

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



6659

L. inw.

Emmerling

Praktikum der
Wasseruntersuchung

Sammlung
naturwissenschaftlicher
Praktika Band 4

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299313

Sammlung naturwissenschaftlicher Praktika. Band IV

PRAKTIKUM

DER

CHEMISCHEN, BIOLOGISCHEN UND BAKTERIOLOGISCHEN

WASSERUNTERSUCHUNG

VON

PROFESSOR DR. O. EMMERLING

MIT 171 ABBILDUNGEN IM TEXT



(30844)

G. 55. 115

BERLIN

VERLAG VON GEBRÜDER BORNTRAEGER

W 35 SCHÖNEBERGER UFER 12a

1914

x
2411



II 6659

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen,
vorbehalten

Copyright, 1914, by Gebrüder Borntraeger in Berlin

Druck der Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.

Akc. Nr. 2136/51

DER KÖNIGLICHEN LANDESANSTALT
FÜR
WASSER-HYGIENE

GEWIDMET

VON IHREM LANGJÄHRIGEN MITARBEITER



Akc. Nr. _____

Vorwort

Dem Wesen eines Praktikums entsprechend hat der Verfasser bei Aufführung der Methoden der chemischen, biologischen und bakteriologischen Wasseruntersuchung die kritischen Momente auf ein Minimum beschränkt. Vielmehr sind, da ja der Experte danach arbeiten soll, lediglich diejenigen Methoden aufgenommen worden, welche als zuverlässig oder doch als die besten unter vielen bekannt und oft von ihm selbst erprobt worden sind.

In vielen, wohl den meisten, Fällen stehen für Wasseruntersuchungen keine getrennten Kräfte in Gestalt eines Chemikers, eines Biologen und eines Bakteriologen zur Verfügung; für die Fälle, wo solche Arbeiten von einer Person ausgeführt werden müssen, ist dieses Praktikum geschrieben.

Der Verfasser hat bereits zu einer Zeit, als von einer wissenschaftlichen Wasserbiologie noch keine Rede war, als F. Cohns erste Arbeiten auf diesem Gebiete bekannt wurden, unter Zugrundelegung derselben, gemeinschaftlich mit F. Hulwa in Breslau Gebrauchswässer sowohl, wie Abwässer zahlreicher schlesischer Orte und Fabriken in der Regel auch nach der biologischen Seite hin untersucht, soweit dies der damalige Stand der Wissenschaft zuließ. Er hat die Fortschritte gerade der Biologie des Wassers mit ganz besonderer Freude begrüßt und verfolgt und die Wasseranalyse in der Erweiterung, welche sie heutzutage erfahren, wiederholt zum Gegenstande von Vorlesungen an der hiesigen Universität gemacht. Mit der Hoffnung, daß es günstig aufgenommen werde, übergebe ich dies Praktikum den Fachgenossen. Schließlich verfehle ich nicht, allen denen, welche mir durch Überlassen von Klischees

und Beschreibungen einen wesentlichen Dienst geleistet, besonders auch den Firmen Altmann in Berlin und Leitz-Berlin-Wetzlar meinen Dank auszusprechen. Die Zeichnungen der meisten Wasserorganismen sind von Herrn Nitardy an der Landesanstalt für Wasserhygiene ausgeführt und stellen mit wenigen Ausnahmen Originale vor. Die Herren Verleger haben das ihrige getan, dem Werkchen zu einem würdigen Äußeren zu verhelfen.

Berlin, im März 1914

Der Verfasser

Inhaltsangabe

	Seite
Einleitung	1
I. Die chemische Untersuchung	2—98
Die Probenahme, Bestimmung der Farbe, der Durchsichtigkeit, der Temperatur, des Geruchs, der elektrischen Leitfähigkeit.	
a) Die chemische Untersuchung von Genuß- und Gebrauchswasser	16—60
Bestimmung der Reaktion, der suspendierten Substanzen, des gelösten Sauerstoffs, des Sauerstoffdefizits, der Sauerstoffzehrung, der freien, der halbgebundenen, der Gesamtkohlensäure, des Rückstandes, von Kalk und Magnesia, der Härte. Indirekte Bestimmung der Magnesia, Bestimmung des Eisens, Mangans, Bleis, des Bleilösungsvermögens, des Zinks, Ammoniaks, Chlors, der salpetrigen, der Salpetersäure, der organischen Substanz.	
b) Mineralwässer	60—76
Kieselsäure, Alkalien. Lithium, Jod, Brom, spezif. Gewicht, Radioaktivität.	
c) Abwässer	76—78
Sauerstoff, Schwefelwasserstoff, Fäulnisfähigkeit, Acidität und Alkalinität, Chlor, Phosphorsäure, Oxydierbarkeit, Vierstundenprobe, Vierminutenprobe, Bebrütungsprobe, organischer Kohlenstoff, Albuminoidammoniak, Fett, Metalle, für verschiedene Abwässer charakteristische Substanzen.	
Reagentien für die chemische Untersuchung	92
II. Biologisch-mikroskopische Untersuchung	98—144
Untersuchung von Bodensätzen, Schlämmen auf lebloses Material. Untersuchung von Wässern auf lebende Organismen. Beschreibung der wichtigsten Wasserorganismen, Oligo-, Meso-, Polysaprobier. Ausführung der Untersuchung.	
III. Bakteriologische Wasseruntersuchung	138—172
Allgemeine Regeln, Probenahme, Zählen der Kolonien, häufiger im Wasser vorkommende Bakterien. Nachweis von Bac. Coli, Bac. typhi, Vibrio Cholerae, Milzbrandbazillus. Zucht anaerober Bakterien. Reagentien für die bakteriologische Untersuchung.	
Die Beurteilung der Wässer.	
Allgemeine Anforderungen an Gebrauchswässern	178
Ministerielle Erlasse	185
Literaturverzeichnis	191
Sachregister	169—200

(

Für die Untersuchung und Beurteilung von Gebrauchswässern sowohl wie von den zahlreichen mit der Zunahme der Bevölkerung und der Entwicklung von Landwirtschaft und Industrie wachsenden Abwässern genügen die früher fast ausschließlich verwendeten rein chemischen Methoden vielfach nicht mehr. Die Wasseranalyse hat aus diesem Grunde gegen früher eine ganz erhebliche Erweiterung erfahren, indem sich der chemischen Prüfung die biologisch-mikroskopische und die bakteriologische anschließen. Allerdings wird in weitaus den meisten Fällen, besonders bei der Untersuchung von Genußwässern, die chemische Analyse die Grundlage bilden, in anderen Fällen jedoch sind Biologie und Bakteriologie entweder nicht zu entbehren oder mindestens als gleichwertige Faktoren für die Beurteilung zu betrachten. Streng genommen ist die Bakteriologie ein Teil der Biologie, indem sie sich mit den im Wasser vorkommenden lebenden Bakterien beschäftigt. Aus Zweckmäßigkeitsgründen und weil die bakteriologischen Methoden vielfach von den allgemeinen biologischen abweichen, werden beide Disziplinen getrennt behandelt. Auf dieser Trennung fußend werden auch an dieser Stelle

1. die Methoden der chemischen,
2. die Methoden der biologisch-mikroskopischen,
3. die Methoden der bakteriologischen

Wasseruntersuchung besprochen werden.

I. Die chemische Untersuchung

Die Probenahme

Für die chemische Untersuchung eines Wassers genügen in den meisten Fällen zwei Liter; nur dann, wenn es sich, wie bei Mineralwasseranalysen um den Nachweis und die quantitative Bestimmung auch der in sehr geringer Menge vorhandenen Bestandteile handelt, welche für die Beurteilung gewöhnlicher Genuß- und Gebrauchswässer belanglos sind, müssen größere Mengen — 50 bis 100 Liter — zur Verfügung stehen.

Da zufällige Verunreinigungen von großem Einfluß auf Analyse und Beurteilung sein können, so hat die Probenahme mit der größten Sorgfalt zu geschehen; ebenso sorgfältig sind die entnommenen Proben vor jeder nachträglichen Verunreinigung oder Veränderung nach Möglichkeit zu schützen. Aber auch das mit aller Vorsicht entnommene Wasser, namentlich das verunreinigte, ist beim Aufbewahren gewissen Veränderungen unterworfen, welche besonders bei Sommertemperatur aufzutreten pflegen. Zwar lassen sich solche Veränderungen zum Teil durch bestimmte Zusätze konservierender Natur vermeiden oder vermindern, doch sind solche konservierte Wasserproben für einzelne Bestimmungen nicht mehr geeignet, so daß man dann stets mehrerer Einzelproben bedarf. Aus diesem Grunde erscheint es geraten, wenn irgend möglich, die der Veränderung unterworfenen Faktoren gleich nach der Probenahme, d. h. an Ort und Stelle, zu ermitteln. Bei Bestimmungen von Temperatur, Farbe, Geruch versteht sich dies von selber. Wenn es irgend angeht, sollte der chemische wie auch der biologische Experte die Proben selbst zu entnehmen in der Lage sein; denn der Laie bedenkt oder weiß oft nicht, wie sehr er durch anscheinend nebensächliche Dinge schwerwiegende Fehler bei Probenahme, Wahl der Gefäße, Versand und manchen anderen Dingen zu begehen vermag. Bei der Beurteilung von Wässern, für deren richtige und sach-

gemäße Probenahme eine Gewähr nicht vorliegt, sollte die allergrößte Vorsicht angewendet werden.

Für die Entnahme und Aufbewahrung von Wasserproben ist jede gut gereinigte Glasflasche, zweckmäßig mit Glasstopfen, geeignet. Die Gefäße sind mit Sodalösung, später mit Salzsäure, eventuell unter Anwendung von Bürsten, zuletzt mit reinem Wasser gründlich auszuspülen und zu trocknen. Mangels Glasstopfen sind neue, gründlich ausgekochte Korkstopfen verwendbar. Sofort nach dem Füllen sind die Flaschen mit Etiketten zu versehen, welche die erforderlichen Notizen enthalten. Da dieselben abfallen können, sind Flaschen mit einer mattgeschliffenen Seite sehr zu empfehlen. Die Flaschen werden mit Pergamentpapier verbunden oder erhalten zum Festhalten des Stopfens eine Klammer. Zweckmäßig werden solche Flaschen zu 2 oder 4 oder 6 in einem mit Filz ausgefütterten Blechkasten transportiert (Fig. 1).

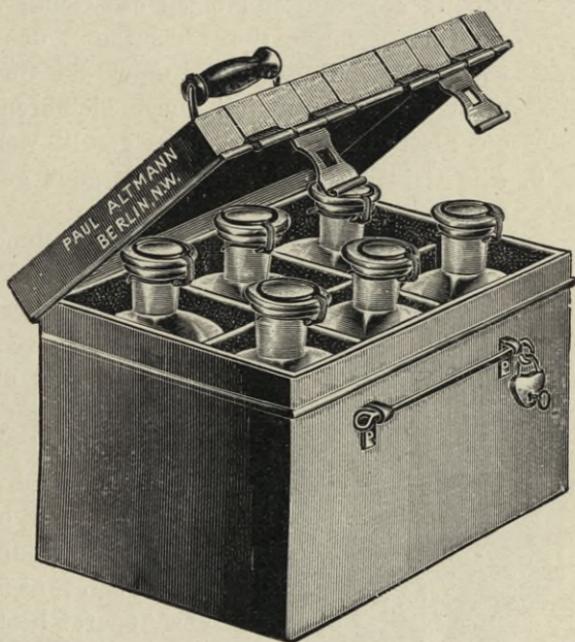


Fig. 1. Transportkasten für 6 Wasserproben

oder 6 in einem mit Filz ausgefütterten Blechkasten transportiert (Fig. 1).

Regeln für die Probenahme

1. Bevor die Gefäße mit Wasser definitiv gefüllt werden, sollen sie stets einigemal mit demselben Wasser ausgespült werden.
2. Beim Füllen soll das Wasser nicht über die Hand laufen, ebenso ist das Hineinfallen von Staub, Blättern, Holzteilen usw. zu vermeiden.
3. Wird das Wasser aus Brunnen entnommen, so entspricht das im Brunnenrohre befindliche Wasser nicht durchaus dem Wasser im eigentlichen Brunnenschacht resp. dem Grundwasser; es hat deshalb ein längeres Auspumpen stattzufinden,

bevor die Proben eingefüllt werden. Bei Wasserleitungen läßt man aus denselben Gründen etwa 10 Minuten Wasser ablaufen und füllt dann bei mäßigem Wasserdruck.

4. Bei offenen Quellen kann man direkt oder mit Hilfe eines Trichters füllen.
5. Bei offenen Gewässern, Flüssen, Teichen, Seen, taucht man zweckmäßig nicht zu nahe am Ufer und unter Vermeidung zufälliger Verunreinigungen das Gefäß vor dem Öffnen unter die Oberfläche, entfernt dann erst den Stopfen und schließt nach dem Füllen wieder unter der Oberfläche. Wo solches nicht angeht, kann mit einem kleineren Gefäße geschöpft und die Flasche mittels Trichters gefüllt werden.
6. Alle Gefäße sind bis auf einen ganz geringen Luftraum auszufüllen.

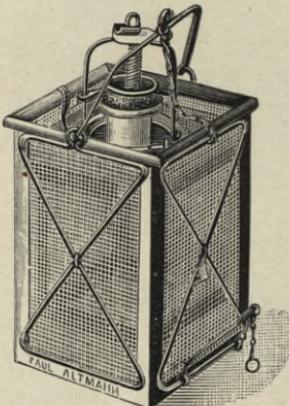


Fig. 2. Wasserentnahmeapparat nach Heyroth

Die Probenahme wird wesentlich erleichtert durch besondere, selbsttätige Schöpfapparate, welche besonders bei Entnahme aus tieferen Wasserschichten unentbehrlich sind. Meistens sind diese Apparate zugleich mit Einrichtungen zur Entnahme von Proben für die bakteriologische Untersuchung versehen. Von den zahlreichen diesbezüglichen Modellen seien hier einige genannt, welche besonders bewährt und beliebt sind.

1. Apparat nach Heyroth.¹⁾ Dieser einfache Apparat besteht aus einer Flasche, deren Hals durch ein Ventil verschlossen ist, welches durch Ziehen an einer Schnur geöffnet werden kann. Die Flasche befindet sich in einem Drahtkorbe mit Bleiboden. Die ganze Vorrichtung hängt an einer am Bügel befindlichen Kette (Fig. 2).

