ETH zürich

ETH Library

Über den Uferschlamm des Zürichsees im Bereiche von Schmutzwassereinläufen, bakteriologische Befunde und deren hygienische Bedeutung

Doctoral Thesis

Author(s):
Mirer, H. Peter

Publication date:
1922

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000091221

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Über den Uferschlamm des Zürichsees im Bereiche von Schmutzwassereinläufen, bakteriologische Befunde und deren hygienische Bedeutung

Von der
Eidgen. Technischen Hochschule in Zürich
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Naturwissenschaften genehmigte
PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von

H. PETER MIRER
Apotheker, Obersaxen, Graubünden

*

Referent: Herr Prof. Dr. W. v. Gonzenbach
Korreferent: Herr Prof. Dr. M. Düggeli

Nr. 316

ZÜRICH 1922

BUCHDRUCKEREI GUSTAV MEHR · SÄCKINGEN A. RHEIN

Leer - Vide - Empty

Meinem lieben Vater
in Dankbarkeit gewidmet

Leer - Vide - Empty

Vorliegende Arbeit wurde im hygieniſch-bakteriologiſchen Inſtitute der Eidgen. Techn. Hochſchule, an welcher ich als Aſſiſtent tätig war, ausgeführt.

Es iſt mir eine angenehme Pflicht, meinen hochverehrten Lehrern:

Herrn Prof. Dr. Otto Roth und
Herrn Prof. Dr. W. v. Gonzenbach

für das Intereſſe und für die freundliche Unterſtützung, die ſie mir bei der Ausführung dieſer Arbeit zuteil werden ließen, meinen herzlichſten Dank auszuſprechen.

Leer - Vide - Empty

INHALTSVERZEICHNIS.

Seite

I. Einleitung 9
1. Schlammbildung 9
a. Schlammbildung außerhalb der Uferzone 9
b. Schlammbildung im Bereiche der Uferzone und ihre schädigende Wirkung 10
2. Verhalten der Bakterien im allgemeinen im Schlamm .. 14
a. Vorkommen von Bakterien im Oberflächenschlamm .. 16
b. Vorkommen von Bakterien in tieferen Schlammschichten 16
3. Verhalten der pathogenen Keime im Wasser u. im Schlamm 17
4. Das Bact. coli 18
a. Begriff des Bact. coli 18
b. Untersuchungen über die Lebensdauer des Bact. coli im Schlamm 19
c. Laboratoriumsversuch über die Haltbarkeit des Bact. coli im Schlamm und Wasser 19

II. Allgemeine Methodik 23
1. Keimzahlbestimmung 23
a. Gelatinenährboden 23
b. Agarnährboden 24
2. Methoden zum Nachweis der Verschmutzung des Schlammes 24
a. Chemische Methoden 25
b. Bakteriologische Methoden 25
aa. Verfahren von Marmann 27
bb. Colititermethode 27
cc. Endonährboden mit Krystallviolettzusatz 29
3. Anhang 31
a. Gelatine-Agar-Nährboden 31
b. Versuch mit «Pegallac»-Nährboden 34
c. Drei-Farbennährboden 37

III. Methodik der Schlammuntersuchung 39
1. Entnahme des Schlammes 39
2. Verarbeitung des Schlammes für die Keimzahl- und Colizahlbestimmung 41
a. Keimzahlbestimmung 42
b. Colizahlbestimmung 42

IV. Spezielle Untersuchungen 43

1. Untersuchungen am Einflußgebiet des Abwasserkanals in der Verlängerung der Paulstraße, mit spez. Berücksichtigung der Verteilung der Bakterien in horizontaler und vertikaler Richtung im Schlamm 43

2. Untersuchungen am Einflußgebiet eines Hochwasserkanals (Überlaufkanal) mit spezieller Berücksichtigung der Nachweisbarkeit des Bact. coli in verschiedenen Zeitabschnitten 49

3. Weitere Untersuchungen von Schlamm an anderen Uferstellen im Bereiche von Hoch- und Abwasserkanälen und Abwasser führenden Bächen des Zürichsees 54

V. Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen 73

I. EINLEITUNG.

Mit der zunehmenden Bedeutung des Waſſers aus Flüſſen und Seen für die Trinkwaſſerverſorgung, parallel mit der Erkenntnis von der Rolle der Bakterien für die Krankheitserſcheinungen gewann dieſes Waſſer an Intereſſe für die wiſſenſchaftliche Forſchung.

Aber nicht nur das Waſſer, ſondern auch der Boden dieſer Gewäſſer, bezw. der Bodenſatz, d. h. die Beschaffenheit alles deſſen, was ſich im Verlauf der Zeit aus dem Waſſer auf dem Grunde ſeiner Becken abſcheidet, mußte in den Bereich der Forſchung gezogen werden.

Wenn auch dieſe Ausſcheidung von Detritus praktiſch die Bedeutung haben kann, daß dieſe Beſtandteile nun definitiv aus dem Waſſer verſchwunden ſind, ſo iſt doch immer wieder die Möglichkeit gegeben, daß unter gewiſſen Bedingungen, wie Strömungen, Wirbelbildung und ähnlicher Erſcheinungen, dieſer Bodenſatz wieder in das Waſſer gelangen kann.

Sind aber die Bedingungen ſolche, daß das Sediment ungeſtört am Grunde abgelagert bleiben kann (Seegrund), ſo ſtellt es gleichſam die Geſchichte des über ihm ſtehenden Gewäſſers dar. Mit anderen Worten, da alles das, was wir in dieſem Bodenſatz finden, einſtmals im Waſſer ſuspendiert war, ſo können wir aus der Unterſuchung einer ſolchen Sedimentprobe Rückſchlüſſe auf den Zuſtand des Gewäſſers in der jüngſten, oder einer vergangenen Zeit ziehen.

Da eine ſolche Sedimentierung natürlich abhängig iſt von der Ruhe, bezw. Strömungsgeſchwindigkeit des Gewäſſers, ſo liegt es auf der Hand, daß nur ſtehende Gewäſſer oder Flüſſe mit ſehr langſamer Strömung in dieſer Weiſe ihre Geſchichte ſelber ſchreiben.

1. Schlammbildung.

Was die Art und Weiſe der Ablagerung des Schlammes betrifft, ſo kann ſie durch verſchiedene Urſachen zu Stande kommen.

a. Schlammbildung außerhalb der Uferzone.

Der Schlamm kann durch reine Seealluvionen entſtehen, welche ſich durch Ablagerung der Suspenſionen aus den darüberlagernden Waſſermaſſen bilden. Dieſe Art des Schlammes wird außerhalb der Einflußzone der einmündenden Bäche und Kanäle angehäuft. Er kann

alſo entſtehen durch das Ausfallen von Eiſen- und Manganverbindungen; dieſen Schlamm erkennt man gut an ſeiner Farbe, den oberflächlichen, rotbraunen, an Eiſenoxyd reichen, und den mit dunklen Nuancen, mit Schwefeleiſen durchzogenen in den tieferen Schichten. Oft bildet das Eiſen einen nicht unbedeutenden Teil des Schlammes. Einige Beiſpiele für das Vorkommen ſolchen Schlammes ſeien angeführt:

Tieſing (1) fand in einer Talſperre bis zu 17 % Eiſenoxyd.

Will (2) fand im Schlamm des Turbinenhauſes der Nordhauſerſperre 15,4 % Eiſenoxyd, ferner Mangan als Braunſtein bis zu 25 %.

In den tiefſten Schichten kann freie Kohlenſäure vorhanden ſein, welche wie ſchon das Waſſer ſelber beſtimmte Beſtandteile aus den Geſteinen löſt und die zurückgebliebenen feineren Reſte der weiteren Zertrümmerung und Auflöſung leichter zugänglich macht.

Des weiteren tragen zu Schlammbildung anorganiſcher Natur hauptſächlich in größeren Seebecken außer den Eiſen- und Manganverbindungen auch die Magneſium- und die Kalkverbindungen bei, herrührend aus dem Waſſer ſelbſt, oder dann aus dem nach der Vegetationsperiode abgeſtorbenen Pflanzen, wie Algen, Laichkräutern und anderen Waſſerpflanzen, welche oft reichlich Kalk und auch Kieſelſäure in ſich aufgeſpeichert haben.

Zur Bildung von organiſchem Schlamm, der ſich oft in Seebecken in großen Maſſen vorfindet, trägt das Plankton weſentlich bei. Die Menge dieſer Organismen iſt zuweilen ſehr groß.

Weitgehende Unterſuchungen über Schlamm dieſer Art hat neben zahlreichen anderen Forſchern Forel (3) im Genferſee ausgeführt.

Dieſe ſehr intereſſanten Tatſachen und Befunde ſind in der Literatur zur Genüge niedergelegt; näher darauf einzugehen liegt nicht im Bereiche dieſer Arbeit.

b. Schlammbildung im Bereiche der Uferzone und ihre ſchädigende Wirkung.

Ganz anders liegen nun die Verhältniſſe in der Uferzone bezw. im Einmündungsgebiet von natürlichen Gewäſſern in den See.

Die Einſtrömungsſedimente ſind natürlich ihrem ganzen Weſen nach verſchieden von dem Schlamm des eigentlichen Seebeckens. Zu den pflanzlichen und tieriſchen Reſten geſellen ſich noch die vom hygieniſchen Standpunkte aus beſonders wichtigen Stoffe aus den größeren und kleineren Waſſerrinnen und Bächen an deren Einmündungsſtelle.

Je dichter bewohnt ein Uferſtreifen iſt, um ſo größer iſt die Menge dieſer Schmutzwäſſer und um ſo reicher ſind ſie an organiſchem und

damit zerſetzungsfähigem (fäulnisfähigem) Material, eventuell an Krankheitsſtoffen, was hygieniſch von beſonderer Wichtigkeit iſt. Dieſes Material lagert ſich je nach der Einſtrömungsgeſchwindigkeit der zuführenden Waſſerart und nach dem Gefälle der See-, reſp. Flußſohle, entweder dem Ufer genähert, oder aber weiter entfernt im Seegrund ab. Dazu geſellen ſich weitere Faktoren, wie das ſpezifiſche Gewicht und die Größe der Suſpenſa. Je ſchwerer und größer das eingeführte Material iſt, um ſo raſcher wird es ſich zu Boden lagern, währenddem die feineren Beſtandteile dazu längere Zeit benötigen und ſich erſt weiter draußen zu Boden ſenken werden. Die ſpezifiſch leichteſten und gleichzeitig kleinſten Beſtandteile, die Bakterien, ſind für ihre Sedimentierung abhängig vom ſpezifiſchen Gewicht des Waſſers ſelbſt. Iſt dieſes Waſſer kälter und damit dichter, ſo wird es mit ſeinen Suſpenſionen tiefer ſinken und die Sedimentierung erfolgt raſcher, als wenn das einfließende Waſſer wärmer iſt, wie dasjenige des Vorfluters, in jenem Falle wird die Sedimentierung verlangſamt bezw. weiter vom Ufer entfernt erfolgen.

Die Anhäufung von Steinen, Sand und anderem Anſchwemmungsmaterial an den Ufern kann zeitweiſe ſo mächtig werden (wie ich es am Zürichſee auch beobachten konnte), daß öfteres Ausheben ſich als notwendig erweiſt, um eine Rückſtauung des Bachwaſſers zu verhindern.

Betrachten wir nun die Eigenſchaften des ſo entſtandenen Uferſchlammes, ſeine Beziehungen zum darüberſtehenden Waſſer, ſowie zur weiteren Umgebung.

Je reicher an organiſchem Material der Schlamm iſt, um ſo raſcher werden die Zerſetzungsvorgänge in ihm ſich abſpielen und nach Verbrauch des zur Verfügung ſtehenden Sauerſtoffes anaeroben Charakter annehmen; der Schlamm wird faulen, was ſich darin beiſpielsweiſe durch Schwefeleiſenbildung (Schwarzfärbung) und durch üblen Geruch der Schlammproben kund gibt. Dieſe Gerüche teilen ſich dem darüberſtehenden Waſſer mit, oder ſie treten auch direkt bei wechſelndem Waſſerſtande der Uferzone in die Luft über, eine namentlich zur Sommerszeit den Anwohnern wohlbekannte Erſcheinung.

Tritt aus einem Schlamm Gas in Blaſenform aus, ſo darf daraus nicht der Schluß gezogen werden, daß dieſer Schlamm, durch von Abwaſſer herrührende Detritusſtoffe, verunreinigt ſein müſſe. Es kann Schlammbildung mit Gasentwicklung auch weiter im See draußen auftreten, wo eine ſolche Verunreinigung ausgeſchloſſen iſt. In dieſen Fällen handelt es ſich um die Zerſetzung organiſcher Stoffe, die als Reſte der natürlichen Flora und Fauna des Waſſerbeckens in den Schlamm geraten und hier unter Gasbildung abgebaut werden.

Verſchieden von dieſen Gerüchen ſind auch die durch friſche Planktonten hervorgerufenen Düfte. Bei ihnen tritt gewöhnlich der Schwefelwaſſerſtoff-Geruch zurück und aromatiſche, an Waſſerpflanzen erinnernde, fiſchige Gerüche machen ſich bemerkbar. Am meiſten ſcheinen die Algen daran beteiligt zu ſein.

In Zürich macht ſich dieſer Geruch auch von Zeit zu Zeit bemerkbar. Einige kalte Nächte genügen dann häufig, um den Geruch zum Verſchwinden zu bringen. Wenn die Mündungen der Abwasserkanäle durch hohen Waſſerſtand verſchloſſen ſind, ſo werden die zerſetzlichen Stoffe ſchon im Kanal ſelbſt ſedimentiert, desgleichen wenn das Gefälle der Zuleitungskanäle ein ſehr ſchwaches iſt. Sie können zu erheblichen Geruchsbeläſtigungen Veranlaſſung geben, falls ſie nicht den tieferen Schichten in geſchloſſenen Röhren zugeführt werden.

Eine Verbreitung der Schmutzſtoffe von den Einmündungsſtellen der Kanäle aus kann auch durch Wellenſchlag und durch vom Wind bedingte Strömungen erfolgen, wobei die leichten und feiner disperſen organiſchen Abfallſtoffe für dieſen Transport in Frage kommen.

Dieſe verſchiedenen Verhältniſſe ſind ſchon früher mit Erfolg erforſcht und beſchrieben worden.

Holſt, Geirsvold und Schmied-Nielſen (4) konnten im Hafen von Chriſtiania mächtige Verſchlammungen mit Bildung von brennbaren Gaſen nachweiſen. Die Verunreinigung des Hafenwaſſers und die Anſammlung von faulem Schlamm und Schlick macht ſich oft bis auf eine Entfernung von 100 m von der Einmündungsſtelle bemerkbar.

Lehmann (5) berichtet über ſehr große Schlammanſammlungen im Kanalhafen von Frankenthal. Die Stadtbäche haben hier vor dem Eintritt in den Kanal Schlammfänge zu paſſieren. Alle zwei Monate müſſen dieſe geleert werden. Es wurden hierbei aus den Bächen und den beiden Schlammfängen ca. 75 m^3 Schlamm zu Tage gefördert. Hier verbreitete der Schlamm einen üblen Geruch, der im Hochſommer geradezu unausſtehlich wurde. Je wärmer das Wetter, deſto ſtärker waren die Zerſetzungsvorgänge. Dabei war fortwährendes Aufſteigen von Gasblaſen zu beobachten. Dieſe Eruptionen bringen Schlammfladen von etwa einem Meter Durchmeſſer an die Oberfläche unter gleichzeitiger ſtarker Trübung des Waſſers.

Ähnliche Beobachtungen machte Fiſcher (6) im Kielerhafen.

In viel höherem Grade als die häuslichen Abwaſſer kommen die Fabrikabwaſſer als ganz weſentliche Urſachen zur Schlammbildung in Betracht. So liefert eine einzige Zellſtoffabrik ſo viel ſuspendierte Stoffe im Abwaſſer wie eine Stadt von ca. 100000 Einwohnern.

Weyl (7). Eine Zuckerfabrik mit einer täglichen Verarbeitung von mehreren 1000 Zentnern Rüben verſchmutzt die Vorflut ebenſo ſtark wie eine Stadt von mehreren 10000 Einwohnern.

Oskar Spitta (8), Schütz (9) berichtet über Mißſtände, die durch die Einleitung von Induſtrieabwaſſer in einen Vorfluter bei Königsberg beobachtet wurden. Indem bei Zutritt von Sulfitwaſſer der dortigen Zellſtoffabrik eine ſtarke Verdünnung der Abwaſſer eintritt, wird die desinfizierende Wirkung der Lauge aufgehoben, und werfen ſich nun die Bakterien des ſtädtiſchen Abwaſſers auf die nun noch zahlreicheren willkommenen Nährſtoffe in der Zellſtofflauge und bewirken durch ihre Vermehrung die üppigſte Fäulnis, Sauerſtoffſchwund, und dieſer bedingt ſeinerſeits Fiſchſterben und endlich Schlammbildung.

Lauterborn (10) beobachtete, daß unterhalb Straßburg die Schiltigheimer Abwäſſer, die durch die Abgänge von Brauereien die Ill mit recht beträchtlichen Mengen fäulnisfähiger Subſtanz belaſten, zur Bildung ausgedehnter ſchwarzer Schlammbänke Veranlaſſung geben.

Die Biſchheimer Abwäſſer führen hauptſächlich Stärkekörner ab und veranlaſſen ebenfalls Bildung von Schlammbänken mit lebhafter Gärung.

Ein weiterer Fluß, die Schutter, wird durch die Zelluloſe- und Kunſtwollefabrik zu Kehl ſo ſtark verſchmutzt, daß das Bachbett erfüllt iſt von mächtigen, ſchwarzen, ſtinkenden Schlammablagerungen, aus denen fortwährend Gaſe entweichen und an deren Oberfläche ſich ſchillernde Häutchen ausſcheiden.

Die ungeheuren Mengen von Pflanzenreſten, die in Altersheim vor Illingen am Grunde modern und faulen, bewirken eine ſehr intenſive Verunreinigung, die ſich im freien Waſſer mit ſeiner Sauerſtoff ſpendenden Vegetation nur wenig, deſto ſtärker aber in dem durch Schwefeleiſen tintenſchwarz gefärbten halbflüſſigen Grundſchlamm bemerkbar macht.

Die Abwaſſer einer Gerberei von Gießen bedingen nach Angaben von Lauterborn (11) im Schlamm des etwa 700 m weiter unten gelegenen Hafens intenſive Fäulnisvorgänge.

Marſſon (12) fand bei ſeiner biologiſchen Unterſuchung des Rheines den Flußboden desſelben unterhalb der Kortheimer Zellſtoffabrik, welche ihre Abwaſſer einleitet, mit viel mazerierten ſtinkenden Holzabfällen, ſowie mit kleineren und größeren Partikeln elementären Schwefels bedeckt, während weiter oben nur Sand, Strohteile und Getreideſpelzen gefunden wurden.

Unter den induſtriellen Abwäſſern gibt es natürlich auch ſolche, deren Schmutzſtoffe nicht fäulnisfähig ſind. So liefern z. B. die Gas-

fabriken Abwäſſer, deren teerartige Beimengungen aber ganz beſonders für die Fiſche deletär wirken können. Die ſchweren Teeröle ſammeln ſich vorzugsweiſe im Schlamm an und können hier ihre ſchädigende Wirkung lange Zeit entfalten.

Ein weiterer Punkt, der dem Abwaſſer aufs Schuldkonto zu ſchreiben iſt, iſt eine ſo intenſive Pilz- und Algenwucherung im Vorfluter, daß Fabrikkanäle, Mühlgräben und dergleichen verſtopft und zur Waſſerführung unbrauchbar werden.

Die Beziehungen des Grundes zum darüberſtehenden Waſſer ſind, wie aus all dem hervorgeht, ſehr enge, doch gehen Schlammbildung und Verſchmutzungsgrad des darüberſtehenden oder fließenden Waſſers einander nicht immer parallel.

Haben wir es mit einem Gewäſſer mit relativ raſcher Strömung zu tun, ſo kann das Waſſer ziemlich ſchmutzig ſein, ohne daß der Grund weſentlich in Mitleidenſchaft gezogen wird. Ja, er kann durch raſches Fließen direkt gereinigt werden, ein Vorgang, den wir ja bei der ſogen. Schwemmkanaliſation in der Praxis nachahmend ausnützen. Andererſeits wird ſich in einem ſtehenden oder nur langſamfließenden Gewäſſer der Schmutz auch ſedimentieren, wenn das darüberſtehende Waſſer nur vorübergehend ſchmutzhaltig war. Es kann dann vorkommen, daß an ſich reines Waſſer über ſchmutzhaltigem Grunde ſteht, und daraus ergibt ſich die Notwendigkeit, bei Entnahme von Waſſer, bezw. Erſtellung von Trinkwaſſerverſorgungen ſtets auch die Verhältniſſe des Bodens zu berückſichtigen, da der Grundſchlamm bei der Entnahme des Waſſers (Saugpumpe) mit aufgewirbelt wird und dadurch das Waſſer verunreinigt werden kann.

2. Das Verhalten der Bakterien im allgemeinen im Schlamm.

An Schlammunterſuchungen im allgemeinen, ſowohl in qualitativer wie quantitativer Richtung iſt die Literatur nicht allzu arm. Alle Autoren gehen darin einig, daß der Gehalt an lebenden Mikroorganismen ein ſehr großer iſt.

Für die Anhäufung dieſer großen Zahl von Mikroorganismen im Schlamm kommen verſchiedene Faktoren in Betracht.

Die fortwährende Sedimentation von bakterienhaltigem Material aus dem darüber gelagerten Waſſer reichert dieſelben hauptſächlich an der Oberfläche des Schlammes an.

Dazu kommt ihre Vermehrung an Ort und Stelle.

Rubner (13) wies an Hand ſeiner Unterſuchungen beim Schlamm verſchiedener Brunnen nach, daß die aus dem Waſſer ſedimentierenden

Keime nicht nur nicht ihre Lebenskraft verlieren, sondern im Gegenteil aus irgend einem Grunde ihre Tätigkeit nur nach einem anderen Ort verlegt haben und sich hier beträchtlich vermehren.

Ein erst seit kurzer Zeit eröffneter Versuchsbrunnen enthielt eine außerordentlich große Menge von Keimen in jeder kleinsten Menge von Schlamm. Diese Ansicht vertrat auch Russel (14), der im Schlamm vom Grunde des Golfes von Neapel Bakterien fand, welche im darüberstehenden Wasser fehlten. (Bac. thalassophilus, Cladothrix intricata und andere mehr.)

Für die Vermehrung und die Lebensdauer der Bakterien im Schlamm können verschiedene Umstände in Betracht kommen.

1. Der Schlamm bietet für eine große Anzahl von Bakterien günstigere Ernährungsbedingungen als das Wasser, denn wir wissen schon vom Erdboden, daß er hauptsächlich an seiner Oberfläche von mehreren Hunderttausenden bis zu mehreren Millionen Bakterien pro ccm enthält, wie Fränkel (15) nachwies.

Ähnliche Verhältnisse werden auch im Schlamm herrschen, sodaß mit einigen Einschränkungen Erde und Schlamm direkt miteinander verglichen werden können.

