

Aus dem bakteriologischen Laboratorium des eidg. Polytechnikums.

Untersuchungen über das Zürcher Grundwasser
mit besonderer Berücksichtigung seines Bakteriengehaltes.

Von

Oskar Thomann.

Hiezu Tafel I.

Die Stadt Zürich bezieht zur Zeit ihr Trinkwasser hauptsächlich aus dem See, zum kleinern Teil aus Quellen; nicht nur das Seewasser, sondern auch ein Teil der letztern werden vor der Abgabe filtriert. Die Quellwasserversorgung soll nun in nächster Zeit um ein erhebliches erweitert werden, indem sich die Stadt im Sihl- und Lorzethal eine Anzahl sehr ertragreicher und sehr reiner Quellen erworben hat, die in erster Linie zur Speisung einer grossen Zahl laufender Brunnen dienen sollen, während der Überschuss in die Reservoirs der bisherigen Versorgung geleitet wird. Hiedurch kann das in den Häusern verteilte Leitungswasser nur gewinnen, einmal durch die Verdünnung mit ganz einwandfreiem Wasser, wie es ein Oberflächenwasser nur höchst selten sein kann, und dann durch eine Entlastung der Filter.

Das Zürichseewasser zeigte zur Zeit der Erbauung der jetzigen Wasserversorgung einen ausserordentlich hohen Grad der Reinheit. Dies ist heute nicht mehr in gleichem Masse der Fall. Ich lasse hier einige Resultate aus den im städtischen Laboratorium gemachten Untersuchungen¹⁾ folgen, aus welchen die Qualitätsveränderung deutlich hervorgeht:

Das Rohwasser enthielt beim Filtereinlauf

im Jahre	1886	1887	1888	1889	1890
Keime pro cm ³	157	226	188	175	123
	1891	1892	1893	1894	1895
	583	638	714	1267	2659
	1896	1897	1898	1899	1900
	1253	1011	1764	1201	1962

¹⁾ Geschäftsberichte der Stadt Zürich 1886—1900.

Wir sehen also, dass der Bakteriengehalt des Seewassers relativ stark gestiegen ist; immerhin ist derselbe auch heute noch nicht grösser als derjenige im Rohmaterial mancher anderer städtischer Wasserversorgungen mit Oberflächenwasser; so bezieht z. B. die Stadt Berlin einen Teil ihres Trinkwassers aus dem Müggelsee, welcher nach Untersuchungen von Günther und Spitta¹⁾ in den Jahren 1894 bis 1897 ungefähr den gleichen Bakteriengehalt aufwies wie das Zürcher Rohwasser in den Jahren 1897 bis 1900.

Wenn nun, namentlich mit Hinblick auf die neue Quellwasserversorgung, jetzt an eine andere Trinkwasseranlage gar nicht zu denken ist, kann man es doch nicht als ausgeschlossen betrachten, dass sich die Stadt einst gezwungen sähe, ihre Seewasserversorgung durch eine andere zu ersetzen, namentlich dann, wenn eine andauernde Verschlechterung des Rohmaterials statthätte und wenn sich auch eine Verlegung der bei den heutigen Verhältnissen nicht sehr günstigen Fassungstelle als ungenügend erweisen würde.

Schon mehrere deutsche Städte sind dazu gekommen, ihre Oberflächenwasserversorgung durch eine solche mittelst Grundwassers zu ersetzen; es wäre wohl möglich, dass auch Zürich noch einmal diesen Weg einschlagen würde. Es schien uns deshalb nicht nur von wissenschaftlichem sondern auch von praktischem Interesse zu sein, das Grundwasser einiger auf dem Gebiete der Stadt Zürich befindlicher Brunnen zu untersuchen.

Von jeher wurde, wenn es sich um die Beschaffung eines Trinkwassers handelte, das Wasser von Tiefbrunnen und Quellen demjenigen aus Flüssen und Seen vorgezogen; nur wenn Quell- oder Grundwasser nicht in genügender Quantität vorhanden war, oder wenn die Beschaffenheit desselben zu wünschen übrig liess, griff man zur Oberflächenwasserversorgung; bei dieser ist man aber meistens darauf angewiesen, das Rohmaterial durch centrale Filtration zu verbessern, welches Mittel zuerst in England in grossem Masstabe Verwendung fand; unter dem Einfluss englischer Techniker verbreitete sich diese Art der Wasserversorgung auch in Deutschland²⁾. Man glaubte sich bei einer richtig installierten und

¹⁾ Bericht über die Untersuchung des Berliner Leitungswassers, Arch. f. H. XXXIV, 101.

²⁾ Wahl, Leitende Gesichtspunkte bei Vorarbeiten und Anlage von Grundwasserversorgungen. Journ. f. Gasbeleucht. 1898, No. 39 und 40.

geleiteten Filtrationsanlage aller Sorgen in Bezug auf Verbreitung von Krankheiten durch das Wasser enthoben, und in der That könnte man, wenn sich die Filtrationskraft der gebräuchlichen Sandfilter als vollkommen erwiese, d. h. wenn durch die letztern sämtliche Mikroben zurückgehalten würden, die Gefahr der Verbreitung von Infektionskrankheiten durch das Trinkwasser als beseitigt betrachten. Früher wurde oft ohne weiteres angenommen, dass dem so sei. Piefke und Fränkel¹⁾ haben aber gezeigt, und die Ergebnisse späterer Forschungen bestätigen es, dass die Leistungsfähigkeit der Filter ihre Grenzen hat; wenn die Kontrolle derselben ungenügend ist oder gar fehlt, kann die Filtration geradezu illusorisch werden.

Das Grundwasser ist nun in der Hauptsache nichts anderes als ein auf natürlichem Wege filtriertes Oberflächenwasser. Diese natürliche Filtration ist, im Gegensatz zu der künstlichen, häufig eine absolut einwandfreie, d. h. das Produkt derselben ist völlig keimfrei. So fand Fränkel²⁾ das Grundwasser „selbst an einem Ort, wo es dicht unter einem stark verunreinigten, seit langer Zeit bebauten und bewohnten Boden strömte“ bakterienfrei, und in seiner Abhandlung „Ueber Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten“³⁾ äussert er sich folgendermassen: „Ich glaube, dass man da, wo eine bakteriologische Prüfung des Bodens unter Beobachtung der nötigen Vorsichtsmassregeln zur Ausführung kommt, gleichfalls nur in den oberflächlichen Schichten Mikroorganismen verschiedener Art, die tiefern Lagen, einschliesslich des Grundwasserbezirkes, hingegen keimarm oder sogar keimfrei antreffen wird“. „Eine Ausnahme hievon werden natürlich alle diejenigen Fälle machen, in welchen in der Tiefe selbst eine Quelle der Verunreinigung besteht oder wo durch die Hand des Menschen die natürlichen Verhältnisse des Bodens allzu gewaltsam umgestaltet sind“.

Diese Ansicht wird wohl in Bezug auf gut filtrierende Bodenarten, zu denen die grossen Sandflächen Norddeutschlands zu rechnen sind, ihre Gültigkeit haben; es giebt aber auch viele Gegenden, wo die Verhältnisse nicht so günstig sind. So hat beispielsweise

¹⁾ Versuche über die Leistungen der Sandfiltration. Zeitschr. f. Hyg. VIII, p. 1.

²⁾ Ueber Brunnendesinfektion u. Keimgehalt des Grundwassers. Zeitschr. f. H. VI, p. 23.

³⁾ Zeitschr. f. Hyg. II, 581.

Jaeger¹⁾ gefunden, dass auf dem Plateau der schwäbischen Alb Oberflächenwasser ungereinigt 200 m tief durch Felsspalten in Quellen niedersickerte. Unter andern hat namentlich Imbeaux²⁾ den Wert verschiedener Bodenarten als Filtriermaterial beleuchtet; er warnt beispielsweise vor dem Grundwasser aus dünnen, zerrissenen Kalkfelsen, empfiehlt dagegen dasjenige aus ältern und jüngern alluvialen Schichten, wenn Sandkorn und Poren fein sind, und wenn die filtrierende Schicht wenigstens 6 m dick ist. Ein sehr gutes Filtriermaterial scheint sandiger Lehm zu sein; Pfuhl³⁾ fand, dass Keimfreiheit schon gesichert wurde durch eine 0,9 bis 1 m dicke „gewachsene“ Schicht dieser Bodenart. Keimarmes bis keimfreies Wasser fanden z. B. noch M. Neisser⁴⁾ bei Untersuchungen in der Nähe von Breslau, und Chomski⁵⁾ bei der Prüfung von Brunnen auf dem Gebiete der Stadt Basel; in den letztgenannten Arbeiten ist die Zusammensetzung des Bodens nicht angegeben.

Woher kommt es nun, dass z. B. eine 1 m dicke Sandschicht bei unsern künstlichen Filtern so viel weniger sicher filtriert als eine gleich dicke Schicht gewachsenen Sandbodens? Die natürliche und die künstliche Filtration haben doch vieles Gemeinsame. Wie bei den Sandfiltern so bildet sich auch in den oberflächlichen Schichten des Bodens eine sogenannte Filterhaut, indem feine Schlammteilchen u. s. w. die gröbern Poren verstopfen. Dieselbe bewirkt eine bessere Filtration, hat aber mit der Zeit eine Abnahme des Ertrags zur Folge und bedingt schliesslich in den centralen Filteranlagen die Erneuerung der Sandschicht. Die natürliche Filtration unterscheidet sich nun aber von der künstlichen ganz besonders durch die viel grössere Oberfläche der filtrierenden Schichte und durch eine weit kleinere Geschwindigkeit des durchsickernden Wassers. Dies genügt allein schon, um die Superiorität

¹⁾ Die Wechselwirkungen zwischen Fluss- und Grundwasser in hygien. Beziehg. Hyg. Rdsch. 1898, p. 617.

²⁾ Les eaux potables et leur rôle hygiénique dans le Départ. de Meurthe-et-Moselle, Nancy 1897. Réf. Revue d'hygiène 1898, p. 53.

³⁾ Untersuchungen über den Keimgehalt des Grundwassers in der mittelh rheinischen Ebene. Zeitschr. f. Hyg. XXXII, p. 118.

⁴⁾ Dampfdesinfektion u. -Sterilisation v. Brunnen und Bohrlöchern. Zeitschr. f. H. XX, 301.

⁵⁾ Bakt. Untersuchungen des Grund- und Leitungswassers d. Stadt Basel. Zeitschr. H. XVII, p. 130.

der natürlichen Filtration zu erklären; andere Faktoren, beispielsweise die Verschlechterung der Existenzbedingungen für Bakterien mit der Tiefe der Bodenschichte, — namentlich bei tiefer gelegenen Grundwasserzonen — werden ohne Zweifel auch noch eine Rolle spielen. Selbstverständlich gelten diese Verhältnisse nur für dichtere aber immerhin poröse Bodenarten, während, wie schon erwähnt, Boden- und Gesteinsschichten mit Spalten und Rissen das Wasser unfiltriert durchtreten lassen.

Besondere Verhältnisse werden geschaffen durch die Anwesenheit von Flüssen; wenn Ufer und Untergrund aus dichtem Material bestehen, kann sich aus dem Schlamm und andern festen Bestandteilen des Wassers eine so dichte Haut bilden, dass kein oder dann nur wenig und gut filtriertes Flusswasser ins Grundwasser gelangen kann; bestehen dagegen Ufer und Untergrund aus lauter grobem Geschiebe oder aus zerrissenen Felsschichten, so wird häufig das Grundwasser durch schlecht filtriertes Oberflächenwasser verunreinigt. E. Cramer¹⁾ konnte nachweisen, dass zwei in der Nähe des Neckars gelegene Tiefbrunnen in Heidelberg ein Wasser förderten, welches mit gut filtriertem Flusswasser gemischt war. Thiem²⁾ machte die Erfahrung, dass gerade durch Pumpwerke in der Nähe von Flüssen häufig der Schlamm der letztern in den Boden eingesogen wurde, wodurch die Filterhaut dichter geworden sei. Kabrhel³⁾ konnte bei einem Brunnen, welcher 19 m von der Iser entfernt lag, durch die Temperaturunterschiede von Fluss- und Grundwasser die Verbindung des Brunnens mit dem Flusse nachweisen; die Zuflüsse aus dem letztern, welche mit der Thätigkeit der Pumpe zunahmen, waren indessen nicht gut filtriert (poröser Sandstein): mit der Tourenzahl der Pumpe stieg der Keimgehalt des geschöpften Wassers. Aehnliche Verhältnisse haben z. B. Flügge⁴⁾ und Gärtner⁵⁾ in Breslau, beziehungsweise Dresden, konstatiert.