Komplizierter ist der von Spitta und Imhoff²⁾ konstruierte Apparat (Fig. 3), welcher gestattet, aus beliebiger Tiefe gleichzeitig Proben für die chemische, für die bakteriologische und für die Untersuchung auf Sauerstoff zu entnehmen. Dieselben Autoren beschrieben noch einen größeren Wasserentnahmeapparat (Fig. 4). Ein etwa 2,5 l fassender Glasballon dient zur Aufnahme der Probe

1) Heyroth, Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundh.-Amt VIII, 381.

2) Spitta u. Imhoff, Mitteilg. aus d. Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung 1906, Heft 6, S. 75.

für die chemische Untersuchung, zwei Flaschen sind für die Sauerstoffbestimmung, ein evakuiertes Glasrohr für die bakteriologische Untersuchung.

Auf ähnlichen Prinzipien beruhen Apparate von Behre-Thimme, Mayrhofer u. a.



Fig. 3
Apparat nach Spitta und Imhoff

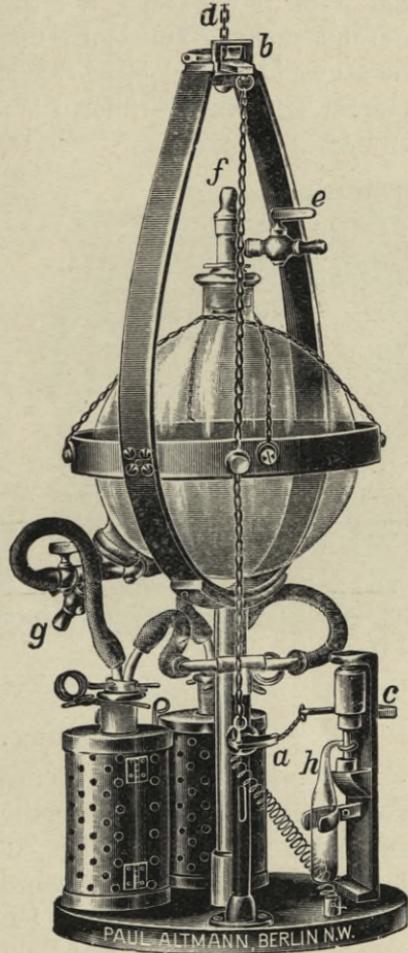


Fig. 4
Großer Wasserentnahmeapparat nach Spitta und Imhoff

Für die Untersuchung an der Quelle, wo oft die nötigen Räumlichkeiten und Apparate nicht zur Verfügung stehen, sind verschiedenfach Instrumente in kompensiöser Form konstruiert worden. Die erforderlichen Reagentien werden dabei in Tablettenform verwendet, welche auch dem nicht geschulten Experten eine

Wasseruntersuchung auszuführen gestatten sollen, da bei dem Gebrauch solcher Tabletten mit bestimmtem Wirkungswert Wägungen oder Messungen wegfallen. Unter Umständen können solche Reagentienkästen von Vorteil sein, z. B. in den Tropen oder bei beschwerlichen Reisen, sie sollten aber nur in Ausnahmefällen verwendet werden; Grundsatz soll stets bleiben, daß eine chemische Wasseruntersuchung von einem Chemiker ausgeführt wird, welcher solche Hilfsmittel wohl stets vermeiden wird. Einen transportablen Kasten für Trinkwasser-Untersuchungen an der Quelle hat H. Klut konstruiert (Fig. 5).

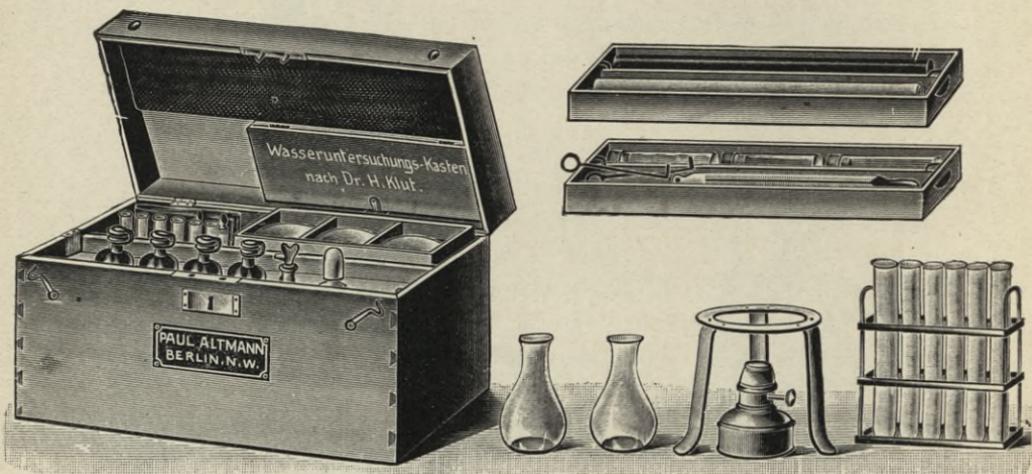


Fig. 5. Kasten nach H. Klut

Bestimmung der Farbe

Der Anforderung, daß Genuß- und Gebrauchswässer farblos sein sollen, entsprechen die meisten Quellwässer, während Grundwässer öfters einen schwachen Stich ins Gelbliche zeigen. Diese Färbung kann von einem Eisengehalt herrühren, ist jedoch auch vielfach auf die Anwesenheit färbender organischer Substanzen, besonders Huminkörper, zurückzuführen. Rührt die gelbe Farbe von Eisen her, so trübt sich das Wasser bald, läßt einen gelben Bodensatz fallen und wird darauf farblos.

Die blaue oder grüne Farbe gewisser Flüsse und Seen kann verschiedene Ursachen haben. Die Eigenfarbe des Wassers in dickerer Schicht ist blau; eine grüne Farbe kann als Mischfarbe aus blauem Wasser und gelbem Grunde entstehen, sie kann aber auch durch zahlreiche grüngefärbte Organismen hervorgerufen werden.

Meistens wird es sich bei Wasserproben um Farblosigkeit oder eine mehr oder weniger deutliche Gelbfärbung handeln, welche man entweder schon im Schöpfgefäß erkennt oder welche erst in dickerer Schicht bemerkbar wird. Zur Bestimmung der Färbung füllt man einen etwa 60 bis 70 cm hohen Glaszylinder, welcher zur Abhaltung seitlichen Lichtes mit einem schwarzen Papier umgeben oder schwarz lackiert ist, mit dem Wasser, welches, wenn es nicht klar sein sollte, filtriert werden muß, und hält ihn 20 bis 30 cm über eine weiße Unterlage. Die Farbe wird jetzt zu erkennen sein. Um den Grad der Färbung zu bestimmen, vergleicht man die Farbe mit der eines Wassers, welchem man bestimmte Mengen einer färbenden Substanz zugesetzt hat. Man bedient sich hierbei zweckmäßig, wie bei allen anderen kolorimetrischen Bestimmungen, der Hehnerschen Zylinder. Es sind dies Glaszylinder von gleicher Weite, von unten nach oben bis 100 ccm in Kubikzentimeter geteilt, unten plan geschliffen und mit Abblähnen versehen. Vorteilhaft stehen beide auf einem Stative über weißer Fläche (Fig. 6).

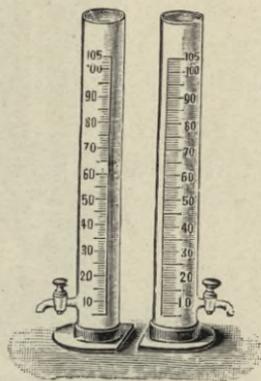


Fig. 6. Hehnersche Zylinder

Man füllt den einen Zylinder mit dem zu untersuchenden Wasser, den zweiten mit ca. 90 ccm destillierten Wassers, welchem man je nach der Intensität der Färbung ein oder mehrere ccm der unter Reagentien angegebenen Karamellösung zusetzt, worauf man auf 100 auffüllt und mischt. Von dem die stärkere Färbung zeigenden Zylinder läßt man nun so lange Wasser ablaufen, bis der Farbenton in beiden Zylindern der gleiche ist.

Beispiel. Dem Vergleichszylinder wurden 3 ccm Karamellösung zugesetzt und nach dem Auffüllen auf 100 umgeschüttelt. Aus diesem Zylinder mußte bis zur Farbengleichheit Wasser bis 65 ccm abgelassen werden. Da in 100 ccm 3 ccm Karamellösung enthalten waren, so enthalten die 65 ccm noch 1,95 ccm. Das zu untersuchende Wasser entsprach demnach ebenfalls der durch diese Menge hervorgebrachten Färbung. Man drückt sich aus: Die Färbung des Wassers entspricht 1,95 ccm Karamellösung.

Neben dieser Bestimmungsmethode benutzt man vielfach auch besondere Apparate, in welchen man die Farbenintensität des Wassers mit gefärbten Gläsern vergleicht; ein solcher Apparat ist das von

König angegebene Diaphanometer; auch das Stammersche und Wolffsche Farbenmaß (Fig. 7) sind recht zweckentsprechend.

Andere als die erwähnten Färbungen wird man nur in Abwässern, besonders solchen aus Färbereien oder Farbstoffabriken finden; es genügt hier, die Farbe überhaupt anzugeben.

Da gelbliche Wässer nach dem Ausscheiden von Eisen vielfach farblos werden, ist es geraten, die Prüfung auf Färbung so-

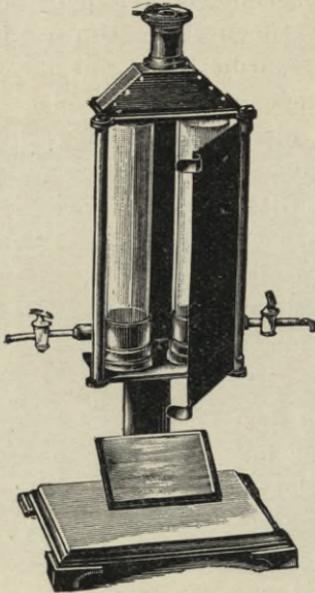


Fig. 7
Wolffsches Farbenmaß

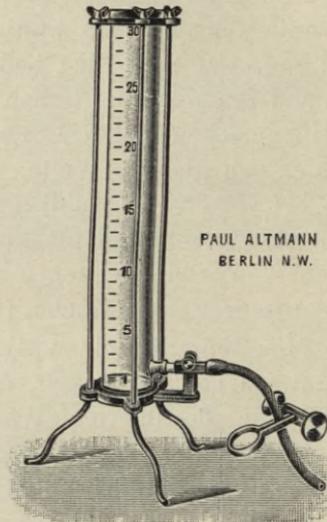


Fig. 8
Zylinder zur Durchsichtigkeitsbestimmung

fort nach Entnahme der Probe anzustellen, resp. sie nach Ausfällen des Eisens zu wiederholen.

Bestimmung der Durchsichtigkeit

Schon geringe Mengen suspendierter Stoffe setzen die Durchsichtigkeit des Wassers bedeutend herab; ebenso ist der Grad der Färbung von großem Einfluß auf die Sichttiefe. Die Bestimmung der letzteren ist für Genußwässer, wo die Mengen der suspendierten Stoffe ein Minimum und eine erhebliche Färbung meist überhaupt nicht vorhanden ist, irrelevant; für die Untersuchung von Flüssen, Teichen, überhaupt offenen Gewässern, besonders solchen, welche einer Verunreinigung durch färbende und ungelöste Stoffe ausgesetzt sind, aber ein wichtiges Moment. Ganz besondere Bedeutung

erhält die Bestimmung der Durchsichtigkeit bei Abwässern der verschiedensten Art.

Zu ihrer Ausführung füllt man Glaszylinder von etwa 5 cm Weite und 30 cm Höhe (Fig. 8) mit dem Wasser und hält dieselben über ein mit Buchstaben oder Zahlen bedecktes Papier. Durch Ablassen von Wasser an einem unteren Hahne wird man leicht den

1,0.

Der Jüngling, wenn Natur und Kunst ihn anziehen,
glaubt mit einem lebhaften Streben bald in
das innerste Heiligthum zu dringen. Der Mann

5 4 1 7 8 3 0 9

Fig. 9. Snellensche Schriftprobe

Punkt erreichen, an welchem eben die Schrift deutlich zu lesen ist. In der Regel werden die sog. Snellenschen Schriftproben I (Fig. 9) benutzt, ebensogut kann irgendeine andere Schrift gleicher Größe dienen.

Für die Durchsichtigkeitsbestimmung von freien Gewässern benutzt man die Senkscheibe (Fig. 10), d. h. eine weiß emaillierte oder weiß gestrichene Eisenplatte oder eine Porzellanscheibe, welche an einer Kette befestigt ist. Die Scheibe wird in das Wasser versenkt, bis sie eben unsichtbar wird. Bei stark be-

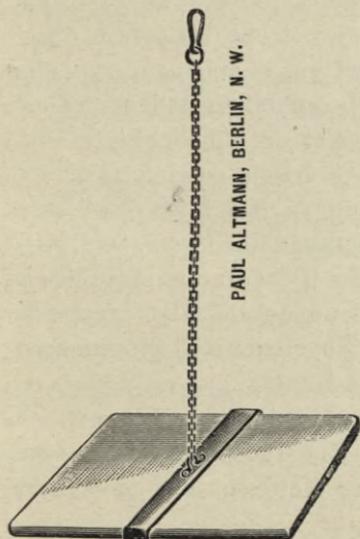


Fig. 10. Senkscheibe

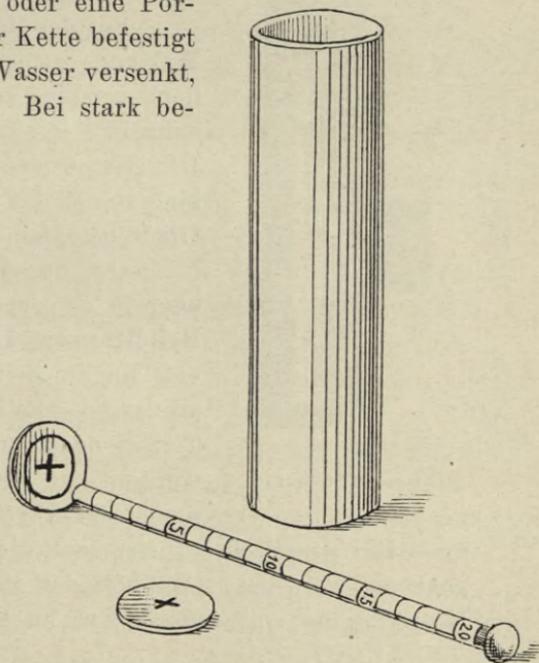


Fig. 11. Durchsichtigkeitsmesser nach Weigelt

wegtem Wasser, welches die Scheibe fortreibt, ist die von C. Weigelt¹⁾ angegebene Modifikation vorzuziehen. Er benutzt eine kleine weiße Glasscheibe (Fig. 11), welche in schwarzer Farbe 1,5—2 mm dick Ring und Kreuz zeigt und an einem graduierten Stabe beim Eintauchen in die Flüssigkeit gestattet, das Verschwinden des Kreuzes bzw. die Tiefe des Einsenkens an der Skala abzulesen. Der Zylinder dient zu Messungen geschöpfter Proben. Auch mit Gewichten beschwerte Senkscheiben sind bei bewegtem Wasser geeignet.