2. Das Licht wird als bakterientötender Faktor beim Schlamme weniger in Betracht fallen, unter Umständen gar keine Rolle mehr spielen.

Als hemmende, bakterienfeindliche Faktoren anderseits aber wären zu nennen:

1. Die schädigende Wirkung der Gärungsprodukte.
2. Der Sauerstoffmangel für Aerobionten.
3. Die Tätigkeit der Protozoen, deren Hauptnahrungsquelle sie ja darstellen. Der wichtigste antagonistische Faktor für die Bakterien im Schlamm dürfte gerade in diesen Protozoen zu suchen sein. Wie im Wasser selber, so sind diese Organismen auf dem Grunde sehr stark vertreten.

Untersuchungen in dieser Richtung sind ausgeführt worden von Schapilewsky (16) und Langermann (17), welch letzterer hauptsächlich im Bodensatz des Friedberger Schwimmbassins solche Bakterien aufnehmende, sehr bewegliche Protozoen reichlich vorfand.

Die moderne, biologische Abwasserreinigung fußt auf dieser Tätigkeit der Protozoen. Sie finden sich nicht nur an der Grenze zwischen Wasser und Schlamm, sondern können auch tief in den Schlamm eindringen. Ein Beispiel dieses tiefen Eindringungsvermögens ist der Bodo ovatus, der nach Spiegel und auch Stokris (18) dem Wasser auf seinen vielverschlungenen Wegen durch den Boden noch leichter zu folgen vermag, als die Bakterien selber.

a. Vorkommen von Bakterien im Oberflächenschlamm.

Während über die Verteilung der Bakterien im Wasser kein allgemein geltendes Gesetz aufgestellt werden konnte, ist man heute allgemein der Ansicht, daß der Oberflächenschlamm eines Sees bezw. Meeres mit zunehmender Tiefe desselben, an Keimzahl stark abnimmt, bis etwa zu einer Wassertiefe von ca. 250 m, von da an soll eine weitere bedeutende Verminderung, bis zu den größten durchforschten Tiefen (ca. 1100 m) nicht mehr gefunden werden. Bei dieser Erscheinung wird die weitere Entfernung vom Ufer und damit von den Einmündungsstellen der Gewässer als Hauptursache anzunehmen sein. Diese Verhältnisse beleuchten die erwähnten Untersuchungen von Russel (14) im Golf von Neapel. Er fand, daß für die verschiedenen untersuchten Spezies die Maxima ihrer Entwicklung in der Schlammoberfläche liegen.

Was die Verteilung der Bakterien in verschiedenen Tiefen des Schlammes selber anbetrifft, so ist von vorneherein zu erwarten, daß ihre Zahl mit zunehmender Tiefe abnehmen wird. In größeren Tiefen werden höchstens noch Anaerobier aus der Klasse der Putrificus und der Zellulosevergärer, sowie der anaeroben Butter- und Milchsäurebazillen sich zu halten vermögen. Die Abnahme der Keimzahl mit zunehmender Tiefe der Schlammschicht erklärt sich auch ohne weiteres mit der Filtrationswirkung.

b. Vorkommen von Bakterien in tieferen Schlammschichten.

Die bakteriologischen Untersuchungen der tieferen Schlammschichten von Seen und größeren Flüssen sind nicht sehr zahlreich, jedenfalls zufolge der größeren Anforderungen, die sie an die Technik der Ausführung stellen. Doch finden wir in der einschlägigen Literatur immerhin einige Angaben über das Verhalten von Keimen in verschiedenen Tiefen von Boden- und Flußbodenproben an ein- und derselben Stelle.

Im Flußboden konnte Davids (19) neben einer Keimzahlabnahme mit zunehmender Tiefe des Schlammes zeitweise wieder ein Anschwellen konstatieren. Diese Erscheinung war fast immer von einer ungleichartigen Beschaffenheit des Grundes begleitet. So traf er bei einer Tiefe von 1 ¾ m mit sandiger Beschaffenheit desselben 9800 Keime pro ccm an, während an der gleichen Stelle bei 2 m Tiefe in schwarzem Moorboden 28000 Keime nachzuweisen waren. Gleiche Verhältnisse traf er auch in dem mit Wasser nicht bedeckten Boden der Uferzone an.

Sulzer (20) konstatierte ähnliches im Schlamm des Zürichseebeckens.

Die quantitativ ungleiche Verteilung der Bakterien in den verschiedenen Schichten kann aber auch auf der Entstehungsweise derselben beruhen, wobei das einemal z. B. nach starken Niederschlägen sehr viel mehr anorganischer Detritus eingeschwemmt und abgelagert wird, das anderemal nach Perioden längerer Trockenheit die Zuflüsse konzentrierter an organischem Material (Abwasser) sind. Das dem entsprechende Sediment ist schon an sich reicher an Bakterien und bildet überdies für dieselben einen besseren Nährboden.

3. Verhalten der pathogenen Keime im Wasser und im Schlamm.

Was nun die pathogenen Keime anbetrifft, so liegt es in ihrer Natur begründet, daß sie sich in der Außenwelt, ganz besonders im Wasser, meistens nicht zu vermehren vermögen, ja sich darin überhaupt nicht sehr lange lebensfähig halten.

Im Schlamm sind den früher angeführten Gründen entsprechend die Existenzbedingungen für die pathogenen Bakterien günstiger wie im Wasser.

Vernicke (21) fand im Schlamm eines künstlich infizierten Aquariums Choleravibrionen bis zu 3 Monate lang lebensfähig. Desgleichen konnte Christian (22) experimentell im Wasser, welchem er Schlamm und Choleravibrionen beigemischt hatte, diese Keime schon nach 4 Wochen nicht mehr nachweisen, während sie noch nach 6 Monaten im Schlamm gefunden wurden. Er führt diese größere Haltbarkeit auf die günstigeren Ernährungsbedingungen zurück.

Diese Laboratoriumsversuche werden bestätigt durch die Beobachtungen Défressine C. et Cazenewe H. (23), die anläßlich der Cholera-Epidemie in Toulon 1911 im November im Wasser der Ausflußläufe der Stadt Choleravibrionen nachweisen konnten, einige Wochen später aber nicht mehr. Aus dem Schlamm hingegen gelang es ihnen noch im Mai 1912, also 6 Monate nachher, dieselben zu isolieren.

Auch für Typhusbazillen liegen Beobachtungen vor, wo es gelang, aus dem Bodenschlamm vom Brunnen solche zu züchten, während das Aufsuchen derselben im Wasser erfolglos war.

Diese Tatsache mahnt uns als Hygieniker, dem Schlamm unsere besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da wir die Keime darin noch zu einer Zeit antreffen, wo sie aus dem Wasser schon längst verschwunden sind. Es liegt nun auf der Hand, daß wir gleich wie bei der bakteriologischen Trinkwasserbeurteilung uns nicht darauf beschränken dürfen, nach pathogenen Keimen zu fahnden, wir müssen vielmehr

die Sicherheit haben, daß auch die Möglichkeit einer pathogenen Infektion des Schlammes ausgeschlossen werden kann. Auch hier ist der Nachweis einer fäkalen Verunreinigung für die hygienische Beurteilung ausschlaggebend.

Es wird uns daher auch hier, wie bei der Wasseruntersuchung, der Nachweis des Bact. coli commune, als Leitorganismus für Fäkalverunreinigung, die wichtigsten Dienste leisten.

4. Das Bacterium coli.

a. Begriff des Bac. coli.

Bei der Bewertung des Bact. coli als Leitorganismus für fäkale Verunreinigung müssen wir uns aber immer kritisch vor Augen halten, wie ein Befund von Bact. coli gedeutet werden kann. Diese Deutung richtet sich nach der Stellungnahme zu den Fragen:

1. Ist das Bact. coli ein nur auf Mensch und Säugetiere beschränkter Organismus?
2. Wie lange hält sich das Bact. coli unter den Bedingungen der Außenwelt speziell im Schlamm lebensfähig?

Was die erste Frage anbelangt, müssen wir den Begriff des Bact. coli so eng umschreiben, daß sich die Möglichkeit ergibt, einen Colitypus nach seinen biochem. Verhalten als menschlichen oder doch zum mindesten Warmblütercoli zu kennzeichnen. Die bisher beliebte unscharfe Begriffsumschreibung dürfte wohl mit ein Grund dafür sein, daß wir bis heute in dieser Frage nicht weiter gekommen sind.

Von großer Bedeutung wäre es, wenn sich die Beobachtungen von R. Wood (24) bewähren sollten, wonach sich Bact. coli aus frischer Fäkalverunreinigung von den andern durch das Verhältnis von Wasserstoff und Kohlensäure bei der Lactosevergärung unterscheiden läßt. Eine Nachprüfung dieser Ergebnisse ist dringend erwünscht, ich bekam diese Arbeit erst nach Abschluß meiner Untersuchungen zu Gesicht und konnte eine solche nicht mehr vornehmen.

In dieser Richtung bewegt sich auch die Differenzierungsmethode von Burri und Düggeli (25), welche die eigentlichen «Darmcoli» von denen anderer Herkunft z. B. den «Grascoli» durch die Gärfähigkeit und die Zusammensetzung der Gärungsgase der nach Eijkmann isolierten Keime zu unterscheiden vermochten.

Bei unseren Untersuchungen mußten die Keime bei der Nachprüfung, um als Coli zu gelten, folgende Eigenschaften aufweisen:

1. Morphologisch: Gramnegatives Kurzstäbchen.
2. Gelatinekultur: nicht verflüssigend.

3. Trauben- und Milchzucker wird unter Gas- und Säurebildung vergoren.
4. Milch gerinnt bei 37° Celsius innert 2 Tagen.
5. In Neutralrotagar soll Farbenumschlag und Fluoreszens auftreten.
6. In Peptonlösung Bildung von Indol. (Auf die Indolbildung wurde nicht durchwegs geachtet.)
7. Auf Endo'schem Nährboden Rotfärbung der Kolonie mit Metallglanz.

Bei unseren Untersuchungen kamen neben Menschen- und Säugetierkot als Coliquellen auch die Dejekte der am Seeufer im Winter massenhaft auftretenden Möwen in Betracht. Die bakteriologische Untersuchung dieses Möwenkotes ergab reichlich Colibakterien, die mit den echten Warmblütercoli in sämtlichen Eigenschaften übereinstimmten, ein Befund, der sich mit den Ergebnissen von Remeltz (26) deckt.

b. Untersuchungen über die Lebensdauer des Bact. coli im Schlamm.

Was die zweite Frage, diejenige nach der Haltbarkeit des Bact. coli, in der Außenwelt anbetrifft, so ergibt sich aus der Literatur, daß dieses in Wasser und trockener Erde verhältnismäßig rasch eingeht, während es sich in feuchter Erde, bezw. Schlamm bedeutend längere Zeit zu halten vermag. So die Angaben von: Rauschenbach (27), Vincent (28), Freudenreich (29), L. Bitter (30), Revis Cecil (31), Konrich (32).

Sulzer (20) fand Colibakterien einigemal noch in tieferen Schlammschichten des Zürichsees, sodaß anzunehmen ist, diese Verschmutzung müsse zeitlich weit zurückdatieren und daß sich daher das Bact. coli im Schlamm längere Zeit lebensfähig erhalten könne.

c. Laboratoriumsversuch über die Haltbarkeit des Bact. coli in Wasser und Schlamm.

In den folgenden Versuchen suchte ich die Frage zu klären, wie lange das Bact. coli in künstlich infiziertem Schlamm und in dem über diesem Schlamm gelagerten Wasser lebensfähig bleibt und ob es eventuell die eine oder andere seiner Eigenschaften als Warmblütercoli einbüße. Zu diesem Zwecke sterilisierte ich Schlamm aus dem Zürichsee durch einstündiges Kochen auf freiem Feuer und versetzte ihn mit einer durch Watte filtrierten Aufschwemmung eines aus Faeces isolierten und auf Gelatine gezüchteten Colistammes, der sämtliche Eigenschaften eines Warmblütercolis zeigte. Den Schlamm überschichtete ich mit sterilem Wasser.

Gleichzeitig beimpfte ich mit dem gleichen Coliſtamm einen mit ſterilem Leitungswaſſer gefüllten Kolben. Beide Kolben wurden an einem vor Licht geſchützten Orte bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Von Zeit zu Zeit wurde dann eine Keimzahlbeſtimmung von Bact. coli ſowohl des ſterilen Leitungswaſſers des einen Kolbens, wie des Waſſers über der Schlammſchicht im anderen Kolben vorgenommen. Als Nährboden verwendete ich den Fuchſinnährboden nach Endo.

In ſteriliſiertem Leitungswaſſer, welches mit Bact. coli beimpft worden war, fand ich in den verſchiedenen Zeitintervallen folgende Keimzahlen:

		Keimzahl pro ccm
8. X. 1919	Datum der Beimpfung des Waſſers	
9. X. 1919	Waſſer nach kräftigem Schütteln des Kolbens	59000
14. X. 1919	" " " " " "	605000
27. X. 1919	" " " " " "	27000
15. XI. 1919	" " " " " "	320
27. I. 1920	" " " " " "	00
		Keimzahl pro 10 ccm
30. I. 1920	Waſſer nach kräftigem Schütteln des Kolbens	00

Es zeigte ſich hier in den erſten Tagen ein ſtarkes Anſchwellen der Keimzahl, worauf dann ein ſucceſſives raſches Abſterben erfolgte. Zwei Monate nach der Beimpfung des Waſſers erwies ſich dieſes als keimfrei, d. h. in 10 ccm konnten keine Colikeime mehr nachgewieſen werden.

Das den Schlamm überſchichtende Waſſer zeigte in den verſchiedenen Zeitintervallen folgende Zahlen:

		Keimzahl pro ccm
8. X. 1919	Datum der Beimpfung	
19. X. 1919	Waſſer über dem Schlamm	2700000
27. X. 1919	" " " "	4200000
30. XI. 1919	" " " "	115000
30. I. 1920	" " " "	2800
6. II. 1920	" " " "	45
15. II. 1920	" " " "	16

Auch hier haben wir anfänglich eine ſtarke Vermehrung der Keimzahl, welche dann ſchnell wieder abnimmt. Die Keime halten ſich hier länger als im Waſſer ohne Schlamm. Es iſt auffällig, daß am 27. X. 1919 im Waſſer faſt doppelt ſo viele Keime zu finden ſind, als 8 Tage vorher, nachdem man doch eine weitere Sedimentation hätte erwarten ſollen.

Vielleicht liegt eine Erklärung dieſer Erſcheinung in der Annahme von Rubner (13), welcher vermutete, als er ähnliche Beobachtungen in Trinkbrunnen machte, daß es ſich dabei um ein erneutes Ausſchwärmen von Keimen und eine Löſung von Bakterienverbänden handeln könne.

Nachdem ich am 15. II. 1920 das den Schlamm überschichtende Wasser abgehebert hatte, konnte ich auch eine Keimzahlbestimmung im Schlamm ausführen, was vorher vermieden wurde, um den Schlamm nicht aufzurühren.

Mit einem sterilisierten Hohlzylinder aus Messing wurde eine Probe aus der ca. 6 cm hohen Schlammschicht herausgestochen und davon je ein kleines abgestrichenes Stahllöffelchen von ca. 0,05 ccm Inhalt, welches ich als Maßeinheit verwendete, aus dem unteren und oberen Teil des Schlammzylinders in 10 ccm sterilem Leitungswasser aufgeschwemmt. Von dieser Schlammaufschwemmung wurde 1 ccm auf dem Endonährboden zum Verdunsten gebracht und bei 41° Celsius bebrütet.

Die Beimpfungen aus dem Schlamm begannen am 15. II. 1920 und wurden innert gewissen Zeitintervallen wiederholt. Ich erhielt in den verschiedenen Zeiträumen folgende Resultate:

	Datum der Beimpfung	Keimzahl pro Löffelchen
8. X. 1919		
15. II. 1920	Oberflächenschlamm	11 800
	Schlamm 6 cm tief	18 500
25. II. 1920	Oberflächenschlamm	9 200
	Schlamm 6 cm tief	17 300
30. III. 1920	Oberflächenschlamm	800
	Schlamm 6 cm tief	1 000
12. VI. 1920	Oberflächenschlamm	145
	Schlamm 6 cm tief	148
15. VII. 1920	Oberflächenschlamm	00
	Schlamm 6 cm tief	00

Da ich bei der letzten Untersuchung in einem Löffel Schlamm kein Bact. coli mehr nachweisen konnte, schwemmte ich am 17. VII. 1920 ca. 1 ccm des Schlammes in 10 ccm Wasser auf und bebrütete davon je 1 ccm und erhielt folgende Zahlen:

17. VII. 1920	Oberflächenschlamm	30 Kolonien pro ccm Schlamm
	Schlamm 6 cm tief	60 " " " "

Wir finden hier bei den ersten zwei Untersuchungen im Oberflächenschlamm bedeutend weniger Colikeime als in der 6 cm tiefen Schicht. Später gleicht sich die Keimzahl allerdings wieder aus. Welches die Ursache dieser Erscheinung sein könnte, dafür fehlt mir jede Erklärung. Es stände diese Erscheinung in direktem Widerspruch mit den Angaben der Literatur, indem der auf natürliche Art und Weise gebildete Schlamm in der Regel an seiner Oberfläche mehr Keime enthält, als in den tieferen Schichten. Allerdings haben wir es hier mit einem Schlamm zu tun, der ganz homogen mit dem Bakterienmaterial vermischt war. Es ist kaum anzunehmen, daß aus dem Oberflächen-

ſchlamm ſoviel Keime ins Waſſer ausſchwärmten und darin allmählich zu Grunde gingen und auf dieſe Weiſe die Oberflächenſchicht ſtärker entkeimt worden wäre.

Von den beiden letzten Verſuchen, ſowohl aus dem Waſſer wie aus dem den Schlamm bedeckenden Waſſer und dem Schlamm ſelbſt auf Endo gewachſenen Coli-Kolonien wurden je drei auf Gelatine zur Entwicklung gebracht und es zeigten alle typiſches Coli-Wachstum. Jeder der unterſuchten Stämme hatte alle ſeine biologiſchen Eigenſchaften, die er bei der Einſaat in das Waſſer und den Schlamm gezeigt hatte, beibehalten.

Aus den Verſuchen geht hervor, daß das Bact. coli ſich im Schlamm ganz weſentlich länger zu erhalten vermag, als in dem darüberſtehenden Waſſer.

Wenn ſich unter natürlichen Verhältniſſen, d. h. vor allem bei Gegenwart anderer Bakterien dieſe Dauerhaftigkeit zeitlich verſchieben mag, ſo wird doch dieſe Differenz zwiſchen Aufenthalt im Waſſer und im Schlamm ſicherlich weiterbeſtehen.

Es ergibt ſich daraus auch praktiſch, daß zum mindeſtens in ſeichteren Gewäſſern das Waſſer durch Aufwirbeln (Schiffahrt, Baden und dergleichen) neu infiziert werden kann.

Bemerkenswert in dieſen Verſuchen iſt die Beſtändigkeit der biologiſchen Eigenſchaften des Bact. coli.

II. ALLGEMEINE METHODIK.

1. Keimzahlbeſtimmung.

Die Beſtimmung der Zahl der Keime im Schlamm iſt gegenüber derjenigen im Waſſer noch bedeutend größeren Fehlerquellen (wegen der ungleichmäßigen Verteilung der Mikroorganismen im Medium) unterworfen.

Bei der gewöhnlichen Methodik der Keimzahlbeſtimmung auf der Gelatineplatte, ſowie bei den verſchiedenen Titerbeſtimmungen in flüſſigem Nährboden fallen von vorneherein die obligaten anaeroben Keime größtenteils außer Betracht. Ich glaubte auf eine beſondere Beſtimmung der Anaerobier verzichten zu können, da es mir bei den Unterſuchungen des Seeſchlammes nicht ſo ſehr auf die Beſtimmung der abſoluten Zahl der Keime ankam, ſondern vielmehr darauf, vergleichbare Werte unter den einzelnen, örtlich und zeitlich verſchiedenen Proben zu bekommen, zu welchem Zwecke die üblichen einfachen Plattenmethoden genügen.

Beiläufig ſei auch darauf hingewieſen, daß wir mit unſeren Nährböden niemals auch alle aneroben Arten, die in ihren Nahrungsanſprüchen ſo verſchieden ſind, herauszüchten können. Dieſer Umſtand macht ſich aber bei Unterſuchungen lediglich quantitativ vergleichender Art nicht ſtörend bemerkbar.

a. Gelatinenährboden.

Bei meinen Unterſuchungen verwendete ich für die Keimzahlbeſtimmung eine 10%ige Fleiſchwaſſerpepton-Gelatine mit einem Sodagehalt von 0,15% über den Lackmusneutralpunkt hinaus, wie ſie im hieſigen Inſtitut ſeit Jahren bei zahlreichen Waſſerunterſuchungen verwendet wird.

Sulzer (20) bediente ſich ihrer auch bei ſeinen Schlammunterſuchungen. Es ſtellte ſich dann aber bei meinen Verſuchen bald heraus, daß ſehr viele, die Gelatine verflüſſigende Keime im Schlamm enthalten waren, ſodaß die für die Beobachtung notwendige Zeit von 5 Tagen nicht immer eingehalten werden konnte, eine Beobachtung, die auch Sulzer (20) ſchon gemacht hatte. Man kann dieſes raſche Tempo der Verflüſſigung einigermaßen verlangſamen durch Erhöhung

der Gelatinekonzentration auf ca. 15%, was hauptſächlich in der wärmeren Jahreszeit zu empfehlen iſt. Ich habe ſo hochprozentige Gelatine wiederholt bei meinen Unterſuchungen verwendet, und konnte niemals beobachten, daß dadurch etwa der Nährboden verſchlechtert, bezw. die Zahl der angehenden Keime verringert worden wäre.

b. Agarnährboden.

Die Nachteile der Verflüſſigung fallen natürlich ſofort dahin, wenn man an Stelle der Gelatine Agar verwendet. Dieſer iſt auch von verſchiedenen Autoren vorgeſchlagen worden, unter gleichzeitiger Veränderung des eigentlichen Nährſtoffgehaltes.

So empfehlen Heſſe und Niedner (33) einen Agar- mit Albumoſe-Nährſtoff Heyden, desgleichen Paul Müller (34). Wahlbaum (35) hat auch vergleichende Verſuche mit Fleiſchwaſſerpeptonagar und Fleiſchwaſſerpeptongelatine angeſtellt und ſchlägt vor, zur Keimzahlbeſtimmung im Waſſer als geeigneten Nährboden im allgemeinen nur Fleiſchwaſſerpeptonagar zu verwenden, Gelatine aber zur Artbeſtimmung zu benützen.

Gocht und Thomann (36) und Abba (37) ſind aber mit den bei der Verwendung von Agarnährböden für die Beſtimmung der Keimzahl im Waſſer erzielten Ergebniſſen nicht zufrieden. Ganz abgeſehen davon, daß der Agar als ſolcher ſehr viel ſchwieriger zu handhaben iſt, beſonders wenn es ſich um große Serienunterſuchungen handelt, bleibt die Zahl der auf ihm gewachſenen Keime weit hinter derjenigen, der zur Kontrolle auf Gelatine gezüchteten zurück.