¹⁾ Die beiden Heidelberger Tiefbrunnen u. ihr Verhältnis zum Neckar. Verhdlg. des naturhist. Vereins zu Heidelberg 1897. Ref. Hyg. Rundsch. 1898, 989.

²⁾ Grundwasserversorgung mit besond. Berücksichtigung der Enteisung. Vierteljschr. f. ö. G. XXIX, 1897, p. 8.

³⁾ Ein interessanter Fall von Trinkwasserbeurteilung. Monatsschr. f. Ges.-pflege 1898. No. 4. Ref. Hyg. Rundsch. 1899, p. 123.

⁴⁾ Ueber die Beziehungen zw. Flusswasser und Grundwasser in Breslau nebst kritischen Bemerkungen über die chem. Trinkwasseranalyse. Zeitschr. f. Hyg. XXVII, p. 445.

⁵⁾ Die Dresdener Wasserfrage. Hygien. Rundsch. 1897, p. 57.

Wenn eine Verunreinigung des Grundwassers einmal zustande gekommen ist, dann werden die Bakterien durch den Grundwasserstrom leicht fortgeschwemmt. Untersuchungen in dieser Richtung haben Pfuhl¹⁾ und einige italienische Forscher²⁾ angestellt, indem sie dem Grundwasser an einem Orte *Prodigiosus*-keime beimischten und an einer weiter abwärts gelegenen Stelle des Grundwasserstroms das Wasser auf diese leicht nachweisbare Bakterienart prüften. Eine solche Verschleppung von Bakterien gab schon Anlass zu unliebsamen Erfahrungen. So fanden z. B. Levy und Bruns³⁾, dass ein gut konstruierter Abessynierbrunnen, welcher die Verbreitung einer Typhusepidemie verursacht hatte, ungenügend filtriertes Schmutzwasser aus einer in der Nähe gelegenen Senkgrube lieferte. Dass die Filtration des Grundwassers in der Richtung des Grundwasserstroms lange nicht so zuverlässig ist wie in der Richtung von der Bodenoberfläche gegen die Tiefe können wir leicht begreifen; denn hier haben wir es mit einer viel grösseren Filtrationsgeschwindigkeit zu thun. Wenn selbst die obersten Schichten des Grundwassers durch Bakterien verunreinigt sind, können darunter befindliche Zonen noch keimfrei sein. Dieser Zustand wird allerdings, wie Pfuhl⁴⁾ gezeigt hat, leicht gestört durch die saugende Wirkung einer stark beanspruchten Pumpe, welche dem Grundwasser eine erhebliche Geschwindigkeit in vertikaler Richtung erteilt. Schon aus diesem Grunde muss verlangt werden, wie z. B. Kurth⁵⁾ es gethan hat, dass die Umgebung selbst tief geschlagener Röhrenbrunnen auf einen gewissen Umkreis, der je nach Filtrationskraft des Bodens, Geschwindigkeit des Grundwasserstroms und Intensität der Pumpe zu bemessen ist, vor Verunreinigung geschützt werde.

¹⁾ Ueber die Verschleppung von Bakterien durch das Grundwasser. Zeitschr. f. Hyg. XXV, 549.

²⁾ Abba, Orlandi u. Rondelli. Ueber die Filtrationskraft des Bodens u. die Fortschwemmung von Bakterien durch das Grundw. Zeitschr. f. Hyg. XXXI, p. 66.

³⁾ Zur Hygiene des Wassers. Arch. f. Hyg. 1899, XXXVI, p. 178.

⁴⁾ Untersuchungen über die Verunreinigung v. Grundwasserbrunnen v. unten her. Zeitschr. f. H. XXI, p. 1.

⁵⁾ Ueber die gesundheitliche Beurteilung der Brunnenwässer im bremischen Staatsgebiet mit bes. Berücksichtigung des Vorkommens von Ammoniumverb. u. deren Umwandlungen. Zeitschr. f. H. XIX, p. 1.

Früher und zum Teil jetzt noch war die Fassung des Grundwassers oft recht mangelhaft; die zahlreichen, schlecht gebauten Kesselbrunnen, welche vor Verunreinigung durch naheliegende, undichte Abortgruben, sowie durch Oberflächenwasser durchaus nicht geschützt sind, haben dasselbe in argen Verruf gebracht. Erst seitdem exaktere Untersuchungen, namentlich nach Anwendung der Sterilisation von Pumpen und Bohrlöchern, so günstige Resultate ergeben haben, und seitdem man auch bei der Ausführung praktischer Anlagen darauf bedacht ist, das Grundwasser einwandfrei zu Tage zu fördern, wird dasselbe von den Hygienikern voll und ganz gewürdigt. Ich erwähne beispielsweise die Arbeiten von Hueppe ¹⁾, Gärtner ²⁾, Fränkel ³⁾, Kruse ⁴⁾, Bechmann ⁵⁾ und Canalis ⁶⁾.

Während man sich früher allgemein berechtigt glaubte, ein Wasser einfach nach den Ergebnissen der chemischen und bakteriologischen Untersuchungen, manchmal sogar nur einer Probe, zu beurteilen, wird kein Hygieniker mehr auf Grund dieser Ergebnisse ein Gutachten abgeben, wenn er die örtlichen Verhältnisse nicht kennt. Das Wasser einer Quelle, welches unter Umständen bei guter Witterung sowohl in der bakteriologischen als auch in der chemischen Untersuchung ganz günstige Ergebnisse aufweist, kann bei Regenwetter durch Zuflüsse von unfiltriertem Oberflächenwasser, Jauche u. dgl. sehr stark verunreinigt sein. Ein gutes Untersuchungsergebnis bei nur einmaliger Probenahme kann uns über die Verwendbarkeit eines Trinkwassers durchaus keinen Aufschluss geben. Die örtlichen Verhältnisse, die Nähe von Schmutzstätten, undichten Kanälen, stark gedüngtem Boden, alle die Faktoren, welche nur durch eine Besichtigung an Ort und Stelle ermittelt werden können, spielen bei der hygienischen Beurteilung eines Trinkwassers eine grosse, ja die Hauptrolle. In

¹⁾ Die hyg. Beurteilg. des Trinkwassers u. s. w. Journ. f. Gasb. 1887, XXX, 1156. Ebenso J. f. Gasb. 1888, XXXIII, 315.

²⁾ Hygiene des Trinkwassers. Journ. f. Gasb. 1894, XXXVII, 448.

³⁾ Zur Frage der Wasserversorgung. Deutsche med. Wochenschr. 1892, p. 922.

⁴⁾ Kritische und experimentelle Beiträge zur hygien. Beurteilung des Wassers. Zeitschr. f. H. XVII, p. 1.

⁵⁾ Compte rendu du congrès de Buda-Pest 1894. Revue d'hygiène 1894, 851.

⁶⁾ L'uso delle falde aquee sotterranee nella alimentazione delle città. Torino, Frat. Pozzo 1899, Ref. Revue d'hygiène 1899, p. 1046.

manchen Fällen kann diese sog. Lokalinspektion genügen, ein Wasser als unbrauchbar zu erklären. So äussert sich z. B. Gruber ¹⁾ über die Bedeutung, welche der chemischen und bakteriologischen Untersuchung in der hygienischen Beurteilung eines Trinkwassers zukommt, folgendermassen: „Die Untersuchung von Wasserproben hat nur Wert, wenn und insofern sie uns Aufschluss über Dinge giebt, die wir bei der örtlichen Untersuchung nicht ohne weiteres wahrnehmen können: Ueber gewisse Wasserqualitäten (Härte), ferner über das Bestehen der Gefahr, dass der Boden selbst nicht genügend reinigt, also über den Reinheitszustand des Bodens und über dessen Leistungsfähigkeit als Filter“.

Die beiden letztgenannten Eigenschaften des Bodens lassen sich selten ohne weiteres erkennen; in der Regel müssen wir deshalb die bakteriologische und die chemische Untersuchung zu Rate ziehen.

Die bakteriologische Untersuchung ist ein ausserordentlich wertvolles Mittel zur Prüfung der Filtrationskraft des Bodens, was in erster Linie durch die Bestimmung der Zahl der im Grundwasser vorhandenen Keime geschieht. Hueppe ²⁾ war dann der erste, welcher auch die Berücksichtigung der Arten verlangte, da uns erst diese Aufschluss gebe über die Herkunft der Mikroben. Besonders sind es Fäulnis- und Fäkalbakterien, auf welche man hier das Augenmerk richtet, denn hauptsächlich diese können uns auf den Zusammenhang einer Quelle u. dgl. mit Schmutzstätten aufmerksam machen, in die gelegentlich auch pathogene Keime gelangen können. Migula ³⁾ hat sogar vorgeschlagen, die Zahl der in einem Wasser vorkommenden Arten und nicht die Zahl der Individuen zu ermitteln, indem er von der Beobachtung ausging, dass er nur bei einem grössern Artenreichtum des Wassers Fäulnisbakterien in demselben fand.

Zahlreiche Methoden sind ausgebildet worden zur Fahndung auf *Bacterium coli commune*, welches sich stets in menschlichen und tierischen Fäkalien vorfindet und deshalb in hohem Masse ge-

¹⁾ Die Grundlagen der hygien. Beurteilung des Wassers. D. Vierteljahrsschr. f. ö. Ges. 1891, XXV, p. 415.

²⁾ l. c.

³⁾ Die Artzahl der Bakterien bei der Beurteilung des Trinkwassers. C. B. 1899, VIII, 354.

eignet erscheint, den Zufluss aus Latrinen u. s. w. zum Wasser anzuzeigen. In neuerer Zeit wird von verschiedenen Forschern dem Colibefund keine grosse Bedeutung mehr zugemessen; Weissenfeld¹⁾ spricht demselben sogar jeglichen Wert ab, da er fand, „dass *Bacterium coli* aus Wässern jeder Herkunft, guten und schlechten, zu züchten sei, wenn man nur genügend grosse Mengen des Wassers zur Züchtung benutzt“. Aus Wasserproben von 1 l gelang es W. stets, *Coli* herauszuzüchten; wendete er dagegen nur je 1 cm³ an, so konnte er in 92 % der als schlecht bezeichneten und in 27 % der als gut bezeichneten Brunnen dieses Fäkalbakterium nachweisen. Auch die Zahlen können mich von der völligen Wertlosigkeit des Colibefundes keineswegs überzeugen; der letztere soll ja nicht an und für sich allein die Frage über das Vorhandensein unreiner Zuflüsse zum Wasser entscheiden, leistet aber ohne Zweifel unter Umständen doch einen wertvollen Beitrag zur Lösung dieser Frage. Dass sich *bact. coli* in vereinzelt Exemplaren ja in jedem Wasser finden kann, ist längst bekannt; so schreibt z. B. Burri²⁾ in einer Arbeit „Ueber den Nachweis von Fäkalbakterien im Trinkwasser“: „Die Menge von 1 cm³ ist vollständig genügend, um die Verunreinigung zu konstatieren. Im Gegenteil, würde man nach Péré mit 1 l arbeiten, so müsste man wahrscheinlich dazu kommen, eine Reihe wirklich guter Wässer für verunreinigt zu erklären. Die Vertreter der gedachten Bakteriengruppe finden sich eben überall und sind nicht streng an den tierischen Organismus gebunden, so dass sie leicht vereinzelt in tadellose Wässer übergehen können“.

Die chemische Untersuchung des Wassers kann uns ebenfalls auf das Vorhandensein unreiner Zuflüsse zum Trinkwasser aufmerksam machen. Wir können aus einem übermässig hohen Gehalt eines Wassers an Chlor, org. Substanz, Ammoniak u. s. w. beispielsweise die Vermutung bestätigt finden, dass eine Grube oder dgl. in der Nähe der Fassungsstelle undicht sei. Besteht der betreffende Boden aus gut filtrierendem Material, so wird die bakteriologische Prüfung diese Verunreinigung nicht anzeigen.

¹⁾ Der Befund des *Bacterium coli* im Wasser und das Tierexperiment sind keine brauchbaren Hilfsmittel für die hygien. Beurteilung des Wassers. Ztschr. f. H. XXXV, p. 78.

²⁾ Hygien. Rundschau 1895, V, p. 49.

Das Wasser ist dann zunächst nicht gesundheitsschädlich und auch nicht in hohem Masse verdächtig; denn allfällig aus der Grube austretende pathogene Keime werden ja durch den Boden zurückgehalten. Dennoch ist dasselbe als Trinkwasser natürlich nicht zu empfehlen; denn erstens ist es unappetitlich, und zweitens wissen wir nicht, ob die Filtrationskraft des Bodens von Dauer ist.