Kißkalt²⁾ mißt die Abnahme der Lichtintensität durch das Wasser mittels des Webersehen Photometers. Er bringt in einen schwarz umkleideten Zylinder 5 cm hoch reines Wasser und bestimmt die Intensität des auf ein untergelegtes Papier auffallenden Lichtes in Meterkerzen. Sodann verfährt er ebenso mit dem zu untersuchenden Wasser und gibt den Lichtverlust in Prozenten an. Als Lichtquelle kann jedes gleichmäßig brennende Licht dienen.

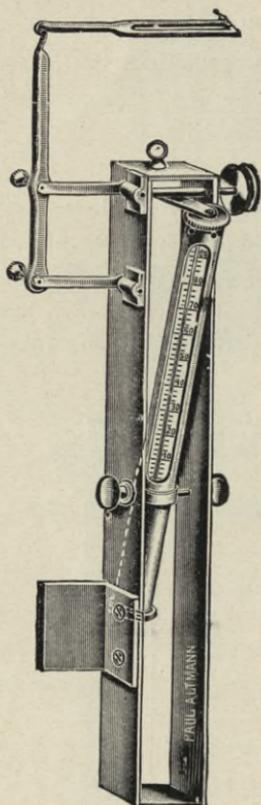


Fig. 12. Tiefseethermometer nach Negretti

Bestimmung der Temperatur

Bei der Bestimmung der Temperatur des Wassers, welche, soweit es sich um Oberflächenwasser handelt, von der Lufttemperatur abhängig ist, ist auch letztere zu ermitteln. Die Wassertemperatur stellt man fest durch längeres Eintauchen eines genauen, in halbe Grade geteilten, sich schnell einstellenden Thermometers in das Wasser (Teich, Fluß usw.) oder in eine größere frisch geschöpfte Probe. Bei Brunnen, Leitungen u. dgl. ist das Wasser erst längere Zeit auszupumpen bzw. ausfließen zu lassen. Soll die Temperatur in größeren Tiefen oder in Brunnenschächten gemessen werden, so sind sogenannte Tiefseethermometer zu verwenden.

Ein praktisches Instrument dieser Art ist von Negretti angegeben worden. Hier befindet sich das Thermometer in einer Metallfassung, mit welcher es an einer Kette in die gewünschte

1) Die chemische Industrie 1904, Nr. 14—19.

2) Hygienische Rundschau 1904, Nr. 21.

Tiefe versenkt wird. Sodann wird durch ein herabfallendes Gewicht eine Feder ausgelöst, und das Thermometer macht automatisch eine Umdrehung von 180° , wobei der Quecksilberstand fixiert bleibt (Fig. 12).

Bestimmung des Geruchs und Geschmacks

Reine, hygienisch einwandfreie Wässer sind geruchlos. Ist das Wasser längere Zeit mit Holz in Berührung, wie in hölzernen Brunnenrohren, so macht sich leicht ein muffiger oder moderiger Geruch bemerkbar. Auch einzelne Organismen und ihre Zersetzungsprodukte sind imstande dem Wasser einen eigentümlichen fischigen Geruch zu erteilen, so *Proteus vulgaris* und *Bacillus subtilis*. Gewisse Pilze verursachen den Geruch nach Moschus. Moorige Wässer sind leicht zu erkennen. Grundwässer riechen öfters schwach nach Schwefelwasserstoff, wie man beispielsweise in den Enteisungsanlagen vielfach bemerken kann. Abwässer können faulig, nach Teer u. dgl. riechen.

Um den Geruch deutlich zu erkennen, füllt man einen Kolben von 1 Liter Inhalt etwa zur Hälfte mit Wasser, fügt bei Anwesenheit von Schwefelwasserstoff, welcher andere Gerüche verdeckt, etwas Kupfersulfat zu, verschließt den Kolben mit einem gut ausgekochten, nicht riechenden Stopfen, erwärmt in Wasser auf ca. 50° mehrere Minuten und öffnet sodann den Stopfen. Man wird auf diese Weise den charakteristischen Geruch am besten bemerken. Schwefelwasserstoff ist am besten mit der Nase zu erkennen, läßt sich aber auch chemisch leicht ermitteln. Ein quantitatives Verfahren ist von L. W. Winkler¹⁾ angegeben worden.

Das Verfahren ist ein vergleichend kolorimetrisches, bei welchem als Vergleichsflüssigkeit eine Lösung von reinstem Natriumsulfid, Na_2S , $9\text{H}_2\text{O}$, der man zur besseren Haltbarkeit gewisse neutrale Salze zusetzt, dient. Diese Lösung wird aus 25 g NaNO_3 und 5 g Natriumsulfid in 50 ccm Wasser bereitet.

Das zu untersuchende Wasser wird durch eine kalibrierte Glasstöpselflasche von ungefähr 100 ccm Inhalt so lange durchgeleitet, bis das anfänglich in die Flasche gelangte, durch Berührung mit der Luft schwefelwasserstoffärmer gewordene Wasser verdrängt ist. Man gibt nun mit einer langstieligen Pipette 5 ccm einer Flüssigkeit, welche durch Lösen von 10 g kristallisiertem Seignette-

1) Ztschr. f. analyt. Chemie 52, 641, 1913.

salz, 10 g Ammoniumchlorid und 0,1 g Bleiazetat in 5prozentigem Ammoniak erhalten wurde, zu, verschließt die Flasche und schüttelt kräftig. Darauf bereitet man die Vergleichsflüssigkeit frisch, bringt in ein Becherglas 100 ccm destilliertes oder reines Leitungswasser und 5 ccm der Bleilösung, mischt gehörig und läßt unter Umschwenken sofort aus einer kleinen engen Bürette so lange Natriumsulfidlösung zulaufen, bis die Farbe beider Flüssigkeiten dieselbe ist. Die Bestimmungen müssen möglichst rasch ausgeführt werden. Die Berechnung geschieht nach den weiter unten bei Eisen oder Ammoniak angegebenen Prinzipien.

Will man den Geschmack eines Wassers kennen lernen — es handelt sich hier nur um Genußwässer —, so prüfe man in nicht zu kaltem Zustande. Gehalt an Kohlensäure und Sauerstoff macht den Geschmack erfrischend, Mangel daran fade. Irgend ein besonders hervortretender Geschmack, z. B. nach Kochsalz, Magnesiumsalzen, Moder usw., schließt das Wasser vom Genuße aus. Es braucht übrigens nicht hervorgehoben zu werden, daß Geschmacksproben von der Individualität des Experten abhängig sind. Es sei ausdrücklich vor dem Kosten von Wasser gewarnt, bei welchem der Verdacht einer Verseuchung durch pathogene Mikroben, wie Cholera-vibriolen, Typhusbazillen, Milzbrandbakterien usw. vorliegt.

Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit von Wasser ist bedingt durch die Anwesenheit und die Menge von Salzen. Selbst geringe Schwankungen im Salzgehalt machen sich in der Leitfähigkeit geltend. Ihre Ermittlung ist deshalb besonders für größere Wasserwerke von Bedeutung, weil man sich auf diese Weise schnell und ohne zeitraubende oder umständliche chemische Untersuchungen von der Gleichmäßigkeit des Wassers überzeugen kann. In viel höherem Grade aber verdient die Bestimmung der Leitfähigkeit Beachtung bei der Untersuchung und ständigen Kontrolle von öffentlichen Flüssen u. dgl., welche der Verunreinigung durch Abwässer ausgesetzt sind. Hier sind zwar die verunreinigenden Faktoren nicht allein Salze, sondern Stoffe der verschiedensten chemischen Natur, in weitaus den meisten Fällen sind dieselben jedoch von Salzen begleitet, so daß ein Zufluß solcher Verunreinigungen sich an der vermehrten Leitfähigkeit rasch bemerkbar macht.

Die Bestimmung des elektrischen Leitungsvermögens geschieht nach der von Kohlrausch angegebenen Anordnung, indem man an

der Wheatstoneschen Brücke eine Flüssigkeitssäule von zu bestimmendem Leitungsvermögen mit einem Widerstand von bekannter Größe in der Weise vergleicht, daß man das Gleichgewicht in der Brücke durch Verschieben des Schlittens ermittelt. Dieser Punkt wird mit Hilfe eines an die Brücke eingeschalteten Telephons an dem Verschwinden der Wechselströme des Induktionsapparates festgestellt.

Die ganze Apparatur besteht nach Pleißner, dessen Mitteilungen das Nachstehende entnommen ist, aus:

1. Einem kleinen Chromsäuretauchelement.

2. Einem kleinen Induktionsapparat, dessen Hämmerchen etwas abgefeilt ist, um die Schwingungen kürzer zu machen.

3. Der Meßbrücke, bestehend aus einem 110 cm langen Holzklotz, auf dem ein käufliches Metermaß mit Millimeterteilung befestigt ist und bespannt mit einem

0,2 mm starken konstanten Draht, der an beiden Enden mit Klemmschrauben verbunden ist. Auf dem Maßstab gleitet ein Schlitten aus Messingblech hin, ohne den Draht zu berühren. An dem Schlitten befindet sich eine Klemmschraube und angelötet ein federndes Drahtstück, welches am freien Ende messerartig breitgeklopft ist und auf dem Meßdraht gut anliegend einen sicheren Kontakt herstellt.

4. Einem Vergleichswiderstand. Man schafft sich drei bifilare Spulen von 10—100—1000 Ohm an oder, wenn der Widerstand des Wassers schon bekannt ist, eine Spule von entsprechendem Widerstand.

5. Einem Widerstandsgefäß bestehend aus einem viereckigen, astfreien Lindenholzkasten, Grundfläche 20×40 und Höhe ca. 30 cm.

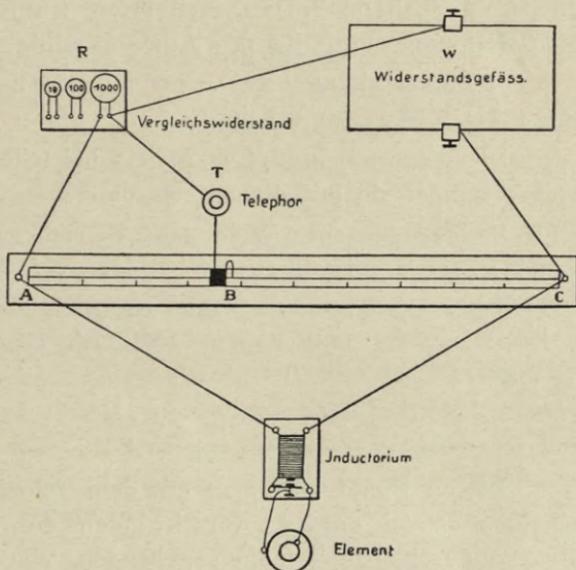


Fig. 13. Anordnung des Pleißnerschen Apparates

Der Kasten wird zunächst sorgfältig gefirnißt, darauf mit Asphaltlack ausgestrichen und nach dem Trocknen geprüft, ob er auch vollkommen wasserdicht ist. In diesen Trog paßt man zwei starke Kupferplatten 40×30 cm sorgfältig in Riefen ein, versilbert die eine gereinigte Seite, erwärmt die Platte und streicht auf die andere Seite einen eingedickten Asphaltlack auf, welcher in der Kälte hart ist. Darauf schiebt man die Platte noch im warmen Zustande ein und preßt sie gut an die Holzwand an. Nachdem man so beide Platten eingeführt hat, verstreicht man die Riefen noch mit warmem, dickem Asphaltlack. Die versilberten Kupferplatten müssen vor dem Gebrauch sorgfältig mit Äther gereinigt werden.

6. Einem kleinen Bellschen Hörtelephon, wie es im Handel für 4 bis 5 Mark zu erhalten ist.

Die Apparate ordnet man, wie beistehende Fig. 13 zeigt, an und verbindet sie mit dicken, umspunnenen Kupferdrähten.

Da der gesuchte Widerstand W sich zum bekannten Widerstand R wie die Drahtstücken $A-B$ zu $B-C$ verhalten,

$$\text{d. h.} \quad \frac{R}{W} = \frac{A-B}{B-C},$$

so ist

$$W = \frac{R \cdot B - C}{A - B}.$$

Diesen Punkt hört man mit dem Telephon ab. Tritt Gleichgewichtszustand ein, so verschwinden die bei Ungleichheit der Brücke durch das Telephon gehenden Wechselströme und damit das eigentümliche Rauschen.

Mit den ersten Arbeiten an der Brücke muß der Meßdraht kalibriert und die Kapazität des Widerstandsgefäßes ermittelt werden. Die Kalibrierung geschieht am besten, wenn kein Normaldraht zur Verfügung steht, mit wandernden Drahtstücken. Verzichtet man auf größere Genauigkeit der Zahlen und will man nur relativ richtige Werte haben, so kann man beim Arbeiten mit nur einem Vergleichswiderstand auf diese Korrektur verzichten. Die Kapazität des Widerstandsgefäßes, d. h. der Widerstand bei Füllung des Gefäßes mit einer Flüssigkeit des Leitvermögens 1, entspricht annähernd dem theoretischen Werte. Die geometrische Abmessung, welche zur Bestimmung des theoretischen Wertes herangezogen wird, ist bei Verwendung eines parallelepipedischen Troges sehr einfach, man hat nur nötig, Abstand l und Fläche q der Pole zu

bestimmen. Die Kapazität des Troges ist $\frac{l}{q}$. Im vorliegenden Falle ist sie demnach $l = 20$; $q = 20 \times 40 = 800$ qcm.

$$\frac{20}{800} = 0,025.$$

Experimentell wird die Kapazität des Troges mit $\frac{1}{50}$ normaler Kaliumchloridlösung, deren Leitvermögen bekannt ist, festgestellt.

$$C = x \cdot W,$$

wo x das spezifische Leitvermögen der Kaliumchloridlösung bei 18° , nämlich 0,002397, und W den gefundenen Widerstand, nämlich 10,28, darstellt.

$$C = 0,002397 \cdot 10,28 = 0,02454.$$

Zweckmäßig arbeitet man immer bei einer Temperatur von 18° .