2. Methoden zum Nachweis der Verſchmutzung des Schlammes.

Entſprechend den Waſſerunterſuchungen intereſſiert uns auch im Schlamm hauptſächlich deſſen Gehalt an Schmutzſtoffen, beſonders Fäkalſtoffen, die ja ihrerſeits Indikatoren für eine mögliche Infektion mit darmpathogenen Keimen darſtellen.

a. Chemiſche Methoden.

Man hat auch hier zunächſt verſucht, durch die chemiſchen Unterſuchungen Klarheit zu gewinnen und zwar richteten die Analytiker ihr Augenmerk auf die Beſtimmung des Glühverluſtes, des Stickſtoffes und des Schwefelwaſſerſtoffgehaltes des Schlammes.

Der Glühverlust ist als solcher kein zuverlässiger Maßstab für die Verschmutzung eines Schlammes; dies haben Holst, Geirsvold, Sigrol und Schmid-Nielson (4) an Hand ihrer Untersuchungen des Schlammes im Hafen der Stadt Christiania bewiesen.

Ebenso wenig kann auch die Stickstoffbestimmung eine befriedigende Antwort auf die Frage nach der Verschmutzung geben, während uns die Schwefelwasserstoffbestimmung hierzu geeigneter zu sein scheint. Die Verfasser gelangten denn auch zum Schlusse, daß die chemische Methode, zum mindesten ihre ausschließliche Anwendung zur Beurteilung des Verschmutzungsgrades von Schlamm ungenügend sei.

b. Bakteriologische Methode.

Den chemischen Untersuchungen erweist sich die bakteriologische Untersuchung als überlegen, bei der das Bact. coli unser Leitorganismus für Fäkalverunreinigungen ist. Bei meinen Untersuchungen konnte ich aus diesen Gründen auf die chemische Methode verzichten und mich auf die bakteriologische Prüfung beschränken.

Neben der allgemeinen Keimzahlbestimmung trat jeweilen der Nachweis des Bact. coli in den Vordergrund.

Die Literatur über die Methodik des Nachweises von Bact. coli ist außerordentlich groß. So zählte schon Lösener (38) 700 Arbeiten, die sich mit der Frage eines elektiven Nährbodens für den Colinachweis beschäftigen. Er hat die betreffenden Arbeiten übersichtlich zusammengestellt. Mittlererweile hat sich die Zahl solcher Arbeiten noch beträchtlich vergrößert. Die neuere Literatur findet sich in der aus dem hiesigen Institut hervorgegangenen Arbeit von Sulzer (20), es sei deshalb auf diese Arbeit verwiesen.

Die hauptsächlich in Anwendung gebrachten Methoden können nach ihrer prinzipiellen Bedeutung in zwei Gruppen eingeteilt werden.

Während die eine Gruppe darauf ausgeht, die Zurückdrängung der Begleitbakterien durch hohe Temperatur oder chemische Zusätze zu erwirken, trachten die anderen darnach, dem Bact. coli möglichst günstige Lebensbedingungen hinsichtlich der Nährböden und der Temperatur zu bereiten, um ihm dadurch wieder zum Übergewicht gegenüber den Begleitbakterien zu verhelfen.

Die Methoden der erstgenannten Gruppe werden im allgemeinen als wenig empfindlich beurteilt, weil die Agenzien, die die Begleitbakterien zurückdrängen sollen, das Bact. coli selber ebenfalls schädigen.

Als die Begleitbakterien hemmendes Mittel, das aber das Bact. coli in seinem Wachstum nicht tangieren soll, erwies sich vor allem die Karbolsäure, welche von Vincent (28) bei seiner Titermethode herangezogen wurde.

Fast totale Unterdrückung sämtlicher, die Gelatine verflüssigenden Keime konnte Kaiser (39) durch Zugabe von Tannin und Gallussäure erreichen.

Unter Zugabe von Chininsulfat und Bariumacetat, ferner bei Verwendung von Jodkali konnte Elsner (40) bei Untersuchungen von Schmutzwassern das Bact. coli unter fast völligem Ausschluß der übrigen Bakterien herauszüchten.

Desgleichen zeigte sich nach Angaben von Purvis Carrington G. (41) Salizylnatron sehr elektiv hemmend gegenüber der Großzahl von Wasserbakterien.

Wenn auch diese Methoden einigermaßen brauchbare Resultate lieferten, so war kaum anzunehmen, daß damit eine absolut scharfe Grenze der Hemmungswirkung auf «Coli» und «Nichtcoli» zu erreichen sein dürfte, was auch durch Nachprüfung der besprochenen Methoden bestätigt werden konnte.

Die Vertreter der zweiten Gruppe bedienen sich zur Anreicherung des Bact. coli gewöhnlich eines flüssigen Nährbodens und zwar meistens einer Zuckerpeptonkochsalzlösung. Je nachdem darin Gasbildung auftritt oder nicht, wird die Kultur auf ev. Vorkommen vom Colibakterien weiter verarbeitet.

Nur das Verfahren von Petruschky und Pusch (42) bedient sich zur Vorkultur einer zuckerfreien Bouillon.

Anschließend an diese beiden prinzipiellen Gruppen wären noch diejenigen Verfahren zu erwähnen, die die Keimzahl möglichst direkt quantitativ zu bestimmen suchen. Dazu gehört in erster Linie das Verdunstungsverfahren von Marmann (43), bei dem die zu untersuchenden Wassermengen resp. Aufschwemmungsflüssigkeiten auf dem elektiven Nährboden (meistens Endo) zum Verdunsten und die darin enthaltenen Colikeime zur Kolonienbildung gebracht werden.

Thöni (44) macht diesem Verfahren den Vorwurf, daß die Nährbodenbereitung etwas kompliziert und die Anforderungen, welche an die Technik der Ausführung gestellt werden, für kleinere Laboratorien zu weitgehend seien. Er selber legt Laktosepepton-Agar-Schüttelkulturen an und führt jede Gasbildung in diesen Röhrchen auf Bact. coli zurück.

Uns scheint der Einwand von Minder (45), daß das Verfahren nicht befriedigt, mit einem gewissen Recht gemacht worden zu sein. So bestechend einfach diese Methode aussieht, kann ihr nur bedingter Wert zuerkannt werden, da beispielsweise bei Anwesenheit von Anaerobiern ebenfalls Gasblasen als Gärungsprodukte auftreten können, wobei diese Gase durch die Milchzuckervergärung durch Anaerobier (Butyricus) hervorgerufen werden, oder wobei es sich um Auftreten

von eigentlichen Fäulnisgasen (Putrificus) handeln könnte. Für unsere Untersuchungen des Schlammes konnte dieses Verfahren nicht in Frage kommen, da der Schlamm, wie die späteren Untersuchungen zeigten, recht erhebliche Mengen der oben erwähnten Milch- und Traubenzucker vergärenden Anaerobier enthielt.

aa. Verfahren von Marmann.

Vor die Wahl gestellt, welche Methode für den Nachweis des Bact. coli im Schlamm am einfachsten in der Ausführung und doch hinlänglich genau und zweckmäßig sei, entschloß ich mich, gestützt auf die Arbeiten von Sulzer (20), der das Verfahren bei seinen Untersuchungen mit Limmatwasser prüfte und es günstig beurteilte, sowie auch von Öttinger (46), der es zu gleicher Zeit wie Sulzer anwandte, für das Verdunstungsverfahren nach Marmann mit dem Säurefuchsin-Nährboden nach Endo. Von einer Beschreibung des Verfahrens sehe ich ab, indem ich annehmen darf, daß es genügend bekannt sei.

Im Verlauf meiner ersten Untersuchungen zeigte sich aber bald, daß es bei Schlammuntersuchungen viel zu wenig elektiv Coli bevorzugte, bezw. «Nichtcoli»-artige Bakterien hintanhält. Macht man schon bei der Wasseruntersuchung die Erfahrung, daß auf diesen Schalen häufig neben den typischen Coli-Kolonien mit Fuchsinglanz, alle Abstufungen von dunkelroten bis zu blaßrosa und mehr oder weniger saftige Kolonien sich einstellen, so zeigte sich auf den mit Schlamm beschickten Platten gleich, daß die Schlammbakterien in großer Zahl mit und neben den Colibakterien angehen. Schimmelpilze, üppig wachsende Sporenbildner und Flächenrasen entwickelnde Kolonien von verschiedener Art überwucherten das Bact. coli und machten ihm das Feld streitig, sodaß auf diesem Wege nicht zum Ziel zu kommen war.

bb. Colititermethode.

Auch mit einer Titrierungsmethode in flüssigen Nährböden erhoben sich Schwierigkeiten.

Ich beimpfte zu diesem Zwecke Trauben- und Milchzuckerbouillon in Gärröhrchen mit Schlamm und überließ sie der Gärung bei einer Temperatur von 41° Celsius. Dabei wählte ich absichtlich diese höhere Temperatur, um noch mehr Begleitbakterien in ihrer Entwicklung hintan zu halten, während ich eine Temperatur von 46° Celsius, wie sie Eijkmann (47) bei seiner Colititermethode empfiehlt, nicht anwenden wollte, da sie nach der Erfahrung anderer Autoren, die diese Methode einer Nachprüfung würdigten, die Colizahl doch nur im beschränkten Maße wiedergibt. Bei diesen Vorprüfungen zeigten jeweilen fast alle Gärröhrchen teils starke, schäumende, teils schwächere,

langsamere Gärung, sowohl in Milch- wie in Traubenzuckerbouillon, (es wurden immer zwei Parallelversuche mit Milch- und Traubenzuckerbouillon angesetzt) während gleichzeitig angelegte Endoplatten keine Colikeime aufgehen ließen.

Bei meinen späteren Untersuchungen habe ich diese vergleichenden Prüfungen weiter fortgesetzt und die Resultate bestätigen die Ergebnisse der ersten Versuche, wie die Tabellen auf den folgenden Seiten zeigen: 46, 47 etc.

Da die Gärung auch in mit solchem Schlamm beschickten Trauben- und Milchzuckerbouillonröhrchen auftrat, wo kaum eine Verschmutzung durch Fäkalbakterien anzunehmen war, machte mich diese Erscheinung stutzig, und es zeigte sich bei der Abimpfung auf Endoplatten, daß es sich in den meisten Fällen gar nicht um Coli oder coliartige Bakterien handelte, sondern um irgend einen einzelnen oder verschiedene andere Mikroorganismen.

Durch diese Vortäuschung von Coli in Trauben- und Milchzuckerbouillon durch die auftretenden Begleitorganismen verliert diese Methodik an Wert, sodaß ich auf ihre fernere Anwendung verzichtete.

cc. Endonährboden mit Kryſtallviolettzuſatz.

Während bei den früher auf Seite 25—26 erwähnten Hemmungsmitteln die eben besprochene Differenzierungswirkung nicht sehr ausgesprochen ist, bekam man in den Anilinfarben Substanzen in die Hand, die zu den einzelnen Bakterienarten, bezw. Gruppen ganz ausgesprochen verschiedenartige Affinitäten haben, und zwar tritt hierbei ihre hemmende Wirkung schon in sehr großen Verdünnungen in die Erscheinung.

Solche Beobachtungen wurden übrigens schon von Robert Koch, Behring und Kriegler gemacht.

Am ausgesprochensten zeigt sich dieses chemotropisch differenzierte Verhalten im Erlich'schen Sinne bei der Gruppe der Rosanilinfarbstoffe, Methylviolett (Gram-Verhalten), beim Kryſtallviolett und Malachitgrün. Die auffallende Hemmungswirkung des Kryſtallvioletts gegenüber grampositiven Kokken und Bazillen, während die Typhus-Coli-Gruppe unbeeinflußt bleibt, wurde schon von Drigalski und Conradi (48) praktisch benutzt bei der Herstellung ihres Differenzialnährbodens zum Nachweis von Typhusbazillen aus Stuhl.

Malachitgrün und Brillantgrün gehen in ihrem differenziellen Verhalten noch weiter, da sich ihnen gegenüber die Colibakterien wesentlich empfindlicher zeigen wie die Typhusbakterien, sodaß die Vorkultur auf Malachitgrünagar heute beim Nachweis von Typhus bezw. Para-Typhusbazillen aus Stuhl zur Methode der Wahl geworden ist.

Da sich bei meiner Fragestellung das Interesse auf das Bact. coli konzentrierte, so fielen Malachitgrün und Brillantgrün deshalb außer Betracht.

In neuerer Zeit haben M. Isabolinsky und L. Smoljon (49), Römer P., Gelb H. und Löhlin W. (50), Jansen Andrew M. (51), Churchmann John W. (52) und Simon und Wood (53) die hemmende und abtötende Wirkung und hauptsächlich die in dieser Hinsicht elektiv wirkenden Eigenschaften der Anilinfarbstoffe untersucht.

Das oben erwähnte lästige Überwuchern der Schlammbakterien gegenüber dem Bact. coli auf den Endoplatten versuchte ich durch Zusatz von Krystallviolett zum Endonährboden hintan zu halten.

Zunächst versuchte ich mit Krystallviolettzusatz zu Lactose-Agar und Sulfit allein zum Ziel zu kommen, wobei das Krystallviolett durch Sulfit reduziert und durch die bei der Gärung von Bact. coli gebildete Säure wieder hätte regeneriert werden sollen, wobei es gleichzeitig als Indikatorfarbe gedient hätte. Es zeigte sich aber in der Folge, daß die Menge des Farbstoffes viel zu groß hätte sein müssen, um den Farbenumschlag deutlich in die Erscheinung treten zu lassen und daß infolgedessen neben den Begleitbakterien auch die Colibakterien gehemmt worden wären. Zufolge dieser Nachteile mußte ich von seiner Verwendung in höherer Konzentration absehen.

Ich ging dann so vor, daß ich statt einfachen Lactose-Agar mit Sulfitzusatz den Endoagar verwendete und zunächst einmal ausprüfte, welche Konzentrationen von Krystallviolett brauchbare Resultate ergeben.

Drigalski-Conradi (48) geben zu ihrem Lackmus-Nutrosenährboden 20 mgr. Kristallviolett pro Liter. Ich prüfte zunächst Endo-Agar mit einem Gehalt von 40, 30 und 20 mgr. pro Liter.

Als Resultat ging aus diesen Versuchen hervor, daß die Hemmungswirkung eine zu starke war, indem auch die Colibakterien nicht nur was die Anzahl, sondern hauptsächlich was die Größe der einzelnen Kolonien anbetrifft, mitbeeinflußt wurden. Untersuchungen mit einem Krystallviolettgehalt von 10, 7,5 und 5 mgr. im Liter zeigten als oberste zulässige Grenze d. h. als Farbstoffkonzentration, bei der das Bact. coli im Vergleich zu den Kontrollplatten ebenso reichlich und gut auswuchs, eine solche von 5 bis 7,5 mgr. pro Liter. Hierbei waren fast sämtliche Begleitbakterien des Schlammes, welche sich auf dem gewöhnlichen Endonährboden immer zeigten, ausgeschaltet. Neben den Fuchsinglanz aufweisenden Colikolonien im allerengsten Sinne des Wortes gingen dann freilich gelegentlich andere Gram negative, coliähnliche Keime an, die sich von den Standard-Coli nur durch die Saftigkeit, bezw. Schleimwallbildung und dem entsprechenden Fehlen des Metallglanzes, sonst aber in nichts unterschieden.

Die auffallende Differenz in der tolerierten Konzentration von Kryſtallviolett in der Drigalski'ſchen Miſchung (20 mgr. pro Liter), welche ohne Hemmung ertragen wird, und der unſerigen beruht vielleicht auf der Summation mit dem gleichzeitig anweſenden Fuchſin. Vielleicht interferiert hier auch das Sulfit. Man könnte hier ev. auch an eine Potenzwirkung im Sinne von Bürgi denken, wie ſie Haſſentamp (54) bei der kombinierten Einwirkung von organiſchen und anorganiſchen Desinfektionsmitteln auf Bakterien nachzuweiſen vermochte.

Die Farbe des Nährbodens im erſtarrten Zuſtand iſt grau mit einem Stich ins Violette. Der Metallglanz tritt durch die Säurebildung deutlich zu tage. Eine Diffuſion des Farbſtoffes tritt, wenn die Schale nicht allzu eng beſät iſt, nicht ein.

Den Endonährboden als ſolchen änderte ich in dem Sinne ab, daß ich mich bei ſeiner Herſtellung ſtatt des in ſeiner Zuſammenſetzung unzuverläſſigen Natriumſulfits, wie Robinſon, Herold C., and Rettger Leo F. C. (55) empfehlen, des haltbareren Natriumbiſulfits bediente. Selbſtredend kam dann dementſprechend weniger zur Anwendung.

In den folgenden Tabellen habe ich einige Verſuche zuſammengeſtellt, wobei ich den gewählten Endonährboden mit einigen anderen, bezüglich ſeiner Fähigkeit möglichſt alle zur Ausſaat gelangten Colikeime aufkeimen zu laſſen, vergleichend prüfen wollte.

Die Verſuche wurden mit Waſſerproben mit und ohne Schlammbeimiſchung, wie ich ſie bei der Prüfung auf die Haltbarkeit des Bact. coli im Waſſer und Schlamm (Seite 20) verwendete, durchgeführt.

Mit Bact. coli beimpftes Waſſer.

Datum	Endo	Endo + Kryſt. viol. 5 mgr. pr. Liter	Endo + Kryſt. viol. 7,5 mgr. pr. Liter	Gelatine	Agar
9. X. 19	59000	49000	51000	68000	54000
14. X. 19	605000	550000	570000	614000	535000
27. X. 19	27000	26500	26000	28000	25600
15. XI. 19	320	356	380	405	415

Mit Bact. coli beimpftes Waſſer mit Schlammbeimiſchung.

19. X. 19	2700000	2400000	2100000	2900000	3200000
27. X. 19	4200000	4600000	3600000	3800000	4800000
30. XI. 19	115000	96000	105000	126000	102000
30. I. 20	2800	2400	2100	3400	2700
6. II. 20	45	40	31	65	46
15. II. 20	16	24	14	19	35

Die Tabellen erweisen eine gewisse Überlegenheit der einfachen über die Spezialnährböden, doch ist der Vorsprung praktisch nicht allzugroß und wird bei Material, das nicht wie vorliegendes nur Coli enthält, reichlich kompensiert durch die Ausschaltung der ihrerseits den Coli weit mehr beeinträchtigenden Begleitbakterien.

3. Anhang.

Die Hauptuntersuchungen meiner Arbeit wurden mit den oben eingehend beschriebenen Methoden durchgeführt.

Im Verlaufe derselben, namentlich gegen deren Abschluß hin, wurden mir aus der Literatur einige weitere Methoden bekannt, die ich zwar nicht mehr in meine Hauptversuche einführen konnte, die mich aber trotzdem veranlaßten, sie in ihrer praktischen Verwertbarkeit mit den von mir gewählten Methoden zu vergleichen. Bei der Methode der einfachen Keimzahlbestimmung auf Gelatine und Agar wies ich auf den Nachteil der unter Umständen allzu raschen Verflüssigung der Gelatineplatten einerseits und auf die im Vergleich zur Gelatine quantitativ geringere Wertigkeit des Agars andrerseits hin. Es lag daher nahe, ein Agar-Gelatinegemisch als Nährboden zu verwenden, wobei der Agar einer zu raschen Verflüssigung der Gelatine entgegenwirken sollte.

Günstige Berichte über die Zweckmäßigkeit dieses Vorgehens finden wir bei Plaut (56), Wilfort (57), Richter (58), Elsner (59), Fischer (60) und Prall (61).

a. Gelatine-Agar-Nährboden.

Ich versetzte bei meinen nachprüfenden Versuchen je einen Teil des im Institut gebräuchlichen 1½ % Fleischwasser-Pepton-Agars mit zwei Teilen der beschriebenen 10—15% Gelatine. Dieser Nährboden ist sehr viel leichter zu handhaben, da er schon bei 80° Celsius sehr rasch flüssig wird und erst bei 35° Celsius ziemlich langsam wieder erstarrt.

Zudem hat dieser Nährboden gegenüber dem Agar den Vorteil, daß er besser an den Glaswandungen haften bleibt, und daß er kein Kondenswasser auspreßt, gegenüber der Gelatine, daß er auch bei höherer Temperatur als bei 22° Celsius (25—27° C) bebrütet werden kann. Die Gelatine verflüssigenden Kolonien sind auch auf diesem Nährboden deutlich als solche zu erkennen, doch ist der Prozeß der Verflüssigung verlangsamt und die ganze Zone wird durch den anwesenden Agar gallertartig zusammengehalten, was die Handhabung

der Schalen wesentlich erleichtert, da kein Ausfließen des verflüssigenden Materials, wie bei der Gelatine, möglich ist. Ferner kommt es auch nicht so schnell zum Konfluieren zweier benachbarter verflüssigender Kolonien, was hauptsächlich beim B. mycoides, welchen ich im Schlamm auf den Gelatineplatten am meisten zu befürchten hatte, deutlich in die Erscheinung trat. Diese werden vielmehr längere Zeit durch eine Trennschicht deutlich von einander abgegrenzt, ein Umstand, der uns gestattet, die Beobachtungszeit entsprechend länger auszudehnen. Wenn die verflüssigenden Kolonien andere auch überwuchern, so sind letztere in der Verflüssigungszone doch sichtbar und können beim Auszählen nicht übersehen werden. Selbstredend ist auch bei diesem Nährboden darnach zu trachten, in der Verdünnung des zu untersuchenden Materials soweit zu gehen, daß die Schale nicht zu stark besät ist, was ein einwandfreies Auszählen aller Kolonien auch hier wesentlich erleichtert.

Ich lasse hier die Resultate einiger Versuche folgen, bei denen ich den besprochenen Agar-Gelatinenährboden zur Züchtung von Schlammbakterien verwendete und mit der sonst üblichen Gelatine, hinsichtlich seiner Brauchbarkeit für die quantitative Keimzahlbestimmung kontrollierte:

Schlammprobe, gefaßt bei der Bootsvermietungsstelle gegenüber dem Bauschänzli, Richtung Quaibrücke.

Schlammzapfen ca. 20 cm lang Aussaat: 26. XI. 1920		Zählung d. Kolonien: 30. XI. 20 Keimzahl pro Öse
Oberflächenschlamm:	Agar-Gelatine	20
	Gelatine	25
Schlamm 10 cm tief	Agar-Gelatine	40
	Gelatine	45
Schlamm 20 cm tief	Agar-Gelatine	20
	Gelatine	15
Wasser pro 1 ccm	Agar-Gelatine	1800
	Gelatine	1450

Schlammprobe, gefaßt bei der Bootsvermietungsstelle gegenüber dem Bauschänzli, Richtung Helmhausbrücke.

Schlammzapfen ca. 20 cm lang Aussaat: 26. XI. 1920		Zählung d. Kolonien: 30. XI. 20 Keimzahl pro Öse
Oberflächenschlamm:	Agar-Gelatine	330
	Gelatine	210

Schlamm 10 cm tief	Agar-Gelatine	250
	Gelatine	210
Schlamm 20 cm tief	Agar-Gelatine	56
	Gelatine	70
Waſſer pro 1 ccm	Agar-Gelatine	1000
	Gelatine	1050

Schlammprobe, gefaßt bei dem Überlaufkanal neben der Uto-Badanſtalt, 80 m vom Ufer entfernt.

