überzeugender Schärfe aus Beobachtungen die durch einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren von ihm gemacht worden waren, für die Verhältnisse Münchens einen strikten Zusammenhang zwischen dem Stande des Grundwassers und dem Umsichgreifen des Typhus nach, und zwar fällt die grösste Heftigkeit des Typhus mit dem tiefsten, das gelindeste Auftreten desselben mit dem höchsten Grundwasserstande zusammen.

Die Frage nach dem Charakter der eigentlichen Cholera- u. Typhuskeime kann mit positiver Sicherheit nicht beantwortet werden, da es bis heute noch nicht gelungen ist, dieselben mit Bestimmtheit nachzuweisen; allein soweit man aus der Art der Verbreitung jener Krankheiten auf die Natur ihrer Ueberträger schliessen darf, hat die Annahme viel Wahrscheinlichkeit für sich, dass dies Organismen seien, ähnlicher Art, wie sie bereits als Erzeuger von Milzbrand, Diphteritis, Recurrens und nach neueren Mittheilungen auch von Malaria aufgefunden worden sind.

Diese Keime vermuthet man in den Stuhlentleerungen Cholera- und Typhuskranker, allein sie sind, wie bereits erwähnt, direkt von Individuum auf Individuum übertragen, nicht wirksam. Pettenkofer lässt die Frage offen, ob der aus den Stuhlentleerungen stammende Keim im Boden **selbst** den ansteckenden Charakter annimmt, oder ob zu diesem Keim im Organismus des Befallenen ein zweiter nur aus dem Boden stammender Ansteckungsstoff hinzutreten muss, um die Krankheit zu erzeugen.

Neigt man der ersteren Annahme zu, so legt das Verhalten dieser Organismen einen Vergleich mit der Entwicklung anderer, Pflanzenkrankheiten hervorrufender Pilzformen nahe, bei denen man, wie beim Getreiderost (*Puccinia graminis*) den sogenannten Generationswechsel beobachtet hat.

Die aus den gekeimten Wintersporen, (*Teleutosporen*) des Rostes erzeugten Sporidien sind schlechterdings nicht im Stande, auf Grasarten den Rost hervorzurufen, sondern sie müssen nothwendig auf einem durchaus anders gearteten Wirth, auf den Blättern der Berberitze ein Entwicklungsstadium durchmachen, welches seinerseits erst mit der Bildung rosterzeugungsfähiger *Aecidiumsporen* abschliesst; in ähnlicher Weise müssen auch Typhus- und Cholerakeime, wie sie sich etwa in Form einer Art von Dauersporen, die der Typhus- oder Cholerapilz im menschlichen Organismus erzeugt hat, in den Excrementen vorfinden, nothwendig ausserhalb des menschlichen Körpers ihr dem *Aecidium* entsprechendes zweites Entwickelungsstadium durchmachen, dessen Endproduct pathogene Keime sind.

Das Substrat, auf welchem diese Weiterentwickelung vor sich geht, ist eben der Boden, wenn er mit organischen Stoffen genügend reichlich erfüllt ist und einen solchen Durchfeuchtungsgrad zeigt, wie die über dem Spiegel des Grundwassers befindliche Schicht eines lockeren porösen Bodens ihn in einer gewissen Mächtigkeit besitzt. Dieselbe Beschaffenheit des Bodens müssen wir auch nach der Art der Verbreitung dieser Krankheiten als nothwendig voraussetzen, wenn wir annehmen, dass der im Boden sich entwickelnde Infections-

keim unabhängig sei von dem aus den Excrementen stammenden Contagium.

Ob ferner diese Krankheitserzeuger auch noch auf andere Weise, als die besprochene entstehen können, insbesondere ob etwa bestimmte Bacterienformen in das Seuchengift übergehen können, so dass die betreffenden Krankheiten oder eine von ihnen ohne Einschleppung entstehen können, das muss vorläufig noch dahin gestellt bleiben.

Allerdings giebt Brautlecht*) an, in Brunnenwässern eine Bacillusform gefunden zu haben, welche er — dem Resultat von Infectionsversuchen, die mit Reinculturen an Thieren vorgenommen wurden, zufolge — für den Typhuskeim hält, und diese Form ist von ihm auch auf faulenden grünen Algen entdeckt worden, allein diese Angaben bedürfen doch wohl noch der weiteren Bestätigung.

Damit aber jene Infectionskeime vom Boden aus in den menschlichen Organismus gelangen können, muss die betreffende Schicht, in der sie gereift sind, austrocknen, so dass die Keime nun von der die Hohlräume zwischen den Bodenpartikelchen erfüllenden Luft, die ja in steter Bewegung ist, in die über dem Boden befindliche Atmosphäre geleitet werden. Von denjenigen Keimen, welche während der Trockenheit durch die Bewegungen der Luft nicht aus dem Boden herausgeführt werden, unterliegt jedenfalls ein bedeutender Theil der allmäligen Zerstörung durch den in der feinen Vertheilung zwischen den Bodenpartikelchen ausserordentlich energisch wirkenden atmosphärischen Sauerstoff.

Ist nun aber nach der soeben besprochenen Auffassung der Entstehung und Verbreitung von Infectionskrankheiten, insbesondere von Cholera und Typhus, die Möglichkeit einer Uebertragung der krankheiterregungsfähigen Keime durch das Trinkwasser ausgeschlossen?