Größere Apparate, welche auf Grund der Arbeiten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes¹⁾ von der Firma Siemens und Halske-Berlin gebaut werden, benutzen statt des Wechselstroms Gleichstrom und sind mit automatisch wirkenden Registrierapparaten versehen. Hier liegt allerdings die Empfindlichkeit zwischen den Verdünnungen 1:50 und 1:100, während mit empfindlichen Brückenmethoden schon Mischungen 1:250 als Änderungen der Leitfähigkeit zu bemerken sind, indessen wo z. B. mittels der Methode der Bestimmung des Abdampfdruckes und des Chlors noch deutliche Unterschiede gefunden werden, wird im allgemeinen auch die Methode der Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit mittels des Registrierapparates noch deutliche Unterschiede ergeben (Arb. d. Kais. Ges.-A. Bd. 30, S. 480).

Anwendung dürfte der Apparat bei der Trinkwasserversorgung finden, also bei Wasserwerken, bei denen das Wasser in seiner chemischen Zusammensetzung Schwankungen unterworfen ist, z. B. Quellen im Kalkgebirge, Fluß- und Grundwasser; ganz besonders aber umfaßt das Anwendungsgebiet des Apparates die gesamte Abwässerkontrolle bei allen den Betrieben, bei denen Abwässer mit vorwiegend anorganischen Bestandteilen zum Abfluß gelangen. In erster Linie sind dies Abwässer der Kaliindustrie, Gasfabriken, Braunkohlengruben, Soda- und Pottaschenfabriken, aber auch die gewöhnlichen städtischen Abwässer.

1) Bd. 30, Heft 3, 1909; Spitta und Pleißner, Neue Hilfsmittel für die hygienische Beurteilung und Kontrolle von Wässern. — Pleißner, Über die Messung und Registrierung des elektrischen Leitvermögens von Wässern mit Hilfe von Gleichstrom.

Der Apparat, bezüglich dessen Konstruktion auf die Veröffentlichungen der Firma Siemens und Halske (Technische Anweisung Nr. 10, Apparat zur Registrierung des elektrischen Leitvermögens von Wasser) verwiesen werden muß, beruht auf der Tatsache, daß, wenn durch zwei Elektroden, welche bei festem Abstand im Wasser schwimmen, Strom geschickt wird, der Widerstand des Wassers zwischen den Elektroden je nach dem Zusatz ein wechselnder ist; diesem wechselnden Widerstand entspricht ein Steigen oder Fallen des Stromes zwischen den Elektroden, was durch einen geeigneten Strommesser registriert werden kann. Auf einem fortlaufenden Registrierpapier wird in exaktester Weise eine etwaige Veränderung des Wassers aufgezeichnet und somit einer beständigen Kontrolle unterworfen.¹⁾

Der Apparat arbeitet mit zwei elektrischen Strömen, einem von Bleiakkumulatoren gelieferten Meßstrom und einem von Trockenelementen gelieferten Hilfsstrom, welcher zum Ein- und Umschalten im Apparat dient. Letzteres geschieht jede Minute und hat den Zweck, die Stromstärke bei gleichbleibendem Widerstand zur Kontrolle etwaiger Schwankungen der Stromspannung der Akkumulatoren zum Ausdruck zu bringen. Auf dem eingefügten Papierbande bilden sich so zwei aus Punkten zusammengesetzte Linien, und die Entfernung beider voneinander gibt einen Ausdruck für das elektrische Leitvermögen. Die Elektroden werden in dem Wasser freischwimmend verankert.

Bestimmung der Radioaktivität

Da die Radioaktivität von Wässern nur für Heilquellen, Mineralwässer u. dgl. Bedeutung hat, so wird ihre Bestimmung später bei Besprechung der Mineralwasseranalyse besprochen werden.

Die chemische Untersuchung von Genuß- und Gebrauchswasser

Bestimmung der Reaktion

Die Bestimmung der Reaktion geschieht zweckmäßig direkt nach der Probeentnahme, weil das längere Zeit aufbewahrte Wasser schon Veränderungen z. B. durch Entweichen von Kohlensäure erlitten haben kann. Im allgemeinen zeigen natürliche Wässer eine neutrale, öfters noch eine schwach alkalische Reaktion. Wässer

1) Nach obigen Mitteilungen der Firma Siemens u. Halske.

aus moorigem Boden sind dagegen oft schwach sauer infolge des Gehaltes an Huminkörpern. Solche Wässer sind für manche Zwecke nicht oder nur mit Vorsicht zu verwenden.

Die alkalische Reaktion wird im wesentlichen durch gelöste Bikarbonate des Kalziums und Magnesiums hervorgerufen, soweit nicht, wie bei Mineralwässern, Alkalikarbonate vorhanden sind.

Man führt die Reaktionsbestimmung in der Weise aus, daß man in eine reine Porzellanschale das frisch geschöpfte Wasser gießt und einen Streifen roten und blauen empfindlichen Lakmuspapiers einhängt. Nach einigen Minuten wird man Veränderungen des blauen Lakmusfarbstoffes in Schwachrot, resp. des roten in Schwachblau bemerken. Der Umschlag der Farbe tritt erst nach einiger Zeit ein.

Bestimmung der suspendierten Substanzen

Auch diese Bestimmung hat möglichst bald nach der Probenahme zu geschehen, oder die hierfür dienende Wassermenge muß doch in einer vollständig gefüllten und fest verschlossenen Flasche aufbewahrt werden; ganz besonders ist dies bei eisenhaltigen Wässern nötig. Je nach der Menge der suspendierten Substanzen, welche bei guten Wässern meist nicht oder in sehr geringer Quantität vorhanden sind, filtriert man 500 ccm bis mehrere Liter durch einen Goochtiegel, welcher mit einer dünnen, aber dicht anliegenden Schicht gereinigten Asbestes ausgefüttert ist, und vorher bei 100° getrocknet und gewogen war. Hierzu be-

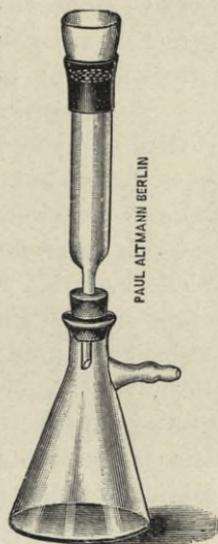


Fig. 14

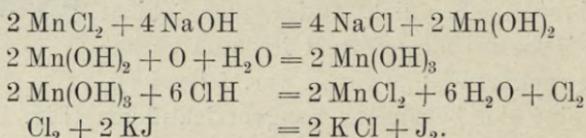
nutzt man eine der bekannten Saugvorrichtungen (Fig. 14). Bevor man den Rest der im Wasser suspendierten Stoffe auf das Filter mittels Nachspülens mit destilliertem Wasser bringt, gießt man das klare Filtrat in eine trockne Flasche und benutzt es für alle weiteren Bestimmungen, welche ein vorheriges Filtrieren nötig machen. Den Tiegel mit Inhalt trocknet man bei 100° bis zum konstanten Gewicht und erfährt durch Wiederwägen die Menge der in dem angewendeten Wasserquantum enthaltenen suspendierten Stoffe. Man gibt ihre Menge, wie die aller übrigen Bestandteile pro Liter an. Durch Glühen des Tiegels kann man noch den organischen und anorganischen Teil der Suspensionen ermitteln, oder man benutzt den Filterrückstand zu mikroskopischen Prüfungen.

Bestimmung des gelösten Sauerstoffs

Das natürliche Wasser enthält stets die Bestandteile der Luft, also Sauerstoff und Stickstoff gelöst, deren Menge von Temperatur und Druck abhängig ist. Während der Stickstoff für die Beurteilung nicht in Betracht kommt, spielt der Sauerstoff für die Verwendbarkeit mancher Wässer, besonders Oberflächenwässer, und für die Beurteilung von Gebrauchs- und Abwässern eine erhebliche Rolle. Da das für das Leben von Fischen und anderen Wasserbewohnern unentbehrliche Gas durch gewisse Vorgänge chemischer und biologischer Natur verzehrt werden kann, wodurch die Existenzbedingung dieser Organismen vernichtet wird, da ferner ein sehr hoher Sauerstoffgehalt auf gewisse Metalle korrodierend wirkt, so ist die Sauerstoffbestimmung in vielen Fällen unerlässlich.

Die eigentlichen gasometrischen Methoden, wie sie besonders von Bunsen ausgearbeitet worden sind, erweisen sich für die Praxis, wo es darauf ankommt, rasch zu arbeiten und möglichst einfache Apparate anzuwenden, als zu kompliziert.

Am verbreitetsten ist die Bestimmung nach L. W. Winkler,¹⁾ welche auch bei richtiger Handhabung genaue Resultate gibt. Sie beruht auf der Eigenschaft des Manganoxyduls begierig Sauerstoff aufzunehmen und in Oxyd überzugehen. Letzteres, in Salzsäure gelöst, verwandelt sich unter Freiwerden von Chlor wieder in Oxydulsalz; das freie Chlor kann an der Menge des von ihm aus Kaliumjodid freigemachten Jods leicht gemessen werden. Die Gesamtreaktionen vollziehen sich in folgender Weise:



Man sieht, daß 2 J einem Atom Sauerstoff entsprechen, resp. 1 Jod $\frac{1}{2}$ O oder in Zahlen ausgedrückt: 126 g Jod entsprechen 8 g Sauerstoff. Das Jod wird mit $\frac{1}{10}$ normalem Thiosulfat bestimmt, von welchem jeder ccm 0,8 mg Sauerstoff oder, da 1 mg Sauerstoff bei 0° und 760 mm Druck 0,699 ccm entspricht, 0,559 ccm Sauerstoff anzeigt.

Ausführung. Die Probenahme hat ganz besonders sorgfältig zu geschehen, damit beim Einfüllen in die Gefäße und beim Arbeiten

1) L. W. Winkler, Ber. d. Deutsch. chem. Ges., Bd. 21, 2843; Bd. 22, 1764; Bd. 24, 3602.

selbst weder ein Gasverlust eintritt, noch aus der Luft Gase aufgenommen werden können. Bei Leitungen läßt man das ausströmende Wasser in sehr schwachem Strahle mittels eines Gummischlauches auf den Boden des Gefäßes fließen, bei Oberflächenwässern entnimmt man die Probe in einiger Entfernung von der Oberfläche. Das Gefäß muß absolut gefüllt sein, so daß beim Aufsetzen des Glasstopfens keine Luftblase zurückbleibt. Geeignete Flaschen sind an dem oben erwähnten Wasserentnahmeapparat von Spitta und Imhoff montiert. Unter Umständen wird der Gebrauch einer kleinen, zweckmäßig konstruierten Handpumpe von Nutzen sein. Die Wasserproben werden in Glasflaschen von ca. 250 ccm, jedenfalls genau ausgemessenem Inhalt gefüllt und sofort mit dem unten schräg abgeschliffenen Stopfen verschlossen, dessen Festsitzen mittels federnder Klammer gesichert wird (Fig. 15). Hierauf öffnet man den Stopfen vorsichtig und läßt aus einer Pipette mit langem Rohr (Fig. 16) genau 3 ccm jodkaliumhaltige Natronlauge, deren Bereitung unter Reagentien angegeben ist, auf den Boden der Flasche fließen, ohne sich mit dem Wasser zu mischen. In gleicher Weise setzt man aus einer zweiten

Pipette 3 ccm Manganochlorid zu, worauf die Flasche wieder geschlossen und gehörig umgeschüttelt wird. Die infolge der Zusätze aus der Flasche ausgelaufenen 6 ccm Wasser sind bei der Berechnung vom Inhalt der Flasche abzuziehen. Nachdem der rasch dunkel gewordene Niederschlag sich abgesetzt hat, öffnet man die Flasche abermals und läßt 5 ccm konzentrierte Salzsäure zufließen, schließt, bewirkt durch Schütteln Lösung und gießt jetzt, wo die Luft keinen Einfluß mehr hat, unter Nachspülen mit destilliertem Wasser den ganzen Flascheninhalt in ein größeres Becherglas, fügt Stärkelösung zu und titriert mit $\frac{1}{10}$ Thiosulfatlösung bis zum Verschwinden der blauen Farbe.

Beispiel: Inhalt der Sauerstoffflasche 262,5 g. Da 6 ccm Wasser verdrängt wurden, kommen zur Berechnung 256,5 ccm. Verbrauchte Thiosulfatlösung 2,3 ccm. Diese entsprechen $2,3 \times 0,8 = 1,84$ mg

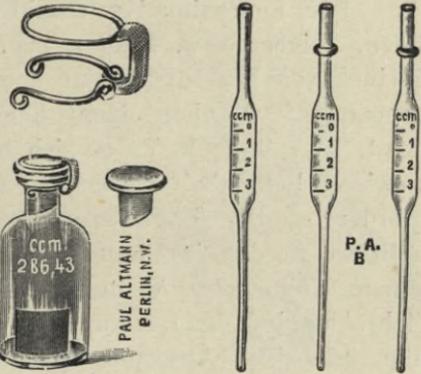


Fig. 15 Sauerstoffglas und Pipetten . Fig. 16

Sauerstoff. Im Liter waren demnach enthalten $\frac{1,84 \cdot 1000}{256,5} = 7,1$ mg.

Die Anwesenheit vieler organischer Substanzen, welche Jod absorbieren, wie in Abwässern, bedingt gewisse Abänderungen des Verfahrens. Es soll bei der Besprechung der Abwässer darauf zurückgekommen werden. Ebenso stört die Gegenwart größerer Nitritmengen. In diesem letzteren Falle fügt man vor der Ausführung der Sauerstoffbestimmung dem Wasser etwa 0,1 g reinen Harnstoff und 1 ccm verdünnte Schwefelsäure zu und läßt es einige Stunden ruhig stehen. Die salpetrige Säure ist dann vollständig zerstört.