Schlammzapfen ca. 32 cm lang		Zählung der Kolonien:		
Datum der Ausſaat: 10. XII. 1920		12. XII.	14. XII.	15. XII. 20
Oberflächenſchlamm:	Agar-Gelatine	4800	6150	6300
	Gelatine	4150	(verfl.)	(verfl.)
Schlamm 10 cm tief	Agar-Gelatine	280	470	520
	Gelatine	250	480	450 (verfl.)
Schlamm 32 cm tief	Agar-Gelatine	880	900	930
	Gelatine	890	910 (verfl.)	(verfl.)

Um zu kontrollieren, ob die Keimzahl im Schlamm während des Aufbewahrens im Laboratorium ſich verändere, unterſuchte ich den gleichen Schlamm nach eintägigem Verbleiben im Kühlſchrank wieder und erhielt folgende Keimzahlen:

Datum der Ausſaat: 11. XII. 20		Zählung der Kolonien:	
		13. XII. 20	15. XII. 20
Oberflächenſchlamm:	Agar-Gelatine	4750	5850
	Gelatine	4040	4700 (verfl.)
Schlamm 15 cm tief	Agar-Gelatine	340	1000
	Gelatine	340	910 (verfl.)
Schlamm 32 cm tief	Agar-Gelatine	700	1120
	Gelatine	760	(verfl.)

Schlammprobe, gefaßt bei dem Überlaufkanal neben der Uto-Badanſtalt, 50 m vom Ufer entfernt.

Schlammzapfen ca. 25 cm lang		Zählung der Kolonien:		
Datum der Ausſaat: 10. XII. 20		12. XII.	14. XII.	15. XII. 20
Oberflächenſchlamm:	Agar-Gelatine	2450	3750	3850
	Gelatine	2300	3650 (verfl.)	(verfl.)
Schlamm 12 cm tief	Agar-Gelatine	2200	3350	3400
	Gelatine	2200	2650 (verfl.)	(verfl.)
Schlamm 25 cm tief	Agar-Gelatine	380	490	550
	Gelatine	310	480	(verfl.)

Keimzahlen des gleichen Schlammes nach eintägigem Aufbewahren im Kühlschrank:

		Zählung der Kolonien:		
Datum der Ausſaat:		11. XII. 20	13. XII.	15. XII.	16. XII. 20
Oberflächenſchlamm:	Agar-Gelatine	4000	4450	5100
	Gelatine	3450	3640 (verfl.)	(verfl.)
Schlamm 12 cm tief	Agar-Gelatine	2250	4200	4800
	Gelatine	2400	4500 (verfl.)	(verfl.)
Schlamm 25 cm tief	Agar-Gelatine	400	740	920
	Gelatine	410	800	940

Aus dieſen allerdings nicht ſehr zahlreichen Parallel-Verſuchen mit Gelatine und Agar-Gelatine-Nährboden zur Keimzahlbeſtimmung des Schlammes iſt vor allem deutlich erſichtlich, daß auf dem Agar-Gelatine-Nährboden zum mindeſten ebenſoviel Keime aufgehen, wie auf der Gelatine. Wir ſehen ſogar auf einigen Schalen, wenn auch nicht erheblich größere, ſo doch deutlich hervortretende Unterſchiede zu Gunſten des Agar-Gelatine-Nährbodens. Dieſer Unterſchied tritt ſchon bei der erſten Auszählung, alſo zwei Tage nach der Ausſaat, deutlich hervor, zu welcher Zeit die Verflüſſigung auf der Gelatine noch nicht weit vorgeſchritten und dadurch ein einwandfreies Auszählen nicht gefährdet iſt.

In dieſer Beziehung kann alſo dem Nährboden kaum ein Nachteil zugemeſſen werden.

Es ſcheint auch keine Gefahr zu beſtehen, daß ev. Keime abgetötet werden, weil der zu unterſuchende Schlamm für die Kultur bei einer etwas höheren Temperatur mit dem Nährboden (36° C) gemiſcht werden muß, als dies bei der Nährgelatine der Fall iſt.

Von beſonderem Vorteil aber iſt bei dieſem Nährboden ſeine langſame Verflüſſigung durch peptoniſierende Bakterien, wodurch die Beobachtungszeit verlängert wird und die definitive Keimzahl höhere Werte erreicht.

Wenn auch bei Keimzahlbeſtimmungen für Waſſer die gewöhnlichen Gelatine-Platten genügend genaue Reſultate zeitigen, ſo dürfte der Agar-Gelatine-Nährboden bei Keimzahlbeſtimmungen im Schlamm, weil dieſer eben bedeutend mehr die Gelatine verflüſſigende Keime enthält, weſentliche Vorteile haben.

b. Verſuche mit «Pegallac»-Nährboden.

Einige Zeit vor Abſchluß meiner Unterſuchungen kam mir eine Arbeit des Holländers J. J. de Waale (62) zu Geſicht, welcher eine weitere Methodik zum quantitativen Nachweis vom Bact. coli ausgearbeitet hat.

Er arbeitet mit einer Titrationsmethode nach dem Freudenreich'schen Prinzip. Als Nährboden verwendet er eine Peptonlösung mit bis zu 10% Milchzuckergehalt.

Um die thermophilen Begleitbakterien zu hemmen, modifizierte er den Nährboden von Mac Conkey (63) und Müller (64), welche zu diesem Zwecke taurocholsaures Natron zusetzten, indem er sich der gewöhnlichen Rindergalle bediente. Als Indikator für Säurebildung wird Lackmus beigegeben. Der Kürze halber nennt de Waale diesen Pepton-Galle-Laktose-Lackmusnährboden: «Pegallac».

Angesichts der Angaben von Gaßner (65) über Hemmungswirkung der Laktose auch gegenüber dem Bact. coli, hatte ich ursprünglich Bedenken, so hohe Milchzuckerkonzentration anzuwenden. Ich setzte deshalb vergleichende Versuche mit Pegallac mit 1 und 10% Milchzuckergehalt an, d. h. ich beimpfte beide Nährböden mit gleichen Mengen einer Aufschwemmung von Fäkalien und später auch mit Schlamm und Abwasser.

An Hand dieser Parallelversuche mit 1 und 10% Milchzucker haltigem Pegallac konnte ich mich bald davon überzeugen, daß von einer solchen Hemmung der Colibakterien in dem verwendeten Material nicht die Rede sein kann.

Vergleichsversuch des Pegallac-Nährbodens mit 1 und 10% Milchzuckergehalt mit anderen Nährböden.

Frische Fäkal-Aufschwemmung	Endo-Nährboden	Endo-Kryst.viol.-Nährboden	«Pegallac» m. 1% Milchzucker	«Pegallac» m. 10% Milchzucker	Endobouillon
I. Verdünnung (1 Tropfen)	274	262	*	**	**
II. Verdünnung (1/10 Tropfen)	24	24	*	**	**
Ältere Fäkal-Aufschwemmung					
I. Verdünnung (1 Tropfen)	12	11	*	**	**
II. Verdünnung (1/10 Tropfen)	1	2	**	**	**
III. Verdünnung 1/100 Tropfen)	00	00	—	—	—
Limmatwasser	13	17	**	**	**

** = starke Gas- und Säurebildung durch Bact. coli.
* = schwache Gas- und Säurebildung durch Bact. coli.
+ u. ++ = schwache und starke Gas- und Säurebildung durch andere Bakterien.
— = keine Gasbildung.

Die Tabelle zeigt, daß sowohl Gas- wie Säurebildung durch das Bact. coli in dem 10% Milchzucker Pegallac bedeutend deutlicher zu Tage tritt. Anderseits ist er auch in seiner Empfindlichkeit gegenüber dem Bact. coli dem 1% Pegallac mindestens ebenbürtig.

Versuch mit Limmatschlamm, entnommen bei der hölzernen Brücke, hinter dem Warenhaus «Globus», 13. XI. 1920.

	Endo-Kryst.violett-Nährboden	Endobouillon + Kryst.viol.	Milchzucker-bouillon	Traubenzuck.-bouillon	3 Farben-nährboden	Pegallac 10% Laktose	Pegallac 1% Laktose
1 Löffel Schlamm	1200	**	*	*	1040	**	**
1/10 „ „	140	**	*	*	125	**	++

Versuch mit Wasser und Schlamm, entnommen beim Bauschänzli, 17. XI. 1920.

Wasser 1 ccm	6	**	*	*	7	**	**
„ 1/10 ccm	00	—	—	—	1	—	—
Oberflächenschlamm							
1 Löffel	00	—	+	+	00	—	—
1/10 „	00	—	+	+	00	—	—
Schlamm 10 cm tief							
1 Löffel	00	—	+	+	00	—	—
Schlamm 20 cm tief		⟨Rötung⟩					
1 Löffel	00	—	—	—	00	—	—
1/10 „	00	—	—	—	00	—	—

Hier zeigt sich der Pegallac-Nährboden der Milch- und Traubenzuckerbouillon überlegen, indem in den letzteren immer nicht durch Coli bedingte Gärung auftritt.

Versuch mit Seeschlamm, entnommen beim Überlaufkanal bei der Uto-Badanstalt, 24. XI. 1920.

	Traubenzucker-bouillon	Pegallac mit 10% Laktose	Pegallac mit 1% Laktose	Endo-Nährboden m. Kryst.violett
Schlamm 80 m v. Ufer =				
Oberfläche	*P	**	**	1
„ Mitte	*P	**	++⟨1⟩	00
„ Unten	+P	++⟨2⟩	+⟨3⟩	00

P = Fäulnisgeruch.
ad ⟨1⟩ = Stäbchen in Fädenverband, auf Endo kein Wachstum.
ad ⟨2⟩ = langes Stäbchen in „ „ „ „ „
ad ⟨3⟩ = langes dünnes Stäbchen, „ „ „ „

Hier wird bei «Schlamm unten» sowohl der Pegallac mit 10% Laktose wie jener mit 1% unter Säurebildung vergärt, ohne daß darin Coli nachgewiesen werden konnte.

Nach 2 mal 24 Stunden überimpfte ich von sämtlichen Röhrchen wieder auf Endo-Krystallviolettplatten, worauf einzig bei der Traubenzuckerbouillon und bei Pegallac mit 1% Laktose mit Oberflächenschlamm Coli-Wachstum eintrat.

Es scheint, daß hier durch die langandauernde Gärung in den konzentrierten Milchzuckernährböden die Keime geschädigt wurden. Dieser Befund beeinträchtigt bis zu einem gewissen Grade den Wert der Pegallac-Methode.

Versuch mit Seeschlamm, entnommen beim Überlaufkanal bei der Uto-Badanstalt, 27. XI. 1920.

	Endo-Kryst. viol.-Nährbod.	Pegallac m. 10% Laktose	Milchzucker-bouillon
Oberflächenschlamm 10 m v. Ufer	1700	**	**
" " 50 " " "	00	+ ⟨1⟩	+B
" " 80 " " "	00	+ ⟨2⟩	+B

B = Buttersäuregeruch.

ad ⟨1⟩ = Hier wird der Pegallac von einem die Gelatine verflüssigenden Kurzstäbchen, welches auf Endo bei der Abimpfung kein Wachstum zeigt, vergärt.

ad ⟨2⟩ = Gram positives Kurzstäbchen, meist zu zweien, nicht beweglich, auf Endo kein Wachstum.

Wie die Versuche zeigten, hat der Pegallac-Nährboden gegenüber der Milchzuckerbouillon nach Freudenreich den Vorteil, daß hierbei ev. vorhandene gasbildende Anaerobier ⟨Putrificus, Butyricus⟩ nicht so leicht aufkommen können, weil zu wenig Stickstoff haltige Substanz vorhanden ist. Es ist das hauptsächlich bei Schlammuntersuchungen, wo diese Mikroben störend sich entwickeln können, von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Wie aber die Versuche zeigten, wirkt auch der Pegallac-Nährboden nicht genügend electiv, um aus natürlichen Gemischen und besonders aus Schlamm das Bact. coli herauszuzüchten, indem sich darin Gas- und Säurebildner aus Schlamm entwickelten, die keine echten Coli sind.

c. Drei-Farbennährboden.

Anhangsweise versuchte ich auch noch einen neuerdings zur Anwendung kommenden Nährboden für die Coli-Kultur heran zu ziehen, den sogenannten Drei-Farbennährboden nach Gaßner ⟨65⟩, der sich

bei der Differenzialkultur von Typhus, Paratyphus, Ruhr eingeführt und gut bewährt hat.

Das Metachromgelb, bezw. Eriochromgelb als Kokken und Sporenbildner hemmendes Ingredienz wird hier mit Wasserblau 6 B extra P der Aktiengesellschaft für Anilinfarben Berlin, bezw. Helvetiablau von Geigy & Co., Basel als Farbstoff kombiniert.

Der mit diesem Farbstoff versetzte Milchzuckeragar ist grün gefärbt. Durch Bact. coli, als Säurebildner schlägt er in blauschwarz um. Auf diesem Nährboden treten wohl die echten Coli als schön dunkelblau-schwarze Kolonien deutlich hervor, doch ist der Gehalt an Eriochromgelb offenbar in der vorschriftsgemäßen Herstellungsart des Nährbodens nicht groß genug um die Begleitbakterien genügend zu hemmen, denn die Anzahl der nicht als Coli anzusprechenden Kolonien aus dem Schlamm war immer bedeutend größer, als die der echten Coli. Aus äußeren Gründen war es mir nicht mehr möglich, diesen Nährboden weiter zu modifizieren. Überdies erwiesen sich die Ergebnisse mit dem Krystallviolett-Endo-Agar als genügend zufriedenstellend. Ich habe diesen Nährboden bei Kontrollversuchen auch einigemal herbeigezogen und verweise auf die einschlägigen Tabellen Seite 36.

III. METHODIK DER SCHLAMMUNTERSUCHUNG.

1. Entnahme des Schlammes.

Zur Schlammentnahme bei Tiefenproben bediente ich mich eines Apparates, wie er von der deutschen Seewarte in Hamburg empfohlen wird und den auch Kolkwitz und Erlich ‹66› mit einigen Abänderungen beschrieben haben.

Derselbe wurde auch von Sulzer ‹20› benutzt, weshalb ich auf eine weitere Beschreibung desselben verzichten darf. Bei seiner Handhabung ist es notwendig, daß man einige Kautelen berücksichtigt, um die Schlammprobe einwandfrei zur Untersuchung bringen zu können. Wenn die Schlammschicht zähe und fest ist, gelingt es, mit dem Apparat einen zusammenhängenden Schlammzapfen zu entnehmen; ist der Schlamm aber noch nicht fest sedimentiert, so kommt es vor, daß die oberste weiche Schicht, wenn der Apparat mit dem beigegebenen vorgeschriebenen Belastungsgewicht hinunterschießt, zum Ventil herausgetrieben und der Zapfen auseinandergerissen wird, und auch der untere Teil, weil sich das Ventil zu Folge Eintritt von Schlamm nicht schließen kann, manchmal aus dem Rohr hinausgleitet. Man erhält dann ein in seiner Schichtung nicht mehr der Wirklichkeit entsprechendes Material, da der wichtigere Oberflächenschlamm verloren geht.

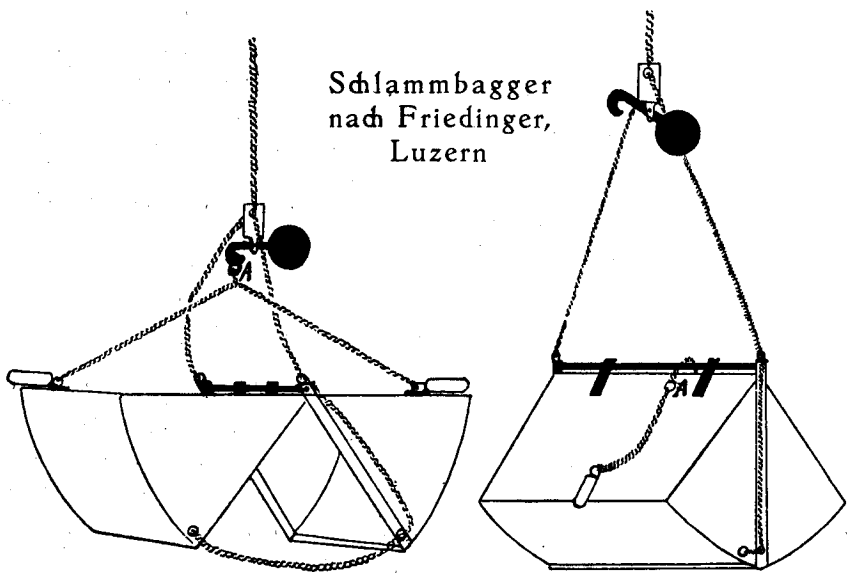
An solchen Stellen, wo der Oberflächenschlamm noch nicht festgelagert, d. h. breiig ist, empfiehlt es sich, den Apparat behutsam ohne Belastungsgewicht hinuntergleiten zu lassen; die Röhre dringt dann noch genügend tief ein und fördert einen der natürlichen Schichtlagerung im See entsprechenden Zapfen zu Tage, indem die untere, härtere Schicht die oberflächliche schlickige nicht aus der Röhre entweichen läßt.

Da es trotz den erwähnten Kautelen oft vorkam, daß der Schlammzapfen während des Heraufbeförderns durch das Wasser aus der Röhre herausglitt, vermutete ich, daß diese Erscheinung ihre Ursache darin hatte, daß der Zapfen die Röhre, bezw. deren Messingeinlage im Querschnitt nicht ganz ausfülle, und so eine genügende Adhäsion an der Röhrenwandung nicht zur Geltung kommen könne. Der Querschnitt des eindringenden Zapfens wurde nämlich durch einen am abgeschrägten Ende der Röhre angelöteten 3 mm nach innen vorspringenden Rand aus Kupferblech gegenüber der Lichtweite der Röhre + Messingeinsatzröhre stark verringert, sodaß der Zapfen leicht herausgleiten konnte.

Um diesen Nachteil zu beseitigen ließ ich mir eine 3 Zoll Wasserleitungsröhre aus galvanisiertem Eisen der Länge nach aufschneiden und auf einer Seite mit Scharnieren versehen, sodaß sich beide Röhrenhälften auseinanderklappen ließen. Die Röhre füllte sich nun vollständig mit Schlamm und ein Herausgleiten wurde durch das vollkommenere Anhaften, das durch die rauhe Innenfläche der Röhre noch erhöht wurde, verhindert.

Ein weiterer Vorteil dieser Röhre besteht darin, daß sich über dem Schlammzapfen keine Wassersäule ansammeln kann, welche beim Austritt des Apparates aus dem Wasser den Schlamm aus der Röhre manchmal herausspülte, oder zum mindesten ungünstig beeinflußte. Das Wasser konnte nunmehr durch die beiden Schnittflächen der Röhre heraustreten. Mit dieser Röhre konnte ich auch an Stellen, wo ich mit der anderen Mühe hatte, Schlamm in gewünschter Art zu bekommen, diesen leicht heraufbefördern. Ich glaube, daß die Aufgabe, eine Schlammprobe auch durch den Transport durch das Seewasser nicht von diesem verunreinigt zur Untersuchung zu erhalten, sich mit diesem Apparat ganz, oder doch teilweise erfüllen läßt.

Für die Entnahme der Oberflächenproben vom Schlamm bediente ich mich des Schlammlotes und des Schlammbaggers. Während ersterer Apparat jedermann bekannt sein dürfte, lasse ich hier eine kurze Beschreibung des Baggers folgen.



Schlammbagger offen

Schlammbagger geschlossen

Der Bagger wird, wie beigegebene Zeichnung zeigt, mit geöffneten Grifflächen, welche durch eine sinnreiche Vorrichtung geöffnet gehalten werden, hinuntergelassen. Sobald er auf dem Grund aufstößt, löst sich der Aufhängering A, durch welchen der Bagger geöffnet gehalten wird, aus und dann gräbt er sich zu Folge seines Eigengewichtes in den Schlamm ein und schließt sich beim Heraufziehen wieder. Der Bagger soll den Zweck erfüllen, möglichst viel Schlamm zu heben, ohne daß dieser durcheinander gemischt wird. Ersterer Anforderung kann er nachkommen, letztere wird er kaum immer erfüllen. Nach meinen Erfahrungen eignet er sich dann nicht besonders gut dazu, oberflächlichen Schlamm herauf zu befördern, wenn derselbe sehr weich und ungenügend sedimentiert ist, weil er sich zu Folge seines großen Eigengewichtes zu tief eingräbt, und weil auch durch den Einschluß von Wasser eine Mischung des Schlammes stattfinden kann. Ich verwendete den Apparat nur an Stellen, wo wenig Schlamm vorhanden, oder wo er fest sedimentiert war, hier leistete er gute Dienste. Gut bewährt hat sich der Schlammbagger an Orten, wo der Seegrund aus Sand und Kies bestand.

Der Apparat wird von der Firma Friedinger in Luzern konstruiert und wird von der hydrobiologischen Station in Kastanienbaum (Luzern) zu Untersuchungszwecken verwendet.

2. Verarbeitung des Schlammes für die Keimzahl- und Colizahlbestimmung.

Zur Untersuchung des Schlammes wurde an Ort und Stelle ein Querschnittstück des Schlammzapfens mit sterilem Messer in sterile Petrischälchen gebracht und so nach dem Laboratorium transportiert. Der Transport auf größere Distanzen erfolgte in mit Eis gekühltem Blechkasten. Das Abmessen der Untersuchungsproben kann nach Gewicht oder nach Volumen geschehen. Welches Verfahren das genauere ist, ist schwer zu entscheiden. Zweckentsprechender und einfacher ist jedenfalls das letztere, schon deswegen, weil man dabei weniger Gefahr läuft, den Schlamm zu infizieren, was beim Abwiegen leicht eintreten könnte. Bei deren Entnahme trachtete ich darnach, möglichst homogenes Material zur Untersuchung zu verwenden und besonders Steinchen und andere gröbere Teilchen auszuschalten. Da ich annehmen durfte, eine ziemlich große Keimzahl in den meisten Schlammproben vorzufinden, verwendete ich von vornherein, um nicht zu weitgehende Verdünnungen vornehmen zu müssen, möglichst wenig Material zur Untersuchung. Dafür wurden aber alle Untersuchungen mindestens in doppelter Reihe durchgeführt.

a. Keimzahlbestimmung.

Für die Keimzahlbestimmung wählte ich als Maß durchgehends eine große Platinöse von ca. 25 mgr. Lumeninhalt, die ich jeweilens beidseitig mit sterilem Platindraht abstricht, um nur das Material, welches sich im Lumen der Öse befand, zu verwenden. Dieses wurde in 10 ccm sterilem Leitungswasser aufgeschwemmt. Bei Schlammproben, in denen ich von vornherein eine besonders große Keimzahl vermutete, wie in der Nähe des Ufers bei der Einmündung von Kanälen, machte ich noch eine zweite, eventuell dritte Verdünnung. Das Material wurde in sterilem Wasser gut verrieben und verteilt und die Verdünnung jeweilens bei jeder Probeentnahme kräftig geschüttelt. Ein Aufschwemmen direkt in der Gelatine, wie Kabrhel (67) empfiehlt, ist jedenfalls nicht sehr ratsam für quantitative Untersuchungen, weil eine vollkommen gleichmäßige Verteilung kaum möglich wäre.