Von der Sohle einer Senkgrube aus sickert eine reichliche Menge organischer Substanz in den Boden, die, wenn der Boden trocken und feinporös ist, durch den Einfluss der Luft allmälig wieder zerstört wird, sie verwest, verbrennt. Besitzt aber der Boden einen merklichen Feuchtigkeitsgehalt, dann sind hier alle Bedingungen für die Entwickelung hineingelangender Cholera- oder Typhuskeime gegeben. Anstatt dass nun die dabei entstehenden pathogenen Organismen nach dem Austrocknen dieser Bodenschicht in die Luft gelangen, können dieselben auch durch einsickerndes Regenwasser, welches bei feuchter Bodenbeschaffenheit fast unvermindert bis zum Grundwasser vordringt, in dieses letztere übergehen, und wenn nun in unmittelbarer Nähe in der Grundwasser führenden Schicht ein Brunnen ausgeschachtet ist, so ist die Möglichkeit vorhanden, dass dessen Wasser gereifte Infektionskeime enthält, welche durch den Genuss des Wassers in den menschlichen Organismus übergeführt werden können. Die Zahl der auf diesem Wege zur Wirkung kommenden Keime wird freilich verhältnissmässig gering sein, wenn dieselben nicht in Wasser von geeigneter Beschaffenheit, in Wasser, welches ihnen die nöthige Nahrung bietet, sich ebenso zu vermehren im Stande sind, wie im durchfeuchteten Boden.

*) Virchow's Archiv LXXXIV 80.

Aber auch wenn man von dieser Vermehrung absieht, wird man das Brunnenwasser unter bestimmten lokalen Verhältnissen, wie sie soeben angeführt sind, als eines der in Betracht kommenden Transportmittel für die im Boden ausgereiften Infektionskeime ansprechen dürfen, und damit wird also die Ansteckung durch das Trinkwasser nur ein spezieller Fall der Infektion vom Boden her.

Der Trinkwasser-Theorie in solcher Auffassung wird nicht der Vorwurf gemacht werden können, dass sie etwa die Ursache der Infektion nur im Trinkwasser suche, und nach Ausschliessung des letzteren vom weiteren Genuss das Ergreifen aller anderen Schutzmassregeln gegen die Verbreitung der Seuche für überflüssig halten lasse, sie wird vielmehr dieselbe Vorsicht, dieselbe Reinlichkeit in jeder Beziehung für geboten erachten lassen, wie die „Bodentheorie".

Aus dem bisher Gefolgerten erwächst nun für uns die weitere Frage: durch welche Eigenschaften wird ein Brunnenwasser characterisirt sein, welches auf dem angegebenen Wege mit Typhus- oder Cholerakeimen inficirt worden ist?

Hat der flüssige Grubeninhalt sich durch die Sohle oder durch die Wände der Grube einen Weg in den Boden gebahnt, so werden so lange der poröse Boden dicht genug ist, also seine Capillarkanälchen fein genug sind, nur die in der Jauche gelösten Stoffe weiter vordringen, während die suspendirten in der der Grube zunächst liegenden Bodenschicht und in der Grube selbst zurückbleiben. Jene gelösten Stoffe sind aber theils organische, riechende Fäulnissprodukte, theils Ammoniaksalze, theils Phosphate, Chloride, theils (und zwar nur in sehr geringer Menge) salpetersaure Salze.

Daneben finden sich die übrigen gewöhnlichen anorganischen Bestandtheile des Wassers, verschiedene Kalk-, Magnesia- und Alkalisalze, die wir für unsere jetzige Betrachtung ausser Acht lassen können. In trockenem Boden sind nun die Porenkanälchen mit Luft gefüllt und bei der ausserordentlichen Zertheilung der gelösten oder gelöst gewesenen Substanzen findet hier eine vollkommene Oxydation der organischen Stoffe und auch des Ammoniaks statt. Der Kohlenstoff wird zu Kohlensäure, Wasserstoff zu Wasser und Stickstoff zu Salpetersäure oxydirt, welche im Boden stets Gelegenheit findet, sich zu Salzen zu verbinden. Diese oxydirende Kraft des Bodens hält in so grosser Intensität natürlich nur so lange vor, als er selbst trocken und von recht gleichmässig fein poröser Beschaffenheit ist.

Sobald aber durch immer weiteres Nachdringen von Jauchenflüssigkeit oder durch wiederholtes Regnen die Poren des Bodens ungleichmässiger, hier weiter, dort verstopft werden, wird auch die Filtration durch den Boden immer unvollkommener, immer weiter dringen die suspendirten Bestandtheile des Grubeninhalts mit der Jauche vor, und unvollkommener wird auch mit der unregelmässigeren Vertheilung der Luft und dem Zunehmen der gelösten und suspendirten organischen Massen die Verbrennung der letzteren.

Es kann also mit der Zeit beim Fortdauern dieser Verhältnisse ein immer grösserer Theil der Bodenschicht, welche zwischen Grubensohle und Brunnen-

niveau liegt, mit Fäulnissprodukten und aus der Grube stammender fäulnissfähiger organischer Substanz durchsetzt werden, und allmälig werden nicht mehr nur Nitrate, Chloride und sonstige anorganische Bestandtheile, die auf die äussere Beschaffenheit des Wassers ohne merklichen Einfluss sind, in Folge der Nachbarschaft der Grube in den Brunnen gelangen, sondern es werden sich auch Ammoniaksalze, gelöste und suspendirte organische Substanz, alle wesentlichen Bestandtheile unveränderter Grubenjauche in grösserer oder geringerer Menge dazu gesellen. So lange also nur eine klare Lösung von Nitraten in den Brunnen einfiltrirt, ist der Boden noch rein und feinporig genug, um die Gefahr des Hineingelangens von Krankheitskeimen in das Trinkwasser auszuschliessen. Sobald aber die organische Substanz im Boden nicht mehr völlig verbrannt werden kann, sondern zugleich mit Ammoniaksalzen und andern Jauchenbestandtheilen in den Brunnen vordringt, dann ist die Möglichkeit vorhanden, dass auch Infektionskeime dem Brunnenwasser mitgetheilt werden.

II.