Wir wissen, dass die „verdächtigenden“ Stoffe, von denen wir gewöhnlich annehmen, dass sie uns den Zufluss unreiner Wässer anzeigen, gelegentlich auch einmal harmlosen Ursprungs sein können. So hat beispielsweise Kurth¹⁾ im Grundwasser von Bremen verhältnismässig viel Ammoniak gefunden, welches herührte von einem kleinen Torfgehalt der alluvialen, grundwasserführenden Schichten. Das Ammoniak, sowie natürlich auch die daraus entstandenen Oxydationsprodukte, salpetrige und Salpetersäure, waren in diesem Falle für die hygienische Beurteilung des Wassers belanglos. Aehnlich kann es sich gelegentlich verhalten mit einem Gehalt an org. Substanz, Schwefelsäure u. s. w.

Aus diesen Grunde dürfen wir ein Wasser durchaus nicht ohne weiteres als gesundheitsschädlich erklären, weil dessen Gehalt an Chlor, Ammoniak u. s. w. die sog. Grenzwerte überschreitet, welche von einigen Forschern aufgestellt worden sind. Diese Grenzzahlen haben nur insofern einen Wert, als sie den Hygieniker auf Abnormitäten im Salzgehalt eines Wassers aufmerksam machen; sind solche vorhanden, so sucht man an Hand der Ergebnisse der Lokalinspektion deren Ursache, und erst wenn man diese kennt, hat das Resultat der betreffenden chemischen Untersuchung für die hygienische Beurteilung des Wassers einen Wert.

Quantitative Wasseruntersuchung.

Seit der Einführung der festen, durchsichtigen Nährmedien in die Bakteriologie durch Koch sind eine grosse Zahl von Abänderungsvorschlägen für deren Zubereitung gemacht worden, zum Teil speziell mit Hinsicht auf die quantitative Wasseruntersuchung.

Die ursprüngliche Vorschrift diente zur Herstellung schwach alkalischer Gelatine, wobei zur Prüfung der Reaktion Lakmus-

¹⁾ l. c.

papier angewandt wurde. Reinsch¹⁾ stellte fest, dass bei der Analyse von Elbewasser ein Alkaligehalt der Gelatine von 1—2‰ die grösste Zahl von Kolonien zur Entwicklung brachte. Untersuchungen von Dahmen²⁾ ergaben, dass derselbe Sodagehalt, bez. 1,5‰, am günstigsten war bei der quantitativ bakteriologischen Untersuchung von Rheinwasser; zu gleichen Resultaten gelangten Burri³⁾ und Kleiber⁴⁾ bei der Prüfung von Bonner Leitungs-, beziehungsweise Zürichseewasser auf deren Keimgehalt.

Schultz⁵⁾, Wolfhügel und Timpe⁶⁾, Lehmann⁷⁾ und andere empfehlen, zur Prüfung der Reaktion der Nährböden statt des oft wenig empfindlichen und unzuverlässigen Lakmuspapiers Phenolphthalein als Indikator anzuwenden. Dabei muss aber bedacht werden, dass ein auf Phenolphthalein neutraler Nährboden auf Lakmus stark alkalisch reagiert. So enthält z. B. Lehmanns „neutrale“ Gelatine mehr Soda als Dahmens „stark alkalische“ Gelatine. Der erstgenannte der beiden Forscher giebt an⁸⁾, dass nach Untersuchungen von Winkler zahlreiche Bakterienarten, welche daraufhin untersucht wurden, fast gleich gut wuchsen auf folgenden Nährböden:

- 1) Auf Phenolphthalein neutral reagierende Gelatine mit Zusatz von 10 cm³ $\frac{n}{l}$ Alkali pro l.
- 2) Auf Phenolphthalein neutral reagierende Gelatine.
- 3) Auf Phenolphthalein neutral reagierende Gelatine mit Zusatz von 10 cm³ $\frac{n}{l}$ Säure.

Auf Grund dieser Ergebnisse empfiehlt er als Universalnährboden eine auf Phenolphthalein neutral reagierende Gelatine. Timpe⁹⁾ fand, dass das Optimum der Wachstumsfähigkeit vieler Arten bei

1) Zur bakteriologischen Untersuchung des Trinkwassers. C. B. 1891, X, 415.

2) Die bakteriologische Wasseruntersuchung. Chem. Zeitg. 1892, XVI, 862.

3) Ueber einige zum Zwecke der Artcharakterisierung anzuwendende, bakteriologische Untersuchungsmethoden. Inaug. Dissert. Zürich 1893.

4) Bakteriologische Untersuchungen des Zürichseewassers. Inaug. Dissert. Zürich 1894.

5) Zur Frage der Bereitung einiger Nährsubstrate. C. B. 1891, X, p. 52.

6) Timpe, Ueber den Einfluss der Eiweisskörper auf die Reaktion der Nährböden. C. B. 1893, XIV, 845.

7) Lehmann und Neumann, Atlas und Grundriss der Bakteriologie. 2. Aufl. 1899, p. 24.

8) l. c. 9) l. c.

der Acidität 16 liege (d. h. es sind zur Neutralisation von 1 l Gelatine 16 cm³ Normalkali nötig), während die Acidität der früher üblichen „schwach alkalischen“ Gelatine um 25 herum schwanke.

Das Fleisch ist oft recht verschieden zusammengesetzt, somit auch die Bouillon. In dem Bestreben, ein stets in gleicher Qualität zu beschaffendes Ausgangsmaterial für die Nährstoffbereitung zu besitzen, und um diese selbst zu vereinfachen, wurde neuerdings vorgeschlagen, anstatt des Fleisches, wie dies früher oft geschah, Liebigs Fleischextrakt zu verwenden. Im Jahre 1899 veröffentlichte das deutsche Reichsgesundheitsamt ¹⁾ die Vorschrift zur einfachen Herstellung einer Extraktgelatine, welche speziell zur Prüfung von Filteranlagen anzuwenden sei. Nach derselben wird die Bouillon bereitet durch Lösen von

2 Teilen Fleischextrakt Liebig	}	in 200 Teilen Wasser.
2 Teilen Pepton und		
1 Teil Kochsalz		

Aus dieser Bouillon wird dann eine 10 %ige Gelatine bereitet mit einem Alkaligehalt, wie Reinsch und Dahmen ihn vorgeschlagen haben.

Auch diese Vorschrift wurde dann von verschiedener Seite modifiziert, namentlich zum Zwecke, bei der Wasseruntersuchung mehr Keime zur Entwicklung zu bringen. So bereitet sich Abba ²⁾ eine Nährgelatine aus Liebig'schem Fleischextrakt ohne Zusatz von Pepton, neutralisiert auf Phenolphthaleïn, und setzt erst noch $\frac{1}{2}$ gr Soda pro Liter hinzu.

J. Thomann ³⁾ schlägt vor, eine Gelatine mit etwas geringerem Extraktgehalt, als die Vorschrift des Gesundheitsamtes angiebt, zu bereiten und Dikaliumphosphat zuzusetzen, da er beobachtet hatte, dass die Anwesenheit dieses Salzes im Nährboden ein charakteristischeres Wachstum gewisser Mikroben zur Folge hatte; so bildeten z. B. fluorescierende Bakterien auf der gewöhnlichen Ex-

¹⁾ Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser zu Zeiten der Cholera-gefahr. Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes 1899, XXIII, 108.

²⁾ Ueber die Notwendigkeit, die Technik der bakteriologischen Wasseruntersuchung gleichförmiger zu gestalten. Zeitschr. f. Hyg. XXXIII, p. 372.

³⁾ Ueber die Brauchbarkeit verschiedener Nährböden f. d. bakt. Wasseruntersuchung. C. B. 2. Abt. VI, 796.

traktgelatine keinen Farbstoff, wohl aber auf einer solchen mit Dikaliumphosphatgehalt.

Hesse und Niedner¹⁾ empfehlen zur quantitativen Wasseruntersuchung einen Nähragar von sehr einfacher Zusammensetzung:

Agar-agar	1,25 ‰,
Albumose (Nährstoff Heyden)	0,75 ‰,
Destill. Wasser	98,00 ‰.

Dieser Nährboden hat nach den Angaben der Verfasser folgende Vorteile:

Er ist sehr leicht herzustellen, gebraucht weder Zusatz von Alkali noch von Säure und kann stets von gleicher Zusammensetzung erhalten werden.

Auf demselben lässt sich, weil keine Verflüssigung statthat, die Zählung der Kulturen in jedem Falle so lange fortsetzen, bis keine neuen Kolonien mehr auftreten; es entwickeln sich darauf durchschnittlich etwa zwanzig mal so viele Keime als auf den üblichen alkalischen Bouillonnährböden.

P. Müller²⁾ hat diesen Albumoseagar zur quantitativen Analyse verschiedener Wässer angewandt und ist zu folgenden Resultaten gekommen:

1) „Auf dem Albumoseagar gedeihen weit mehr Arten von Wasserbakterien als auf den gebräuchlichen alkalischen Bouillonnährböden.

2) Die Differenz der auf beiden Nährböden erhaltenen Keimzahlen ist am grössten bei längere Zeit (über Nacht) gestandenem Leitungswasser, geringer bei laufendem Leitungswasser und bei Brunnenwasser, am geringsten bei stark verunreinigten Wässern, wie Flusswasser, Bachwasser u. s. w. und bei Wasser, dem direkt Kot oder zersetzter Harn beigemischt wurde“.

Unseres Erachtens kommt dazu noch der Nachteil, dass die Herstellung der Agarplatten wenigstens bei der Aussaat an Ort und Stelle nicht ganz so einfach ist wie diejenige von Gelatine-

¹⁾ Die Methodik der bakteriologischen Wasseruntersuchung. Zeitschr. f. H. XXIX, 454.

²⁾ Ueber die Verwendung des von Hesse und Niedner empfohlenen Nährbodens bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung. Arch. f. Hyg. 1900, XXXVIII, p. 350.

platten. Ferner fällt der Umstand in Betracht, dass uns diese Agarwasserplatte, wie wir später sehen werden, viel weniger Anhaltspunkte gibt zur Bestimmung der Bakterien.

Einen Nährboden, welcher ebenfalls viel mehr Keime zur Entwicklung bringen soll als die Fleischwassergelatine, hat Kurth ¹⁾ schon im Jahre 1894 auf seine Verwendbarkeit zur bakteriologischen Kontrolle von Wasserfiltern geprüft; es ist dies eine Peptonwassergelatine von der Acidität 10. Auf diesem Nährboden wuchsen einige bisher nicht bekannte Bakterienarten, welche auf Fleischwassergelatine nicht gediehen; dagegen zeigten die bekannten Wasserbakterien auf demselben kein charakteristisches Wachstum: Die Verflüssigung ging langsam vor sich; Fluorescens bildete keinen Farbstoff u. s. w. Kurth empfiehlt diesen Nährboden nicht zur bakteriologischen Untersuchung des Wassers, trotzdem derselbe erheblich mehr Keime zur Entwicklung bringt; er geht von der Ansicht aus, dass kein Bedürfnis vorliege, jene neuentdeckten Bakterienarten in jedem Falle zur Anschauung zu bringen.

Bevor ich zur bakteriologischen Untersuchung des Grundwassers übergang und zum Teil noch während der Ausführung derselben, prüfte ich folgende Nährböden in Bezug auf ihre Verwertbarkeit zu diesem Zwecke:

- I. Nährgelatine nach Dahmen, d. h. mit einem Zusatz von 1,5 ‰ Soda zu der auf Lakmus neutral reagierenden Gelatine.
- II. Nährgelatine nach Lehmann, auf Phenolphthalein neutral.
- III. Extraktgelatine nach den Angaben des Reichs-Gesundheitsamtes.
- IV. Albumose-Agar nach Hesse und Niedner.

Die Prüfung des Nährbodens IV auf seine Acidität ergab, dass zur Neutralisation (auf Phenolphthalein) von 1 l Albumoseagar 1—2 cm³ Normalalkali notwendig gewesen wären. Die Gelatine I zeigte im Mittel einen Aciditätsgrad von ca. 14; die vor der Sterilisation neutral reagierende Gelatine II war nach derselben schwach sauer (Aciditätsgrad 2—4); Gelatine III war nach der Sterilisation um einige Grade weniger sauer als Gelatine I.

¹⁾ Die Thätigkeit der Filteranlage des Wasserwerkes zu Bremen vom Juni 1893 bis August 1894 u. s. w. Arbeiten aus d. Gesundheitsamt 1894, XI, p. 423. Siehe auch p. 8, ⁵⁾.

Die Resultate der Untersuchungen, welche zum Vergleiche dieser vier Nährböden untereinander dienten, sind in den nachstehenden Tabellen zusammengestellt. Die angegebenen Kolonienzahlen stellen die Mittelwerte aus je vier bis sechs Wasserplatten dar.