Man kann verschiedener Meinung darüber sein, ob man von vornherein größere oder kleinere Mengen des Ausgangsmaterials verimpfen soll. Im ersteren Falle ist man gezwungen, Verdünnungsserien herzustellen, und die Zahlenwerte durch Multiplikation zu gewinnen, wobei die Fehlergrenzen mit der Größe der Verdünnung naturgemäß zunehmen. Beschränkt man sich hingegen auf kleinste Aussaaten direkt aus dem Entnahmematerial, so läuft man Gefahr, bei nicht ganz gleichmäßiger Verteilung der Keime darin wiederum ungenaue Resultate zu bekommen. Diese Fehlerquelle suchte ich einigermaßen zu umgehen, indem ich mit der Öse, die zur Entnahme diente, aus möglichst verschiedenen Stellen der Schlammprobe Material herausholte.

Von der Aufschwemmung wurde jedesmal 1 ccm ausgesät, von jeder Probe zwei Parallelplatten angelegt und bei 22° C bebrütet. Sämtliche Resultate sind pro «Normalöse» ausgedrückt.

b. Colizahlbestimmung.

Für die Ermittelung der Colizahl schwemmte ich jeweilens ein bestimmtes Maß von Schlamm (wozu mir das bereits erwähnte halbkugelige Löffelchen diente) in 2 ccm sterilisiertem Leitungswasser auf und brachte davon je 1 ccm Aufschwemmungsflüssigkeit auf den dazu bestimmten Endo-Kristallviolett-Nährboden. Bestimmte ich nebenbei auch noch den Colititer in Milch- und Traubenzuckerbouillon, so wurde eine entsprechend größere Anzahl Löffelchen Schlamm in ebensoviel ccm Wasser aufgeschwemmt. Sämtliche Colizahlen sind pro Löffelchen ausgedrückt.

IV. SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN.

In Erweiterung der von Sulzer eingeleiteten Untersuchungen des Schlammes im Zürichsee, kam mir die Aufgabe zu, diese Verhältnisse auf einer breiteren Grundlage zu bearbeiten.

Wie in der Einleitung schon bemerkt wurde, konnte es sich auch bei diesen Untersuchungen nicht um eine vollständige Durchforschung des Schlammes in rein botanisch bakteriologischer Hinsicht handeln, wir beschränkten uns vielmehr darauf, zunächst durch Keimzahlbestimmung im allgemeinen mit den bisher üblichen Nährböden ein relatives Maß der Verschmutzung und sodann durch die Prüfung auf den Coligehalt, als Fäkalindikator ein Maß der Fäkalverschmutzung an verschiedenen Schmutzwassereinläufen zu bekommen. Mit dem Begriff Verschmutzung wollen wir gleichzeitig den Begriff der hygienischen Gefährdung im Auge behalten.

Die Untersuchungen erstreckten sich in der Hauptsache auf den Schlamm im Gebiete von Schmutz- und Hochwassereinläufen im unteren Teile des Seebeckens, wobei wir zu konstatieren versuchten:

1. Die horizontale und vertikale Richtung der Verschmutzung.
2. Wie lange eine eingetretene fäkale Verschmutzung im Schlamme nachweisbar sei, und ob eine solche im Schlamm noch nachgewiesen werden kann, während dies in dem darüber stehenden Wasser nicht mehr der Fall ist.
3. Wollte ich mich über die Keimzahlverhältnisse im allgemeinen in verschiedenen Entfernungen vom Ufer und in verschiedenen Tiefen im Schlamm orientieren.

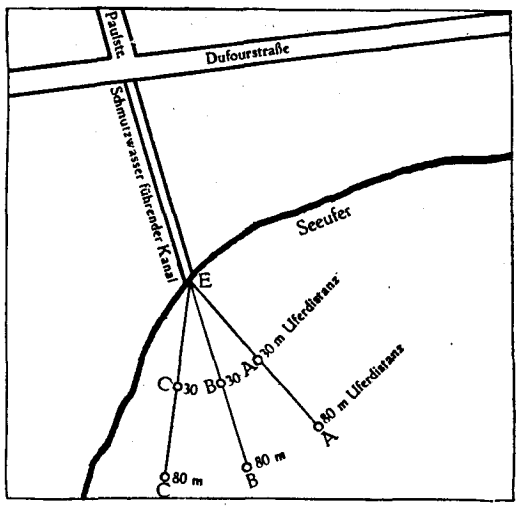
Die Schlammproben wurden in der Regel in zwei verschiedenen Entfernungen vom Ufer, d. h. in einer solchen von 30 und 80 m entnommen. Dieser Abstand wurde überall eingehalten, wo die örtlichen Verhältnisse es gestatteten. Neben der bakteriologischen Untersuchung wurde der Schlamm stets auch auf sein makroskopisches Verhalten untersucht, hinsichtlich seiner Farbe, Geruch etc.

1. Untersuchungen am Einflußgebiet des Abwasserkanals in Verlängerung der Paulstraße, mit spezieller Berücksichtigung der Verteilung der Bakterien in horizontaler und vertikaler Richtung im Schlamm.

Um den Einfluß eines Kanals, der sicher Fäkalstoffe in den See entleert, im Schlamm und auch im Wasser nachzuweisen, wählte ich

den Kanal, welcher in Verlängerung der Paulſtraße außerhalb des Zürichhorns in den See mündet. Dieſer kanaliſiert die Abwaſſer einer größeren Häuſergruppe zwiſchen der Dufourſtraße und der Seefeldſtraße. Während der Zeit meiner erſten Unterſuchungen war er auf eine Diſtanz von ca. 20 m vom See aus gerechnet nicht eingedeckt. Später wurde er dann bis zur Einmündung in den See zugedeckt. Wenn auch die Menge des Abwaſſers nicht außerordentlich groß war, und ſie zu den verſchiedenen Tageszeiten ſtark variierte, ſo machte ſich ſein Charakter als typiſcher Abwaſſerkanal ſchon von weitem bemerkbar.

Zur beſſeren Veranſchaulichung der Verſuche habe ich hier einen einfachen Situationsplan beigefügt, in welchem die jeweiligen Entnahmeſtellen eingezeichnet ſind.



Um mich über die Richtung des in den See eingeleiteten Abwaſſers zu orientieren, machte ich Verſuche mit rotbemalten Korkplättchen und mit Fluorescinlösung. Die Verbreitung der Korkplättchen an der Oberfläche des Sees konnte aber natürlich nur Auskunft geben über die entſprechenden Verhältniſſe in den oberflächlichſten Schichten. Einen beſſeren Einblick über die Ausbreitung und Verteilung des einſtrömenden Abwaſſers, auch in tieferen Schichten, ergab das Fluorescin, mit dem dieſes Abwaſſer gefärbt wurde. So konnte ich gut beobachten, wie ſich das gefärbte Abwaſſer nach und nach tiefer einſchichtete und welche horizontale Verbreitung es einnahm. Doch ſetzte natürlich auch hier die ziemlich raſch eintretende Verdünnung der Farbſtofflöſung der Verwertungsmöglichkeit dieſes Verfahrens allzu enge Grenzen.

Ähnlich, ja noch weniger günſtig fiel ein Probeverſuch mit Prodigioſusbakterien aus, die wir in 5 Liter Bouillonkultur mit dem einfließenden Abwaſſer zur Sedimentation in den See brachten. Denn auch hier war die ſofort einſetzende Verdünnung eine ſtarke, daß der Nachweis der Prodigioſuskeime im Uferſchlamm nur in unmittelbarer Nähe des Einlaufes gelang.

An Hand der Verſuche mit Korkplättchen und Fluorescin konnte nachgewieſen werden, daß die Verteilung des Abwaſſers in den oberflächlichen Schichten ſehr weit gehend von der herrſchenden Windrichtung, bezw. vom Wellenſchlag beeinflußt wird. Bei den zwei Verſuchen floß das Abwaſſer anfänglich ca. 5—7 m ſeeauswärts in Richtung der Verlängerung des Kanals, d. h. nach Punkt B, worauf es durch den Wellenſchlag gegen die rechte Uferſeite von der Einmündungsſtelle des Kanals aus geſehen, alſo Punkt C getrieben wurde, und dann floß es, ſoweit dies vom Ufer aus beobachtet werden konnte, ziemlich parallel dem Ufer entlang.

Nach dieſen Vorverſuchen nahm ich Keimzahl- und Colizahlbeſtimmungen des Schlammes vor unter Berückſichtigung ſeiner horizontalen wie vertikalen Verteilung. Gleichzeitig unterſuchte ich auch in vielen Fällen das Waſſer an den betreffenden Stellen, wo ich Schlammproben zur Unterſuchung gewonnen habe, um, wie bereits bemerkt, zu konſtatieren, ob im Schlamm noch eine Verſchmutzung nachgewieſen werden kann, während dies im Waſſer nicht mehr möglich iſt, und umgekehrt.

In den folgenden Tabellen bedeuten:

G = Gas durch Coli bedingt.
g = Gas nicht durch Coli bedingt.
gP = Gas nicht durch Coli bedingt, mit Putrificusgeruch.
gB = Gas nicht durch Coli bedingt, mit Butterſäuregeruch.
+ = Wachstum.
— = kein Wachstum.

Keimzahl- und Colizahlbeſtimmung im Oberflächenſchlamm beim Kanal in der Verlängerung der Paulſtraße unter Berückſichtigung der Horizontalverbreitung der Verſchmutzung.

	Keimzahl			Colizahl a. Endo + Kryſt.viol.		
14. V. 19	A	B	C	A	B	C
Waſſer aus Kanal, bei Einmündg. in den See 1 ccm		2175000			940000	
Waſſer 50 m v. Ufer „	5800	3350	2800	1300	1170	1450
„ 100 „ „ „	2940	2070	4000	420	480	530
23. V. 19						
Schlamm 3 m v. Ufer Oberfl.		270000			14000	
„ 30 „ „ „	260	650	2645	00	00	24
„ 50 „ „ „	420	2400	1800	00	00	00

	Keimzahl			Colizahl a. Endo + Kryſt.viol.		
31. V. 19	A	B	C	A	B	C
Schlamm 1 m v. Ufer Oberfl.		813000				
„ 30 „ „ „	2600	2900	1800			
„ 80 „ „ „	1650	2400	2500			
14. VI. 19						
Schlamm 1 m v. Ufer Oberfl.		980000			87000	
„ 30 „ „ „		4100			14	
„ 80 „ „ „	2500	2700	2000	00	00	00
6. III. 20						
Schlamm 3 m v. Ufer Oberfl.		218000			3000	
Waſſer 30 „ „ „					2	
Schlamm 30 m „ „	4700	3500	6500	00	00	7
„ 80 „ „ „	4000	3600	6000	00	00	2
7. V. 20						
Schlamm 3 m v. Ufer Oberfl.		480000			5400	
„ 30 „ „ „	2600	2100	3800	00	00	10
Waſſer 80 „ „ „						2
Schlamm 80 m „ „	2100	1700	3400	00	00	00

Im Herbſt wurden noch zwei Verſuche zur Colibeſtimmung an den verſchiedenen Entnahmeſtellen durchgeführt.

Nachweis der Horizontalverbreitung der Verſchmutzung beim Kanal in Verlängerung der Paulſtraße.

Datum		Colizahl a. Endo Kryſt. viol. Nährbod.			Colibefund in Milchzucker-bouillon		
		A	B	C	A	B	C
20. X. 20	Oberfl.-Schlamm 5 m v. Ufer		540			G	
	„ „ 30 „ „	3	2	10	g	gB	g
	„ „ 80 „ „	00	00	00	gP	gP	gP
4. XI. 20	Oberfl.-Schlamm 5 m v. Ufer		350			G	
	„ „ 30 „ „	00	00	6	g	gP	G
	„ „ 80 „ „	00	00	4	gB	gB	GB

Keimzahl- und Colizahlbestimmung im Schlamm beim Abwasserkanal in Verlängerung der Paulstraße unter Berücksichtigung der vertikalen Verbreitung der Verschmutzung.

Datum: 11. VII. 19	Keimzahl B	Makroskop. Befund	Colizahl a. Endo + Kryst. viol. Nährb. B
Schlamm 5 m v. Ufer Oberfl.			340000
Wasser 30 „ „ 1 ccm			345
Schlamm 30 „ „ Oberfl.			7
„ „ „ 10 cm tief			00
„ „ „ 20 „			00
Wasser 80 m „ 1 ccm			67
Schlamm „ „ Oberfl.			00
„ „ „ 15 cm tief			00
„ „ „ 30 „			00
17. VII. 19			
Schlamm 5 m v. Ufer Oberfl.	850000	graublau, fetzig	270000
Wasser 30 „ „ —	600		24
Schlamm „ „ Oberfl.	2200	bläulich-schwarz, sandig	00
„ „ „ 10 cm tief	2600	grau-schwarz, fein	00
„ „ „ 20 „	2100	grau-schwarz, sandig	00
Wasser 80 m „ —	400		2
Schlamm „ „ Oberfl.	1300	schwarz, nicht kompakt	00
„ „ „ 12 cm tief	2100	grau-bläulich, fein sandig	00
„ „ „ 25 „	4200	kompakt, graubraun, erdig	00
11. X. 19			
Schlamm 30 m v. Ufer Oberfl.	4200	schwz., verkohlt. Blätt. u. Pflanz.	
„ „ „ 9 cm tief	2800	braungrau, Pflanzenfasern	
„ „ „ 18 „	1900	blau-schwarz, erdig m. Pflanzenfasern	
„ 80 m „ Oberfl.	31000	braun, fein m. dunkeln Partikeln	
„ „ „ 12 cm tief	16000	blauschwarz, erdig, sandig	
„ „ „ 24 „	2100	blauschwarz, fein, erdig	

Datum: 11 X. 19	Keimz. C	Makroskop. Befund	Coliz. C
Schlamm 30 m v. Ufer Oberfl.	6400	erdig, moderig, graubraun	2
„ „ „ 11 cm tief	2600	blauschwarz, erdig	00
„ „ „ 22 „	2100	„ „	00
„ 80 m „ Oberfl.	3700	braun mit schwarzen Partikeln	
„ „ „ 14 cm tief	1900	graublau, fein	
„ „ „ 28 „	1400	grau, fein, erdig.	

Datum		Colizahl a. Endo Kryſt. viol. Nährbod.	Colibefund in Milchzucker-bouillon
11. X. 20	Waſſer 30 m v. Ufer 1 ccm	58	GB
	Schlamm „ „ Oberfl.	6	G
	„ „ „ 10 cm tief	00	gP
	„ „ „ 20 „	00	gB
	Waſſer 80 m v. Ufer 1 ccm	36	G
	Schlamm „ „ Oberfl.	4	GB
	„ „ „ 12 cm tief	00	gP
	„ „ „ 25 „	00	gP

Datum: 30. X. 20	Keimzahl B	Colizahl auf Endo-Kryſt. viol.-Nährbod.	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Colibefund i. Traubenzuckerbouillon	Makroſk. Befund des Schlammes
Waſſer 30 m v. Ufer 1 ccm		140	G		
Schlamm „ „ Oberfl.	3900	3	G		ſchwarz, fein, faſerig, moderig, ſäuerlich
„ „ „ 8 cm tief	1350	1	G		ſchwz.blau, ſand., erd.
„ „ „ 17 „	650	00	+		ſchwarz, kompakt a.d. Luft grau anlaufend
Waſſer 80 m v. Ufer 1 ccm		32		G	
Schlamm „ „ Oberfl.	4300	3		GB	graubraun, fein, erdig ſäuerlich, moderig
„ „ „ 13 cm tief	2800	00		+B	ſchwarzblau, fein, nicht ſandig
„ „ „ 26 „	2000	00		+B	braun-ſchwärzl., fein-ſandig, erdig.

Die Befunde zeigen mit aller Deutlichkeit, daß die Hauptmenge des eingeſchwemmten Schmutzes ſich in der Nähe der Einmündungsſtelle des Kanals abſetzt, wie wir denn auch hier nicht nur die größten Keimzahlen, sondern auch die größten Colibefunde konſtatieren können. Von einer Uferdiſtanz von über 30 m an nimmt die Keimzahl nur noch unbedeutend ab.

Es ist bei dieſer Entfernung auch keine Beeinfluſſung der tieferen Seepartien durch Abrutſchen von am Ufer angehäuftem Abwaſſerſchlamm mehr möglich.

Ein Parallelgehen der Keimzahlen mit den Colizahlen ist hier nicht sehr deutlich erkennbar.

Die horizontale Verbreitung der eingeschwemmten Schmutzstoffe tendiert bei diesem Kanal, wie die gefundenen Colizahlen zeigen, wenn auch nicht sehr stark, so doch recht deutlich nach den Punkten C, d. h. nach der rechten Seite hin, von der Einmündung des Kanals aus gesehen. Es würde dies gemäß den Vorversuchen im Sinne der Windrichtung, resp. dem Wellenschlag geschehen. So oft ich an dieser Stelle Schlamm entnahm, machte sich der Wellenschlag nach dieser Richtung geltend, ein einziges Mal war dies nicht der Fall. Daß dieses Verhalten durchaus nicht durch am Ufer abgelagertes Material hervorgerufen wird, (das Ufer ist nicht verbaut; es werden hier von Zeit zu Zeit Schutt und Baumaterialien abgelagert), sondern durch den Abwasser führenden Kanal verursacht wird, beweist der Umstand, daß ich in dem Ufermaterial keine Colikeime nachweisen konnte.

Die vertikale Verteilung der Keime zeigt hier in der Regel ein successives Abnehmen nach der Tiefe. Colikeime konnten im Oberflächenschlamm in der näheren Uferzone in den meisten Fällen, in den tieferen Schichten aber nur einmal nachgewiesen werden.

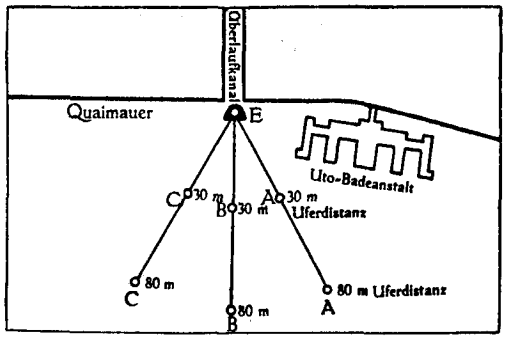
2. Untersuchungen am Einflußgebiet eines Hochwasserkanales (Überlaufkanales) mit spezieller Berücksichtigung der Nachweisbarkeit des Bact. coli in verschiedenen Zeitabschnitten.

Um nachzuweisen, wie lange sich eine einmal eingetretene Verschmutzung im Schlamm noch nachweisen läßt, wählte ich den Hochwasserkanal, welcher bei der Utobadanstalt, in Verlängerung der Kreuzstraße in den See mündet. Dieser Kanal tritt nur bei zu starker Belastung der Abwasser führenden Kanäle in Funktion (als Überlauf- oder Hochwasserkanal). Er entleert somit nur intermittierend Schmutzstoffe in den See. Gleichzeitig untersuchte ich den Schlamm bei der Einmündungsstelle auch wieder in horizontaler und vertikaler Richtung.

Der Kanal ist ziemlich groß, das Abwasser fließt ca. 1—1,5 m (je nach dem Wasserstand des Sees) unter dem Seespiegel in den See. Im Kanal selber machen sich sehr starke Luftdruckschwankungen durch den Wellenschlag geltend. An der Einmündungsstelle finden sich zur Vegetationszeit ziemlich viel Wasserpflanzen, hauptsächlich Potamogetonarten und Algen vor. Die Windrichtung macht sich hier mehr senkrecht zum Ufer geltend. Während die Gasentwicklung aus dem Grund an der Einmündungsstelle zur Winterszeit nicht besonders auffallend ist,

tritt ſie zur wärmeren Jahreszeit bis ca. 25 m in den See hinaus deutlich zu Tage. Am meiſten macht ſie ſich ſenkrecht zum Ufer in Verlängerung des Kanals bemerkbar. Der Seegrund beſteht bis auf ca. 10 m vom Ufer aus Sand, weiter ſeeauswärts nimmt er erdig, ſchlickigen Charakter an. Bei der Entnahme der Schlammproben hielt ich mich an die gleiche Verſuchsanordnung wie beim Abwaſſerkanal bei der Paulſtraße.

Zur beſſeren Orientierung habe ich auch hier einen kleinen Situationsplan eingefügt.



Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Reſultate neuer Verſuche.

Datum: 14. V. 20	Keimzahl	Colizahl a. Endo + Kryſt. viol.	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Makroſkop. Befund
	B	B	B	
Schlamm 1 m v. Ufer Oberfl.		4600		
Waſſer 30 „ „		00	—	
Schlamm „ „ Oberfl.	1200	12	g P	ſchwarzbraun, grob mit Pflanzenteilen
„ „ „ 8 cm tief	200	00	gB	heller, kreidiger Schlamm m. Pflanzenteilen
„ „ „ 15 „	700	00	gB	graubraun mit ſchwarzen Partikeln
Waſſer 80 m v. Ufer		00	—	
Schlamm „ „ Oberfl.	1400	00	gB	ſchwarzblau m. Wurzelfaſern

	Keimzahl	Colizahl a. Endo + Kryst.-viol.	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Makroskop. Befund
	B	B	B	
Schlamm 80 m v. Uf. 9 cm tief	300	00	gB	blaugrau, fein m. verkohlten Blättern
„ „ „ 18 „	300	00	gB	bleifarbig, lehmig, fein, moderig
11. X. 20				
Wasser 30 m v. Ufer		2		
Schlamm „ „ Oberfl.	3300	14	GB	grober Sand, etw. Fäkalger.
„ „ „ 7 cm tief	450	1	gB	„ „ ohne „
„ „ „ 15 „	300	00	gB	„ „ „ „
Wasser 80 m v. Ufer		3		
Schlamm „ „ Oberfl.	1500	9	gB	blaugr., fein stark durchnäßt
„ „ „ 12 cm tief	1000	00	gB	blauschwz. m. Pflanzenrest.
„ „ „ 25 „	1100	00	gB	„ trockener als oben, sandig, erdig.

Seetiefe bei 30 m Uferentfernung = ca. 8 m
„ „ 80 „ „ = „ 14 „

Keim- und Colizahlbestimmung im Schlamm bei dem Hochwasserkanal bei der Utobadanstalt unter Berücksichtigung der vertikalen Verteilung der Verschmutzung.