Es kann aber auch organische Substanz in das Brunnenwasser hineingelangen, ohne aus einer Senkgrube zu stammen, und ganz besonders die Haushaltungen liefern daran in ihren Spülwässern ein reiches Material. Diese organische Substanz unterliegt im Boden ganz genau denselben Zersetzungsvorgängen, deren Verlauf von der Beschaffenheit des Bodens abhängt, wie die Senkgrubenbestandtheile; auch sie wird bei Trockenheit und Feinporosität des Bodens mehr oder weniger vollständig verwesen, oder bei Nässe des Bodens einen Fäulnissherd bilden, von welchem aus entweder Theile der organischen Substanz selbst oder doch die Producte von deren Zerfall in das Grundwasser gelangen können.

Daher kann, das Nichtvorhandensein undurchlässiger Schichten vorausgesetzt, die Zusammensetzung eines Brunnenwassers ein Bild geben, sowohl von der Menge der in den Boden gelangenden Abfallstoffe, als auch von der Fähigkeit des Bodens, dieselben zu verbrennen.

Wie aber unterscheiden wir unter diesen, dem Trinkwasser zugeführten Substanzen, zwischen gefährlich und ungefährlich? Bei der Beantwortung dieser Frage wird nicht allein die Möglichkeit der Uebertragung von Infectionskrankheiten massgebend sein, sondern man wird ganz wesentlich auch auf das zweite oben aufgestellte Moment Rücksicht zu nehmen haben, auf den Einfluss, welchen der Genuss des Trinkwassers auf das Wohlbefinden des Körpers im Allgemeinen, auf die Erhaltung einer möglichst kräftigen Widerstandsfähigkeit auch gegen andere als ansteckende Krankheiten ausübt.

Sowie das Athmen einer reinen Luft den Körper kräftigt, das einer mit fauligen Gerüchen und demgemäss auch mit Fäulnissorganismen selbst erfüllten Luft dagegen auf Gesunde wie Kranke von gleich nachtheiliger Wirkung ist, so muss auch der Genuss eines reinen Trinkwassers als förderlich für die

Widerstandsfähigkeit des Körpers, der eines Fäulnissorganismen enthaltenden Wassers als dieselbe sicher beeinträchtigend angesehen werden.

Die Resultate der Versuche, welche Emmerich*) über die Einwirkung verunreinigten Wassers auf die Gesundheit angestellt hat, lassen sich nicht als Widerlegung dieser Ansicht auffassen; Emmerich hat nur bewiesen, dass der Genuss verunreinigten Wassers in Quantitäten von $^1/_2$ bis 1 Ltr. täglich auf ihn und einige andere Personen keine gradezu Erkrankung hervorrufende Wirkung ausgeübt hat; daraus rechtfertigt sich aber der Schluss noch keineswegs, dass der Genuss eines solchen Wassers im Allgemeinen auf gesunde Menschen von irgend welcher Constitution einflusslos sei, auch wenn das Gefühl des Ekels vor dem Getränk gar nicht in Mitwirkung kommt. Ebensowenig ergiebt sich aus jenen Versuchen, dass die Widerstandsfähigkeit eines an und für sich abgehärteten, kräftigen Körpers gegen plötzliche Verletzungen der normalen Bedingungen seines Wohlbefindens, die sonst entweder gar nicht, oder doch nur durch Hervorrufen einer vorübergehenden leichten Unpässlichkeit auf ihn einwirkten, durch den andauernden, ausschliesslichen Gebrauch solches verunreinigten Trinkwassers nicht in der Art geschädigt werden könnte, dass nun jene Angriffe auf seine Gesundheit ernstere Erkrankungen zur Folge haben.

Es könnte ferner geltend gemacht werden, dass erfahrungsgemäss nicht einmal der häufige, wenn auch vorübergehende Aufenthalt in stark verdorbener Luft einen merklich nachtheiligen Einfluss auf die Gesundheit des Menschen ausübe, und dass daher auch ein solcher Schaden von dem täglichen Genuss der verhältnissmässig geringen Quantität schlechten Trinkwassers nicht behauptet werden könne. Jene Erfahrung erklärt sich aber wohl so, dass der augenblickliche Schaden, welchen man dem Wohlbefinden während des Aufenthalts in der verdorbenen Luft zufügt, reichlich aufgehoben wird durch das nachherige Einathmen der mehrmals hundertfachen Mengen reiner Luft, und zwar desto vollkommener, je besser die den Lungen alsdann zur Verfügung stehende Luft ist, und umgekehrt.

Endlich wird häufig gegen die Berechtigung der Ansicht, dass für die Gesunderhaltung des Körpers ein besonderer Werth zu legen sei auf die gute Qualität der zu athmenden Luft und des zu trinkenden Wassers der Umstand betont, dass auf dem Lande die Gesundheitsverhältnisse im Allgemeinen viel günstiger seien als in den Städten, während doch grade dort das Trinkwasser sowohl als auch die Luft in den Wohnzimmern in Bezug auf Qualität meist sehr viel, oft Alles zu wünschen übrig lasse. Enge, niedrige, schlecht gelüftete Zimmer und die Lage des Brunnens in der nächsten Nachbarschaft der Düngerstätte sind in der That in einer sehr grossen Anzahl von Dörfern nichts Ungewöhnliches.

*) Zeitschrift für Biologie XIV. 562.

Bei Heranziehung solcher Beispiele sollte man aber nicht vergessen, dass in Folge seiner ganzen Lebensweise dem Landmann durchschnittlich eine viel grössere Widerstandsfähigkeit gegen leichtere Anfälle jeder Art eigen ist, als dem Stadtbewohner; dass das anhaltende Bewegen und Arbeiten in freier gesündester Luft, wobei durch körperliche Anstrengung die Lungen zu sehr energischem Functioniren genöthigt werden, den Nachtheil, den die Gesundheit durch den Aufenthalt in schlechter Zimmerluft erleidet, vielfach wieder gut macht.

Derjenige Stadtbewohner aber, den seine Berufsart und Lebensweise mit verhältnissmässig geringen Unterbrechungen an das Zimmer fesselt, ist gradezu darauf angewiesen, mit grösster Sorgfalt alle schädlichen Einflüsse, die die Widerstandsfähigkeit seines Körpers zu schwächen geeignet sind, möglichst von sich fern zu halten.