1. Versuch. Wasser v. Brunnen I. 13. Nov. 1900.
Kolonien pro cm³.

	Nach								Tagen
	2	3	4	6	7	8	9	10	
Gelatine I	4	7	18	34	42	49	52	57	
Gelatine II	3	6	30	40	40	43	47	ca. 50	
Extraktgelatine III . . .	3	4	30	53	53	64	64	ca. 70	

2. Versuch. Wasser v. Brunnen I, nach 10 stündigem Stehen bei Zimmertemperatur.
11. Januar 1901.

	Nach										Tagen
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Gelatine I	10	16	17	17	23	23	ca. 25	ca. 25	verfl.	—	
Gelatine II	13	16	20	20	ca. 25	ca. 25	ca. 30	ca. 30	ca. 30	ca. 30	
Extraktgelatine III . . .	36	42	51	55	ca. 55	ca. 60	ca. 60	ca. 65	ca. 70	ca. 70	

3. Versuch. Wasser v. Brunnen I, nach 20 stündigem Stehen bei Zimmertemperatur.
11. Januar 1901.

	Nach										Tagen
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Gelatine I	19	22	23	26	28	28	28	30	38	verfl.	
Gelatine II	15	15	21	22	24	27	30	32	33	35	
Extraktgelatine III . . .	44	50	58	60	77	83	88	92	99	99	

4. Versuch. Wasser vom Brunnen III.
15. Mai 1901.

	Nach				Tagen
	3	5	9	10	
Gelatine I	78	139	143	143	—
Gelatine II	81	111	verflgt.	—	—
Extraktgelatine III	81	124	verflgt.	—	—

5. Versuch. Wasser vom Brunnen I.

29. November 1900.

	Nach										Tagen
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Gelatine I . . .	4	7	10	12	15	17	18	18	18	18	
Gelatine II . . .	6	9	12	13	15	16	17	17	17	17	
Extr.-Gelatine III .	9	12	15	20	22	23	23	23	23	23	
Albumose-Agar . .	21	31	46	48	57	60	63	63	63	63	

6. Versuch. Wasser vom Brunnen IV.

5. Februar 1901.

	Nach										Tagen
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Gelatine I . . .	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11	
Gelatine II . . .	16	17	18	18	19	19	19	20	20	20	
Extr.-Gelatine III .	17	18	18	20	20	21	22	22	23	23	
Albumose-Agar . .	133	149	159	176	186	196	197	198	198	198	

7. Versuch. Wasser vom Brunnen IV, 1½ Stunden gepumpt.

20. Januar 1902.

	Nach							Tagen
	4	7	8	9	10	11	21	
Gelatine I	3	6	8	9	10	10	14	
Albumose-Agar	4	22	26	26	28	33	50	

In den vorstehenden Tabellen fallen uns in erster Linie die hohen Keimzahlen auf, welche einigemal bei Anwendung des Hesse'schen Agarnährbodens ermittelt wurden. Allerdings ist das Verhältnis der Kolonienzahlen auf dem Albumoseagar zu denjenigen auf Nährgelatine noch lange nicht so gross, wie es von Hesse und Niedner gefunden worden ist. So erhielt ich z. B. (Versuch 5) im Wasser aus dem sehr stark beanspruchten Brunnen I auf dem Albumoseagar nur etwa dreimal so viel Keime als auf der gewöhnlichen Nährgelatine. Im Wasser des Brunnens IV, einem Abessynier, fand ich nach einstündigem Pumpen (6. Versuch)

auf dem Albumoseagar etwa zehnmal so viel Keime als auf den Gelatineplatten, ein anderes mal, nach anderthalbstündigem Pumpen, nur $3\frac{1}{2}$ mal so viel (7. Versuch). Meine Resultate sind insofern denjenigen von Müller¹⁾ ähnlich, als auch hier der Unterschied der Keimzahlen auf den beiden Nährböden in einem Wasser, welches längere Zeit in der Pumpe stand, in viel höherem Grade zum Ausdruck kam.

Die Albumose-Agarplatten zeigten hauptsächlich viele rote, orangegefärbte und gelbe Kolonien, von denen sich nur letztere, und zwar in geringerer Anzahl, auf der Nährgelatine vorfanden. Die Farbstoff bildenden Bakterien der Albumose-Agarplatten dürften vielleicht teilweise mit jenen Pigmentbakterien identisch sein, welche Kurth²⁾ mit Hilfe der Peptongelatine entdeckt hat.

Für die Prüfung der Filtrationskraft des Bodens, welche wir in unserer Arbeit besonders im Auge haben, scheint es überhaupt nicht nötig zu sein, alle diese Keime zur Entwicklung zu bringen. Es genügt uns, nachzuweisen, ob und eventuell in welcher Menge die auf der Fleischwassergelatine wachsenden Mikroben der Erdoberfläche im Grundwasser angetroffen werden. Die Gelatineplatte giebt uns gelegentlich Anhaltspunkte zur Artbestimmung und damit über die Herkunft der Bakterien, was man von der Albumose-Agarplatte nicht in gleichem Masse behaupten kann. So bilden oberflächliche Kolonien auf der letztern oft nur sehr dünne, unter Umständen schwer sichtbare Häutchen oder dann schleimige, unregelmässig begrenzte Tropfen.

Was die drei von mir geprüften Gelatinenährböden anbetrifft, so brachten dieselben annähernd gleich viele Kolonien zur Entwicklung, wenn die Platten kurze Zeit nach der Probenahme gegossen wurden. Nur wenn es sich um Wasserproben handelte, welche längere Zeit gestanden hatten, wuchsen auf der Extraktgelatine erheblich mehr Kolonien als auf den Fleischwassernährböden. Es scheint uns deshalb gleichgültig zu sein, welche der drei Gelatinearten wir zu unsern quantitativen Untersuchungen verwenden. Für die qualitative Prüfung dagegen eignen sich dieselben nicht in gleichem Masse, indem gewisse Bakterien auf den verschiedenen Nährböden auch verschieden, mehr oder weniger

¹⁾ l. c. ²⁾ l. c.

typisch, wachsen können. So breitete sich z. B. ein *Bacterium fluoresc. liquefaciens* auf Gelatine II weit stärker aus und verflüssigte viel später als auf Gelatine I; auf der Extraktgelatine wuchs dasselbe bedeutend langsamer und bildete keinen Farbstoff. In gleicher Weise bieten auch andere Bakterienarten, hauptsächlich verflüssigende, auf verschiedenen Nährböden, je nach Alkalinität, Konsistenz u. s. w., recht verschiedene Bilder. Deshalb scheint es mir das richtigste zu sein, zum Zwecke der Auffindung gewisser Arten einen Nährboden zu wählen, mit dem man in Bezug auf Artdifferenzierung eine gewisse Uebung erlangt hat, und davon nur abzugehen, wenn zwingende Gründe es erheischen. Durch das Bestreben, bei der Wasseruntersuchung möglichst viele Keime zur Entwicklung zu bringen, sind eine ganze Reihe von Nährböden empfohlen worden. Da hiedurch eine Vergleichung der Resultate sehr erschwert wird, wäre es dringend zu wünschen, dass man sich auf einen derselben einigen könnte.

Aus den angegebenen Gründen hielt ich es für das richtigste, als Hauptnährboden die Nährgelatine zu wählen, welche wir in unserm Laboratorium bisher zu Wasseruntersuchungen fast ausschliesslich verwendet haben, die Fleischwasserpeptongelatine mit $1\frac{1}{2}$ ‰ Sodagehalt.

Was die Dauer der Zählung anbetrifft, so setzten wir dieselbe, wie dies auch von Hesse und Niedner, Müller und andern empfohlen wurde, so lange fort, bis keine neuen Kolonien mehr auftraten, sofern nicht eine Verflüssigung der Platten dies unmöglich machte.

Während die Kolonienzahl verschiedener Platten desselben Wassers in den ersten Tagen oft sehr grosse Unterschiede aufweist, findet mit der Zeit meistens etwelche Ausgleichung statt. Das Beispiel auf folgender Seite möge dies illustrieren.

Die Uebereinstimmung der Kolonienzahlen der verschiedenen Platten untereinander ist allerdings nicht in jedem Falle so günstig wie hier.

Die Notwendigkeit einer langen Fortsetzung des Zählens geht auch aus andern Versuchsergebnissen hervor. Während bei dem angeführten Beispiel zehn Tage nach der Aussaatmenge erst

Versuch vom 11. Februar 1901.

	Aussaat- menge	Nach	Kolonien pro cm ³ .								Tagen
			4	5	6	7	8	9	10	11	
Platte a . . .	1/2 cm ³	4	<u>8</u>	48	<u>56</u>	—	<u>56</u>	<u>56</u>	<u>56</u>	<u>56</u>	<u>58</u>
Platte b . . .	1/2 "	6	<u>34</u>	<u>50</u>	<u>54</u>	—	<u>54</u>	<u>54</u>	<u>54</u>	<u>54</u>	verfl.
Platte c . . .	1 "	1	<u>34</u>	<u>42</u>	<u>42</u>	nicht	<u>42</u>	<u>45</u>	<u>46</u>	<u>46</u>	<u>52</u>
Platte d . . .	1 "	1	25	<u>32</u>	<u>32</u>	—	<u>36</u>	38	41	45	<u>54</u>
Platte e . . .	1/2 "	4	22	<u>34</u>	<u>34</u>	gezählt	<u>36</u>	<u>36</u>	<u>36</u>	<u>36</u>	56
Platte f . . .	1/2 "	4	10	36	36	—	44	<u>44</u>	<u>44</u>	<u>44</u>	54
Mittel . . .		3	22	40	42	—	45	45	46	47	55

82 % aller wachstumsfähigen Keime gezählt werden konnten, fand häufig, namentlich bei sehr keimarmem Wasser, schon nach acht Tagen keine Erhöhung der Kolonienzahl mehr statt. Es ist dies aus den weiter unten folgenden Tabellen ersichtlich.

Die qualitative bakteriologische Prüfung beschränkte sich in der Hauptsache auf den Nachweis von *Bacterium coli commune*. Zu diesem Zwecke benutzte ich seiner Einfachheit wegen das Verfahren von Freudenreich¹⁾ mit einigen kleinen Abänderungen. U-förmig gebogene Röhrechen, also eine Art Gährkölbchen, wurden mit fünfprozentiger Milchzuckerbouillon gefüllt, im Dampfe sterilisiert, dazu je 1 cm³ des zu prüfenden Wassers gegeben und die so beschickten Röhrechen im Brutschrank von 37° aufbewahrt. Um die Methode auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen, wurden jeweilen von jedem Röhrechen, welches Gärung zeigte, Plattenkulturen angelegt. In allen Fällen — im ganzen deren zehn — zeigten diese letztern Colibakterien und zwar meistens in Reinkultur. Wurde dagegen von demselben Wasser eine Probe nach Zusatz von Pepton und Kochsalz — in Form steriler, konzentrierter Lösung — bei 37° gebrütet, so entwickelten sich

¹⁾ Ueber den Nachweis von *Bacillus coli communis* im Wasser und dessen Bedeutung. G. B. 1. Abt. XVIII, 102.

in denselben vorherrschend verflüssigende Bakterien, wie sich durch Plattenkulturen nachweisen liess. Es scheint demnach, dass der grosse Zuckergehalt hemmend auf das Wachstum einzelner verflüssigender Keime wirkt. Hiefür spricht auch der Umstand, dass die meisten Röhrrchen, welche keine Gärung aufwiesen, steril blieben.

Neben dem Freudenreich'schen Verfahren wurden auch noch die beiden Methoden nachgeprüft, welche Weissenfeld in der früher citierten Arbeit zur Untersuchung kleinerer (1 cm^3) und grösserer Mengen (1 l) Wassers auf Coli anwandte. Bei dem ersten Verfahren beschickte er Bouillonröhrrchen mit je 1 cm^3 Wasser, gab dazu einige Tropfen Parietti'sche Lösung (5 Karbolsäure, 4 Salzsäure, 91 Wasser) und hielt die Röhrrchen bei 37° im Brutschrank. Wenn eine Trübung der Bouillon eintrat, wurden davon Plattenkulturen angelegt, von diesen letztern „Coliähnliche“ abgestochen, auf Gährfähigkeit u. s. w. geprüft. Von fünf Röhrrchen, welche auf diese Weise untersucht wurden, enthielten vier Reinkultur von *Bact. coli commune*; einmal war die Trübung durch ein Bakterium hervorgerufen worden, welches Traubenzucker nicht zu vergären vermochte.

Zur Prüfung grösserer Mengen Wassers auf das Vorhandensein von Coli versetzte W. je $\frac{1}{2}$ — 1 l mit so viel konzentrierter Pepton-Kochsalz-Lösung, dass die Mischung $\frac{1}{2}$ — 1% Pepton enthielt, und bewahrte diese 24 Stunden bei 37° auf. Dann suchte er aus der Flüssigkeit durch das Plattenverfahren Colibakterien zu isolieren.