Datum: 28. VI. 19	Keimzahl	Colizahl auf Endo-Kryst. viol.-Nährb.			Makroskop. Befund
	B [1]	A	B	C	
Schlamm 1 m v. Ufer Oberfl.			3700		
„ 30 „ „ „	4800	400	650	300	[1] B = schwarz, kompakt, dunkel, blaugrau, weich
„ „ „ 12 cm tief	2300				
„ 80 „ „ Oberfl.	2200	70	130	45	B = schwarzgrau, mod.
„ „ „ 20 cm tief	300	00	12	20	„ „

11. VII. 19			
Wasser 50 m v. Ufer 1 ccm	1400	00	
Schlamm „ „ Oberfl.	3300	00	B = schwarz, fein, mod.
„ „ „ 10 cm tief	2300	00	graublau, „ „

Datum: 11. VII. 19	Keimzahl B[1]	Colizahl auf Endo-Kryſt. viol.-Nährb. A	B	Makroſkop. Befund
Schlamm 50 m v. Uf. 20 cm tf.	90	00		ſchiefergrau, ſehr fein
Waſſer 100 m v. Ufer 1 ccm	700	00		
Schlamm „ „ Oberfl.	2000	00		[1]B = ſchwarzgrau, moderig
„ „ „ 15 cm tief	1300	00		grau, erdig, fein mit ſchwarzen Partikeln
„ „ „ 30 „	900	00		ſchwarzgrau, fein, moderig
15. VII. 19.				
Schlamm 1 m v. Ufer Oberfl.			440	
Waſſer 50 „ „ 1 ccm		90		
Schlamm „ „ Oberfl.	650		16	B = ſchwarz, locker, grob. Material
„ „ „ 10 cm tief	350		00	hellgrau, Kieſelſteine
„ „ „ 20 „	200		00	„ kreidig, feinkörnig
„ 100 m „ Oberfl.	1600		00	ſchwarz, feinerdig
„ „ „ 12 cm tief	550		00	ſchwarzgrau, ſandig
„ „ „ 25 „	700		00	„ feinerdig.

Keimzahl- und Colizahlbeſtimmung im Schlamm bei dem Hochwaſſerkanal neben der Utobadanſtalt unter Berückſichtigung der horizontalen Verteilung der Verſchmutzung.

	Keimzahl			Colizahl a. Endo-Kryſt. viol.-Nährboden			Makr. Befund
Datum: 20. VI. 19	A	B	C	A	B	C	
Schlamm 1 m v. Ufer Oberfl.		230 000			225 000		ſtark fäkal.
„ 30 „ „ „		71 000			14 200		„
„ 80 „ „ „		29 000			500		übelriechd.
19. XI. 19							
Schlamm 5 m v. Ufer Oberfl.		483 000			35 000		blauſchwz. übelriechd.
„ 30 „ „ „	3200	3 600	2900	00	7	00	ſchw., feinſ.
„ 80 „ „ „	1400	1 500	500	00	00	00	„ „
5. IV. 20							
Schlamm 3 m v. Ufer Oberfl.					95		
„ 30 „ „ „				1	8	00	
„ 80 „ „ „				00	00	1	

Datum		Colizahl a. Endo-Kryſt. viol.-Nährboden			Colibefund in Milchzucker-bouillon		
		A	B	C	A	B	C
7. V. 20	Schlamm 1 m v. Ufer Oberfl.		140			G	
	„ 30 „ „ „	00	2	00	g	G	—
	„ 80 „ „ „	00	00	00	—	G	g
19. V. 20	„ 1 „ „ „		1600				
	„ 30 „ „ „	00	162	4			
	„ 80 „ „ „	00	00	00			
20. X. 20	„ 1 „ „ „		410			G	
	„ 30 „ „ „	1	27	62	g	G	G
	„ 80 „ „ „	00	00	00	G	G	gB
18. V. 20	Starkes Gewitter						

Aus den Tabellen iſt erſichtlich, daß hier die Ablagerung der Schmutzſtoffe ſich hauptſächlich in gerader Verlängerung des Kanaleinlaufes vollzieht, alſo in den Punkten B des Schemas der Entnahmeſtellen.

Von beſonderem Intereſſe ſind die Befunde vom 21. Juni 1919, wo wir eine ganz außerordentlich ſtarke Fäkalverſchmutzung konſtatieren konnten, die ſich noch bis zum 28. Juni mit aller Deutlichkeit nachweisen läßt. Wir treffen hier bei der Kanalmündung Colizahlen an, die ſich pro Löffel decken mit den Keimzahlen pro Öſe im Schlamm. Die Colizahl ist hier im Schlamm noch auf 80 m Diſtanz an der Oberfläche 500 und nach 7 Tagen noch 130, ferner in einer Tiefe von 20 cm noch 12 pro Löffel. Dieſe ſtarke Fäkalverſchmutzung erklärt ſich damit, daß aus irgend einem Verſehen der Schieber des Hochwaſſerkanals nicht geſchloſſen war. Dieſer Umſtand kam uns für den ſpeziellen Zweck unſerer Verſuche an dieſer Stelle ſehr zu ſtatten, da ſich damit die Gelegenheit bot, die Dauer eines ſolchen Verſchmutzungszuſtandes zu prüfen.

Aus den Unterſuchungen geht nun hervor, daß die Keimzahl, bezw. Colizahl an den entſprechenden Entnahmeſtellen ſehr raſch zurückgingen und ſchon nach wenigen Wochen ſich in nichts von den gleichen Verhältniſſen am Einlauf bei der Paulſtraße unterſchieden. Dies trifft ſowohl für die horizontale, wie vertikale Verteilung zu.

Zwar iſt der Einwand nicht ohne weiteres von der Hand zu weiſen, daß es trotz genauer Einviſierung vom Boote aus nach beſtimmten Uferpunkten nicht möglich war, die Proben genau an ein und derſelben Stelle zu entnehmen, doch darf dieſe Fehlerquelle nicht zu hoch bewertet werden, wie ja gerade die horizontale Verteilung

der Keimzahl bei den verschiedenen Versuchen, wo es möglich war, die Proben gleichzeitig zu entnehmen, beweisen.

Die Colizahl des Oberflächenschlammes und des an den gleichen Stellen untersuchten Wassers gehen hier ziemlich parallel.

3. Weitere Untersuchungen von Schlamm an anderen Uferstellen im Bereiche von Hoch- und Abwasserkanälen und Abwasser führenden Bächen des Zürichsees.

In Erweiterung der bereits geschilderten Versuche untersuchte ich die Verhältnisse an anderen Uferstellen im Bereiche von Hochwasser und Abwassereinläufen des Zürichsees.

Schlammuntersuchung bei dem Hochwasserkanal beim Landungssteg Wollishofen.

Hier mündet ein Hochwasserkanal in den See, der verhältnismäßig viel Wasser führt. Zur Zeit meiner Untersuchungen hatte er mehr den Charakter eines Abwasserkanals, indem er zu wiederholten Malen in Funktion war, obwohl längere Zeit vorher beständig schönes Wetter geherrscht hatte, also die Abwasserkanäle, die er als Hochwasserkanal zu entlasten hat, nicht zu stark belastet waren. Allerhand Abfälle, Gedärme und Tierleichen etc., konnte ich mehrmals an der Einmündungsstelle auf dem Wasser schwimmend antreffen. Der Schlamm war beständig im Gärungszustand und ein Aufsteigen von Gasblasen konnte fast immer beobachtet werden.

Die Uferverhältnisse gestalten sich überdies an dieser Stelle nicht besonders günstig, indem der See bei der Einmündung des Kanals neben dem Landungssteg eine Zunge bildet, und somit eine Vermischung des Abwassers mit dem Seewasser zufolge der Stauung sich nur langsam vollzieht.

Keimzahl- und Colizahlbestimmung im Wasser und Schlamm beim Hochwasserkanal bei dem Landungssteg in Wollishofen.

Seetiefe b. 30 m = 3 m „ „ 80 m = 11 m Datum: 19. VII. 20	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Nicht coliart. Kolonien	Milchzuckerbouillon	Traubenzuckerbouill.	Makroskop. Befund
Wasser 30 m v. Ufer	11300	300	15	GB	GB	
Schlamm „ Oberfl.	4000	95	15	GB	GB	graublau-schwärzlich, fäkalig
„ „ 10 cm tief	1500	10	2	GB	GB	grau, erdig, fäkalig
„ „ 20 cm tief	300	00	00	GB	—	grau-schwärzlich, grobsandig

Datum: 19. VII. 20	Keimzahl	Colizahl	Nicht coliart. Kolonien	Colibefund in Milchzucker-bouillon	Colibefund in Trauben-zuckerbouill.	Makroſkop. Befund
Waſſer 80 m v. Ufer		00	00	—	—	
Schlamm „ Oberfl.	800	10	2	GB	GB	blau-braun, ſandig, erdig
„ „ 10 cm tief	200	00	00	gB	gB	ſchwarz-braun, ſandig, erdig
„ „ 20 cm tief	400	00	00	g	—	blauſchwarz, fein, erdig
25. IX. 20						
Waſſer 30 m v. Ufer		250	11	G	G	
Schlamm „ Oberfl.	11 500	30	2	G	G	Schlammzapfen, durchwegs gleichmäßig, braunſchwarz, vermiſcht m. Haaren, Pflanzenfaſern, verkohlten Blättern, übelriechend.
„ „ 15 cm tief	11 000	4	00	G	G	
„ „ 30 cm tief	3 500	1	00	g	g	
Waſſer 80 m v. Ufer		2	00			
Schlamm „ Oberfl.	600	7	00	gB	gB	Schlammzapfen, grauſchwarz
„ „ 10 cm tief	500	00	00	gB	—	ſandig, moderig, m. verkohlt.
„ „ 20 cm tief	300	00	00	gB	gB	Pflanzenreſten durchzogen.

Bei dieſen Unterſuchungen ſehen wir eine ziemlich raſche Abnahme der Keimzahl ſowohl in vertikaler, wie horizontaler Richtung. Der Verſuch vom 25. IX. 20 zeigt zwar bei 15 cm Tiefe eine gleich hohe Keimzahl wie an der Oberfläche, während ſie bei der 30 cm tiefen Schicht auf $^1/_3$ herabſinkt. Dieſe Erſcheinung beruht vielleicht auf der ſchwachen Sedimentation der oberen Schlammſchicht. Die Colizahl geht hier mit der Keimzahl ziemlich parallel. Daß die Vergärung von Trauben- und Milchzuckerbouillon allein, ohne nachherige Nachprüfung kein ſicheres Kriterium iſt für die Anweſenheit von Bact. coli in Schlamm, zeigt uns der Befund beim Schlamm in 80 m Uferentfernung des Verſuches vom 25. IX. 20, indem wir hier öfters Gasbildung in Trauben- und Milchzuckerbouillon vorfinden, was ſich aber bei der weiteren Prüfung als nicht von Coli herrührend erwies.

Aus der Tabelle iſt nebenbei auch zu erſehen, daß außer den typiſchen Coli-Kolonien wenig andere Keime auf dem gewählten Endo-Kryſtallviolett-Nährboden auskeimen.

Schlammunterſuchung bei dem Abwaſſerkanal der Seidenfabrik Henneberg bei Wollishofen.

Hier mündet ein Kanal ca. 4 m außerhalb der Ufermauer in den See. Er kanaliſiert ſämtliche Abwäſſer der Fabrik, nachdem ſie eine Klärgrube paſſiert haben. An der Stelle der Einmündung war, makroſkopiſch ſichtbar, weder Verſchmutzung noch Fäkalgeruch wahr-

nehmbar, was vielleicht deswegen weniger auffiel, weil das Cementrohr ca. 2 m tief, d. h. unter dem Wasserspiegel, einmündet. Die Stelle war ziemlich stark von Wasserpflanzen bewachsen.

Seetiefe 5 m v. Ufer = 2,5 m „ 30 „ „ = 7,5 „ „ 80 „ „ = 10,5 „ Datum: 17. VI. 19	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Colibefund in Traubenzuckerbouill.	Makroskop. Befund
Schlamm 30 m v. Uf. Oberfl.	200	2	G	G	blaugrau, fein, kreid,, mod.
„ „ „ 20 cm tf.	230	00	—	—	grau, fein „ „
„ „ „ 35 „	100	00			hellgrau-weiß, fast reine Kreide
Wasser 80 m v. Ufer 1 ccm	450	7			
Schlamm „ „ Oberfl.	300	00			grau-bläulich, lehm., Kreide
„ „ „ 20 cm tf.	150	00			„ sehr feine Kreide
„ „ „ 35 „	140	00			grau-braun, „ „ „
18. IX. 20					
Wasser 5 m v. Ufer 1 ccm		3			
Schlamm „ „ Oberfl.	60	00			weiß-grau, Kreide
„ „ „ 10 cm tief	15	00			fast reine Kreide
„ „ „ 20 „	20	00			„ „ „
Wasser 30 m v. Ufer 1 ccm		1			
Schlamm „ „ Oberfl.	170	00			grau-weiß, Kreide, wenig Pflanzenreste
„ „ „ 15 cm tief	120	00			grau-weiß, Kreide
„ „ „ 30 „	52(0)00		g	—	„ „

Es ist an dieser Stelle im Schlamm kein deutlicher Einfluß des Abwassers nachweisbar. Sowohl Keimzahl wie Colibefund ist äußerst klein, d. h. Coli ist in den meisten Schlammproben trotz der geringen Entfernung der Entnahmestelle von der Einmündung des Kanals nicht auffindbar, während es im Wasser an den betreffenden Stellen noch nachzuweisen war. Der Seegrund besteht hier fast ausschließlich aus Kreide. Von einer Verschlammung kann kaum gesprochen werden. Wir haben es hier mit einer sehr günstigen Wirkung der Kläranlage zu tun. Die Keimzahl steht in einem gewissen Verhältnis zu der Beschaffenheit des Schlammes, d. h. wir haben hier im Schlamm wenig organisches Material (fast reiner Kalk) und daher geringe Keimzahl.

Schlammuntersuchung bei dem Abwasser führenden Bach beim Belvoirpark.

Dieser Bach führt uneingedeckt in den See. Er hat ein sehr geringes Gefälle und ist in seinem Laufe stark mit Algen bewachsen.

Seetiefe 30 m v. Ufer = 4,5 m „ 80 „ „ = 10,5 „ Datum: 16. IX. 20	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Colibefund in Traubenzuckerbouill.	Makroſkop. Befund
Waſſer 30 m v. Ufer 1 ccm		6	G	G	
Schlamm „ „ Oberfl.	2600	00	g	g	blauſchwz., ſand., Geruch n. H_2S
„ „ „ 8 cm tief.	500	00			„ „ „ „ „
„ „ „ 15 „	100	00	gB	g	graublau, ſchwer, mit Steinchen durchſetzt
Waſſer 80 m v. Ufer 1 ccm		1			
Schlamm „ „ Oberfl.	1600	00			graublau, erdig, moderig, fein
„ „ „ 10 cm tief	250	00			bleifarben, fein, nicht ſandig
„ „ „ 20 „	350	00	gB	g	hellgrau-weiß, kreid., m. ſchwarzen Partikeln durchzogen.

Dieſer Verſuch zeigt im Schlamm an der Oberfläche ſowohl bei 30 wie bei 80 m Uferdiſtanz eine bedeutend höhere Keimzahl als in den unteren Schichten. Die feinſandige, obere Schicht mag als Filter wirken, womit ſich die Keimarmut in den tieferen Schichten erklärt. Eine Verſchmutzung konnte im Schlamm nicht nachgewieſen werden, während dies im Waſſer noch gelang.

Schlammunterſuchung bei den Abwaſſerkanälen der Waſchanſtalt Wollishofen.

Es münden hier fünf kleinere Abwaſſerkanäle ein, welche die Abwaſſer der Waſchanſtalt abführen. Makroſkopiſch iſt eine Verunreinigung nicht wahrzunehmen. Die Kanäle waren zur Zeit meiner Unterſuchungen nicht ſtark in Tätigkeit, das Seewaſſer an den Einmündungsſtellen verhältnismäßig klar. Der See iſt hier bis zu einer Diſtanz von ca. 50 m vom Ufer von geringer Tiefe. Am Ufer war es mit dem Röhrenapparat nicht möglich, Schlamm zu heben.

Datum: 24. IX. 19 Seetiefe 50 m v. Ufer = 3 m	Keimzahl	Colizahl	Makroſkop. Befund
Waſſer 50 m v. Ufer. 1 ccm		2	
Schlamm „ „ Oberfl.	300	00	weißgrau, Kreide
„ „ „ 10 cm tief	125	00	„ ſandig, Kreide
„ „ „ 20 „	100	00	bläulich-grau, Kreide, feiner als oben.

Hier haben wir wieder einen ausgeſprochenen anorganiſchen Schlamm, d. h. der Seegrund beſteht faſt ausſchließlich aus Seekreide. Dem entſprechend iſt die Keimzahl ſehr klein. Eine Verſchmutzung iſt wohl im Waſſer noch nachweisbar, im Schlamm aber nicht.

Schlammunterſuchung bei dem Hochwaſſerkanal Ecke Quaibrücke, rechtes Seeufer.

Dieſer Kanal war längere Zeit vor meiner Unterſuchung nicht in Tätigkeit. Die Keimzahl- und Colizahlverhältniſſe geſtalten ſich folgendermaßen:

Seetiefe 5 m v. Ufer = 3,5 m „ 80 „ „ = 13 „ Datum: 19. V. 20	Keim-zahl	Coli-zahl	Makroſkop. Befund
Schlamm 5 m v. Ufer Oberfl.	4200	124	ſchwarzgrau, fetz. übelriech.
„ 80 „ „ „	300	00	bleifarbig, kreidig
„ „ „ 10 cm tief	150	00	„ „
„ „ „ 20 „	350	00	„ m. wenig organ. Beſtandteilen

Obwohl wir hier bei 5 m Uferdiſtanz eine ſehr deutliche Verſchmutzung konſtatieren können, macht ſie ſich bei 80 m Entfernung nicht mehr bemerkbar. Die Verhältniſſe ſprechen für eine ziemlich raſche Sedimentation und Zerſetzung der eingeſchwemmten Beſtandteile.

Wie beim obenerwähnten Schlamm bei der Waſchanſtalt Wollishofen zeigt ſich auch hier in kalkigem Grund ein äußerſt niedriger Keimgehalt.

Bei den folgenden drei Verſuchen wollte ich mich über die Keimzahlverhältniſſe bei größerer Uferdiſtanz orientieren. Ferner ſollten die Verſuche Aufſchluß geben, ob eine Verſchmutzung des Seegrundes auf größere Diſtanz auch noch ſtattfindet und nachweisbar ſei.

Schlammunterſuchung in Verlängerung des Hochwaſſerkanals bei der Utobadanſtalt, Höhe Badanſtalt Bürkliplatz.

Datum	Seetiefe: 15 m	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Makroſkop. Befund
29. IX. 20	Waſſer 1 ccm		6	G	blaubraun, fein, ſtark erdig, muffig
	Schlamm, Oberfl.	2000	00	g P	
	„ 13 cm tief	350	00		blauſchwarz
	„ 25 „	250	00	g B	blaugrau, kompakt.

Hier iſt im Waſſer noch eine deutliche Verſchmutzung vorhanden, während im Schlamm ſowohl was Keimzahl wie Colizahl betrifft, eine Beeinfluſſung durch den Hochwaſſerkanal ſich nicht bemerkbar macht.

Schlammunterſuchung in Verlängerung des Hochwaſſerkanals beim Theater, Höhe Badanſtalt Bürkliplatz.

Datum	Seetiefe: 12 m	Keim-zahl	Coli-zahl	Makroſkop. Befund
29. IX. 20	Waſſer 1 ccm		2	
	Schlamm, Oberfl.	200	00	graubläulich, fein, ſandig
	„ 15 cm tief	⟨0⟩ 50	00	blauſchwarz, fein, lehmig
	„ 30 „	150	00	bläulich-bleifarbig, fein.

Schlammunterſuchung beim Hochwaſſerkanal in Verlängerung der Höſchgaſſe.

Hier führt ein großes Cementrohr ca. 6 m weit in den See hinaus. Dieſer Kanal ſcheint nicht ſtark belaſtet zu ſein, da an der Röhrenmündung faſt reiner Sand und Steine ſich abgelagert haben. Die Schlammprobe wurde bei ca. 200 m Uferdiſtanz entnommen.

Datum	Seetiefe = 21 m	Keimzahl	Makroſkop. Befund
10. X. 21	Schlamm, Oberfl.	450	bläulich-bleifarbig, mäßig feucht
	„ 10 cm tief	60	ſchwärzlich-grau, kompakt
	„ 20 „ „	80	bleifarbig, ſehr fein, kompakt.

Von einer Colibeſtimmung wurde in dieſem Falle abgeſehen, da ich lediglich das Verhalten der Keime bei vollkommener Sedimentierung des Schlammes, ohne Beeinfluſſung durch das Abwaſſer, verfolgen wollte.

Bei den zwei letzten Proben zeigen ſich äußerſt kleine Keimzahlen, die wieder durch die Art des Schlammes bedingt ſind.

Schlammunterſuchung beim dem Regenauslauf in Verlängerung der Floraſtraße.

Ich unterſuchte den Schlamm an dieſer Stelle, um eine event. Beeinfluſſung des Schlammes durch Regenausläufe zu konſtatieren.

Seetiefe 30 m v. Ufer = 7 m „ 80 m „ = 19,5 m Datum: 17. VII. 20	Keimzahl	Coliza hl	Colibefund in Trauben-zuckerbouill.	Colibefund in Milchzucker-bouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer 30 m v. Ufer, 1 ccm		00	—	—	
Schlamm „ „ Oberfl.	30	00	—	—	hellgrau-weiß, Kalk
„ „ „ 10 cm tief	20	00	—	—	„ „
„ „ „ 20 „	⟨0⟩15	00	—	—	„ homogen fein
Waſſer 80 m v. Ufer, 1 ccm		00			
Schlamm „ „ Oberfl.	25	00			grau-weiß, lehmig, fein
„ „ „ 20 cm tief	20	00	—	g B	grau, fein, kreidig
„ „ „ 40 „	00	00	g	g B	bleifarbig

Der Schlamm besteht hier durchgehend aus Kreide, teilweise ist er etwas lehmig und enthält deshalb wieder wenig Keime. Bei 40 cm Tiefe haben wir kein Wachstum auf Gelatine, wohl aber ein solches und Gärung in Trauben- und Milchzuckerbouillon. Wir haben hier anaerobes Wachstum in den beiden zuckerhaltigen Nährböden, vermutlich durch Buttersäurebazillen, die auf der Gelatine nicht angingen.

Schlammuntersuchung beim Abwasserkanal in Verlängerung der Belleriveſtraße.

Die Einmündungsstelle des Kanals ist nicht zu erkennen, da an der Uferstelle starke Terrainauffüllung stattgefunden hat. Laut Kanalisationsplan leitet dieser Kanal die Abwasser einer Häusergruppe zwischen der Bellerive- und Dufourstraße ab. Der See ist an der Einmündungsstelle nicht außergewöhnlich verschmutzt.

Seetiefe: 12 m Datum: 30. X. 20	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Traubenzuckerbouill.	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Makroskop. Befund
Wasser 30 m v. Ufer 1 ccm		30			
Schlamm „ „ Oberfl.	3600	24	G	G	sandig m. Würmern, schwarzbraun, fein
„ „ „ 7 cm tief	1300	00	G	G	grauschwarz, grobsand., mod.
„ „ „ 15 „	900	00	g	g	grobsandig mit Kalkstücken durchsetzt.

Hier erweist sich der Colinachweis in Milch- und Traubenzuckerbouillon als genauer, indem er in der tieferen Schlammschicht noch Colianwesenheit angibt, während auf dem Endo-Krystallviolett-Nährboden kein Coli anging.