Ueberall endlich, in Stadt und Land, lässt sich die Wahrnehmung machen, dass von zwei Individuen mit im Allgemeinen gleicher Körperconstitution dasjenige die grössere Widerstandsfähigkeit gegen Erkrankungen, also die festere Gesundheit besitzt, welches das bessere Trinkwasser und die reinere Luft in den Räumen seines Aufenthalts geniesst.

Solche Beobachtungen rechtfertigen unbedingt die sorgfältigsten hygienischen Massregeln, deren die Städte wegen des grösseren Mangels an natürlichem Schutz der Gesundheit ihrer Bewohner in höherem Grade bedürfen als das Land.

Aus diesen Gründen also ist es geboten, jenen kleinsten Organismen, auf deren Lebensprozess Fäulniss- und verwandte Zerstörungsvorgänge beruhen, möglichst die Gelegenheit, mit schlechtem Trinkwasser oder verdorbener Luft in lebensfähiger Form in unseren Körper zu gelangen, abzuschneiden, auch wenn die betreffenden Organismen nicht unmittelbar pathogen sind.

Auch die reinste Luft aber enthält vereinzelte Keime von Fäulnissbacterien, ohne doch darum etwas von ihrer vortheilhaften Wirkung auf den Körper einzubüssen, und so müssen wir auch beim Trinkwasser unterscheiden zwischen dem Vorhandensein vereinzelter Fäulnissorganismen, wie sie jedes, auch das beste Wasser beherbergt und dem zahlreichen Vorkommen solcher Organismen, und wir werden sogleich sehen, dass, so unbestimmt dieser Unterschied normirt erscheint, wir doch ein sehr leicht zu handhabendes Criterium besitzen, um ihn erkennen zu können.

Gelangen Keime von Fäulnissorganismen auf irgend einem Wege in Wasser, so werden sie sich darin, je nach der Beschaffenheit desselben, durchaus verschieden verhalten. Ist das Wasser sehr rein, dann ist es damit frei von Bestandtheilen, von denen diese Organismen sich ernähren können und bietet ihnen nicht die nothwendigen Bedingungen zu ihrer Existenz und Vermehrung; enthält das Wasser dagegen solche Substanzen, von denen Fäulnissorganismen leben können, dann wird je nach der Menge dieser Bestandtheile in dem Wasser eine mehr oder weniger üppige Vegetation jener Organismen sich entwickeln.

Es wird daher der Genuss jedes solchen Wassers als der Gesundheit nachtheilig zu betrachten sein, welches seiner chemischen Beschaffenheit nach als eine Nährlösung für Fäulnissorganismen zu betrachten ist, weil nur ein solches Wasser, wenn dergleichen Organismen in dasselbe hineingelangen, selbst zu einem Fäulnissherd werden kann.

Es lässt sich der Einwand nicht machen, dass ja alle unsere sonstigen Getränke, ausser Wasser, in diesem Sinne Nährlösungen sind, da bei allen solchen Getränken, die an und für sich allerdings ein geeignetes Substrat für Fäulnissorganismen bilden würden, die Entwickelung der letzteren mit künstlichen Mitteln unterdrückt wird, und wenn einmal diese Mittel sich als unzureichend erwiesen haben, wenn dergleichen Getränke in der That gefault, oder geschimmelt oder in irgend einer anderen Weise durch üppiges Auftreten solcher zersetzender Organismen verdorben sind, da gibt sich diese Verderbniss in leicht sinnlich wahrnehmbarer Weise durch Aussehen, Geruch oder Geschmack kund, und so beschaffene Getränke meidet man ganz allgemein, man betrachtet deren Genuss als der Gesundheit nachtheilig.

Anders ist dies beim Wasser: in demselben können durch Fäulnissorganismen schon ziemlich energische Zersetzungen vorhandener fäulnissfähiger Substanz vor sich gehen, noch ehe man durch einen deutlich fauligen oder überhaupt fremdartigen Geruch davon Wahrnehmung macht, und die Zahl der mit solchem Wasser in den Körper eines Menschen eingeführten Fäulnisskeime ist um so bedeutender, als die von ihm täglich genossenen Wassermengen durchschnittlich sehr erheblich sind. Die äussere Beobachtung einer schwächeren oder stärkeren Trübung des Wassers, entweder unmittelbar nach dem Schöpfen oder doch nach einiger Zeit, ist für ein Laienauge auch kein Anhaltspunkt zur Beurtheilung, da eine solche Trübung ebenso gut von harmlosen suspendirten unorganischen, vielleicht thonartigen Partikelchen oder von allmälig mit dem Entweichen von vorher absorbirter Kohlensäure sich ausscheidendem kohlensaurem Kalk herrühren kann, wie von der üppigen Entwickelung von Fäulnissorganismen. Es wird also eine rationelle Controle der Beschaffenheit des Wassers von sachverständiger Seite dringend nothwendig.

III.

Die Untersuchung eines Trinkwassers hat daher zunächst die Aufgabe, die Frage zu beantworten, ob das vorliegende Wasser so, wie es dem Brunnen oder einem sonstigen Behälter entnommen ist, als Fäulnissherd angesehen werden muss. Die mikroscopische Prüfung wird diese Frage lösen, und zwar wird ein Trinkwasser als Fäulnissherd gelten müssen, wenn es entweder trüb oder auch nur opalisirend ist, und die Trübung oder Opalescenz unter dem Mikroskop sich in Schwärme von sehr lebhaft beweglichen Kugel- und Stäbchen- oder Fadenbacterien auflöst, oder wenn es in grösserer Zahl Flöckchen enthält, die in der Flüssigkeit umhertreiben, sich zu Boden setzen, oder besonders gern an groben anorganischen Partikelchen anhaften, und wenn diese kleinen Flöck-

chen unter dem Mikroskop sich als das Mycel von Wasserpilzen wie Saprolegnien oder als ein Gewirr chlorophyllfreier *Oscillarien*-Fäden der Gattungen *Leptothrix* (Ktz.) *Crenothrix* (Cohn), *Cladothrix* (Cohn), *Sphaerotilus* (Ktz.), *Beggiatoa* (Trevisan) u. A. oder endlich als *Zoogloea*-Massen von Bacterien erweisen.