Gleichzeitig mit der Untersuchung auf Sauerstoffgehalt ist eventuell die Bestimmung der Sauerstoffzehrung (siehe diese) einzuleiten.

Für approximative Ermittlung des Sauerstoffs in Flüssen, Seen, Teichen usw. bedient man sich auch wohl bisweilen eines kleinen von Müller¹⁾ unter dem Namen „Tenax“ beschriebenen Apparates. Obschon damit eine große Genauigkeit nicht erzielt wird, so soll doch, da er sich besonders in Fischereikreisen einer gewissen Beliebtheit erfreut, auf seine Beschreibung nicht verzichtet werden. — Der Tenaxapparat (Fig. 17), wie er von Zuntz modifiziert worden ist, besteht aus einer Gasbürette *C*, welche von einem Kühlmantel *K* umgeben ist. Der Zweiweghahn *D* ermöglicht Abschluß der Bürette oder durch die Kapillare *E* Kommunikation mit einer Absorptionspipette, welche mit Kupferspänen und Ammoniak gefüllt ist. Mittels Gummistopfens ist der untere Teil der Bürette mit dem Kölbchen *T* verbunden. Das seitliche Rohr *B* enthält Vaselinöl. Der Apparat ist in ein Stativ geklemmt, beim Versuch wird der Kühlmantel mit kaltem Wasser gefüllt. Das Kölbchen *T*, welches 100 oder 150 ccm faßt, wird bis zur Marke mit dem zu untersuchenden Wasser gefüllt, welchem man zur Absorption der Kohlensäure etwas Natronlauge zusetzt, worauf der Pfropfen mit dem Apparat bis zu dieser Marke eingeschoben wird. Beim Öffnen des Zweiweghahns *D* fließt jetzt aus *B* das Vaselinöl in das Rohr *C* und füllt es beim vorsichtigen Blasen bei *J* vollständig an. Der Zweiweghahn wird darauf geschlossen und das Wasser in *T* zum Sieden erhitzt. Die gelösten Gase (Sauerstoff und Stickstoff) entweichen und sammeln sich in der Gasbürette an. Sobald die Menge der Gase nicht mehr zunimmt, unterbricht man das Sieden und ermittelt nach Stellen unter Atmosphärendruck und

1) C. G. Müller, Zeitschr. f. angew. Chemie 1899, Nr. 11.

unter Berücksichtigung der Temperatur des Kühlwassers ihr Gesamtvolumen. Inzwischen hat man oben erwähntes U-förmiges Absorptionsgefäß, welches Kupferammoniak enthält, mit *E* verbunden, und nun wird das Gas durch Drehen des Hahnes *D* und vorsichtiges Blasen bei *J* vollständig in das Absorptionsgefäß übergeführt, einige Zeit darin gelassen und sodann durch Saugen bei *J* wieder zurückgebracht. Die sich gegen das erste Volumen ergebende Abnahme entspricht der Sauerstoffmenge, welche nach üblichen Methoden auf 0° und 760 mm zu reduzieren ist. Daß feucht gemessene Gasvolumen ist endlich entsprechend auf trocknes umzurechnen, wozu man sich der bekannten Tabellen bedient (Landolt und Börnstein).

Die Dauer einer solchen Sauerstoffbestimmung beträgt vom Beginn des Kochens an etwa 20 bis 30 Minuten. Der ganze Apparat ist mit allem Zubehör in einem Kasten untergebracht.

Sauerstoffdefizit

Unter Sauerstoffdefizit eines Wassers versteht man die Differenz zwischen der Sauerstoffmenge, welche es bei der beobachteten Temperatur und dem beobachteten Druck aufzunehmen imstande wäre, und der wirklich vorhandenen Sauerstoffmenge. Mit Hilfe nachstehender Tabelle ist das Sauerstoffdefizit leicht zu berechnen.

Wasser vermag zu lösen bei 760 mm Druck und verschiedenen Temperaturen:

Temperatur	Sauerstoff in mg pro Liter	Sauerstoff in ccm pro Liter
0°	14,57	10,19
1°	14,17	9,91
2°	13,79	9,64
3°	13,43	9,39
4°	13,07	9,14

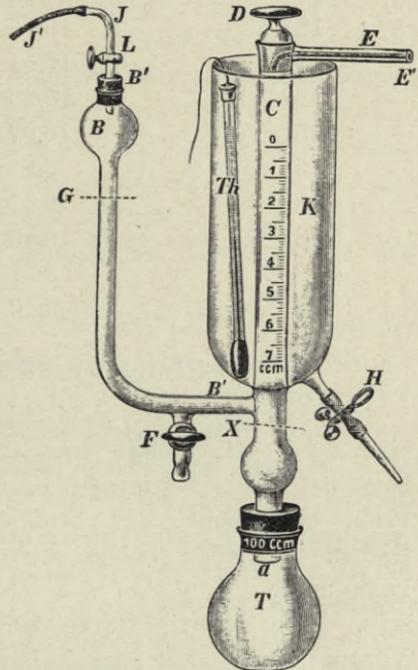


Fig. 17

Temperatur	Sauerstoff in mg pro Liter	Sauerstoff in ccm pro Liter
5°	12,74	8,91
6°	12,41	8,68
7°	12,11	8,47
8°	11,81	8,26
9°	11,53	8,06
10°	11,25	7,87
11°	11,00	7,69
12°	10,75	7,52
13°	10,51	7,35
14°	10,28	7,19
15°	10,07	7,04
16°	9,85	6,89
17°	9,65	6,75
18°	9,45	6,61
19°	9,27	6,48
20°	9,10	6,36

Bestimmung der Sauerstoffzehrung

Wenn man von zwei frisch geschöpften Wasserproben die eine sofort, die andere nach etwa 12 oder 24 Stunden auf ihren Sauerstoffgehalt untersucht, so wird man meistens bei der letzteren Probe eine mehr oder weniger starke Abnahme des Sauerstoffs finden. Besonders bei an organischen Substanzen reichen Wässern kann unter Umständen der sämtliche Sauerstoff verzehrt worden sein. Eine derartig starke Sauerstoffzehrung spricht demnach für Verunreinigung mit organischer Substanz; es kann sich aber auch um Oxydation von anorganischen Körpern, z. B. Eisen handeln. Die Differenz, welche sich gegen die Untersuchung im frischen Wasser ergibt, auf eine Stunde berechnet, nennt man Sauerstoffzehrung. Man benutzt die bei Sauerstoffbestimmung erwähnte zweite Flasche, hebt dieselbe gut verschlossen und vor Licht geschützt, 48 Stunden, oder bei Abwässern kürzere Zeit auf, und nimmt dann die Sauerstoffbestimmung in gewöhnlicher Weise nach Winkler vor.

Bestimmung der freien Kohlensäure

Die natürlichen Wässer enthalten mit Ausnahme von Mineralwässern in der Regel keine oder geringe Mengen freier Kohlensäure. Kleine Mengen erteilen dem Wasser einen angenehmen,

erfrischenden Geschmack, größere machen das Wasser für manche Gebrauchszwecke ungeeignet. So zeigt kohlenäurereiches Wasser besonders manchen Metallen gegenüber ein starkes Angriffsvermögen, so daß es beispielsweise für Bleileitungen, Kesselspeisezwecke u. dgl. mit Vorsicht zu verwenden ist; auch Zink und Kupfer werden mit der Zeit angegriffen und zerfressen.

Qualitativer Nachweis nach Pettenkofer. Eine 0,2prozentige alkoholische Rosolsäurelösung versetzt man so lange mit schwachem Barytwasser, bis eben eine rötliche Färbung eintritt. Von diesem Reagens fügt man zu dem zu untersuchenden Wasser, von dem sich etwa 100 ccm in einem Kölbchen befinden, 10 Tropfen und hält das Gefäß über ein weißes Papier. Schlägt die rötliche Färbung in Gelb um, so ist freie Kohlensäure vorhanden. Dabei wird die Abwesenheit anderer freier Säuren natürlich vorausgesetzt. Solche kommen aber in natürlichen Wässern nur ausnahmsweise vor.

Quantitative Bestimmung nach Trillich.¹⁾ Fügt man zu einer freie Kohlensäure enthaltenden Flüssigkeit Natronlauge, so entsteht zunächst Natriumbikarbonat. Letzteres ist, ebenso wie freie Kohlensäure ohne Wirkung auf Phenolphthaleïn; jeder kleine Überschuß von Alkali, resp. Monokarbonat macht sich dagegen sofort durch Rotfärbung geltend. Hieraus ergibt sich, daß freie Kohlensäure mit Natronlauge und Phenolphthaleïn durch Titrieren zu ermitteln ist. Um Rechnungen zu vermeiden, verwendet man zweckmäßig eine Natronlauge, von welcher 1 ccm 1 mg freie Kohlensäure angibt. Man bringt das Wasser direkt nach dem Schöpfen in ein Glasstöpselglas mit Marke bei 200 ccm, setzt 5—10 Tropfen Phenolphthaleïnlösung zu und läßt aus einer Bürette so lange die Natronlauge zufließen, bis die Flüssigkeit eben einen rötlichen Ton angenommen, welcher auch beim Umschütteln einige Minuten bestehen bleibt. Da bei dem Operieren ein Gasverlust stattgefunden haben kann, führt man einen zweiten Versuch aus, bei welchem man die beim ersten verbrauchte Menge Natronlauge fast auf einmal zusetzt, umschüttelt und nun zu Ende titriert. Bei Anwendung von 200 ccm Wasser sind die verbrauchten ccm Natronlauge mit 5 zu multiplizieren, um die in einem Liter Wasser vorhandenen Milligramme Kohlensäure zu erhalten.

1) Emmerich und Trillich, Anleit. z. hygien. Untersuchungen, 3. Aufl., München 1902.

Natürlich kann man jede beliebige Natronlauge von bestimmtem Wirkungswert statt obiger empirischen verwenden. Bei Benutzung einer $\frac{1}{500}$ normalen entspricht ein Kubikzentimeter 0,88 mg CO_2 ; man kann sich eine solche Natronlauge jederzeit im Bedarfsfalle durch entsprechende Verdünnung aus Normal- oder $\frac{1}{10}$ normaler Natronlauge bereiten und vermeidet dadurch den Ballast zahlreicher Titerflüssigkeiten.

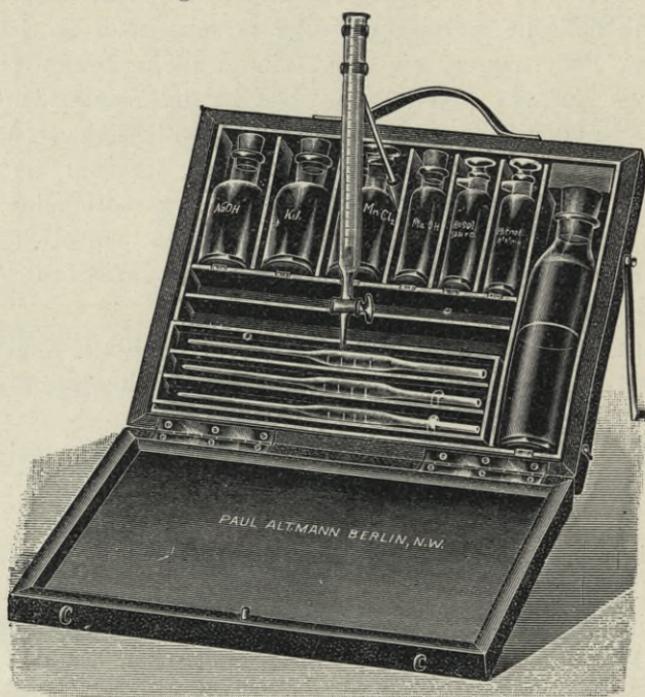


Fig. 18. Kasten für Gasbestimmungen im Wasser

Auf gleichem Prinzip beruht eine von Tillmanns und Heublein¹⁾ angegebene Methode; statt Natronlauge benutzen dieselben titriertes Kalkwasser.

Für Untersuchung an der Quelle sind auch für diese Bestimmung kompensierte Apparate empfohlen worden; es sei hier der zweckmäßige Kasten nach Thiesing erwähnt und empfohlen, welcher alle Apparate für Bestimmung der freien Kohlensäure sowie des Sauerstoffs enthält (Fig. 18).

1) Zeitschrift für Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 26, 617 (1910).

Bestimmung der freien und der halbgebundenen (als Hydrokarbonat vorhandenen) Kohlensäure in einer Operation nach Seyler¹⁾

200 bis 300 ccm Wasser werden ohne Gasverlust in eine Flasche von etwa 500 ccm Inhalt gebracht, mit 2 Tropfen Phenolphthaleïn versetzt und mit $\frac{1}{10}$ Sodalösung bis zur Rotfärbung titriert. Natriumkarbonat und Kohlensäure verbinden sich zu Hydrokarbonat; man erfährt so die Menge der freien Kohlensäure. Jetzt fügt man einige Tropfen Methylorange zu und titriert mit $\frac{1}{10}$ Salzsäure bis zum Farbenumschlag. Die verbrauchte Salzsäure gibt die Menge der ursprünglich vorhandenen und der bei der ersten Titrierung erzeugten Hydrokarbonate an. Es ist daher die Anzahl der verbrauchten ccm $\frac{1}{10}$ Soda von der verbrauchten Salzsäure abzuziehen, der Rest auf halbgebundene Kohlensäure zu berechnen.

Beispiel: 200 ccm Wasser brauchten bis zur Rötung 2,8 ccm $\frac{1}{10}$ Soda, sodann nach Zusatz von Methylorange 10,4 ccm $\frac{1}{10}$ Salzsäure bis zur Entfärbung. Da 1 ccm $\frac{1}{10}$ Soda 2,2 mg CO_2 angibt, und 1 ccm $\frac{1}{10}$ Salzsäure ebenfalls 2,2 mg CO_2 entsprechen, so ergibt sich folgende Rechnung: $2,8 \times 2,2 = 6,16$ mg CO_2 pro 200 ccm Wasser; ein Liter also 31,8 mg freie CO_2 .

Ferner: $10,4 - 2,8 = 7,6 \times 2,2 = 16,7$, im Liter also 83,5 mg halbgebundene Kohlensäure.

Bei genauen Bestimmungen sind noch gewisse Korrekturen anzubringen, bezüglich deren auf die Originalarbeit von Seyler verwiesen sein mag.

Die Bikarbonathärte siehe unter Härtebestimmungen.