Außerdem haben wir ziemlich rasche Abnahme der Keime nach der Tiefe.

Schlammuntersuchung in der Nähe des Abwasserkanales beim Bahnhof Tiefenbrunnen.

Da der Wasserstand zur Zeit meiner Untersuchung ziemlich hoch war, und das Ufer hier stark abschüssig ist, war die Einmündung nicht sichtbar. In diesen Kanal werden die Abwasser nur einiger weniger Häuser abgeleitet.

Seetiefe: 10,5 m Datum: 15. V. 20	Keimzahl	Colizahl	Makroskop. Befund
Schlamm 30 m v. Ufer Oberfl.	650	00	Der Schlammzapfen war durchwegs fein, lehmig, kompakt, weiß.
„ „ „ 7 cm tief	400	00	
„ „ „ 15 „	300	00	

Datum: 15. V. 20	Keimzahl	Colizahl	Makroſkop. Befund
Schlamm 80 m v. Ufer Oberfl.	750	00	Ausſehen des Schlammes
„ „ „ 10 cm tief	450	00	wie oben.
„ „ „ 22 „	350	00	

Seetiefe: 19 m

Schlammunterſuchung beim Abwaſſerkanal in Verlängerung der Horneggſtraße.

Hier führt der Abwaſſerkanal einige m in den See hinaus, und das Abwaſſer quillt dort durch das Seewaſſer an die Oberfläche.

Seetiefe: 11 m Datum: 12. V. 20	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Milchzucker-bouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer 30 m v. Ufer, 1 ccm		3		
Schlamm „ „ Oberfl.	250	00	g	hellgrau, fein, kreidig
„ „ „ 10 cm tief	500	00	g	„ verkohlte Blätter
„ „ „ 20 „	100	00		weißgrau, Kalk
Waſſer 80 m v. Ufer, 1 ccm		00		
Schlamm „ „ Oberfl.	700	00	g	braunſchwarz, fein
„ „ „ 13 cm tief	500	00	g	ſchwarzblau, moderig
„ „ „ 25 „	400	00		„ ſehr fein

Seetiefe: 19,5 m

Hier haben wir wieder Milchzuckervergärer, die nicht coliartig ſind.

Schlammunterſuchung beim Abwaſſerkanal in Verlängerung der Nebelbachſtraße in Tiefenbrunnen.

Seetiefe: 11 m Datum: 11. V. 20	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Milchzucker-bouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer 30 m v. Ufer, 1 ccm	190	8	GB	
Schlamm „ „ Oberfl.	125	00	gB	blauſchwarz, sandig
„ „ „ 10 cm tief	600	00	gB	blaugrau, fein, erdig
„ „ „ 20 „	400	00	gB	ſchwarzbl., ſchwach mod.
Waſſer 250 m v. Ufer, 1 ccm	350	00		
Schlamm „ „ Oberfl.	250	00	gB	blauſchwarz, erdig
„ „ „ 13 cm tief	1400	00	gB	blaugrau, ſehr fein
„ „ „ 25 „	500	00	gB	bleifarbig, lehmig

Seetiefe: 31 m

Bei 30 m Uferentfernung haben wir hier noch eine deutliche Verunreinigung im Waſſer, während im Schlamm an gleicher Stelle keine Fäkalverſchmutzung nachzuweiſen iſt. Auffallend iſt hier an beiden Stellen der geringe Keimgehalt im Oberflächenſchlamm, während in einer Tiefe von 10 reſp. 13 cm das Sechsfache der Oberflächenkeimzahl feſtgeſtellt wurde. Bei allen Schlammproben und auch beim Waſſer tritt Gärung in der Milchzuckerbouillon ein, begleitet von Butterſäuregeruch. Dieſelbe konnte aber nur bei der Waſſerprobe auf Coli zurückgeführt werden.

Im Folgenden unterſuchte ich den Einfluß der Badanſtalten auf den Schlamm. Die Unterſuchungen begannen nach der Badeſaiſon.

Schlamm, Faſſungsſtelle, bei der Frauenbadanſtalt Enge.

Seetiefe: 7 m Datum: 20. IX. 20	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Traubenzuckerbouill.	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer 5 m v. d. Badanſtalt ſeeauswärts		7	G	G	
Schlamm „ „ Oberfl.	1100	00			blauſchwarz, feinerdig
„ „ „ 15 cm tief	50	00			grauweiß, fein, kompakt
„ „ „ 30 „	20	00	g	—	gelblich-grau m. weiß. Schicht.

Schlamm, Faſſungsſtelle, bei der Männerbadanſtalt Enge.

20. IX. 20. Seetiefe: 7,5 m					
Waſſer 5 m v. d. Badanſtalt ſeeauswärts		14			
Schlamm „ „ Oberfl.	40	00			gelblich-grau, fein, H_2S-Ger.
„ „ „ 20 cm tief	100	00			„ „ „ „
„ „ „ 40 „	20	00			feiner als oben, ſchwach mod.

Schlamm, Faſſungsſtelle, bei der Badanſtalt Bürkliplatz.

22. IX. 20. Seetiefe: 14 m					
Waſſer 10 m v. d. Badanſtalt ſeeauswärts		3			
Schlamm „ „ Oberfl.	240	00			blaugrau, ſehr fein
„ „ „ 17 cm tief	40	00	gB	gP	grau, „ „
„ „ „ 35 „	60	00	gB	gB	bleifarbig, kreidig.

Schlamm, Faſſungsſtelle bei der Utobadanſtalt.

Seetiefe: 9 m Datum: 22. IX. 20	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Traubenzuckerbouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer 10 m v. d. Badanſtalt ſeeauswärts		7	G	
Schlamm „ „ Oberfl.	140	00		graugelb m. ſchwarz. Partik.
„ „ „ 17 cm tief	110	00	g	grauſchwarz, ſandig
„ „ „ 35 „	100	00	g	ſchwärzlich, ſandig.

Schlamm, Faſſungsſtelle bei der Badanstalt Tiefenbrunnen.

23. IX. 20. Seetiefe: 11 m

Waſſer 15 m v. d. Badanſtalt ſeeauswärts		19		
Schlamm „ „ Oberfl.	130	2	g B	der Schlamm beſteht a. hell-
„ „ „ 15 cm tief	20	00	g B	grauer, weißer Kreide, mit
„ „ „ 30 „	10	00		Schneckengehäuſ. durchzog.

Sämtliche Schlammproben zeigen hier gleiches Ausſehen und übereinſtimmende Konſiſtenz. Wir finden wieder durchwegs faſt reine Seekreide, einzig der Oberflächenſchlamm bei der Frauenbadanſtalt Enge iſt mehr organiſcher Natur, und enthält auch bedeutend mehr Keime. Ausgenommen im Schlamm bei der Badanſtalt Tiefenbrunnen war Coli nur im Waſſer nachweisbar.

Schlammunterſuchung bei der Einmündung des Hornbaches am Zürich-Horn.

Der Hornbach durchfließt uneingedeckt das Riesbachquartier. In ſeinem unteren Teil nimmt er keine Abwäſſer auf, während in ſein oberes Einzugsgebiet gelegentlich Verunreinigungen von landwirtſchaftlichen Betrieben hinein gelangen können. Bei der Einmündung in den See hat ſich viel Kies und Geröll angeſammelt, ſodaß der Bach ziemlich weit zurück geſtaut iſt. Bis zu einer Entferung von 15 m vom Ufer beſtand der Ufergrund nur aus Kies und Steinen.

Seetiefe 15 m v. Ufer = 3 m „ 100 „ „ = 21 „ Datum: 23. IX. 19	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Traubenzuckerbouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer 15 m v. Ufer 1 ccm	250	00		
Schlamm „ „ Oberfl.	215	00	g	grau, m. ſchwarz. Partik. durchſ.
„ „ „ 13 cm tief	50	00		einheitlich, hellgrau, kreidig
„ „ „ 25 „	⟨0⟩ 10	00	—	grau fein, kreidig.
Waſſer 100 m v. Ufer 1 ccm	180	00	g	
Schlamm „ „ Oberfl.	170	00	g	grau, m. ſchwarz. Part., feinkreid.
„ „ „ 13 cm tief	95	00		„ „ feiner als oben
„ „ „ 25 „	100	00	—	graubraun, fein.

Wie die Befunde beſtätigen, führt der Hornbach kein Schmutzwaſſer. Was in ſeinen obern Lauf hineingeraten könnte, muß unbedeutend ſein, oder ſedimentiert ſich im Bachbett.

Dieſe Unterſuchungen am unteren Zürichſeebecken lehren uns, daß die noch im Betrieb befindlichen einmündenden Kanäle nur noch ſelten eine Verſchmutzung des Schlammes in höherem Grade verurſachen, und zwar kommen hiefür hauptſächlich die ſogenannten Überlaufkanäle nach ſtarken Regengüſſen in Betracht. Die auf beiden Ufern größtenteils durchgeführte Kanaliſation, die die Abwäſſer der Uferquartiere aufnimmt, ſchützt ſomit den See vor einer Verſchmutzung ſeiner Ufer.

Schlammunterſuchungen bei dem Abwaſſerkanal beim Landungsſteg Zollikon.

Zollikon beſitzt eine nur teilweiſe durchgeführte Kanaliſation, mit Anſchluß an das ſtädtiſche Pumpwerk. Die übrigen Abwäſſer werden, nachdem ſie Abſitzgruben paſſiert haben, in einigen kleineren Kanälen in den See abgeleitet. Wenn auch nicht ſtark, ſo doch am meiſten belaſtet, iſt der Kanal, welcher bei der Landungsſtelle der Schiffe einmündet. Von einer Verſchlammung der Einmündungsſtelle kann nicht geſprochen werden. Der Grund beſteht faſt nur aus Sand. An der Einmündungsſtelle des Kanals konnten ſtets große Mengen kleinerer Fiſche beobachtet werden, ein Beweis, daß Abfälle eingeſchwemmt wurden. Bei einer früheren Begehung des Seeufers zu Orientierungszwecken, war der Kanal in Tätigkeit. Zur Zeit meiner Waſſer- und Schlammprobenentnahme konnte keine Verſchmutzung wahrgenommen werden.

Datum: 23. IX. 20

	Keimzahl	Colizahl	Makroſkop. Befund
Seetiefe 25 m v. Ufer = 14 m			
„ 50 „ „ = 19 „			
Waſſer 25 m v. Ufer, 1 ccm		5	
Schlamm „ „ Oberfl.	625	00	ſchwarzbrn., grobe Beſtandteile
„ „ „ 15 cm tief	450	00	braun mit ſchwarzen Schichten
„ „ „ 30 „	70	00	„ einheitlich kompakt.
Waſſer 50 m v. Ufer, 1 ccm		7	
Schlamm „ „ Oberfl.	550	4	blauſchwarz, fein, erdig
„ „ „ 17 cm tief	700	00	braun, „ „
„ „ „ 35 „	170	00	„ zäh, kompakt.

27. IX. 20

Waſſer 5 m v. Ufer, 1 ccm		2	
Schlamm „ „ Oberfl.		110	grober Sand, Geruch ſchwach fäkalig.

Die Keimzahl iſt an dieſer Stelle verhältnismäßig klein, trotz der Nähe des Abwaſſerkanals. Es hängt dies zuſammen mit der Beſchaffenheit des Schlammes, welcher hier gerade an der Oberfläche ſandig iſt. Merkwürdigerweiſe treffen wir bei einer Uferentfernung von 25 m wohl im Waſſer, im Schlamm aber keine Colikeime an, während bei 50 m Entfernung im Waſſer wie im Oberflächenſchlamm eine deutliche Verſchmutzung nachweisbar iſt. Bei einer Uferdiſtanz von 5 m iſt hier zum erſtenmal die Colizahl bedeutend größer als im Waſſer.

Schlammunterſuchungen bei Küsnacht.

Das Dorf Küsnacht beſitzt noch keine vollkommen durchgeführte Kanaliſation. Früher wurden die Abwäſſer, nachdem ſie Abſitzgruben paſſiert hatten, in den Dorfbach geleitet. Jetzt führen nur noch kleinere Kanäle, welche die Abwäſſer techniſcher Betriebe und der Küchenrinnſteine ableiten, in den Bach. Ferner münden noch verſchiedene Straßenüberläufe dort hinein. Das Bachbett iſt wiederholt geſtaut. Parallel mit dem Bach verläuft ein Abwaſſerkanal, welcher ſeit ca. 3 Jahren die Abwäſſer eines Teiles des Dorfes in den See abführt, nachdem ſie durch Paſſieren von Abſitzkammern der groben Beſtandteile entledigt worden ſind. Meine Unterſuchungen erſtreckten ſich hier über das Einlaufgebiet des Dorfbaches, ſowie des zu ihm parallel verlaufenden Abwaſſerkanals, und eines Straßenüberlaufes bei dem Landungsſteg.

Schlammunterſuchungen bei der Einmündung des Dorfbaches in den See.

Datum: 13. IX. 19	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Traubenzuckerbouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer aus dem Bach 5 m vor der Mündung in den See	2400	26		
Waſſer 30 m im See	100	2		
Schlamm „ „ Oberfl.	350	00		graublau, lehmig, fein
16. IX. 19				
Waſſer 30 m im See	450	10	G	
Schlamm „ „ Oberfl.	700	00	g	graublau, lehmig, fein

Wenn auch keine häuslichen Abwaſſer in den Bach kanaliſiert werden, ſo ſcheint hier eine Verſchmutzung doch ſtatt zu finden. Sie rührt wahrſcheinlich von den Straßenüberläufen her, die in den Bach eingeführt werden, durch welche beſonders in Dörfern mit landwirtſchaftlichen Betrieben eine Verunreinigung durch tieriſche Dejecte leicht möglich iſt.

Schlammunterſuchung bei der Einmündung des Abwaſſerkanals, welcher parallel zum Dorfbach verläuft.

Makroſkopiſch iſt an der Stelle der Einmündung dieſes Kanals keine Verſchmutzung zu erkennen. Es tritt keine Gärung und läſtige Geruchsbildung auf. Vielleicht wird dies verhindert durch die günſtige Ufergeſtaltung, indem das Ufer hier ziemlich abſchüſſig iſt. Der Kanal führt einige Meter in den See hinaus.

Datum: 27. IX. 20	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer 20 m v. Ufer, 1 ccm		2	G	
Schlamm „ „ Oberfl.		32	G	ſchwarz, grober Sand,
Waſſer 50 m v. Ufer, 1 ccm		00	—	Fäkalgeruch
Schlamm „ „ Oberfl.		29	G	ſandig, feiner als oben Fäkalgeruch
10. X. 20				
Schlamm 50 m v. Ufer, Oberfl.	300	1	g	Farbe durchgehend
„ „ „ 10 cm tief	100	00		bläulich mit verkohlten
„ „ „ 20 „	65	00		Pflanzenreſten durchzog.

An dieser Entnahmestelle beobachten wir wieder de gleiche Erscheinung wie beim Landungssteg in Zollikon ‹S. 64›. Während in 1 ccm Wasser bei einer Entfernung von 20 m von der Einmündung des Abwasserkanals nur 2 Colikeime nachzuweisen sind, finden wir in 1 Löffelchen Schlamm deren 32. Bei einer Entfernung von 50 m tritt diese Erscheinung noch deutlicher zu Tage, indem das Wasser frei ist von Colikeimen, während der Oberflächenschlamm noch deren 29 pro Löffelchen enthält. Zwei Wochen später untersuchte ich den Schlamm an der gleichen Stelle wieder. Die Verschmutzung des Schlammes schien diesmal bedeutend geringer zu sein, indem an der Oberfläche nur ein Colikeim nachzuweisen war.

NB.: ‹In solchen Fällen, wo nur eine, oder zwei bis drei coliartige Kolonien auf der Endo-Krystallviolett-Schale angingen, wurden diese Kolonien immer noch weiter auf Colizugehörigkeit geprüft.›

Hier zeigt sich die Milchzuckerbouillon weniger empfindlich als der Endo-Krystallviolett-Nährboden, was aber jedenfalls auf einem Zufall beruht.

Schlammuntersuchung bei der Einmündung des Straßenüberlaufes unterhalb des Landungssteges.

Früher diente dieser Kanal zur Ableitung der Abwässer des dahinter sich befindenden Hauses. Diese Aufgabe hat er aber schon seit Jahren nicht mehr zu erfüllen, sondern ist als Straßenüberlauf ausgebaut worden.

Datum: 13. IX. 19	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Traubenzuckerbouill.	Makroskop. Befund
Schlamm 15 m v. Uf. Oberfl.	800	00		schwarzgrau, vermod. Pflanzen, erdig, lehmig, mit Würmern durchsetzt
„ 30 „ „ „	650	00	g	schwarzgrau, fein
„ „ „ 20 cm tief	850	00	g	grau, schwer, kompakt
„ „ „ 40 „	950	00	g	grau, fein, schwer
10. IX. 19				
Schlamm 60 m v. Uf. Oberfl.	600	00	g	blau-grau, erdig-sandig, moderig
„ „ „ 7 cm tief	300	00	g	grau, erdig, feiner als oben
„ „ „ 15 „	300	00	g	sehr fein, erdig, lehmig.

Bei diesem Straßenüberlaufkanal ist eine Verschmutzung der Uferpartien nicht nachzuweisen.

Schlammunterſuchungen bei Erlenbach.

Die Kanaliſationsverhältniſſe geſtalten ſich hier ungünſtiger als in Küsnacht. Während dort die Abwäſſer, welche die Klärkaſten paſſiert haben, größtenteils getrennt abgeleitet werden, gelangen dieſelben in Erlenbach direkt in den Dorfbach. Das Bachbett iſt ziemlich breit. In ſeinem oberen Teil iſt es teilweiſe mit Raſen bewachſen, was vom äſthetiſchen Standpunkte aus günſtig wirkt. Weiter unten iſt es wiederholt geſtaut und teilweiſe mit Holz ausgekleidet. Die Waſſermenge war zur Zeit meiner Unterſuchungen nicht beſonders groß. Bei der Schneeſchmelze ſoll der Bach aber ziemlich viel Waſſer führen, was auch die bei der Einmündung in den See gebildete deltaartige Anhäufung von Sand und Kies beweiſt. Wenn auch das Bachbett in ſeinem unteren Teil keinen beſonders guten Eindruck erweckt, ſo konnte ich doch bei meinen Probenentnahmen keine auffällige Geruchsbeläſtigung wahrnehmen. Es iſt anzunehmen, daß bereits in den Abſitzkäſten faſt ſämtliche Fäkalien zurückgehalten werden und auch das Abwaſſer einen faſt vollſtändigen Faulprozeß durchmacht. Außer dem Schlamm an der Einmündungsſtelle in den See unterſuchte ich auch Proben aus dem Bachbett ſelbſt.

Schlammunterſuchung bei der Einmündungsſtelle des Dorfbaches in den See.

Datum: 5. IX. 19	Keimzahl	Coli-zahl	Makroſkop. Befund
Bachwaſſer b. d. Einmündung	5200	135	
Schlamm 30 m v. Ufer, Oberfl.	250	20	grobſandig, vermod. Blätter
„ „ „ 7 cm tief	350	00	grau-braun, „ „
„ „ „ 15 „	370	00	„ „ ſehr fein, ſandig
Waſſer 50 m v. Ufer, 1 ccm		10	
Schlamm „ „ Oberfl.	1000	00	grau-blau, m. Pflanzenreſt.
„ „ „ 7 cm tief	550	00	hellgrau, bläulich „
„ „ „ 15 „	1100	00	braun, feiner als oben
10. IX. 20			
Schlamm 20 m, bachaufwärts, Oberfl.	18600	1100	grau-braun, übelriechend
„ b. d. Einmündg d. Baches	21000	290	hellbraun, erdig, ſandig
„ 3 m v. Ufer	1600	11	ſchwarz-grau, grobſandig, mit Pflanzenreſten
„ 30 m „ Oberfl.		10	grau-ſchwarz, vermoderte Blätter
Schlamm aus d. Bachbett 20 m bachaufw. v. Waſſer nicht bed.	6400	90	grau-ſchwarz, trocken.

Wie die Keim- und Colizahl des Bachwassers und auch dessen Schlamm zeigt, findet eine ausgesprochene Verschmutzung des Dorfbaches statt, welche sich auch noch 30 m in den See hinaus im Schlamm bemerkbar macht. Immerhin erreicht diese Verschmutzung im Schlamm keinen sehr hohen Grad. Das Wasser macht einen Selbstreinigungsprozeß bereits im Bachbette durch, das hierzu dank der wiederholten Querverbauung sehr gut geeignet ist.

Schlammuntersuchung bei der Einmündung des Straßenablaufes beim Landungssteg Erlenbach.

Datum: 15. IX. 20	Keimzahl	Colizahl	Makroskop. Befund
Wasser 5 m v. Ufer	200	17	
Schlamm „ „ Oberfl.	500	8	grau-gelb, sandig, mit schwarzen Teilen durchsetzt.
Wasser 30 m „	120	00	
Schlamm „ „ Oberfl.	700	00	schwarzblau m. Pflanzenresten, sand.

Auch dieser Straßenüberlauf führt zu einer allerdings nicht hochgradigen Verschmutzung an seiner Einmündungsstelle.

Schlammuntersuchungen bei der Schiffswerft Treichler, zwischen Schoren und Bendlikon.

Hier mündet ein kleiner Abwasserkanal in den See, welcher sich aber makroskopisch nicht stark bemerkbar macht.

Datum: 18. IX. 19	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Traubenzuckerbouillon	Makroskop. Befund
Wasser 50 m v. Ufer 1 ccm	100	1		
Schlamm „ „ Oberfl.	50	00	—	grau-weiß, Kreide
„ „ „ 10 cm tief	15⟨0⟩	00	—	„ „ „
„ „ „ 20 „	5⟨0⟩	00	—	„ „ „
14. X. 20				
Wasser 30 m v. Ufer 1 ccm		37	G	
Schlamm „ „ Oberfl.	350	00	G	schwarz, moderig
„ „ „ 10 cm tief	100	00	g	graubraun, moderig
„ „ „ 21 „	600	00	+	„ „ mit schwarzen
Wasser 80 m v. Ufer 1 ccm		1	G	Partikeln
Schlamm „ „ Oberfl.	70	00	g	gelblich-weiße Kreide
„ „ „ 13 cm tief	130	00	g	„ „ „
„ „ „ 26 „	600	00	g	feiner als oben.

In diesem Falle tritt die Verunreinigung im Wasser deutlicher zu Tage als im Schlamm.

Schlammunterſuchungen bei dem Landungsſteg in Bendlikon.

Der hier uneingedeckt in den See eingeführte Bach nimmt teilweiſe die Abwäſſer der Ortſchaft auf. Nach Ausſagen von Fiſchern, für welche die Einmündungsſtelle ein bevorzugter Platz iſt, ſollen mit dem Bach Abfälle von Metzgereien in den See abgeſchwemmt werden. Es waren auch zu jeder Zeit eine Menge kleinere und größere Fiſche an deſſen Einmündungsſtelle zu ſehen. Der Ufergrund iſt ſeicht und ſandig.