Lässt sich ein derartiger Befund nicht constatiren, dann bleibt noch zu entscheiden, ob das Wasser von solcher Beschaffenheit ist, dass es, obwohl bald nach der Entnahme, noch arm an Fäulnissorganismen, in kurzer Zeit zu einem Fäulnissherde werden kann, und hiezu genügt die mikroskopische Prüfung des Wassers allein nicht, sondern es ist seine chemische Untersuchung durchaus erforderlich.

Wir haben uns früher klar gemacht, dass eine üppige Entfaltung von Fäulnissorganismen in einem Trinkwasser nur dann stattfinden kann, wenn das Wasser selbst seiner chemischen Beschaffenheit nach dafür als Nährlösung angesehen werden muss.

Es kommt also darauf an, zu ermitteln, durch welche Bestandtheile ein Trinkwasser sich als eine Nährlösung für Fäulnissorganismen charakterisirt.

In darüber angestellten Versuchen habe ich die verschiedenen als Zersetzungsprodukte organischer Substanz in Trinkwässern vorkommenden anorganischen Bestandtheile, sowie stickstofffreie und stickstoffhaltige organische Substanz selbst in mehreren löslichen Repräsentanten für sich und in geeigneten Combinationen auf ihre Fäulnissfähigkeit in sehr verdünnten wässerigen Lösungen untersucht und bin dabei zu folgenden Resultaten gekommen.

Das Vorhandensein einer organischen Kohlenstoffquelle allein, (geprüft wurde mit reinem krystallisirtem Candiszucker sowohl, als auch mit weinsaurem Kali) ohne gleichzeitige Gegenwart von Stickstoff liefernder Substanz, genügt nicht, um Fäulniss hervorzurufen, auch wenn die Menge der ersteren so gross ist, dass das Wasser etwa 40 mgr Sauerstoff pro Liter, geboten in Form von übermangans. Kali in sauer gemachter Flüssigkeit, zur Oxydation verbrauchen würde. Sowohl Zucker aber, als auch weinsaures Kali sind bei gleichzeitiger Gegenwart einer anorganischen Stickstoffquelle im Stande, Fäulniss einzugehen und zwar ist eine üppige Entwickelung von Bacterien erzielt worden mit pro Liter 10 mgr Ammoniak in Form von Chlorammonium, bezw. 50 mgr Salpetersäure in Form von Kalisalpeter und soviel Zucker oder weinsaurem Kali, dass etwa 7 bis 10 mgr Sauerstoff pro Liter zur Oxydation verbraucht werden.

Bildung von Salpetersäure hat in den Wassern mit Ammoniaksalzen nicht stattgefunden; in den salpetersäurehaltigen Flüssigkeiten liess sich eine Zunahme der stickstoffhaltigen organischen Substanz, und, nachdem die Fäulnissorganismen gänzlich ihre Thätigkeit eingestellt hatten und als zarte weisse Wolke bewegungslos am Boden des Gefässes lagen, das Vorhandensein verhältnissmässig geringer Mengen von Ammoniak constatiren.

Das Wasser, in welchem sich weinsaures Kali und Salpeter befand, zeigte nach Abschluss der Bacterienvegetation eine sehr starke Fähigkeit, Chamaeleon

schon in der Kälte zu reduciren und eine ausserordentlich starke Nitritreaction mit Zinkjodidstärkelösung; da in dem Wasser mit Zucker und Salpeter die gleiche Bacterienentwicklung stattgefunden hatte, ohne dass es eine andere als eine spurenhafte Nitritreaction gegeben hätte, so lag die Vermuthung nahe, es möchte die Reduction des Salpeters, also die Nitritbildung ganz unabhängig von dem Bacterienleben vor sich gegangen sein. Daher wurde ein Versuch so angestellt, dass abgekochte und rasch erkaltete Lösungen von Salpeter und weinsaurem Kali in demselben Verhältniss wie vorher zusammengebracht und die Flüssigkeit, welche nur eine minimale Spur einer Nitritreaction zeigte, kalt unter dichtem Verschluss sich selbst überlassen wurde. Es trat keine Trübung, keine Entwicklung von Fäulnissorganismen ein und doch war auch hier nach 4 Tagen ein starker Nitritgehalt der Flüssigkeit vorhanden.

Die Bildung der salpetrigen Säure im Trinkwasser ist also, entgegengesetzt den Ansichten von Meusel,*), Schönbein**) u. A., ein rein chemischer Vorgang, der gänzlich unabhängig vom Bacterienleben überall da stattfindet, wo Salpeter mit leicht oxydirbarer oganischer Substanz zusammentrifft.

Die anorganischen stickstoffhaltigen Bestandtheile des Trinkwassers, Ammoniaksalze und Nitrate, sind für sich nicht fäulnissfähig; ebensowenig sind Trinkwässer Nährlösungen für Fäulnissorganismen, welche einen merklichen Gehalt von salpetersauren Salzen besitzen, aber sehr arm an organischer Substanz sind. In solchen Wässern entwickeln sich zuweilen nach längerer Zeit grüne Fadenalgen, Diatomeen oder Desmidien, welche im Stande sind, die im Wasser vorhandene anorganische Kohlenstoffquelle, die Kohlensäure, zu ihrem Aufbau zu verwerthen; so lange diese Organismen leben, hat ihr Vorhandensein für das Wasser nichts Bedenkliches, im Gegentheil würden sie sogar den Fäulnissorganismen die Nährstoffe entziehen, die sie für sich verbrauchen: sterben aber die Algen ab, dann bildet die von ihnen mit Hülfe des Chlorophylls aus der Kohlensäure erzeugte organische Substanz ihres eigenen Körpers im Verein mit den vorhandenen Nitraten oft ein für Fäulnissbacterien geeignetes Substrat.