Bestimmung der Gesamtkohlensäure

Dieselbe wird nur in seltenen Fällen erfordert, etwa bei Mineralwässern, für gewöhnliche Trink- und Gebrauchswässer ist sie ohne Bedeutung. Ihre Ausführung geschieht in der Weise, daß man in eine etwa 300 ccm fassende Kochflasche ca. 3 g reines, karbonatfreies Kalziumoxyd (resp. solches mit ermitteltem Karbonatgehalt) und 1 ccm Chlorkalziumlösung bringt, dieselbe mit einem gut schließenden Kautschukstopfen versieht und wägt. Sodann füllt man vorsichtig die Flasche bis zum Hals mit dem zu untersuchenden Wasser, verschließt und wägt wieder. Dadurch erfährt man die

1) Zeitschr. f. analyt. Chem. Bd. 39, 731, 1900.

Menge des in Untersuchung genommenen Wassers. Nun schwenkt man gehörig um und erwärmt schwach auf dem Wasserbad, bis der anfangs amorphe Niederschlag kristallinisch geworden und sich klar abgesetzt hat. Dann filtriert man möglichst schnell durch ein Faltenfilterchen, ohne den Niederschlag aufzurühren, gibt, ohne es auszuwaschen, das Filterchen in die Kochflasche zurück und verbindet den Kolben mit einem geeigneten Kohlensäure-Absorptionsapparat. Der Niederschlag wird mit Salzsäure zersetzt, die entweichende CO_2 im Absorptionsgefäß aufgefangen und durch Wägen ihre Menge festgestellt. Die Apparatur und die genaue Ausführung ist bei Fresenius Quantitative Analyse unter Untersuchung der Mineralwässer nachzusehen.

Bestimmung des Gesamtrückstandes

Früher gehörte die Ermittlung des beim Verdampfen von Wasser bleibenden Rückstandes zu den für unbedingt nötig erachteten Operationen. Da jedoch, wenigstens für die Beurteilung von Genußwässern, die Menge des Rückstandes selten eine Bedeutung hat, kann man von seiner Bestimmung meistens absehen. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß in bestimmten Fällen die Kenntnis der Art und Menge des Abdampfrückstandes nicht von größtem Interesse sein kann, ganz abgesehen davon, daß dieser Rückstand für Bestimmung einzelner Bestandteile mit größerem Vorteil als das Wasser selbst zu verwenden ist.

Man wendet je nach Qualität des Wassers 200 bis 500 ccm an. Einen gewissen Anhaltspunkt für die geeignete Menge erhält man, wenn man in einem Reagensglase etwa 20 ccm Wasser mit etwas der für die Härtebestimmung verwendeten

Seifenlösung versetzt. Entsteht ein starker Niederschlag, so kann man weniger, entsteht nur eine Trübung, so muß man mehr Wasser in Arbeit nehmen.

Das Verdampfen geschieht am besten in einer Platinschale von etwa 150 ccm Inhalt, welche ausgeglüht und gewogen war. Man stellt dieselbe auf ein Wasserbad und füllt sie bis etwa $\frac{3}{4}$

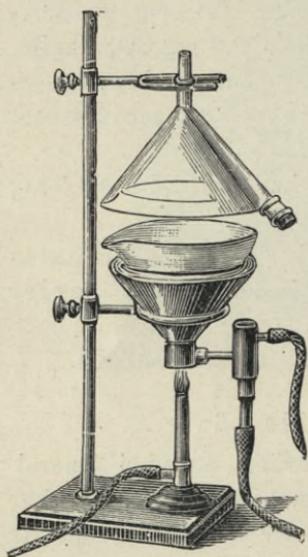


Fig. 19

mit dem Wasser, indem man, namentlich anfangs, die Schale mit einem Uhrglase bedeckt, um ein Verspritzen beim Entweichen der gelösten Gase zu vermeiden. In der Regel wird das Wasser, wenn es suspendierte Substanzen enthält, vorher filtriert. Später entfernt man das bedeckende Uhrglas, spritzt es ab und braucht es auch bei wiederholtem Nachgießen nicht wieder aufzulegen. Das Verdampfen muß an staubfreiem Orte oder unter Anwendung von Schutzvorrichtungen, wie sie Fig. 19 angibt, vorgenommen werden. Ist alles Wasser in die Schale gegossen, so spült man mehrere Male mit destilliertem Wasser nach und verdampft bis zur Trockne. Die

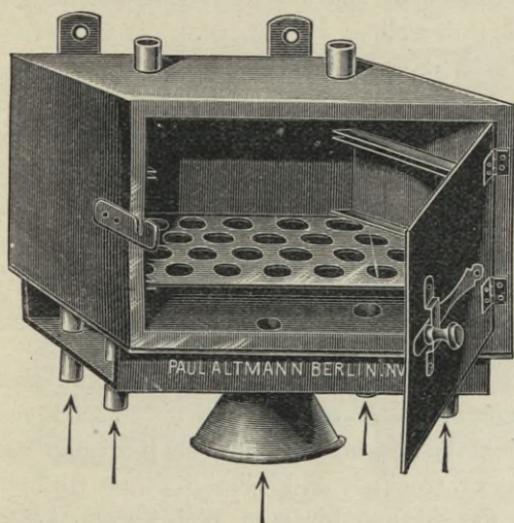


Fig. 20. Trockenofen

Schale wird vom Wasserbad genommen und in einem Trockenkasten (Fig. 20) bei bestimmter Temperatur so lange erhitzt, bis zwei innerhalb eines Zwischenraums von einer halben Stunde vor-

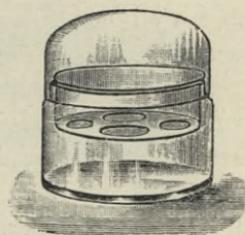


Fig. 21. Exsikkator

genommene Wägungen keine Abnahme des Gewichts mehr ergeben. Aus dem Trockenschrank führt man vor den Wägungen die Schale in einen Exsikkator (Fig. 21) über, in welchem sie erkalten muß.

Bei welcher Temperatur das Trocknen vorzunehmen ist, wird vielfach von der Beschaffenheit des Rückstandes abhängen. Gewisse Fehler werden sich hierbei unter keinen Umständen ganz vermeiden lassen. Trocknet man bei 100° , wie es meistens geschieht, so ist es nicht möglich, alles Kristallwasser aus vorhandenem Kalziumsulfat und anderen Salzen auszutreiben. Durch Erhöhen der Temperatur auf 120 bis 130° oder mehr wird dieser Fehler vermieden, dafür treten andere Übelstände auf, welche erheblicher ins Gewicht fallen können. Organische Bestandteile erleiden bereits Verände-

rungen, was sich an einer Braunfärbung des Rückstandes bemerkbar macht, es treten Zersetzungen und Veränderungen gewisser Salze ein, und anderes mehr. Welche Temperatur man auch wählt, unter allen Umständen ist es erforderlich, dieselbe bei Abgabe der Analyse anzugeben, damit bei Wiederholungen oder Kontrollen nach dieser Richtung hin keine Differenzen entstehen.

Glührückstand und Glühverlust

Beim Glühen des Verdampfungsrückstandes werden natürlich im wesentlichen die organischen Substanzen verbrennen, es würde aber ganz verkehrt sein, wollte man aus der Gewichtsabnahme genaue Schlüsse auf die Menge derselben ziehen, denn die Gewichtsabnahme ist nicht allein durch das Verschwinden der organischen Substanz bedingt, sondern auch durch Veränderungen einer Reihe anorganischer Körper. So werden Nitrate und Nitrite in Oxyde übergeführt, Ammoniaksalze entweichen, Chloride verlieren einen Teil ihres Chlors usf. Wenn trotzdem der Glühverlust öfters bestimmt wird, so liegt der Grund darin, daß man aus seiner Größe Schlüsse auf leicht zersetzliche Körper im Wasser ziehen kann, und weil das Aussehen des Glührückstandes bisweilen von Interesse ist.

Die Platinschale mit dem Abdampfrückstand wird zunächst vorsichtig über kleiner Flamme, später stärker und bis zum Glühen erhitzt. Sollte er dabei nicht ganz weiß werden, so läßt man abkühlen, befeuchtet mit Wasser, trocknet und wiederholt das Glühen. Bei reinen Wässern bietet das Glühen bis zum Weißwerden keine Schwierigkeit, Abwässer erfordern oft mehr Zeit und Geduld, besonders, wenn sie reich an Eiweißstoffen und Kohlehydraten sind. Zuletzt befeuchtet man mit Ammoniumkarbonat, trocknet und glüht nochmals schwach, worauf gewogen wird.

Bestimmung des Kalkes und der Magnesia

Man kann sich hierzu recht gut des Glührückstandes bedienen, den man nach Bedecken der Platinschale mit einem Uhrglas in verdünnter Salzsäure löst und mit Wasser auf etwa 100 ccm verdünnt. Ist ein solcher Rückstand nicht vorhanden, so verwendet man 250 — 500 ccm Wasser, säuert es mit etwas Salzsäure an, verdampft auf 100 — 150 ccm, versetzt mit Ammoniumchlorid und so viel Ammoniak, daß die Flüssigkeit deutlich danach riecht und erhitzt zum Kochen. Ausgeschiedene Flocken von Eisenhydroxyd,

Aluminiumhydroxyd, Kieselsäure werden abfiltriert und ausgewaschen, worauf das klare Filtrat mit Ammoniumoxalatlösung bis zur Ausfällung alles Kalkes versetzt wird. Man kocht noch einmal auf und läßt sich den Niederschlag klar absetzen. Man filtriert durch ein Filter mit bekanntem Aschengehalt, bringt die letzten Teile des Niederschlags mit Hilfe eines Wischers oder einer Feder auf das Filter, wäscht gründlich mit heißem Wasser aus und trocknet bei 100°. Hierauf wird er samt Filter in einem Platintiegel erst über gewöhnlicher Flamme, zuletzt über dem Gebläse bis zur Gewichtskonstanz geglüht und das Kalziumoxyd gewogen. Oder man bringt den noch feuchten gut ausgewaschenen Niederschlag samt Filter in

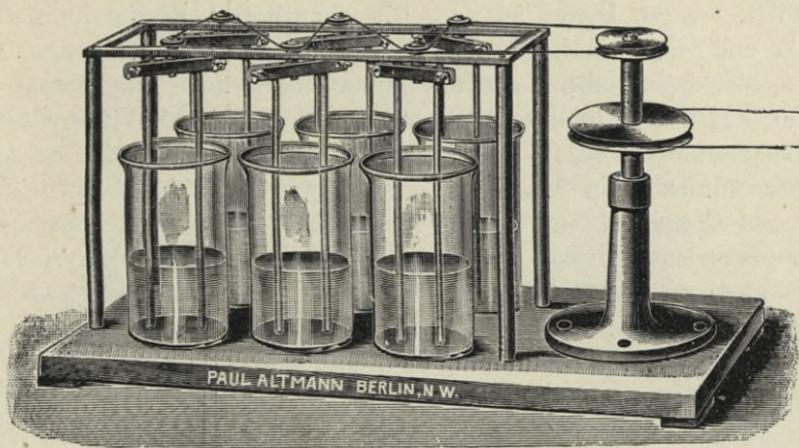


Fig. 22. Mechanisches Rührwerk

das Fällungsgefäß zurück, übergießt mit heißem Wasser und so viel verdünnter Schwefelsäure, daß er sich vollkommen löst, fügt mehr Schwefelsäure zu, erhitzt auf etwa 70° und läßt aus einer Bürette so lange $\frac{n}{10}$ Kaliumpermanganat zufließen, bis bleibende Rosafärbung eingetreten ist. Man bestimmt auf diese Weise die Oxalsäure des Kalziumoxalates, welche mit Kaliumpermanganat nach der Gleichung reagiert:

$$2\text{KMnO}_4 + \text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CO}_2 + \text{SO}_4\text{K}_2 + 2\text{SO}_4\text{Mn} + 4\text{H}_2\text{O},$$

indirekt also auch das Kalzium; 1 cm $\frac{n}{10}$ Permanganat entspricht 6,3 mg Oxalsäure resp. 2,8 mg Kalziumoxyd.

Das Filtrat vom Kalziumoxalat dampft man auf etwa 50 cm ein und fügt 10 — 15 ccm Ammoniak und Natriumphosphatlösung zu, wobei sich entweder sofort oder nach einigem Stehen die Magnesia als Magnesiumammoniumphosphat ausscheidet. Man filtriert sie

ab, wäscht mit verdünntem Ammoniak aus, trocknet, glüht und wägt als $P_2O_7Mg_2$; ein Teil Magnesiumpyrophosphat entspricht 0,3603 Magnesia MgO .

Schneller findet die Ausscheidung statt, wenn man mittels Rührwerks die Flüssigkeit in Bewegung hält. Eine zweckmäßige Einrichtung stellt Fig. 22 vor.

Über eine indirekte Methode der Magnesiabestimmung siehe unter Härte.

Bestimmung der Härte

Die Härte des Wassers wird durch Kalzium- und Magnesiumverbindungen hervorgerufen; je mehr ein Wasser von letzteren enthält, um so härter ist es. Die quantitative Bestimmung von Kalk und Magnesia ist demnach zugleich die Härtebestimmung.

Man pflegt die Härte in Graden auszudrücken und nennt in Deutschland die Einheiten an Kalziumoxyd in 100 000 Teilen Wasser Härtegrade. Mit anderen Worten: 10 mg Kalziumoxyd resp. die ihnen äquivalenten Mengen Magnesia pro Liter bewirken einen solchen Grad, während man in Frankreich 10 mg Kalziumkarbonat zugrunde legt. Hätte man beispielsweise durch Gewichtsanalyse gefunden: 90 mg CaO und 12 mg MgO , so würde sich folgende Härte berechnen: $90 \text{ mg } CaO = 9 \text{ Härtegrade}$. Dazu 12 mg MgO , welche $12 \times 1,4 \text{ } CaO = 16 \text{ mg } CaO$ äquivalent sind $9 + 1,6 = 10,6$ deutsche Härtegrade.