Wie schon erwähnt, habe ich dieses Verfahren auch angewandt. Um jede Verunreinigung der Proben durch Staub u. s. w. möglichst auszuschliessen, fasste ich das Wasser in sterilen Kappenflaschen von $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4} \text{ l}$ Inhalt. Im Laboratorium goss ich dasselbe in sterile l-Kolben, welche schon die nötige Menge konzentrierter Pepton-Kochsalz-Lösung enthielten. In allen Fällen — im ganzen dreizehn — zeigte so hergestelltes Peptonwasser, nachdem dasselbe 24 Stunden bei 37° gehalten worden war, starkes Wachstum. Zehnmal konnte ich in der getrübbten Flüssigkeit durch das Plattenverfahren Coli auffinden, während dreimal die Gelatineplatten nur verflüssigende Kolonien aufwiesen; auch bei Anwesenheit von Coli herrschten diese letztern weit vor.

Auf diese Weise fand ich viermal *Bact. coli* in sehr keimarmem Wasser mit nur je 2, 17, 5 beziehungsweise 4 Bakterien pro cm^3 .

Wenn wir zum Nachweis von *Bact. coli comm.* sehr grosse Mengen Wassers verwenden, gibt uns ein positives Resultat keine Anhaltspunkte über die Menge der im Wasser vorhandenen Mikroben dieser Art. Könnte doch das Resultat der Untersuchung wahrscheinlich ebenso gut positiv ausfallen, wenn nur zwei Colibakterien im l sich vorfinden, als wenn deren hundert vorhanden gewesen wären! Wenn wir also so grosse Mengen Wassers zur Prüfung herbeiziehen, können wir den Grad der Verunreinigung durch Coli nicht konstatieren. Aus diesem Grunde ist z. B. Guiraud¹⁾ dazu gekommen, bei dem von Péré²⁾ vorgeschlagenen Verfahren nur 100—200 cm^3 Wasser anzuwenden statt 1 l. Freudenreich³⁾ beschickt je 3 Gährkölbchen mit 1, 10 und 20 Tropfen und Smith⁴⁾ deren 10 mit je 0,1—0,2—0,3 u. s. w. bis 1,0 cm^3 Wasser. Ohne Zweifel sind die Bakterien im Wasser nicht immer so gleichmässig verteilt, dass man bei jedem Tropfen Wasser gerade eine Durchschnittsprobe vor sich hat. Ich vermute, dass diese beiden Methoden infolgedessen doch nicht so genaue Resultate erzielen, wie sie es nach den erwähnten Vorschriften bestreben.

Ueber die Menge Wassers, welche zur Konstatierung einer auf den Zutritt von Fäkalien zurückzuführenden Verunreinigung durch Coli anzuwenden ist, können bestimmte Vorschriften wohl kaum gemacht werden. Wohl aber scheint mir die Verwendung von sehr grossen Mengen Wassers ($\frac{1}{2}$ —1 l) zum Nachweis unreiner Zuflüsse nach den Befunden von Weissenfeld und den Resultaten der allerdings wenig zahlreichen eigenen Untersuchungen als durchaus ungeeignet. Wie schon erwähnt, beschickte ich jeweils eine Anzahl Gährkölbchen (wenigstens 3—4) mit 1 cm^3 .

¹⁾ Les eaux potables de la ville de Toulouse au point de vue bactériologique et sanitaire. *Revue d'hygiène* 1894, p. 934.

²⁾ Contribution à l'étude des eaux d'Alger. *Annales de l'inst. Pasteur* 1891, p. 79.

³⁾ l. c. ⁴⁾ Ueber den Nachweis des *Bacillus coli communis* im Wasser. *C. B.* 1895, XVIII, 494.

Die chemische Untersuchung beschränkte sich auf diejenigen Bestimmungen, welche uns Anhaltspunkte geben für die Verwendung eines Wassers als Trinkwasser. Ausserdem wurde einigemal der im Wasser absorbierte Sauerstoff bestimmt. Im folgenden will ich die von mir angewandten Methoden kurz skizzieren; im allgemeinen hielt ich mich an die bei uns üblichen Vorschriften, wie sie im schweizerischen Lebensmittelbuch angegeben sind.

Trockenrückstand: Je 200 cm³ Wasser in einer Platinschale eingedampft und bei 103—105° getrocknet.

Glührückstand: Trockenrückstand erhitzt bis zum Verschwinden allfällig aufgetretener Bräunung, mit kohlenstoffhaltigem Wasser befeuchtet, getrocknet und bis zu konstantem Gewicht auf 150—160° erhitzt.

Alkalinität: Je 100 cm³ Wasser mit $\frac{n}{10}$ Salzsäure titriert mit Methylorange als Indikator.

Oxydierbarkeit: Nach der Methode von Kubel: 100 cm³ Wasser mit Ueberschuss von $\frac{n}{100}$ Kaliumpermanganatlösung und 5 cm³ Schwefelsäure (1 : 3) versetzt, 5 Min. gekocht, 10 cm³ $\frac{n}{100}$ Oxalsäure zugegeben und mit Permanganat zurücktitriert.

Freies Ammoniak: a) *Direkt* nach Frankland und Armstrong: 100 cm³ Wasser mit 2 cm³ Entkalkungsfähigkeit versetzt, absetzen lassen, 50 cm³ abdekantiert und nesslerisiert.

b) *Durch Destillation:* Von 500 cm³ Wasser in Wanklyn'scher Retorte nach Zusatz von 10 Tropfen ammonfreier, gesättigter Sodalösung 200 cm³ abdestilliert, das Destillat nesslerisiert.

Albuminoides Ammoniak: Nach Beendigung der eben erwähnten Destillation 50 cm³ alkalische Permanganatlösung zugegeben, 150 cm³ abdestilliert, das Destillat nesslerisiert.

Chlor: Je 100 cm³ Wasser nach Mohr mit $\frac{n}{85,5}$ Silbernitratlösung titriert mit Kaliumchromat als Indikator.

Auf Schwefelsäure wurde meist nur auf qualitativem Weg geprüft; wenige quantitative Bestimmungen wurden gewichts-analytisch ausgeführt.

Auf salpetrige Säure wurde das mit verdünnter Schwefelsäure versetzte Wasser mittelst Jodkaliumstärke geprüft.

Auf Salpetersäure wurde mittelst Diphenylamin geprüft; da HNO_2 nie vorhanden war, brauchte keine andere Methode angewandt zu werden; quantitative Bestimmungen der HNO_3 wurden nicht ausgeführt.

Der absorbierte Sauerstoff wurde nach der Methode von L. W. Winkler bestimmt: Ein bestimmtes Quantum Wasser mit einer Jodkalium-Natronlauge-Lösung und Manganchlorür versetzt, die Fällung mit Salzsäure gelöst und das hiebei ausgeschiedene Jod mit $\frac{n}{100}$ Natriumthiosulfatlösung titriert.

Die Angaben über die Grundwasserverhältnisse der Stadt Zürich konnte ich den Messungen entnehmen, welche zur Zeit vom Tiefbauamt regelmässig ausgeführt werden, sowie einem Grundwasserplan von anno 1883, welcher mir vom Ingenieur der Wasserversorgung zur Verfügung gestellt wurde. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Stadtgenieur Wenner und Herrn Peter, Ingenieur der Wasserversorgung, hiefür meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Aus den genannten Daten konnte ich folgendes entnehmen: Der Grundwasserspiegel senkt sich vom See her gegen NW (Richtung der Bahnlinie nach Altstetten); in einem Profil NO—SW liegt dessen tiefster Stand nicht etwa in der Limmat, sondern in der Regel zwischen dieser und der Bahnlinie. Daraus können wir schliessen, dass ein Grundwasserstrom, welcher sowohl vom Uetliberg als auch von der Limmatseite her Zufluss erhält, vom See aus ungefähr parallel der Limmat thalabwärts sich zieht. Der Wasserstand der letztern übt auf denselben einen starken Einfluss aus, indem das Grundwasser in der Nähe des Flusses stärkere Niveauschwankungen des letztern deutlich mitmacht, während in grösserer Entfernung dies nicht oder nur in geringem Grade und erst nach einiger Zeit der Fall ist. Wir erschen dies beispielsweise aus folgenden Angaben: (Siehe Situationsplan.)

Niveauschwankungen

	der Limmat	des Grundwassers	
	Limmatpegel A ₁	Brunnen A ₂ <small>ca. 500 m. v. d. Limmat.</small>	Brunnen A ₃ <small>ca. 1000 m. v. d. Limmat.</small>
Vom 1.—3. Aug. 1901	+ 51 cm.	+ 32 cm.	+ 16 cm.
„ 9.—10. Okt. 1901	+ 30 „	+ 19 „	0 „
„ 11.—12. Okt. 1901	— 14 „	— 2 „	+ 20 „

Für regelmässige, periodisch vorgenommene Untersuchungen standen mir vier Brunnen zur Verfügung, die sich zum Teil, wie später erörtert werden soll, ihrer Lage halber allerdings kaum zum Bezuge von Trinkwasser für die Stadt eignen würden, uns aber doch einen wichtigen Aufschluss geben über die Filtrationskraft des sandhaltigen Kieses, in dem sie sich befinden, und speziell über den Einfluss ihrer Entfernung von der Limmat auf verschiedene Wasserqualitäten.

Ich lasse nun zunächst eine nähere Beschreibung der Lage und Beschaffenheit der einzelnen Brunnen folgen, bei denen die Proben zu den bakteriologischen und chemischen Untersuchungen entnommen worden sind. (Siehe Situationsplan).

Die mit I, II, III und V bezeichneten Brunnen liegen im Alluvialgebiete von Limmat und Sihl, in welchem die Molasse bedeckt ist von einer aus Kies und Sand aufgebauten Schicht; Brunnen IV dagegen liegt im Gebiete der Schuttkegel am Albis, deren oberste Schicht aus undurchlässigem Lehm besteht.

Brunnen I, ein 9 m tiefer, ausgemauerter Schacht-Brunnen in der Meyer'schen Seidenfärberei, liegt etwa 50 m von der Limmat entfernt an deren linkem Ufer; das Niveau des Grundwassers steht etwa 5 m unter der Erdoberfläche. Bald nach Beginn der Untersuchungen wurde über dem Schachte ein Gebäude errichtet, sodass derselbe, wenigstens bei den spätern Probenahmen, gegen direkte Verunreinigung durch Oberflächenwasser ganz sicher geschützt war. (Einige Meter von der jetzigen Fassungsstelle entfernt befindet sich ein alter Schacht, welcher heute nicht mehr benutzt wird und welcher allerdings vor bakterieller Verunreinigung nicht absolut gesichert ist.) Das Wasser wird durch ein seitlich angebrachtes Saugrohr mittelst eines Kapselwerkes zu Tage gefördert; täglich werden nahezu 2000 m³ Wasser aus dem Schachte gehoben. Zur Probenahme wurde in kurzer Entfernung von der Pumpe im Druckrohr ein kleiner Hahn angebracht. Es sei mir hier gestattet, Herrn Meyer für sein freundliches Entgegenkommen meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Brunnen II, ebenfalls ein gemauerter Schacht-Brunnen, befindet sich vor dem Kesselhause der Maschinenfabrik von Escher, Wyss & Co., etwa 450 m vom linken Ufer der Limmat entfernt. Der Schacht ist nicht ganz 6 m tief; er wird oben durch einen

schweren eisernen Deckel abgeschlossen. Der Grundwasserspiegel liegt $3\frac{1}{2}$ —4 m unter der Bodenoberfläche. Die Fassung geschieht in gleicher Weise wie beim Brunnen I; der Probehahn ist ebenfalls in gleicher Weise angebracht im Druckrohr eines Kapselwerkes, welches tagsüber ohne Unterbruch thätig ist. Ausser dem Saugrohr dieser Pumpe führen aus dem Brunnenschachte noch einige weitere Leitungen zu Pumpen, welche nur zeitweise in Betrieb stehen. Für die Ueberlassung dieses Brunnens zu meinen Untersuchungen, sowie für die Anbringung des Probehahns bin ich Herrn Direktor Zoelly zu grossem Dank verpflichtet.