Organische stickstoffhaltige Substanz ist, auch in sehr kleinen Mengen im Wasser vorhanden, für sich fäulnissfähig. Zum Versuch wurden je 0,2 gramm von *Serumalbumin, Legumin*, 0,1 gr., von *Asparagin*, Harnstoff, Gelatine mit destillirtem Wasser zu 1 Ltr. Flüssigkeit gelöst und zur Fäulniss angesetzt. Es trat überall üppige Bacterien-Entwickelung ein, die Flüssigkeiten trübten sich ziemlich stark und setzten zuletzt Wolken von Bacterienschwärmen am Boden des Gefässes ab. Salpetersäurebildung hatte nirgends stattgefunden, ebensowenig Nitritbildung; dagegen liessen sich nach längerer Zeit deutliche Mengen von Ammoniak nachweisen. Die Salpetersäure der Trinkwässer ist daher nicht sowohl ein Produkt der Fäulniss stickstoffhaltiger organischer

*) Vgl. Ber. d. d. ch. Ges. Berlin VIII., 1214.
**) Vgl. Ber. d. d. ch. Ges. IX. 835.

Substanz im Wasser, als vielmehr ein Produkt der Verwesung organischer Substanz im Boden. Dass auch dabei der Lebensprozess bestimmter bacterienartiger Organismen eine wesentliche Rolle spielt, haben Versuche von Schlösing,*) Müntz,*) Soyka**) u. A. ergeben. Um in allen Flüssigkeiten thunlichst gleichartige Organismen zu erhalten, wurde ein wässeriger kalter Aufguss auf Getreidekörner bis zur Entstehung einer schwachen homogenen Trübung faulen gelassen, von der Flüssigkeit ein Tropfen auf 25 cc verdünnt und von dieser Verdünnung wiederum ein Tropfen in den verschiedenen vorhergenannten Versuchen als Aussaat für je 1 Ltr. Versuchsflüssigkeit benutzt.

Die Menge organischer Substanz, welche mit diesem Tropfen in die Versuchsflüssigkeiten eingeführt wird, darf direct gleich Null gesetzt werden, aber es wurde dadurch erreicht, dass die verschiedenen Culturen fast ganz ausschliesslich kurze Stäbchenbacterien und Kugelbacterien aufwiesen, und nur ganz ausnahmsweise einmal an einer Flüssigkeitsoberfläche des Mycel von *Penicillium glaucum* (Link) sich vorfand.

Von dem Zusatz von Phosphaten zu den Versuchsflüssigkeiten wurde aus dem Grunde Abstand genommen, weil Brunnenwässer, die die genügenden Mengen an stickstoffhaltiger und an organischer Substanz besitzen, üppige Bacterienvegetation auch dann erkennen lassen, wenn in dem festen Rückstand von 250 cc Phosphorsäure nicht mehr nachweisbar ist, und die Resultate der obigen Versuche beweisen, dass so minimale Quantitäten Phosphorsäure, wie sie vielleicht durch die Spur von Infectionsflüssigkeit in die Lösungen hineingelangen mögen, oder wie sie der stickstoffhaltigen eiweissartigen Substanz an sich innewohnen für das Zustandekommen der Bacterienvegetationen genügen.

Ein Trinkwasser wird also zu einer Nährlösung für Fäulnissorganismen, wenn es entweder eine merkliche Menge stickstoffhaltiger organischer Substanz besitzt, worüber man sich durch Bestimmung des sogenannten Albuminoid-Ammoniaks nach Wanklyn Chapmann u. Schmith***) mit einer für den vorliegenden Zweck genügenden Genauigkeit orientiren kann, oder wenn es mit einer ziemlich hohen Oxydirbarkeit zugleich merkliche Mengen von Ammoniaksalzen oder Salpeter aufweist. Nach den Ergebnissen der ausserordentlich zahlreichen früher von mir in Breslau vorgenommenen Trinkwasseruntersuchungen werden im Allgemeinen Wässer mit einem Verbrauch von mehr als 4 mgr Sauerstoff zur Oxydation und einem Gehalt von etwa 0,5 und mehr mgr Ammoniak oder 40 und mehr mgr Salpetersäure pr. Ltr. als Nährlösung für Fäulnissorganismen zu betrachten sein, im Besondern aber muss darüber das Resultat der mikroscopischen Prüfung Aufschluss geben, und zwar wird in einem solchen Trinkwasser, welches eine vollständige Nährlösung für Fäulnissorganismen ist, innerhalb 8 Tagen eine deutliche Vegetation der letzteren, sei es in Form einer

*) Agriculturchem. Centralblatt 1877 pag. 70.

**) Tageblatt der Salzburger Naturforscherversammlung 1881.

***) Journ. of the Chem. Soc. n. s. V. 591.

Trübung, in Form von Flöckchen oder eines irisirenden Häutchens an der Oberfläche entwickelt werden. Für diese Untersuchung sind möglichst gute Durchschnittsproben des Wassers in besonderen Gefässen unter Baumwollenverschluss zum Schutz gegen den verunreinigenden Staub der Luft aufzubewahren, und es ist eine mikroskopische Prüfung bald, eine zweite etwa 8 Tage nach der Anstellung der Probe vorzunehmen. Der chemische und der auf diese Weise gewonnene mikroskopische Befund zusammen werden ein klares Bild von dem Charakter des vorliegenden Wassers zu geben geeignet sein.