Die Härte, welche das frische Wasser zeigt, heißt Gesamthärte. Wird ein solches Wasser gekocht, so entweicht ein Teil der Kohlensäure, welche mit den Karbonaten der Erdalkalien zu Bikarbonaten verbunden war, die Karbonate sind unlöslich und fallen aus. Wird ein so gekochtes Wasser auf das ursprüngliche Volumen gebracht, so wird es jetzt eine geringere Härte zeigen, welche man die bleibende Härte nennt. Die Differenz zwischen Gesamthärte und bleibender Härte heißt temporäre oder vorübergehende Härte. Da jedoch durch das Kochen keine vollständige Fällung der Karbonate zu erzielen ist, so ist die Kochmethode keine genaue und wird besser durch eine andere ersetzt; man pflegt die temporäre auch besser Karbonathärte zu nennen. Den Ausdruck bleibende Härte durch einen anderen, wie etwa Mineralsäurehärte zu ersetzen, dazu liegt kein Grund vor. Da die oben besprochenen Methoden der Kalk- und Magnesiabestimmungen zeitraubend sind, so pflegt man die Härtebestimmung in anderer Weise vorzunehmen, indem man die Eigenschaft einer Seifenlösung be-

nutzt, mit Kalzium- und Magnesiumsalzen unlösliche Verbindungen zu erzeugen. Wird zu einer Lösung solcher Salze Seifenlösung gegeben, so wird sich die Flüssigkeit durch die unlöslichen fettsauren Kalk- und Magnesiumsalze trüben, und die Eigenschaft der Seifenlösung beim Schütteln zu schäumen wird solange verloren gehen, bis ein kleiner Überschuß unveränderter Seife vorhanden ist. Diese Reaktion ist, wenn man mit Seifenlösungen arbeitet, welche auf bestimmte Mengen Kalk oder Magnesia eingestellt sind, leicht zu einer quantitativen zu gestalten. Die äquivalenten Mengen dieser Oxyde resp. ihrer Salze zersetzen genau gleiche Mengen von Seifenlösung, d. h. 20 Teile Magnesia sind 28 Teilen Kalk gleichwertig.

1. Gesamthärte nach Clark

Man verwendet die unter Reagentien angegebene alkoholische Seifenlösung, von welcher 45 ccm genau 12 mg Kalziumoxyd in 100 ccm Wasser entsprechen, also 12 deutsche Härtegrade anzeigen. Von dem zu untersuchenden Wasser werden stets 100 ccm in Arbeit genommen. Die Menge der verbrauchten Seifenlösung soll 45 ccm nie übersteigen; ist dies der Fall, so muß das Wasser mit destilliertem Wasser verdünnt werden, doch arbeitet man stets mit 100 ccm.

Man bringt das Wasser in eine Glasstöpselflasche von etwa 200 ccm Inhalt und läßt aus einer Bürette so lange Seifenlösung zufließen, bis nach kräftigem Schütteln ein leichter Schaum entsteht, welcher während mehrerer Minuten nicht verschwindet. Anfangs geschieht dieses Verschwinden schnell, gegen Ende der Reaktion langsamer, was einen tropfenweisen Zusatz der Seifenlösung erforderlich macht. Bei einem zweiten Versuche setzt man von vornherein die im ersten verbrauchte Menge Seifenlösung annähernd zu und titriert dann vorsichtig zu Ende. Die der Seifenlösung entsprechenden Härtegrade ersieht man aus einer empirischen Tabelle, deren Anwendung erforderlich ist, weil der Verbrauch an Seifenlösung der Zunahme der Härte nicht genau proportional ist. Entweder sind die verbrauchten Kubikzentimeter Seifenlösung direkt in der Tabelle verzeichnet, oder man sucht die ihnen zunächst stehende Zahl auf und notiert den Härtegrad. Die Differenz zwischen der Zahl der Tabelle und der gefundenen multipliziert man mit den zunächst darunter angegebenen Bruchteilen eines Härtegrades, welche der Differenz von 1 ccm Seifenlösung entsprechen. Darauf subtrahiert oder addiert man das so erhaltene Produkt von oder zu den zuerst

notierten Härtegraden, je nachdem die gefundene Zahl von einer Tabellenzahl oder eine Tabellenzahl von der gefundenen abgezogen worden war (nach Tiemann-Gärtner).

Tabelle von Faißt und Knaus

Verbrauchte Seifenlösung	Härtegrad
3,4 ccm	0,5
5,4 „	1,0
7,4 „	1,5
9,4 „	2,0
Die Differenz von 1 ccm Seifenlösung	0,25
11,3 ccm	2,5
13,2 „	3,0
15,1 „	3,5
17,0 „	4,0
18,9 „	4,5
20,8 „	5,0
Die Differenz von 1 ccm Seifenlösung	0,26
22,6 ccm	5,5
24,4 „	6,0
26,2 „	6,5
28,0 „	7,0
29,8 „	7,5
31,6 „	8,0
Die Differenz von 1 ccm Seifenlösung	0,277
33,3 ccm	8,5
35,0 „	9,0
36,7 „	9,5
38,4 „	10,0
40,1 „	10,5
41,8 „	11,0
Die Differenz von 1 ccm Seifenlösung	0,294
43,4 ccm	11,5
45,0 „	12,0
Die Differenz von 1 ccm Seifenlösung	0,31

Beispiel: Es wurden 50 ccm Wasser mit 50 ccm destilliertem Wasser zu 100 verdünnt. Verbraucht wurden bis zur Schaumbildung 34,5 ccm Seifenlösung. In der Tabelle ist 34,5 nicht angegeben, es entsprechen aber 35 ccm 9 Härtegraden, Differenz 0,5 ccm Seifenlösung; $0,5 \times 0,294 = 0,15^0$, welche abzuziehen sind.

$9 - 0,15 = 8,85^{\circ}$. Das Wasser war aber von 50 auf 100 ccm verdünnt, die Härte desselben war also $17,7^{\circ}$.

Die Methode von Boutron und Boudet gibt französische Grade, also die Milligramme Kalziumkarbonat in 100 ccm Wasser an. Sie ist nicht so genau, wie die Clarksche und wird in Deutschland selten angewendet. Wenn es sich darum handelt, rasch approximative Werte zu erhalten, so kann man sich ihr, weil sie einen kompändiöseren Apparat erfordert, mit Vorteil bedienen; auch ist eine Tabelle dabei überflüssig, die kleine Bürette, das Hydrotimeter (Fig. 23) zeigt direkt die gesuchten Grade an. Auch hier ist bei harten Wässern eine geeignete Verdünnung vorzunehmen. Von dem Wasser werden stets 40 ccm verwendet, welche in eine Schüttelflasche von etwa dem doppelten Inhalt kommen.

Der Raum, welchen 2,4 ccm im Hydrotimeter einnehmen, ist in 23 gleiche Teile, Grade, geteilt; diese Graduierung ist nach unten bis 32 fortgesetzt. Die Seifenlösung ist so titriert, daß davon genau 23 Grade im Hydrotimeter genügen, um 8,8 mg Kalziumkarbonat in 40 ccm Lösung zu zersetzen. Der kleine Überschuß, welcher zur Hervorbringung des Schaumes erforderlich ist, ist in der Graduierung berücksichtigt.

Wenn in 40 ccm Wasser 8,8 mg Kalziumkarbonat gelöst sind, so enthalten 100 ccm $8,8 \times 2,5 = 22$ mg, d. h. 22 Grade Seifenlösung zeigen 22 mg Kalziumkarbonat in 100 ccm an. Ein Grad im Hydrotimeter entspricht demnach einem französischen Härtegrade.

Das Hydrotimeter ist stets bis zur oberen Marke zu füllen und vor zu starker Erwärmung durch die Hand zu schützen.

Beispiel: Von obigem Wasser mit $17,7^{\circ}$ deutscher Härte wurden 50:100 verdünnt. 40 ccm davon brauchten 15,5 Grad Seifenlösung, das Wasser zeigt also 31 französische Grade. Da 1 deutscher Grad aber 1,79 französischem entspricht, so würde sich hieraus eine Härte von 17,1 deutschen Graden berechnen.

2. Temporäre oder Karbonathärte

Bikarbonate reagieren gewissen Farbstoffen gegenüber wie freie Alkalien, man kann sie also mittels Normalsäuren durch Titration bestimmen, da bei Absättigen der Karbonate Farbenumschlag der Indikatoren eintritt.

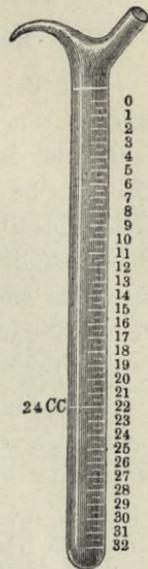


Fig. 23

100 bis 200 ccm Wasser werden mit einigen Tropfen Methylorangelösung oder Alizarinlösung versetzt und mit $\frac{n}{10}$ Salzsäure bis zum Farbenumschlag titriert. Bei Methylorange tritt rötliche, bei Alizarin gelbliche Färbung ein. Die Flüssigkeit wird gekocht, und wenn Farbenrückschlag bemerklich, mit weiterer Salzsäure versetzt. 1 ccm $\frac{n}{10}$ HCl = 2,8 mg CaO. Verwendet man 100 ccm Wasser, so braucht man also die verbrauchten Kubikzentimeter Säure nur mit 2,8 zu multiplizieren, um die Karbonathärte in deutschen Graden zu erhalten.

Bestimmung der Härte nach C. Blacher¹⁾

Da bei der Titrierung mit Seifenlösung nach Clark größere Mengen von Magnesia, Eisen, Huminstoffen Störungen hervorrufen, verwendet Blacher statt der Seifenlösung eine $\frac{n}{10}$ glyzerinäthylalkoholische Kaliumpalmitatlösung. Die Endreaktion wird hierbei nicht durch Schäumen festgestellt, sondern durch Rosafärbung von Phenolphthaleïn, welche durch Hydrolyse etwas überschüssigen Kaliumpalmitats hervorgerufen wird. Der Titration muß die Bestimmung der vorübergehenden Härte mittels $\frac{n}{10}$ Salzsäure unter Anwendung von Methylorange als Indikator vorausgehen.

Ausführung: 100 ccm Wasser werden mit 1 Tropfen Methylorange versetzt und mit $\frac{n}{10}$ Salzsäure titriert bis zur deutlichen Rötung, worauf man mit $\frac{n}{10}$ Kalilauge bei Gegenwart von Phenolphthaleïn die überschüssige Säure zurücktitriert, bis eben eine ganz schwache Rosafärbung des Phenolphthaleïns auftritt. Darauf gibt man die Kaliumpalmitatlösung unter Umschwenken hinzu, bis eine deutliche Rötung der Lösung zu bemerken ist. Die erhaltenen Kubikzentimeter Kaliumpalmitatlösung geben, mit 2,8 multipliziert, die Gesamthärte des Wassers in deutschen Graden.

Mit dieser Methode kann auch mit für die Praxis genügender Genauigkeit die Menge der Magnesia in Endlaugen von Kalifabriken oder in damit verunreinigten Wässern bestimmt werden, während die gewöhnliche Methode nach Clark in stark magnesiahaltigen Wässern wegen der erforderlichen Verdünnung leicht fehlerhaft ausfällt.

1) Chemiker-Ztg. 1912, Nr. 6 und W. Pflanz, Mitteil. aus der Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene Heft 17, 1913. Darstellung der Kaliumpalmitatlösung; Zeitschr. f. angew. Chem. 1909. Heft 21. Sie geschieht analog der dort beschriebenen Kaliumstearatlösung mit 40% Glycerin.

Indirekte Bestimmung der Magnesia

Aus der Gesamthärte und der gefundenen Kalkmenge läßt sich die Magnesia annähernd in der Weise ermitteln, daß man von ersterer den Kalk, auf Grade berechnet, abzieht und die Differenz auf Magnesia umrechnet.

Beispiel: Gesamthärte 11 Grad, Kalk 75 mg im Liter = 7,5°. $11 - 7,5 = 3,5^\circ$, welche durch Magnesia bedingt sind. Da aber 28 CaO äquivalent 20 MgO sind, so entsprechen die $3,5^\circ$ 2,5 MgO, resp. 25 mg im Liter. Man braucht also die Differenz zwischen Gesamthärte und Kalk, in Graden ausgedrückt, nur mit 0,71 zu multiplizieren, um die Magnesia in Milligrammen pro Liter zu erhalten. Für genaue Bestimmungen ist die Methode ungeeignet.

Bestimmung des Eisens

In natürlichen Wässern ist Eisen meist nur in geringer Menge enthalten und zwar in der Regel in der Form des Ferrobikarbonats. Sehr kleine Quantitäten sind für die verschiedenen Gebrauchszwecke ohne Bedeutung, ist dagegen der Eisengehalt ein erheblicher, so erhält damit das Wasser Eigenschaften, welche es für eine ganze Reihe von Verwendungsarten ausschließt oder weniger geeignet macht. Sobald das ferrobikarbonathaltige Wasser mit der Luft in Berührung kommt, d. h. beim Stehen an der Luft, oxydiert sich das Eisensalz, verliert Kohlensäure und scheidet sich als gelbes Ferrihydroxyd aus. Dies ist der Grund, weshalb anfangs klare Wässer sich oft gelb färben. Ist das Eisen in anderer Form vorhanden, z. B., was öfters der Fall, als Phosphat, so ist die Ausscheidung nur eine unvollkommene. Abwässer können natürlich noch viele andere Eisensalze enthalten. Stärker eisenhaltig sind vielfach die Grundwässer, daher müssen diese, ehe sie für Genußzwecke geeignet sind, einen Enteisungsprozeß durchmachen, welcher darin besteht, daß das Wasser in feiner Verteilung mit überschüssiger Luft in Berührung gebracht und das ausgeschiedene Ferrihydroxyd durch Filtration entfernt wird. Nur wenn das Eisen in Form des Sulfats, Phosphats oder als organisches Salz vorhanden ist, geht dieser Enteisungsprozeß langsam vor sich; Wässer mit geringem Eisengehalt geben ihr Eisen auf diese Weise überhaupt nicht ab. Die Eisenoxydablagerungen, wie sie an der Mündung von Quellen oder in Röhren oft bemerkt werden, sind teils auf rein chemischem Wege durch Oxydation der gelöst gewesenen Eisensalze entstanden,

teils verdanken sie ihre Entstehung der Tätigkeit einer Reihe von Organismen, der Eisenbakterien, wie *Crenothrix*, *Gallionella*, *Chlamydothrix* u. a. Siehe biolog. Teil.

Qualitativ weist man Eisen in Wässern nach, indem man etwas Wasser mit einigen Tropfen Salpetersäure kocht und nach dem Abkühlen mit Ferrozyankalium, welches blaue, oder Schwefelzyankalium, welches rote Färbung erzeugt, versetzt.