Brunnen III befindet sich hinter dem Hause No. 371 der Hohlstrasse, unweit der Bahnlinie nach Altstetten, von der Limmat etwa 1 km entfernt. Früher stand an derselben Stelle ein gegen 6 m tief gegrabener Sodbrunnen. Auf Veranlassung des Gesundheitswesens wurde dann in den sandigen Boden des Schachtes ein Abessynier noch etwa $1\frac{1}{2}$ m tief — nach Aussage des Mieters — eingeschlagen; der alte Schacht ist durch einen Bretterboden nicht besonders gut abgeschlossen. Bis vor etwa drei Jahren soll in unmittelbarer Nähe des Brunnens ein Düngerstock gestanden haben und das Wasser dazumal braun und völlig unbrauchbar gewesen sein. Bald nach der Entfernung des Düngerhaufens trat dasselbe meist farblos aus der Pumpe und, wie ich mich selbst überzeugte, ist dies auch heute der Fall; es enthält aber namentlich nach anhaltendem Pumpen häufig feinen Sand und hie und da auch kleine Fetzen, welche mir verkohlte Pflanzenteile zu sein schienen, deren Provenienz mir allerdings nicht klar ist. Etwa 10 m vom Brunnen entfernt und zwar in Bezug auf den Grundwasserstrom aufwärts, befindet sich eine Jauchegrube. In einer Entfernung von 25 m, ebenfalls oberhalb des Brunnens, fliesst der „Letzigraben“ vorbei, ein Bach, welcher weiter oben die Abwässer mehrerer Häuser und bei schlechtem Wetter den Schlamm eines Teils der Badenerstrasse aufnimmt. Etwa 40 m vom Brunnen aus in südlicher Richtung ist eine Kiesgrube so tief angelegt worden, dass das Grundwasser bei etwas hohem Stande in derselben zu Tage tritt; zur Zeit wird sie mit Schlacken, Bauschutt und Abraum wieder ausgefüllt, wodurch wohl leicht eine direkte Verunreinigung der obersten Grundwasserschicht herbeigeführt werden kann.

Die erwähnte und auch einige andere in der Nähe gelegene

Kiesgruben lassen uns einen klaren Einblick thun in den Aufbau des dortigen Bodens. Der letztere besteht in der Hauptsache aus gröberem Kies; doch scheinen die Zwischenräume mit Sand vollständig ausgefüllt zu sein, so dass man von einem ziemlich dichten, porösen Boden sprechen kann.

Brunnen IV, ein etwa 6 m tief geschlagener Abessynier, befindet sich nicht mehr in der Limmatebene, sondern an einer flachen Lehne am Uetliberg, ca. 200 m unterhalb der Ziegelei Heuried, beim Haus No. 279 der Birmensdorferstrasse; von dieser ist er etwa 7 m entfernt; etwa 10 m östlich von demselben zieht sich ein Graben vorbei, welcher nur zeitweise Wasser führt. Das Grundwasser steht hier nur etwa $3\frac{1}{2}$ m unter der Bodenoberfläche.

Brunnen V, 350 m westlich von Brunnen III gelegen, ist ein frisch erstellter, 13 m tief geschlagener Abessynier; das Niveau des Grundwassers stand zur Zeit der Untersuchung etwa 6 m tief im Boden.

Allem Anschein nach wurden die tiefern Bodenschichten beim Schlagen des Rohres verunreinigt, so dass sich der Brunnen zur Beurteilung der bakteriologischen Beschaffenheit des Untergrundes, bez. der Filtrationskraft des Bodens, nicht eignete. Von grösserem Werte aber dürften die Resultate der chemischen Untersuchung sein zum Vergleich mit der Beschaffenheit des Wassers der andern Brunnen.

Brunnen VI ist ein frisch erstellter Schachtbrunnen, welcher zur Ergänzung der Quellwasserversorgung einer Nachbargemeinde von Zürich dient. Derselbe befindet sich am rechten Ufer der Limmat, gegen 50 m von einem Fabrikkanal entfernt. Das Wasser wird nur dann, wenn die Quellen einen zu geringen Ertrag aufweisen, durch eine Pumpe aus dem Schachte gehoben und ins Reservoir befördert. Auch diesen Brunnen konnte ich zur Beurteilung der bakteriellen Beschaffenheit des Grundwassers nicht benutzen, da derselbe während nur ganz kurzer Zeit in Betrieb stand. Vor der Probeentnahme zu der später erwähnten chemischen Untersuchung war die Pumpe einen Tag lang in Thätigkeit gewesen.

Die Brunnen, an welchen ich meine Versuche vornahm, konnten nicht ausser Gebrauch gestellt werden, weshalb eine Sterilisation mittelst Chemikalien unmöglich war; zu einer solchen mit-

telst Dampfes aber fehlten mir die nötigen Apparate. Versuchsfehler, welche allenfalls aus der Unmöglichkeit der Sterilisation hervorgehen konnten, suchte ich durch sehr langes Pumpen auszuschliessen oder wenigstens auf ein möglichst kleines Mass herabzudrücken.

Um zu sehen, ob nach halbstündigem Pumpen eine weitere Fortsetzung desselben auf den Keimgehalt des beförderten Wassers noch von Einfluss ist, wurden bei den Abessynierbrunnen (III und IV) Proben nach halbstündigem und nach einstündigem Pumpen entnommen und untersucht. Der Keimgehalt beider Proben war jeweils, wenn man von Unterschieden, welche durch unvermeidliche Versuchsfehler — infolge ungleichmässiger Verteilung der Bakterien u. s. w. — hervorgerufen sein konnten, absieht, in allen Fällen gleich:

	Brunnen III		Brunnen IV
	1. Versuch	2. Versuch	
Keimgehalt nach			
1/2 stündigem Pumpen	56	116	12 Kolonien pro cm ³
nach 1stündigem Pumpen	58	136	11 " " "

In der Folge wurden die Proben zur Sicherheit dennoch erst nach einstündigem Pumpen entnommen, wo bei den Resultaten nicht ausdrücklich etwas anderes bemerkt ist.

Wie schon früher erwähnt wurde, stehen die Pumpen der Brunnen I und II tagsüber ohne Unterbruch in Betrieb. Um zufällige Verunreinigung möglichst auszuschliessen, wurde der zur Entnahme dienende Hahn jeweilen schon 15 bis 20 Minuten vor der Fassung der Proben offen gehalten. Um zu konstatieren, ob trotz dieses langen Durchströmens von Wasser allfällige Verunreinigung der Hähnen auf den Keimgehalt der Proben ungünstig einzuwirken vermöge, wurde beim Brunnen I, welcher das bakterienreichere Wasser lieferte, folgender Versuch gemacht:

- 1) Probe entnommen nach 10 Min. langem Ausströmen des Wassers, dann
- 2) Das Hähnchen sorgfältig ausgerieben, der Belag vom Innern desselben in zwei Gelatineröhrchen verteilt und aus diesen Rollröhrchen hergestellt.
- 3) Nach der Reinigung wieder 10 Min. lang Wasser auslaufen lassen und dann die zweite Probe entnommen.

Aus dem Belag vom Innern des Hahns entwickelten sich nur

5 Kolonien; die Probe, welche vor der Reinigung des Hähnchens entnommen worden war, enthielt 134, die andere 159 Keime. Eine Verunreinigung der Wasserproben durch den Austrittshahn ist wohl nach diesen Ergebnissen nicht wahrscheinlich.

Im ferneren wurde die Frage studiert, ob die Thätigkeit der Pumpe auf den Bakteriengehalt des Wassers von Einfluss sei. Zu diesem Zwecke entnahm ich eine Probe abends, nachdem die Pumpe den ganzen Tag in Gang gewesen war, eine zweite am folgenden Morgen kurz nach Inbetriebsetzung derselben und eine dritte am darauffolgenden Abend. Die Resultate der ersten derartigen Untersuchung waren folgende:

Keimzahl pro cm^3 .

	Nach			Tagen	
	7	8	9	10	11
Entnahme u. Aussaat 27. XII. 00, abends 5 Uhr	10	10	11	—	12
" " " 28. XII. 00, morgens 6 ³⁰	51	53	—	61	ca. 65
" " " 28. XII. 00, abends 4 Uhr	10	11	—	13	13

Man sieht aus denselben, dass die Keimzahl während der Ruhe der Pumpe bedeutend zugenommen hatte, bis zum folgenden Abend aber wieder gesunken war. Da zu dieser Zeit der Brunnenschacht gegen das Eindringen von Oberflächenwasser noch nicht absolut gesichert war, und es in der Nacht vom 27. auf den 28. Dezember etwas geregnet hatte, konnte die Zunahme der wachstumsfähigen Bakterien eventuell durch direkte Verunreinigung des Brunnens mit Oberflächenwasser entstanden sein. Es wurde deshalb noch ein gleicher Versuch bei trockenem Wetter ausgeführt. Die Resultate desselben waren folgende:

Keime pro cm^3

	Nach			Tagen	
	4	5	6	7	
Entnahme und Aussaat vom 10. I. 01, abends 5 Uhr	21	22	23	ca. 25	
" " " " 11. I. 01, morgens 6 ³⁰	29	31	34	ca. 37	
" " " " 11. I. 01, abends 5 Uhr	16	17	19	24	

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass während der Ruhe der Pumpe auch diesmal eine Zunahme der Bakterien stattgefunden

hat; eine erhebliche Erhöhung kann man aber aus denselben nicht herauslesen. Diese Zunahme mag vielleicht dadurch hervorgerufen worden sein, dass durch das Steigen des Grundwasserspiegels im Brunnenschachte nach dem Abstellen der Pumpe bakterienhaltiger Wandbelag des Schachtes vom Wasser aufgenommen worden ist. Einer direkten Vermehrung der Keime innerhalb der kurzen Zeit von 11 Stunden war wohl die niedrige Temperatur des Wassers (10°) hinderlich.

Ich lasse nun die Resultate der bakteriologischen und chemischen Untersuchungen nachfolgen. In denselben sind Trockenrückstand, Glührückstand, Glühverlust, Gehalt an Ammoniak, Chlor und Schwefelsäure (SO_3) ausgedrückt in mg. pro Liter des untersuchten Wassers. Die Alkalinität ist ausgedrückt in französischen Härtegraden, der Gehalt an absorbiertem Sauerstoff in $\text{cm}^3 \text{O}_2$ pro l, reduziert auf 0° und 760 mm Druck. Die Rubrik „Oxydierbarkeit“ giebt an, wie viele mg. Permanganat zur Oxydation der organischen Stoffe im Liter Wasser notwendig waren. In der Rubrik „freies Ammoniak“ bedeuten die Zahlen mit * die Ergebnisse der direkten Bestimmung nach Entkalkung des Wassers, die Zahlen ohne * die Resultate der Bestimmung durch Destillation; erstere wurde nur ausgeführt, wenn mir die Zeit zur Bestimmung durch Destillation fehlte.

Die Keimzahlen geben an, wie viele Bakterien pro cm^3 Wasser auf Fleischwasserpeptonelatine mit 1,5 ‰ Soda bei einer Züchtungstemperatur von 17—24° zur Entwicklung gelangten. Die Colonne „Colibefund“ giebt die Resultate der Untersuchungen bei Anwendung von je 1 cm^3 Wasser.

(Tabellen siehe folgende Seiten)

Brunnen I. Resultate der bakteriolog. Untersuchungen.

Datum der Untersuchung			Nach										Colibefund*)	
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1900.	13. November,	4 Uhr nachm.	—	42	51	63	64	69	—	—	—	—	Zahl der Unter- suchungen	Positiv fielen aus:
	29. "	3 " "	9	10	11	13	14	14	14	14	14	14		
	27. Dezember,	5 " "	—	—	10	10	11	—	12	12	12	12		
	28. "	6 ³⁰ vorm.	—	47	51	53	—	61	ca.65	verfl.	—	—		
	28. "	4 Uhr nachm.	—	10	10	11	—	13	13	13	13	13		
1901.	10. Januar,	5 " "	22	23	ca.25	ca.35	ca.40	verfl.	—	—	—	—	4	0
	11. "	6 ³⁰ vorm.	31	34	ca.37	ca.40	ca.50	id	—	—	—	—		
	11. "	5 Uhr nachm.	17	19	24	24	25	26	27	27	27	27		
	9. April,	9 " vorm.	—	80	verfl.	—	—	—	—	—	—	—		
	3. Mai,	6 " nachm.	32	73	79	81	82	82	82	82	82	82		
	25. "	8 " vorm.	15	18	ca.20	ca.20	ca.20	ca.20	—	—	—	—		
	22. Juni,	9 " "	24	25	25	25	25	ca.25	verfl.	—	—	—		
	10. Juli,	10 " "	16	—	—	20	20	20	20	20	20	20		
11. Oktober,	3 " nachm.	166	195	verfl.	—	—	—	—	—	—	—	8	1	
5. November,	10 " vorm.	147	verfl.	—	—	—	—	—	—	—	—	8	0	

*) Bei Verarbeitung von 1 l. Wasser konnte Bact. coli in jedem Falle nachgewiesen werden; ebenso bei Brunnen III.

Brunnen II. Resultate der bakteriolog. Untersuchungen.