Als eine Nährlösung für Bacterien wird sich auch dasjenige Brunnenwasser erweisen, welches nach unseren früheren Betrachtungen mit Krankheitskeimen inficirt sein kann, denn wir haben gesehen, dass diese Keime erst dann in das Wasser gelangen können, wenn vom Boden aus neben Nitraten, auch unverbrannte gelöste und suspendirte organische Substanz eindringt, die ja, wenn sie selbst vorher den Boden zu einem Fäulnissherd gemacht hatte, in dem allein jene pathogenen Organismen sich zu entwickeln im Stande waren, und wenn sie die Quelle der vorher einfiltrirenden Nitrate war, nothwendigerweise selbst stickstoffhaltig sein muss; so lange wir eben die Infectionskeime selbst nicht kennen, wird das Aufsuchen der nothwendig sie begleitenden Substanzen im Trinkwasser der einzige Weg sein, um über die Wahrscheinlichkeit oder mindestens die Möglichkeit der Infection des Wassers Aufschluss zu erhalten.

Der Genuss eines solchen Trinkwassers, welches sich entweder als Fäulnissherd oder als Nährlösung für Fäulnissorganismen erweist, muss daher verhindert werden; Brunnen, welche ein solches Wasser enthalten, sind polizeilich zu schliessen.

Wasser, welches auch nach 8 Tagen noch keine Bacterien-Vegetation zeigt, seiner chemischen Beschaffenheit nach aber annehmen lässt, dass ihm nur etwa ein wesentlicher Bestandtheil in genügender Menge fehlt, um es zu einer vollständigen Nährlösung zu machen, kann nicht als gutes Trinkwasser bezeichnet werden, von dem Genuss desselben ist abzurathen, wenn dem betreffenden Consumenten ein anderes Trinkwasser zur Verfügung steht, doch kann es nicht direkt schädlich genannt werden; wird der Gebrauch des Wassers aber gestattet, dann bedarf dasselbe fortgesetzt der periodischen Controle, die deshalb leicht auszuführen sein wird, weil sie sich auf die mikroskopische Untersuchung und auf Bestimmung der Menge desjenigen Bestandtheiles beschränken kann, der bei der vorhergehenden Untersuchung noch nicht in genügender Quantität vorhanden war, um das Wasser als eine Nährlösung ansehen zu können.

Dieser Fall wird ganz besonders häufig eintreten bei Wasser mit verhältnissmässig geringerer Oxydirbarkeit. (Bedarf an Sauerstoff zur Oxydation etwa 1.2 bis 1.5 mgr. pro Liter), und erheblichem Salpetersäuregehalt (60 bis 70 und mehr mgr pro Liter.) Hauptsächlich wird hier die Controlirung des Befundes an organischer Substanz und des mikroskopischen Befundes stattfinden müssen nach längerem Regen.

Es sind mir Wässer vorgekommen, in welchen bei Eintritt solcher Verhältnisse der Gehalt an oxydirbarer Substanz sich von einem Verbrauch von 1.5 bis zu 6 mgr. Sauerstoff pro Liter steigerte und die dann auch, was ihre Organismen-Entwicklung betraf, sich als Nährlösung für Bacterien erwiesen. Sobald einmal die Controle solchen Befund zu constatiren hat, muss der weitere Gebrauch des Wassers zu Trinkzwecken untersagt werden.

Je weiter sich die Zusammensetzung eines Trinkwassers von der einer Bacteriennährlösung entfernt, desto unbedenklicher ist dasselbe zur Benutzung zuzulassen und desto mehr nähert es sich derjenigen Beschaffenheit, bei welcher es ein gutes genannt werden darf.

Sowohl gute als schlechte Wässer, weisen bei genauer mikroskopischer Prüfung zuweilen einen mehr oder weniger bedeutenden Gehalt an Infusorien auf. Von diesen Infusorien ist im Wesentlichen Aehnliches zu sagen, wie von den grünen Algen. Insofern sie den eigentlichen Fäulnissorganismen Substanzen entziehen, deren diese zu ihrer Existenz bedürfen, ist ihr Vorhandensein für das Wasser nicht direkt unvortheilhaft, allein auch sie liefern beim Absterben der Entfaltung jener Organismen ein willkommenes Substrat. Ausserdem hat man sich für ihre richtige Beurtheilung klar zu machen, dass je grösser sie sind, sie einen desto höheren Anspruch an das Vorhandensein organischer Nährsubstanz machen, und grade mit Rücksicht darauf unterscheidet man unter ihnen Infusorien, welche noch in guten Wässern vorkommen können, wie die Repräsentanten der Gattungen *Oxytricha*, *Paramaecium*, und solche, welche nur äusserst selten in guten, mit besonderer Vorliebe aber in Wässern vorkommen, welche ihnen reiche Nahrung geben; diese Wässer sind aber meist zugleich Nährlösungen für Bacterien. Infusorien der letzteren Art, sind z. B. Vertreter der Gattungen *Amphileptus* und *Vorticella* und ihnen schliessen sich der kleine Polyp *Anthophysa*, kleine Rotatorien, wie *Rotifer vulgaris* und selbst kleine Crustaceen, wie *Cyclops*, *Daphnia* u. A. an. Es giebt nun endlich noch eine Klasse von Bestandtheilen des Trinkwassers, deren Menge man berücksichtigen muss, um ein umfassendes Urtheil über die Qualität des Wassers abgeben zu können; diese Bestandtheile stehen mit dem organischen Leben in dem Wasser in keinem direkten Zusammenhang; es sind die Basen, an welche Salpetersäure und auch die übrigen im Wasser vorkommenden Säuren, Schwefelsäure, Chlor, Kohlensäure etc. gebunden sind: die Alkalien und insbesondere die alkalischen Erden und Magnesia.