Datum: 20. IX. 19	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Milchzucker-bouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer 15 m v. Ufer 1 ccm	1500	8	G	
Schlamm „ „ Oberfl.	400	20	G	grau-ſchwarz, ſandig, mit Algen durchzogen
„ „ „ 7 cm tief	100	00		grau, Kreide
„ „ „ 15 „	20	00		feiner als oben, Kreide
14. X. 20				
Waſſer 30 m v. Ufer 1 ccm		30	G	
Schlamm „ „ Oberfl.	1200	00	g	blau-ſchwarz, ſehr fein.
„ „ „ 11 cm tief	100	00		grau-ſchwarz, ſehr ſandig
„ „ „ 22 „	1000	00		grau-braun, kein Sand
Waſſer 80 m v. Ufer 1 ccm		00	g	
Schlamm „ „ Oberfl.	2500	00		der Zapfen war durchwegs
„ „ „ 12 cm tief	350	00		grau-braun, fein, erdig,
„ „ „ 24 „	1800	00	g	mit Pflanzenreſten

Bei einer Uferdiſtanz vom 15 m finden wir hier bei verhältnismäßig kleiner Keimzahl noch 20 Colikeime. Bei den größeren Entfernungen, bei 30 und 80 m Uferdiſtanz verſchwinden die Colikeime, während die Keimzahl noch beträchtlich iſt. Eigentümlich iſt bei den zwei letzten Proben die anfänglich ſtarke Abnahme der Keimzahl, und deren ſtarkes Wiederanſchwellen in den unterſten Schichten, bei relativ gleichmäßiger Beſchaffenheit des Schlammes.

Schlammunterſuchung bei einem kleineren Abwaſſerkanal beim Landungsſteg Mönchhof.

Datum	Keim-zahl	Coli-zahl	Makroſkop. Befund
24.IX.20 Waſſer 50 m v. Ufer	110	1	
Schlamm „ „ Oberfl.	200	00	ſchwarz-grau, fein ſandig
„ „ „ 12 cm tief	130	00	ſchwz.-bläul., ſehr fein, Kreide
„ „ „ 25 „	180	00	„ „ „ „ „

Befund: Ganz unbedeutende Verſchmutzung.

Schlammunterſuchung beim Straßenablauf bei der Villa Schwarzenbach, linkes Seeufer ‹Rüſchlikon›.

Datum: 18. IX. 19	Keim-zahl	Coli-zahl	Makroſkop. Befund
Waſſer bei d. Einmündung des Kanals	210	00	Der Schlammzapfen beſteht aus weißer Seekreide, mit ſchwarzen Punkten durchzogen.
Schlamm 5 m v. d. Kanalmündg. entfernt, Oberfl.	90	00	
Schlamm „ „ 12 cm tief	20	00	
„ „ „ 25 „	‹0› 5	00	

Dieſes letztere Unterſuchungsreſultat ſpricht für die Annahme, daß die Größe der Keimzahl weſentlich von der Art des Schlammes, reſp. des Seegrundes abhängt.

Schlammunterſuchung beim Abwaſſerkanal in Rüſchlikon.

Bei der Landungsſtelle mündet ein großer Kanal ‹kanaliſierter Dorfbach› ein. Er iſt zwar durch die eingeführte Kanaliſation ſtark entlaſtet worden, ſodaß keine größeren Mengen Abwaſſer hineingelangen.

Datum: 17. IX. 19	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Makroſkop. Befund
Waſſer 40 m v. Ufer	800	10		
Schlamm „ „ Oberfl.	400	00		blau-ſchwarz, fein, moderig
„ „ „ 10 cm tief	350	00		grau, erdig, m. ſchw. Punkten
„ „ „ 20 „	450	00		grau, erdig, ſehr fein
20. X. 20				
Waſſer 30 m v. Ufer 1 ccm		5		
Schlamm „ „ Oberfl.	3700	00	gB	ſchwarz, m. Pflanzenreſten
„ „ „ 12 cm tief	750	00	—	blau-ſchwz., feiner als oben
„ „ „ 24 „	200	00	gB	grau-blau, ſehr fein, Geruch ſäuerlich
Waſſer 80 m v. Ufer 1 ccm		1		
Schlamm „ „ Oberfl.	1000	00	gB	ſchwarz-braun, ſäuerlich
„ „ „ 12 cm tief	250	00	gB	bläulich-ſchwarz, feinerdig
„ „ „ 25 „	100	00	—	hellbrau, ſehr fein

Auch hier kann von einer eigentlichen Verſchmutzung kaum geſprochen werden, da Coli nur im Waſſer, nicht aber im Schlamm angetroffen wurde.

Schlammunterſuchung beim Einlauf des kleinen Abwaſſerkanals unterhalb der Landungsſtelle Bendlikon.

Datum: 25. X. 20	Keimzahl	Colizahl	Colibefund in Milchzuckerbouillon	Makroſkop. Befund
Schlamm 3 m v. Ufer Oberfl.	2600	300	G	ſandig, m. Kieſelſteinen, locker, m. Fäkalgeruch
Waſſer 30 m v. Ufer 1 ccm		6	G	
Schlamm „ „ Oberfl.	1000	3	gB	ſandig, grau, kompakt
„ „ „ 12 cm tief	00	00	—	ſehr fein, kompakt, bleifarb. nach d. Trocknen ſehr hart werdend, m. HCl verſetzt, ſtark CO_2 entwickelnd
Waſſer 80 m v. Ufer 1 ccm		10		
Schlamm „ „ Oberfl.	1500	00	gB	ſchwarz, körnig, ſtark naß
„ „ „ 11 cm tief	1200	00	gB	grau-braun, fein ſandig
„ „ „ 22 „	200	00	gB	hellgrau, fein, etwas ſandig

In dieſem Falle haben wir zum erſten Male eine Schlammſchicht, welche äußerſt arm iſt an Keimen, indem in einer Öſe keine Keime nachweisbar waren. Dieſer Schlamm ſcheint auch frei zu ſein von thermotoleranten, reſp. thermophilen Anaerobiern, denn es trat auch kein Wachstum in Milchzuckerbouillon auf.

V. ZUSAMMENFASSUNG.

I. Methodik.

Für die Keimzahlbeſtimmung im Schlamm kann 10—15 % Nähr-Gelatine verwendet werden. Beſſer eignet ſich ein Gemiſch von Agar und Gelatine, weil dieſer Nährboden einer Verflüſſigung durch peptoniſierende Bakterien länger Widerſtand leiſtet, und dadurch die Möglichkeit einer längeren Beobachtung der Kulturen gegeben iſt.

Es entwickeln ſich auf dieſem Nährbodengemiſch mindeſtens ſoviel Keime wie auf der gewöhnlichen Gelatine.

Für den Nachweis des Bact. coli im Schlamm erwies ſich der Endo-Nährboden mit einem Zuſatz von 5—7,5 mgr. Kryſtallviolett pro Liter als Hemmungsfaktor für Begleitbakterien als ſehr brauchbar.

Aus der Gasbildung in Milchzucker- und Traubenzuckerbouillon durch Schlammproben kann nicht auf die Anweſenheit von Bact. coli geſchloſſen werden, ohne daß eine weitere Prüfung der vergorenen Bouillon ſtattfindet.

Etwas beſſere Reſultate zeitigte der «Pegallac-Nährboden» von J. J. de Waale, doch iſt auch bei dieſem eine Nachprüfung notwendig.

II. Reſultate der Schlammunterſuchungen.

In der Regel enthielten die Schlammproben mehr auf der Gelatine reſp. Agar-Gelatine-Nährboden wachſende Keime als das Waſſer. Am größten war die Keimzahl im Uferſchlamm an den Einmündungsſtellen von Abwaſſerkanälen und auch einigen Hochwaſſerausläufen.

Bei der horizontalen Verteilung zeigte ſich bei 30 m und 80 m Uferdiſtanz im allgemeinen keine weſentliche Differenz in der Keimzahl.

Am wenigſten Keime enthielt der aus Seekreide beſtehende Schlamm; zweimal konnten in 2/10 Öſen keine Keime nachgewieſen werden.

In vertikaler Richtung zeigte der Schlamm in den oberflächlichen Schichten meiſtens eine bedeutend höhere Keimzahl, wie in den tieferen; oft trat aber auch ein Anſchwellen in den tieferen Schichten auf, ſodaß deren Keimzahl die der Oberflächenproben übertraf. Die Urſache dieſer Erſcheinung iſt teilweiſe in der Beſchaffenheit des Schlammes zu ſuchen.

Die eingeleiteten Schmutzstoffe lagern sich größtenteils an der Uferzone ab. Die feineren und leichteren Bestandteile werden weiter in den See hinausgeschwemmt und werden hinsichtlich ihrer Richtung stark vom Wind resp. Wellenschlag beeinflußt. Die Verdünnung durch das Seewasser hauptsächlich an Stellen, wo das Ufer stark abschüssig ist, macht sich aber stark geltend, daß in größeren Entfernungen nur bei stark belasteten Schmutzwasserkanälen im Schlamm eine Verschmutzung noch nachweisbar ist. Es tritt durch die Schwemmkanäle eine stärkere Verschmutzung auf, als durch vorgeklärte ‹Fosse mouras› Abwasser, wo die gröberen Stoffe zurückgehalten wurden. Dies zeigt der verhältnismäßig reine Schlamm bei dem Abwasserkanal der Seidenfabrik Henneberg.

Zeitlich ist im Schlamm eine Fäkalverunreinigung an Hand des Colinachweises noch ziemlich lange nach der eingetretenen Verschmutzung erkennbar. Quantitativ nimmt zwar die Colizahl sehr rasch ab, eine weniger intensive Verschmutzung ist aber noch Monate nachher zu erkennen.

In tieferen Schlammschichten konnte ich nur selten Colikeime nachweisen.

Genaueren Aufschluß über die Verunreinigung eines Gewässers resp. Sees gibt uns die Wasseruntersuchung. Ich konnte an vielen Stellen im Wasser eine Verschmutzung nachweisen, während dies im Schlamm nicht mehr möglich war.

Andererseits konnte ich doch zweimal im Schlamm eine deutliche Fäkalverunreinigung nachweisen, während in dem darüberstehenden Wasser keine Colikeime mehr nachzuweisen waren.

LITERATUR-VERZEICHNIS.

1. Thieſing, Gärtner, Handbuch (1915). Hygiene des Waſſers.
2. Will, dito.
3. Forel, Handbuch der Seekunde. Le Léman p. 208 (1901).
4. Holſt, Geirsvold und Schmied-Nielſen, Über die Verunreinigung des Städt. Hafens und des Fluſſes Akerſelven durch die Abwäſſer der Stadt Chriſtiania. Archiv f. Hygiene Bd. 42/153.
5. Lehmann, Die Verunreinigung des Kanalhafens von Frankenthal, ihre Urſachen, Folgen und die Mittel zur Abhilfe. Phyſ.med. Geſellſchaft Würzburg Bd. 35.
6. Fiſcher, Unterſuchungen über die Verunreinigung des Kieler Hafens. Zeitſchr. f. Hygiene Bd. 23/1.
7. Weyl, Handbuch der Hygiene.
8. Oskar Spitta, Grundriß der Hygiene p. 427.
9. Schütz, Die Abwaſſerfrage von Königsberg in Pr. im Jahre 1913. Ein Beitrag zur Frage der Einwirkung von Sulfitzelluloſeabwäſſern auf ſtädtiſche Abwäſſer. Zeitſchr. f. Hygiene Bd. 87/185.
10. Lauterborn, Bericht über die Ergebniſſe der 8. biolog. Unterſuchung des Oberrheins auf der Strecke Baſel-Mainz. Arbeiten aus dem Kaiſerl. Geſundheitsamt Bd. 36/238.
11. Lauterborn, 6. biolog. Unterſuchung des Oberrheins auf der Strecke Baſel-Mainz. Arbeiten aus dem Kaiſerl. Geſundheitsamt Bd. 33/443.
12. Marſſon, Bericht über die Ergebniſſe der 8. biolog. Unterſuchung des Rheins auf der Strecke Mainz-Koblenz. Arbeiten aus dem Kaiſerl. Geſundheitsamt Bd. 36.
13. Rubner, Beitrag zur Lehre der Waſſerbakterien. Archiv für Hygiene Bd. 11/365.
14. Ruſſel, Unterſuchungen über im Golf von Neapel lebende Bakterien. Zeitſchr. f. Hygiene Bd. 11/165.
15. Fränkel, Zit. nach Gärtner, Hygiene des Waſſers. Handbuch p. 218.
16. Schapilewsky E., Über die Protozoen und deren Selbſtreinigung der natürl. Waſſer nach ihrer künſtl. Infizierung durch Bakterien. Archiv f. Hygiene Bd. 72/73.
17. Langermann, Unterſuchungen über den Vorgang der Selbſtreinigung, ausgeführt am Waſſer des Gießener Volksbades. Zeitſchr. f. Hygiene Bd. 64/435.
18. Spiegel, Über die Vernichtung von Bakterien durch Protozoen

und über die Fähigkeit der Bodoazeen, Bakterienfilter zu durchdringen. Archiv f. Hygiene Bd. 24/213.

19. Davids, Untersuchungen über den Bakteriengehalt des Flußbodens in verschiedenen Tiefen. Archiv f. Hygiene Bd. 24.
20. Sulzer, Zur Frage des Colinachweises in Oberflächengewässern unter besonderer Berücksichtigung neuerer Methoden. Dissertation E.T.H. 1913.
21. Wernicke, Allgemeine Epidemiologie und Immunität. Boden, Hygien. Rundschau Jahrgang 1895 p. 740.
22. Christian, Gärtner, Handbuch, Hygiene des Wassers.
23. Défressine C. et Cazeneve H., Persistance du vibrion cholérique dans la vase des cours d'eau. C.r. soc. Biol. T. 73/89 1912. Ref. C.Bl. f. Bact. Bd. 55/363.
24. R. Wood, Recent advance, in the Differentiation of Lactose-fermenting (gas-producing) Bacilli with special Referance to the examination of water and food products. The Journal of Hygiene Bd. 18/46.
25. Burri und Düggeli, Beiträge zur Systematik der Coli-Ärogenesgruppe nebst Beschreibung einer neuen Methode zur Untersuchung der Gärungsgase. C.Bl. f. Bact. I. Orig.Bd. 49/155.
26. Remeltz, Untersuchungen betreffend Bact. coli commune bei Säugetieren, Vögeln, Fischen. Diss. Bern (1902).
27. Rauschenbach, Bakt. Untersuchungen über die Schaffhauser Wasserversorgung mit besonderer Berücksichtigung der neueren Methoden. Diss. Universität Zürich 1909.
28. Vincent, Sur la signification du bacillus coli dans les eaux potables. Annales de l'institut Pasteur T. 19/233.
29. Freudenreich, Über den Nachweis des Bact. coli commune im Wasser und seine Bedeutung. C.Blatt f. Bact. Bd. 18/102.
30. L. Bitter, Über das Absterben von Bakterien auf den wichtigeren Metallen und Baumaterialien. Zeitschr. f. Hygiene Bd. 69/482.
31. Revis Cecil, On the probable value to bacillus coli of slime formation in soils. C.Bl. f. Bact. Bd. 59/291 Ref.
32. Konrich, Zur Beurteilung d. Bact. coli im Wasser. Klin. Jahrbuch Bd. 23 1910. Ref. Wasser und Abwasser, Bd. 3/245.
33. Hesse und Niedner, Die quantitative Bestimmung von Bakterien in Flüssigkeiten. Zeitschr. f. Hygiene Bd. 42/179, 53/259 u. 29/454.
34. Paul Müller, Über die Verwendung des von Hesse u. Niedner empfohlenen Nährbodens bei der bakteriol. Wasseruntersuchung. Archiv f. Hygiene Bd. 38/350.
35. Wahlbaum H., Zur Methodik der bakt. Wasseruntersuchung mit Angaben über Bereitung des Nähragars. C.Bl. f. Bakt. Bd. 30/790.

36. Gocht und Thomann, Über die Brauchbarkeit verſchiedener Nährböden für die bakteriol. Waſſeruntersuchung. C.Bl. f. Bakt. Abt. II. Bd. 6/796.
37. Abba, Über die Notwendigkeit, die Technik der bakt. Waſſeruntersuchung gleichförmiger zu geſtalten. Zeitſchr. f. Hygiene Bd.33.
38. Löſener, Über einen elektiven Nährboden von Bact. coli. Arbeiten aus dem Kaiſerl. Geſundheitsamt Bd. 11.
39. Kaiſer M., Über die Bedeutung von Bact. coli im Brunnenwaſſer. Archiv f. Hygiene Bd. 52/121.
40. Elsner, Unterſuchungen über elektives Wachstum der Bact. coliarten und des Typhusbazillus und deſſen diagnoſt. Verwertbarkeit. Zeitſchr. f. Hygiene Bd. 21/25.
41. Purvis Carrington G., A new methode of demonstration the presence of Bacillus coli in sewagepolluteat water. C.Bl. f. Bakt. Bd. 56/313 Ref.
42. Petruſchky und Puſch, Bact. coli commune als Indikator für Fäkalverunreinigung von Wäſſern. Zeitſchr. f. Hygiene Bd. 43/304.
43. Marmann, Ein neues Verfahren zum quantitativen Nachweis des Bact. coli im Waſſer, zugleich ein Beitrag zum Verhalten dieſes Keimes in Flüſſen und Schwimmbaſſins. C.Bl. f. Bakt. I. Abt. Bd. 50/267.
44. Thöni J., Der Nachweis von Bact. coli im Waſſer mit Hilfe der Milchzucker-Agar-Pepton-Schüttelkultur. C.Bl. f. Bakt. Abt. II, Bd. 46/334.
45. Minder, Zur Methodik des Nachweiſes von Bact. coli in Waſſer unter ſpez. Berückſichtigung der im Schweiz. Lebensmittelbuch aufgenommenen Verfahren. C.Bl. f. Bakt. Bd. 67/537 Ref.
46. Öttinger, Die bakteriol. Kontrolle von Sandfilteranlagen. Zeitſchrift f. Hygiene Bd. 71/1.
47. Eijkmann, Die Gärungsprobe bei 46° C. als Hilfsmittel bei der Trinkwaſſerverſorgung. C.Bl. f. Bakt. Bd. 37/742.
48. Drigalski-Conradi, Über ein Verfahren zum Nachweis der Typhusbazillen. Zeitſchr. f. Hygiene Bd. 39/283.
49. M. Iſabolinsky und L. Smoljon, Über die Wirkung einiger Anilinfarbſtoffe auf Bakterien, nebſt einem Beitrag über die Farbſtoffeſtigkeit der Bakt. C.Bl. f. Bakt. Bd. 73/413.
50. Römer P., Gelb H. und Lohlin W., Experimentelle und kliniſche Unterſuchungen über die hemmende und abtötende Wirkung von Anilinfarbſtoffen auf Augenpathogene Keime. Archiv f. Ophtalmologie Bd. 87/1. Ref. C.Bl. f. Bakt. Bd. 63/191.
51. Janſen Andrew M., The disinfectant action of certain bacteriol. stains. C.Bl. f. Bakt. Bd. 63/191 Ref.

52. Churchmann John W., The selectiv bactericidal action of gentian violet. Journ. of experiment. med. vol. 16/221. Ref. C.Bl. f. Bakt. Bd. 57/50.

53. Simon and Wood, The inhibitory action of certaine anilin dyes upon bacteriol. developament. Ref. C.Bl. f. Bakt. Bd. 63/58.

54. Haſſentamp, Unterſuchungen über kombinierte Wirkungen von Metallſalzen und Farbſtoffen. Diſſertation Freiburg 1914.

55. Robinſon, Herold C. and Rettger Leo F. C., Studies of the use of brillant green and a modified Endo's Medium in the isolation of Bacillus typhosus from freces. C.Bl. f. Bakt. Bd. 67/237 Ref.

56. Plaut, Über eine neue Methode zur Konſervierung und Weiterzüchtung von Gelatinekulturen. Fortſchritte d. Med. Bd. IV/419.

57. Wilforth, Über die Modifikation der bakteriol. Plattenkulturen. Deutſche med. Wochenſchrift Berlin N. 28 p. 618.

58. Richter, Agar-Agarnährſubſtanz für Bakterienkulturen. Kliniſche Wochenſchrift Berlin Nr. 36 p. 600.

59. Elsner, Unterſuchungen zur Plattendiagnoſe des Choleravibrio. Archiv f. Hygiene Bd. 21/123.

60. Fiſcher, Die Bakterien des Meeres nach den Unterſuchungen der Plankton-Expedition unter gleichzeitiger Berückſichtigung älterer und neuerer Unterſuchungen. C.Bl. f. Bakt. Bd. 15/657.

61. Prall, Beitrag zur Kenntnis des Nährbodens für die Beſtimmung der Keimzahl im Waſſer. Arbeiten aus dem Kaiſerl. Geſundheitsamt Bd. 18/436.

62. J. J. de Waale, Zur bakteriol. Unterſuchung des Waſſers. C.Bl. f. Bakt. Bd. 52/10.

63. Mc. Conkey, Bile salt media and their advantages in some bacteriological examination. The Journ. of Hygiene Vol. 8 Nr. 3 p. 322. Ref. C.Bl. f. Bakt. Abt. I Bd. 43/230.

64. A. Müller, Über die Brauchbarkeit des Natriumtaurochols, als Zuſatz zum Löffler'ſchen Malachitgrünagar. Arbeiten aus dem Kaiſerl. Geſundheitsamt Bd. 33/443.

65. Gaßner, Einige Verſuche über Drigalski-Agar. C.Bl. f. Bakt. Orig.-Bd. 79/353.

66. Kolkwitz und Erlich, Chemiſch-biologiſche Unterſuchungen der Elbe und Saale. Mitteilungen aus der Kaiſerl. Prüf.-Anſtalt für Waſſerverſorgung u. Abwaſſerbeſeitigung zu Berlin, Heft 9/1, 1907.

67. Kabrhel, Zur Frage der Bedeutung des Bact. coli im Trinkwaſſer. Archiv f. Hygiene Bd. 76/256.

Curriculum vitae.

Ich, H. Peter Mirer, wurde am 4. Januar 1888 in Oberſaxen (Graubünden) geboren als Sohn des Mirer, Melchior Anton, und der Alig Urſula. Ich beſuchte dort die Primarſchule, dann von 1900 bis 1904 die Kloſterſchule in Diſentis, ferner die Gymnaſien Sarnen, Freiburg und Schwyz, wo ich im Sommer 1908 die Maturitätsprüfung beſtand. Im Herbſt 1908 trat ich bei Herrn Apotheker Dr. H. Göldlin in Aarau als Apotheker-Praktikant ein. Im Herbſt 1910 beſtand ich die Aſſiſtenten-Prüfung in Lauſanne und war dann ein Jahr als Aſſiſtent in Chur tätig. Anſchließend ſtudierte ich an der Pharm. Abteilung der Eidg. Techn. Hochſchule und beſtand im Mai 1914 das Staatsexamen als Apotheker, worauf ich vier Jahre Verwalter der Apotheke in Schuls war. Von Januar 1919 bis Dezember 1920 war ich als Aſſiſtent am Hygieniſch-Bakteriologiſchen Inſtitute der Eidg. Techn. Hochſchule tätig und führte hier meine Diſſertationsarbeit aus.