Datum der Untersuchung			Nach							Tagen		Colibefund	
			5	6	7	8	9	10	12	21	Zahl der Untersuchungen	Positiv fielen aus	
1901.	3. Mai,	nachm. 5 Uhr	6	15	15	15	15	15	15	15	15	—	—
	24. "	" 5 "	9	12	16	—	29	29	29	29	29	4	0
	21. Juni,	" 4 "	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	0
	10. Juli,	vorm. 9 "	17	17	18	18	18	19	21	21	21	7	0
	25. Oktober,	nachm. 4 "	—	—	5	5	5	5	5	5	5	8	0

Am 10. Juli und 25. Oktober fielen Untersuchungen auf *Bact. coli* bei Anwendung von $\frac{3}{4}$ bis 1 l. Wasser positiv am 21. Juni negativ aus.

Brunnen III. Resultate der bakteriolog. Untersuchungen.

Datum der Untersuchung			Nach								Tagen		Colibefund	
			5	6	7	8	9	10	11	12	21	Zahl der Untersuchungen	Positiv fielen aus	
1901.	11. Februar,	4 Uhr nachm.	23	35	36	—	39	41	42	43	54	—	—	
	23. März,	11 " vorm.	—	52	70	89	—	—	126	126	verfl.	—	—	
	29. April,	4 " nachm.	—	—	—	—	60	66	66	66	verfl.	—	—	
	15. Mai,	4 ³⁰ "	139	—	142	142	143	143	—	—	—	—	—	
	5. Juni,	4 ³⁰ "	115	—	117	—	119	—	123	verfl.	—	4	1	
	19. "	11 ³⁰ vorm.	—	21	23	24	25	27	27	28	29	3	0	
	8. Juli,	4 Uhr nachm.	28	—	58	—	—	65	65	65	65	7	0	
	31. Oktober	4 " "	100	100	100	100	100	100	100	100	100	8	5	

Brunnen IV. Resultate der bakteriolog. Untersuchungen.

Datum der Untersuchung	Nach										Colibefund	
											Zahl der Untersuchungen	Positiv fielen aus
	7	8	9	10	11	12	13	12	20			
1901. 5. Februar, 2 Uhr nachm.*) .	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	—	—
11. März, 11 „ vorm. . .	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	—	—
29. April, 5 „ nachm. . .	9	—	10	11	12	12	12	12	12	12	—	—
3. Juni, 11 „ vorm. . .	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	0
20. „ 3 ³⁰ nachm. . .	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	0
6. Juli, 9 „ vorm. . .	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	0
18. Oktober, 4 „ nachm. . .	2	2	—	4	4	4	4	4	4	4	8	0
19. November, 5 „ „ . .	—	17	17	17	17	17	17	17	17	17	8	0
1902. 20. Januar, 5 „ „ *) . .	4	5	7	7	8	8	8	8	8	8	4	0

*) Wasserplatten erst 2 Stunden nach der Probenahme angelegt.

Am 20. Juni und 18. Oktober konnte bei Anwendung von 1 l. Wasser Coli gefunden werden, am 6. Juli und 19. November dagegen nicht.

Brunnen I. Resultate der chemischen Untersuchungen.

Datum der Untersuchung	Temperatur	Trockenrückstand	Glührückstand	Glühverlust	Alkalinität	Farbe des Trockenrückstands	Oxydirbarkeit	Freies Ammoniak	Album. Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Absorbirter Sauerstoff	Bemerkungen
1901. 3. Mai . .	8,5	244	203	41	16,6	weiss	1,6	0,005	0,025	0	wenig	10,8	wenig	—	Das Wasser war stets klar, farb-, geruch- und geschmacklos
25. " . .	9,0	235	196	39	17,1	grauweiss	2,0	0*	—	0	wenig	9,3	wenig	—	
22. Juni . .	11,0	215	176	39	16,0	weiss	1,4	0	0,01	0	wenig	9,7	wenig	—	
11. Oktober .	11,0	238	215	23	18,1	weiss	2,1	0*	—	0	wenig	9,0	wenig	2,6	
5. November	11,7	240	221	19	18,4	weiss	2,5	0	0,01	0	wenig	7,4	15	2,7	

Brunnen II. Resultate der chemischen Untersuchungen.

Datum der Untersuchung	Temperatur	Trockenrückstand	Glührückstand	Glühverlust	Alkalinität	Farbe des Trockenrückstands	Oxydirbarkeit	Freies Ammoniak	Album. Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Absorbirter Sauerstoff	Bemerkungen
1901. 23. April . .	10,5	346	290	56	23,9	weiss	2,9	0,005	—	0	wenig	17,8	zieml.	—	Das Wasser war stets klar und farblos; Geruch und Geschmack hie und da schwach modrig
24. Mai . .	10,5	356	292	64	23,8	weiss	1,8	Spur	0,005	0	wenig	16,4	"	—	
21. Juni . .	11,0	353	294	59	23,8	weiss	0,9	0	0,005	0	zieml.	—	"	—	
11. Oktober .	11,0	373	326	47	24,5	gelbl. weiss	1,4	0*	—	0	wenig	13,5	"	—	
25. " . .	11,8	355	337	18	24,3	weiss	0,9	0	Spur	0	Spur	13,8	36	3,4	

Brunnen III. Resultate der chemischen Untersuchungen.

Datum der Untersuchung	Temperatur	Trockenrückstand	Glührückstand	Glühverlust	Alkalinität	Farbe des Trockenrückstands	Oxydirbarkeit	Freies Ammoniak	Album. Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Absorbt. Sauerstoff	Bemerkungen
1901. 15. Mai . .	10,5	513	381	132	28,2	gelbl.	2,5	0,005	0,01	0	zieml.	18,5	viel	—	Wasser durch Sand etwas getrübt ebenso klar wenig Sand klar, etwas moderig
5. Juni . .	12,0	527	399	128	29,2	"	2,3	0,005	0,02	0	viel	18,3	"	—	
19. " . .	13,0	517	396	121	28,7	"	1,2	0*	0,01	0	zieml.	17,2	"	—	
18. Oktober . .	12,0	471	421	50	28,7	"	2,0	0*	—	0	viel	18,4	96	3,8	
31. " . .	12,0	471	429	42	29,0	grau	1,4	0	0,01	0	viel	14,7	viel	3,4	

Brunnen IV. Resultate der chemischen Untersuchungen.

Datum der Untersuchung	Temperatur	Trockenrückstand	Glührückstand	Glühverlust	Alkalinität	Farbe des Trockenrückstands	Oxydirbarkeit	Freies Ammoniak	Album. Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Absorbt. Sauerstoff	Bemerkungen
1901. 29. April . .	7,5	504	438	66	46,4	gelbl.	4,4	0,005	0,06	0	0	17,5	wenig	—	klar, farblos, geruch- und geschmacklos durch lehmige Erde gelblich getrübt
3. Juni . .	9	478	403	75	42,5	"	3,8	0,005	0,045	0	0	15,2	"	—	
20. " . .	9	471	389	82	41,4	"	3,4	0,005	0,04	0	Spur	13,9	"	—	
18. Oktober . .	11,0	500	456	44	43,4	"	4,7	Spur	0,04	0	0	14,1	"	0,09	
19. November	9,4	476	428	48	39,5	"	4,0	0,005	0,05	0	0	15,2	"	0,07	

Zusammenstellung.

Mittelwerte.

	Zahl der Unters.	Tempe- ratur	Trock- rückstd.	Glüh- rückstd.	Glüh- verlust	Alkali- nität	Oxy- dierbar- keit	Freies Ammo- niak	Album. Ammo- niak	Salpet- säure	Chlor	Absorb. Sauerst.	Bakte- rien
Brunnen I.	5	10,2	234	205	29	17,2	2	0,001	0,015	wenig	9	2,7	ca. 60
" II.	5	10,9	359	308	51	24,0	1,6	Spur	0,005	wenig	15	3,4	11
" III.	5	11,9	500	405	95	28,8	2	Spur	0,01	zieml. viel	18	3,6	ca. 80
" IV.	5	9,2	486	423	63	42,8	4,2	0,005	0,045	0	15	0,8	8
" V.	1	9,5	446	352	94	31,4	6	0,01	0,05	Spur	viel	—	—
" VI.	1		184	152	32	14,4	2,5	0,02	0,02	wenig	12	—	—

Maximalwerte.

	Zahl der Unters.	Tempe- ratur	Trock- rückstd.	Glüh- rückstd.	Glüh- verlust	Alkali- nität	Oxy- dierbar- keit	Freies Ammo- niak	Album. Ammo- niak	Salpet- säure	Chlor	Absorb. Sauerst.	Bakte- rien
Brunnen I.	5	11,7	244	221	41	18,4	2,5	0,005	0,025	—	10,8	—	ca. 200
" II.	5	11,8	373	337	64	24,5	2,9	0,005	0,005	—	17,8	—	21
" III.	5	13,0	527	429	132	29,2	2,5	0,005	0,02	—	18,5	—	143
" IV.	5	11,0	504	456	82	46,4	4,7	0,005	0,06	—	17,5	—	17

Minimalwerte.

	Zahl der Unters.	Tempe- ratur	Trock- rückstd.	Glüh- rückstd.	Glüh- verlust	Alkali- nität	Oxy- dierbar- keit	Freies Ammo- niak	Album. Ammo- niak	Salpet- säure	Chlor	Absorb. Sauerst.	Bakte- rien
Brunnen I.	5	9,0	215	176	19	16,0	1,6	0	0,01	wenig	7,4	—	12
" II.	5	10,5	346	290	18	23,5	0,9	0	Spur	Spur	13,5	—	1
" III.	5	10,5	471	381	42	28,2	1,2	0	0,01	zieml. viel	14,7	—	29
" IV.	5	7,5	471	389	44	39,5	3,4	0,005	0,01	0	13,9	—	1

Wenn wir zunächst die Resultate der chemischen Untersuchungen betrachten, so bemerken wir, dass Glührückstand und Alkalinität fast regelmässig mit der Entfernung der Brunnen von der Limmat zunehmen.

Brunnen	VI	I	II	III	V	IV
Entfernung von der Limmat	50	50	450	ca. 1000	ca. 1300	über 2000 m
Glührückstand	152	205	308	405	352	423
Alkalinität	14	17	24	29	31	43

In diesen Zahlen kommt der Zufluss von weichem Limmatwasser zu hartem Grundwasser deutlich zum Ausdruck.

Das Wasser der Brunnen I und II zeigt in seiner chemischen Zusammensetzung nichts auffälliges; dagegen unterscheidet sich dasjenige von Brunnen III in verschiedener Beziehung von allen andern, hauptsächlich durch hohen Gehalt an Chlor, Schwefelsäure und Salpetersäure und durch einen hohen Glühverlust. Nach den Resultaten der Lokalinspektion war dies auch zu erwarten; der Boden ist ohne Zweifel stark verunreinigt; es muss uns beinahe wundern, dass das Wasser keine salpetrige Säure, nur wenig Ammoniak und eine geringe Oxydierbarkeit aufweist. Man kann sich die Sache vielleicht durch die grosse Porosität des Bodens erklären, welche eine schnelle und intensive Oxydation der in Betracht fallenden Stoffe bewirkt hat; damit stehen auch der verhältnismässig hohe Salpetersäure- und der grosse Schwefelsäuregehalt im Einklang.

Der neu geschlagene, in der Nähe des Brunnens III gelegene Brunnen V weist ungefähr denselben Kalkgehalt auf wie jener, unterscheidet sich aber von demselben durch einen viel geringern Gehalt an Schwefelsäure und Salpetersäure, einen höhern Gehalt an Ammoniak, höhere Oxydierbarkeit und durch die Anwesenheit von etwas salpetriger Säure. Während wir es bei Brunnen III wahrscheinlich mit einer früher zustande gekommenen und nun zum grossen Teil schon mineralisierten Verunreinigung zu thun

hatten, ist hier eine solche, wenn auch in geringerm Grade, erst vor kurzer Zeit, bei der Erstellung des Brunnens, zustande gekommen.