Die nachtheiligen Wirkungen, welche grosse Mengen speziell der letzteren Basen auf das Allgemeinbefinden des Körpers ausüben, haben zu Vorschriften über die grössten in Trinkwässern noch zulässigen Quantitäten derselben geführt; danach soll ein gutes Trinkwasser nicht mehr als 200 mgr Kalk, von dem nur ein geringer Theil durch Magnesia vertreten sein darf, im Ltr. enthalten, doch kann nur bei sehr harten Wässern von einer nachtheiligen Wirkung auf den Organismus gesprochen werden, und auch diese wird bei längerem Genuss des betreffenden Wassers häufig nicht stattfinden, da der Körper verhältnissmässig schnell sich einer solchen Zufuhr anorganischer, nicht giftiger Salze

zu accommodiren vermag, auch wenn diese Zufuhr anfangs geringe Störungen des Allgemeinbefindens hervorgerufen haben sollte.

Fassen wir nun das Ergebniss dieser Betrachtungen und der besprochenen Untersuchungen noch einmal in möglichster Kürze zusammen, so könnte dies in Form folgender Thesen geschehen:

1. Das Trinkwasser und speziell das Brunnenwasser kann unter geeigneten lokalen Verhältnissen zum Transportmittel von Infectionskeimen werden, und zwar auch von solchen Infectionskeimen, welche entweder selbst aus dem Boden stammen, oder doch im Boden eine gewisse Entwickelung durchmachen müssen, um pathogen zu werden.
2. Diese Infectionskeime sind aber beim Eindringen in das Brunnenwasser stets von verunreinigenden Boden- oder Senkgruben-Bestandtheilen begleitet, welche das Wasser selbst zu einer Nährlösung für Fäulnissorganismen machen.
3. Auch wenn man von der Möglichkeit der Uebertragung gewisser Infectionskrankheiten völlig absieht, muss man den Genuss eines solchen Trinkwassers für gesundheitsnachtheilig erachten, welches entweder ein Fäulnissherd ist, oder alle diejenigen Bestandtheile enthält, welche genügen, es zu einem solchen zu machen.
4. Trinkwasser, welches als Nährlösung in diesem Sinne angesehen werden soll, muss entweder stickstoffhaltige organische Substanz deutlich erkennen lassen oder neben merklichen Mengen stickstofffreier organischer Substanz Stickstoff in anorganischen Verbindungen, sei es als Ammoniaksalze oder als Nitrate aufweisen.
5. Trinkwässer, denen es an stickstoffhaltigen Substanzen fehlt, auch wenn sie eine merkliche Oxydirbarkeit durch Chamaeleon zeigen, sowie Wässer, welche ziemlich reich an Nitraten, aber arm an organischen Substanzen sind und welche nach 8 Tagen keine Vegetation von Fäulnissorganismen zeigen, sind nicht unbedingt vom Genuss auszuschliessen, sie bedürfen aber, wenn ihr Gebrauch gestattet wird, der fortgesetzten periodischen Controle, welche sich besonders auf die mikroskopische Prüfung und die Bestimmung derjenigen Bestandtheile zu erstrecken haben wird, welche bei der vorgehenden Untersuchung dem Wasser noch fehlten um es zu einem Fäulnissherd zu qualificiren.
6. Je weniger ein Trinkwasser von den Bestandtheilen einer Nährlösung in sich enthält, desto besser ist es, und desto weniger bedarf es der weiteren Controle.
7. Für die bei Weitem meisten Wässer ist das Hand in Hand Gehen der mikroskopischen und der chemischen Untersuchung unbedingt nöthig, um zu einem richtigen Urtheil darüber zu gelangen; nur bei sehr schlechten Wässern genügt die mikroskopische, bei sehr guten die chemische Prüfung für sich allein.

8. Die gebräuchlichen Methoden, welche uns für die chemische Untersuchung von Trinkwässern zur Verfügung stehen, sind zwar zumeist nicht besonders genau, allein mit allen Cautelen angewendet, und unter striktem Innehalten der besonderen Bedingungen für jede einzelne, leisten sie für den vorliegenden Zweck Genügendes.

Nach den besprochenen Principien vorgenommene Untersuchungen der Brunnenwässer ganzer Städte, bei welchen zugleich auch die physikalische Beschaffenheit des die Brunnen umgebenden Bodens zu berücksichtigen wäre, und welche sich auf die Bestimmung des leicht in Ammoniak überführbaren organischen Stickstoffs, etwa nach Chapmann Wanklyn und Smith, ferner auf die Bestimmung der Oxydirbarkeit nach Kubel, der Salpetersäure nach der von Fresenius*) verbesserten Marx-Trammsdorf'schen Methode, des Ammoniaks und schliesslich noch des Chlors und des bei 120 Grad getrockneten festen Rückstandes erstrecken könnten, würden insbesondere ein anschauliches Bild von der Reinheit und Reinigungsfähigkeit des Bodens und damit von den Gesundheitsverhältnissen dieser Orte im Pettenkofer'schen Sinne zu liefern geeignet sein.

Bei der Frage nach der Zulassung zum Trinkgebrauch wird die vorgeschlagene Art der Beurtheilung scharf unterscheiden zwischen solchen Wässern, deren fortgesetzter Genuss in den durchschnittlich täglich zur Unterhaltung nothwendigen Quantitäten der Gesundheit nachtheilig ist, und unschädlichen Wässern: sie wird die ersteren unbedingt vom Gebrauch ausschliessen und unter den letzteren wohl auseinanderhalten absolut gute, welche bedingungslos zuzulassen sind, ja deren Genuss im Interesse der Gesundheit zu empfehlen ist, und solche Wässer, welche man in Ermangelung von besseren gewissermassen als der vorhandenen Uebel kleinste unter Beobachtung bestimmter Vorsichtsmassregeln ohne Gefahr noch zum Trinkgebrauch gestatten darf.

*) Vgl. Fresenius Anleitung zur quantitat. Analyse Braunschweig 1878 II. p. 158.

Karlsruhe, Baden, im November 1881.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften der Naturforschenden Gesellschaft Danzig

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: NF_5_3

Autor(en)/Author(s): Barth Max

Artikel/Article: Ueber die hygienische Bedeutung des Trinkwassers und rationelle Prinzipien für dessen Untersuchung und Beurtheilung 217-235