Brunnen IV enthält ein Wasser, das sich in seinem Gehalt an Salzen von demjenigen aller andern in folgendem unterscheidet: Die Alkalinität ist äusserst hoch; dieselbe entspricht sogar einigemal einer etwas grössern Menge kohlen-sauren Kalkes, als das Gewicht des Glührückstandes beträgt; diese Erscheinung ist möglich, wenn ein Wasser hohen Gehalt an Magnesiumcarbonat aufweist; in der That zeigte die daraufhin vorgenommene qualitative Prüfung einen sehr hohen Magnesiumgehalt. Im fernern enthält dieses Wasser im Vergleich zu den übrigen viel Ammoniak (hauptsächlich albuminoides), gar keine Salpetersäure und namentlich sehr wenig absorbierten Sauerstoff; die Oxydierbarkeit ist verhältnismässig hoch; diese Abnormitäten stehen unter sich in engem Zusammenhang: wo der Sauerstoff fehlt, da kann sich das Ammoniak nicht zu Salpetersäure oxydieren. Dass dieses Wasser viel weniger absorbierten Sauerstoff enthält als das Grundwasser der Limatebene, lässt sich aus der Bodenbeschaffenheit erklären: Während alle die andern Brunnen ein Grundwasser liefern, welches unter porösem Boden fliesst, der den Zutritt von Luft gestattet, tritt das Wasser des an der Berglehne gelegenen Brunnens IV unter einer undurchlässigen Lehmschicht hervor; dasselbe entspricht einer ganz andern Bodenformation als das Grundwasser der Thalsohle.

In Bezug auf den Bakteriengehalt erscheinen uns als sehr reine Wässer diejenigen von Brunnen II und IV; das Maximum der beobachteten Keimzahlen betrug 29, beziehungsweise 17. In beiden fanden sich als konstant auftretende Arten ein langsam wachsendes, gelbes Pigmentbakterium, welches dem *Bacillus ochroaceus* (Zimmermann) nahe steht, und ein langsam wachsendes Stäbchen, welches graue, körnige, sehr langsam verflüssigende Kolonien bildet. Es scheint mir recht wohl möglich zu sein, dass die wenigen, in diesen Wässern gefundenen Bakterien nicht eigentlich dem Grundwasser entstammen, sondern zu jenen von Kurth¹⁾ erwähnten „Brunnenbakterien“ gehören, welche vielleicht beim

¹⁾ l. c.

Bau der Brunnen in dieselben gelangt sind, sich in deren Bereich angesiedelt haben und nun als deren konstante Bewohner anzusehen sind.

Bacterium coli konnte ich aus diesen beiden Wässern nie züchten, wenn ich nur je 1 cm³ zur Kultur verwendete; bei der Verarbeitung grösserer Wasserquanten, gegen 1 l, gelang mir dies in zwei von drei Versuchen bei Brunnen II und in zwei von vier Versuchen bei Brunnen IV.

Brunnen I enthält ein Wasser mit etwas höherem Bakteriengehalt. Es ist möglich, dass nicht vollständig filtriertes Wasser aus der in der Nähe vorbeifliessenden Limmat in dasselbe hineingelangt; zu etwelcher bakterieller Verunreinigung könnte gelegentlich auch der früher erwähnte alte Schacht beitragen, welcher nur einige Meter von der Fassungsstelle entfernt liegt und vor Eintritt von Unreinigkeiten nicht absolut geschützt ist.

Brunnen III liefert ebenfalls ein weniger keimarmes Wasser als die erstgenannten. Die Ergebnisse der Lokalinspektion lassen dies leicht begreifen. Auch der häufige Colibefund kann nicht befremden, da ja der Untergrund ohne Zweifel durch den früher erwähnten Düngerhaufen stark verunreinigt worden ist. Wenn wir alle die verschiedenen ungünstigen lokalen Verhältnisse, wie z. B. die Aufschliessung des Grundwassers durch den alten Schacht, die Nähe des unreinen Letzigrabens und der tiefen, jetzt zum Teil mit Abraum angefüllten Kiesgrube in Betracht ziehen, müssen wir uns geradezu wundern, dass der Bakteriengehalt nicht grösser ist; jedenfalls dürfen wir auch hier die Filtrationskraft des Bodens als eine recht gute bezeichnen.

Wenn es sich bei der hygienischen Beurteilung eines Grundwassers nur um dessen bakteriologische und chemische Beschaffenheit zur Zeit der betreffenden Untersuchungen handeln würde, so könnten wir dasjenige der Thalsohle unterhalb Zürich als Trinkwasser ganz gut empfehlen. Die Filtrationskraft des Bodens im Gebiete der untersuchten Brunnen darf als eine recht gute bezeichnet werden, da ja das Grundwasser, wo die engern lokalen Verhältnisse nicht gar zu ungünstig sind, zum mindesten sehr keimarm ist. Was die chemische Beschaffenheit anbetrifft, so ist allerdings der Kalkgehalt der Brunnen südlich der Bahnlinie nach Altstetten sehr gross und, wenn auch nicht gesundheitsschädlich,

so doch für manche Haushaltungs- und technische Zwecke von Nachteil. Besser verhält sich in dieser Beziehung das Wasser der beiden Brunnen I und II, welches ohne Zweifel von der Limmat beeinflusst ist. Nun aber drängen sich uns gegen den Bezug des Trinkwassers aus Brunnen in der Nähe dieses Flusses, welche sich für technische Zwecke sehr wohl eignen; gewisse Bedenken auf, nämlich die Möglichkeit einer spätern weitem Bebauung der Thalsohle und der Umstand, dass ein grosser Teil des hier geschöpften Grundwassers schon jetzt stark bebauten Terrain durchfliesst. Wenn die Filtration zur Zeit auch eine ganz einwandfreie ist, so können wir doch nicht mit Sicherheit behaupten, dass dem auch in der Zukunft immer so sein wird. Namentlich durch Aufschliessung der Bodenschichten bei Neubauten können die Verhältnisse leicht gestört werden. Diese Gesichtspunkte würden uns bei der Wahl von Fassungsstellen mehr gegen die unbebaute und bewaldete Berglehne, also das Gebiet des härtern Wassers, drängen.

Während nun die Quantität des Grundwassers in der Nähe der Limmat eine ziemlich bedeutende ist — wie uns die ganz ähnlichen Erträge der Brunnen I und II zeigen — dürfte dieselbe, wie wir bestimmt annehmen müssen, an der Berghalde eine viel geringere sein und nur für die Versorgung kleinerer Gebiete (Häuserkomplexe), nicht aber für eine grössere Wasserversorgung ausreichen. Für eine solche müssten andere Stellen in grösserer Entfernung von der Stadt aufgesucht werden, wobei vielleicht die von uns aufs neue erwiesene Filtrationstüchtigkeit eines reichlich sandhaltigen Kiesbodens mitberücksichtigt werden kann. Leider standen uns zur Zeit der Untersuchungen keine an einwandfreieren Stellen gelegene, gut konstruierte Brunnen zur Verfügung.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. O. Roth, für die Anregung zu dieser Arbeit und für seine mannigfache Unterstützung bei der Ausführung derselben meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Litteraturverzeichnis.

- Geschäftsberichte der Stadt Zürich 1886—1900.
- Günther und Spitta. Bericht über die Untersuchungen des Berliner Leitungswassers. Archiv für Hygiene. Bd. 34.
- Wahl. Leitende Gesichtspunkte bei Vorarbeiten und Anlage von Grundwasserversorgungen. Journal für Gasbeleuchtung 1898.
- Piefke und Fraenkel. Versuche über die Leistungen der Sandfiltration. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 8.
- Fraenkel, C. Ueber Brunnendesinfektion und Keimgehalt des Grundwassers. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 6.
- Fraenkel, C. Ueber Microorganismen in verschiedenen Bodenschichten. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 2.
- Jaeger. Die Wechselwirkung zwischen Fluss- und Grundwasser in hygienischer Beziehung. Hygienische Rundschau 1898.
- Imbeaux. Les eaux potables et leur rôle hygiénique dans le Departement de Meurthe-et-Moselle. Revue d'hygiène 1898. Referat.
- Pfuhl, E. Untersuchungen des Grundwassers in der mittelhheinischen Ebene. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 32.
- Neisser, M. Dampfdesinfektion und Sterilisation von Brunnen und Bohrlöchern. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 20.
- Chomski, K. Bakteriologische Untersuchungen des Grund- und Leitungswassers der Stadt Basel. Zeitschrift für Hygiene. Bd. XVII.
- Gramer, E. Die beiden Heidelberger Tiefbrunnen und ihr Verhältnis zum Neckar. Verhandlungen des naturhistorischen Vereins zu Heidelberg 1897. Referat in Hygienische Rundschau 1898.
- Thiem. Grundwasserversorgung mit besonderer Berücksichtigung der Enteisung. Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. 29.
- Kabrhel. Ein interessanter Fall von Trinkwasserbeurteilung. Ref. Hygienische Rundschau 1899.
- Flügge. Ueber die Beziehungen zwischen Flusswasser und Grundwasser in Breslau nebst kritischen Bemerkungen über die chemische Trinkwasseranalyse. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 27.
- Gärtner. Die Dresdener Wasserfrage. Hygienische Rundschau 1897.
- Pfuhl. Ueber die Verschleppung von Bakterien durch das Grundwasser. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 25.

- Abba, Orlandi und Rondelli. Ueber die Filtrationskraft des Bodens und die Fortschwemmung von Bakterien durch das Grundwasser. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 31.
- Bruns. Zur Hygiene des Wassers. Archiv für Hygiene 1899.
- Pfuhl. Untersuchungen über die Verunreinigung von Grundwasserbrunnen von unten her. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 21.
- Kurth. Ueber die gesundheitliche Beurteilung der Brunnenwasser im bremischen Staatsgebiet mit besonderer Berücksichtigung des Vorkommens von Ammoniumverbindungen und deren Umwandlungen. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 19.
- Hueppe. Die hygienische Beurteilung des Trinkwassers. Journal für Gasbeleuchtung. Bd. 30 und 33.
- Fraenkel, C. Zur Frage der Wasserversorgung. Deutsche medizin. Wochenschrift 1892.
- Gärtner. Hygiene des Trinkwassers. Journal für Gasbeleuchtung 1894.
- Kruse. Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurteilung des Wassers. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 17.
- Bechmann. Comptes rendus du congrès de Budapest. Revue d'hygiène 1894. Referat.
- Canalis. L'uso delle falde acque sotterranee nella alimentazione delle città. Referat in Revue d'hygiène 1899.
- Gruber. Die Grundlagen der hygienischen Beurteilung des Wassers. D. Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. 25.
- Migula. Die Artzahl der Bakterien bei der Beurteilung des Trinkwassers. Centralblatt für Bakteriologie. Bd. 8.
- Weissenfeld. Der Befund des Bakterium coli commune im Wasser und das Tierexperiment sind keine brauchbaren Hilfsmittel für die hygienische Beurteilung des Wassers. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 35.
- Burri. Ueber den Nachweis von Faekalbakterien im Trinkwasser. Hygienische Rundschau 1895.
- Reinsch. Zur bakteriologischen Untersuchung des Trinkwassers. Centralblatt für Bakteriologie 1891.
- Dahmen. Die bakteriologische Wasseruntersuchung. Chem. Zeitung. Bd. 16.
- Burri. Ueber einige zum Zwecke der Artcharakterisierung anzuwendende bakteriologische Untersuchungsmethoden. Inaug.-Dissertation. Zürich 1893.
- Kleiber. Bakteriologische Untersuchungen des Zürichseewassers. Inaug.-Dissertation. Zürich 1894.
- Schultz. Zur Frage der Bereitung einiger Nährsubstrate. Centralblatt für Bakteriologie. Bd. 10.
- Timpe. Ueber den Einfluss der Eiweisskörper auf die Reaktion der Nährböden. Centralblatt für Bakteriologie. Bd. 14.
- Lehmann und Neumann. Atlas und Grundriss der Bakteriologie. 1899.
- Deutsche Verordnung betr. Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser zu Zeiten der Cholera-gefahr. Veröffentlichungen des kaiserlichen Gesundheitsamtes. Bd. 23.

- Abba. Ueber die Notwendigkeit, die Technik der bakteriologischen Wasseruntersuchungen gleichmässiger zu gestalten. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 33.
- Thomann, J. Ueber die Brauchbarkeit verschiedener Nährböden für die bakteriologische Wasseruntersuchung. Centralblatt für Bakteriologie. Abteilung 2. Bd. 6.
- Hesse und Niedner. Die Methodik der bakteriologischen Wasseruntersuchung. Zeitschrift für Hygiene. Bd. 29.
- Müller, P. Ueber die Verwendung des von Hesse und Niedner empfohlenen Nährbodens bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung. Archiv für Hygiene. Bd. 38.
- Kurth. Die Thätigkeit der Filteranlage des Wasserwerkes zu Bremen vom Juni 1893 bis August 1894. Arbeiten aus dem kaiserlichen Gesundheitsamt 1894.
- Frendenreich. Ueber den Nachweis des *Bacillus coli communis* im Wasser und dessen Bedeutung. Centralblatt für Bakteriologie. Abteilung 1. Bd. 18.
- Guiraud. Les eaux potables de la ville de Toulouse au point de vue bactériologique et sanitaire. Revue d'hygiène 1894.
- Péré. Contribution à l'étude des eaux d'Alger. Annales de l'institut Pasteur 1891.
-