Für die quantitative Bestimmung benutzt man Wasserproben, welche direkt geschöpft oder nach der Probenahme mit einer Säure, welche das Ausscheiden von Eisenhydroxyd verhindert, versetzt sind. Hat sich letzteres erst ausgeschieden, so ist es außerordentlich schwer eine Durchschnittsprobe zu entnehmen. Bei größeren

Mengen Eisen kann man recht gut auch den Glührückstand zur Bestimmung benutzen, welche gewichtsanalytisch resp. durch Titration auf bekannte Weise ausgeführt wird. Bei kleineren Eisenmengen führt die nachstehend beschriebene kolorimetrische Methode sicherer und schneller zum Ziel. Man verwendet zum Vergleich eine Flüssigkeit, welche in dem Liter 1 g, also pro Kubikzentimeter

1 mg Eisen in der Form seines Oxydes enthält, gibt hiervon in mehrere gleich weite, unten plangeschliffene und bei 100 ccm mit Marke versehene Zylinder (Fig. 24) 0,1 und aufsteigend 0,5, 1, 1½ usw. Kubikzentimeter und füllt bis zur Marke mit destilliertem Wasser auf. Hierauf versetzt man mit je 1 ccm Salzsäure und 1 ccm Schwefelzyankaliumlösung. Das zu untersuchende Wasser hat man vorher mit etwas Salpetersäure, Chlor- oder Bromwasser, oder mit Kaliumchlorat und Salzsäure gekocht und nach dem Erkalten auf das ursprüngliche Volumen gebracht. Man füllt hiermit einen ebensolchen Zylinder wie angegeben bis zur Marke, versetzt jeden solchen Zylinder mit 1 ccm Salzsäure und 1 ccm Schwefelzyankaliumlösung und schüttelt um. Wenn man nun die Zylinder von oben her gegen eine weiße Unterlage betrachtet, so wird man eine der Vergleichsproben finden, welche in ihrer Rotfärbung dem

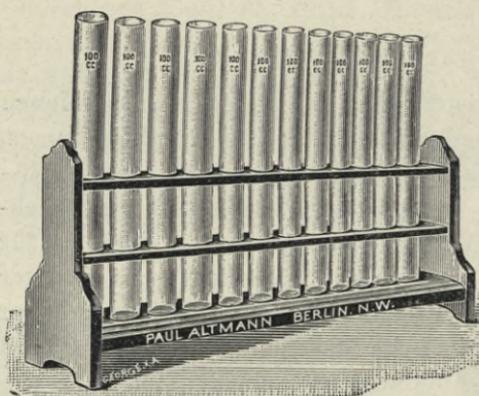


Fig. 24. Zylinder für kolorimetrische Bestimmungen

zu untersuchenden Wasser gleichkommt. Eventuell müssen weitere Vergleichsproben mit mehr oder weniger Eisen ausgeführt werden; auch ist unter Umständen das Wasser zu konzentrieren oder zu verdünnen, denn bei starkem Eisengehalt sind die Farbtöne nicht mehr zu unterscheiden.

Statt Schwefelzyankalium kann das ebenso empfindliche Ferrozyankalium verwendet werden, viele Menschen können Farbenüancen in Blau besser unterscheiden als in Rot. Bei wenig Eisen erfüllt den Zweck auch Ammoniumsulfid, in diesem Falle kann ein Oxydieren des Eisens vorher wegfallen. Die schwarze Färbung, welche Ammonium- oder Natriumsulfid erzeugt, ist zwar scharf, doch bildet sich bald ein schwarzer Niederschlag, welcher nicht nur Eisen, sondern auch Tonerde, Mangan, eventuell Zink, Blei usw. enthält, während die rote oder blaue Färbung lange unverändert bestehen bleibt. Erforderlich ist nur, daß die Wasserprobe und die Vergleichsproben bezüglich der Menge der Zusätze ganz gleich behandelt werden.

Beispiel: 200 ccm Wasser waren mit Chlorwasser und einigen Tropfen Salzsäure auf 100 ccm eingedampft und in den Zylinder gebracht worden. Nach Zusatz von Salzsäure und Schwefelcyankalium trat dieselbe Farbenintensität ein, wie in dem Vergleichszylinder, welcher 0,2 mg Eisen enthielt. Im Liter Wasser waren demnach, da eine Konzentration stattgefunden hatte, 1 mg Eisen enthalten.

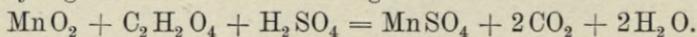
Natürlich können für solche kolorimetrischen Bestimmungen auch sehr gut die oben bei „Farbe“ angeführten Hehnerschen Zylinder benutzt werden; das Arbeiten mit ihnen ist sogar ein schnelleres und bequemer.

Beispiel: 100 ccm Wasser wurden mit Chlorwasser und Salzsäure oxydiert und wieder auf 100 aufgefüllt, worauf sie in den einen Hehnerschen Zylinder übergeführt wurden. Der Vergleichszylinder enthielt 0,25 mg Eisen. Durch Zusatz von 1 ccm Salzsäure und 1 ccm Schwefelzyankalium pro Zylinder hatte sich das Volumen in beiden Zylindern auf 102 ccm erhöht. Die Rotfärbung im Vergleichszylinder war stärker, und es mußten 28 ccm abgelassen werden, bis Gleichheit eintrat. Die restierenden 72 ccm enthalten aber $\frac{0,25 \cdot 72}{102} = 0,176$ mg Eisen. Ebensoviele enthalten 102 ccm Wasser, d. h. pro Liter 1,72 mg.

Bestimmung des Mangans

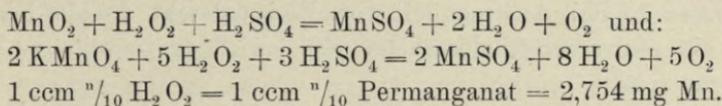
Gar nicht selten enthält das sich freiwillig oder beim Ent-eisenen ausscheidende Eisenhydroxyd mehr oder weniger Mangan-oxyd, welches wie das Eisen als Manganobikarbonat gelöst gewesen war. Natürliche Wässer, besonders Grundwässer können indes auch Mangan in anderer Form, z. B. Sulfat, und zwar in nicht geringen Mengen aufweisen. Wie ein Eisengehalt, so macht ein Mangan-gehalt, vorzüglich, wenn er sich beim Stehen nicht ausscheidet, das Wasser für viele Zwecke gänzlich ungeeignet, z. B. überall da, wo durch irgendwelche Zusätze oder Behandlungsarten Mangan-oxydausscheidungen stattfinden können, wie in Färbereien, Bleiche-reien, Papierfabriken, Wäschereien.

Der qualitative Nachweis geschieht in der Weise, daß man vorhandene Ausscheidungen, oder das Wasser direkt, eventuell den Rückstand mit etwas starker Salpetersäure unter Zusatz von wenig Bleisuperoxyd oder Mennige, welche man auf Manganfreiheit geprüft hatte, kocht. Sind auch nur Spuren Mangan vorhanden, so ist die Flüssigkeit nach dem Absetzen des Bleisuperoxyds rosa bis dunkelrot von gebildeter Übermangansäure gefärbt. Man kann so einige Hundertstel Milligramm pro Liter noch deutlich erkennen. Oder man schmilzt den Bodensatz oder Rückstand des Wassers mit Kaliumnitrat und Natriumkarbonat in einem kleinen Platinschälchen, bis die Masse ruhig fließt und löst die grüne Schmelze in wenig Wasser, worin sie sich mit der grünen Farbe des Kaliummanganats löst. Setzt man jetzt vorsichtig Essigsäure zu, so schlägt die grüne Farbe vorübergehend in Rot um. Der qualitative Nachweis von Mangan wird meist genügen, ist dasselbe aber in größerer Menge vorhanden, welche quantitativ bestimmt werden soll, so verfährt man folgendermaßen: Je nach Ausfall der qualitativen Probe erhitzt man 500 ccm Wasser oder mehr mit so viel Ammoniumpersulfat, daß auf 1 Teil Mangansalz mindestens 2 Teile Persulfat kommen, mehrere Minuten zum Kochen. Alles Mangan scheidet sich als Superoxyd aus. Man sammelt es auf einem Asbestfilterchen, bringt dies wieder zu den Resten des Superoxyds in das Fällungsgefäß zurück und löst es in abgemessenen Mengen $\frac{1}{10}$ Oxalsäure unter Zusatz verdünnter Schwefelsäure durch Erwärmen auf ca. 80°. Nach Zusatz von heißem Wasser titriert man die überschüssige Oxalsäure zurück. Die Reaktion zwischen letzterer und Mangan-superoxyd geht nach der Gleichung vor sich:



Jeder Kubikzentimeter der verbrauchten Oxalsäure entspricht 2,754 mg Mn.

Nach Knorre dampft man bei wenig Mangan 5 bis 10 Liter Wasser mit 5 bis 10 ccm Schwefelsäure ein, setzt etwas Kaliumhydrosulfat zu und glüht. Darauf löst man in 200 ccm Wasser, setzt verdünnte Schwefelsäure und 10 ccm Ammonpersulfat (6:100) zu und kocht 20 Minuten. Den Niederschlag sammelt man, löst unter Zusatz von Schwefelsäure in Wasserstoffperoxyd von bestimmtem Wirkungswert und bestimmt den Überschuß wieder durch Permanganat.



Endlich kann man auch den qualitativen Nachweis mit Bleisuperoxyd zu einem quantitativen kolorimetrischen gestalten, indem man genau so verfährt, wie bei der kolorimetrischen Bestimmung des Mangans im Eisen.

Ein bestimmtes Quantum Wasser wird unter Zusatz von etwas Salpetersäure verdampft, mit Bleisuperoxyd und Salpetersäure gekocht, durch ein sorgfältig gereinigtes Asbestfilterchen filtriert und das Filtrat auf ein bestimmtes Volumen aufgefüllt. Man gibt dies in einen Hehnerschen Zylinder oder besonders für diesen Zweck konstruierte enge kalibrierte Glasröhren und vergleicht die Färbung in bekannter Weise mit einer Permanganatlösung von bekanntem Mangengehalt. Eine solche erhält man, wenn man 0,288 g reines Kaliumpermanganat in einem Liter destilliertem Wasser löst. Jeder Kubikzentimeter entspricht 0,1 mg Mn.

Bestimmung des Bleies

Reines natürliches Wasser enthält kein Blei, dasselbe kann jedoch dadurch, daß es längere Zeit in Berührung mit dem Wasser bleibt, hineingelangen; also z. B., wenn für die Wasserleitungsröhren Blei verwendet wird. Auch Lötstellen geben unter Umständen Blei ab. Nicht alle Wässer besitzen die Eigenschaft Blei zu lösen. Im allgemeinen weiß man aus Erfahrung, daß sehr weiche Wässer, d. h. Wässer mit weniger als fünf Härtegraden, ferner solche mit viel freier Kohlensäure, Nitraten, Chloriden dazu neigen. Besonders erhöht die freie Kohlensäure das Bleilösungsvermögen, wie die von Pleißner ermittelten Zahlen beweisen:

Wasser mit freier CO ₂ pro Liter	löst	Pb in mg
0,0		1,75
2,8		6,0
5,4		7,0
14,4		8,2
26,0		9,9
43,5		10,9
106,0		15,7

Qualitativer Nachweis: In einem hohen Zylinder versetzt man das Wasser mit etwas Essigsäure und starkem Schwefelwasserstoffwasser. Bei Anwesenheit von Blei entsteht dunkle Färbung resp. ein schwarzer Niederschlag. Meist wird der qualitative Nachweis genügen.

Quantitative Bestimmung: Ein genügendes Quantum Wasser wird nach dem Ansäuern mit Salpetersäure auf etwa 50 ccm eingedampft und mit Schwefelwasserstoffgas gesättigt. Das abfiltrierte und mit Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschene Bleisulfid wird in Salpetersäure gelöst, die Lösung von Schwefel abfiltriert, das Filtrat mit Schwefelsäure eingedampft, mit wenig Wasser und verdünnter Schwefelsäure übergossen und das ausgeschiedene Bleisulfat auf einem Filter gesammelt, welches mit schwachem Alkohol ausgewaschen wird. Das getrocknete Bleisulfat wird vom Filter in einen Porzellantiegel gebracht, die Filterasche dazugegeben, geglüht und gewogen. 1 Teil Bleisulfat = 0,68 Teile Blei.

Bestimmung des Bleilösungsvermögens

Um ein Wasser auf seine Fähigkeit Blei zu lösen zu prüfen, reinigt man einen Bleistreifen, z. B. ein aufgeschnittenes Bleirohr, sehr sorgfältig durch kurzes Behandeln mit verdünnter Salpetersäure und gründliches Abspülen mit Wasser, trocknet es und poliert es durch Schaben mit einem Messer blank. Der Streifen kommt in ein Glas mit Glasstöpsel, welches sodann ohne Gasverlust mit dem zu untersuchenden Wasser bis zum Rande gefüllt wird. Luftblasen dürfen zwischen Flüssigkeit und Stöpsel nicht zurückbleiben. Das verschlossene Gefäß bleibt 24 Stunden stehen, worauf die klare Flüssigkeit behutsam abgegossen und mit einigen Tropfen Essigsäure und starkem Schwefelwasserstoffwasser versetzt wird. Ein Bleigehalt macht sich durch Braun- bis Schwarzfärbung bemerkbar.

Bestimmung von Zink

Zinkhaltige natürliche Wässer sind nicht bekannt, doch gelangt das Metall gelegentlich zufällig in das Wasser. So wird ein Fall aus Tübingen berichtet, wo das Leitungswasser aus den verzinkten Eisenrohren 5,4 mg Zn pro Liter aufgenommen hatte. Um das Metall nachzuweisen erwärmt man eine größere Quantität Wasser mit einem kleinen Überschuß von reinem Kalkwasser auf dem Wasserbad, gießt von dem entstandenen Niederschlag, welcher alles Zink enthält, ab, löst ihn in wenig Salzsäure, erwärmt die Flüssigkeit mit etwas Kaliumchlorat, neutralisiert annähernd mit Natriumkarbonat, setzt eine Lösung von Natriumazetat zu und kocht. Der Niederschlag von Eisen und Tonerde wird abfiltriert und das Filtrat mit Ferrocyankalium oder Schwefelwasserstoff auf Zink geprüft. Es entstehen Trübungen resp. Fällungen von Ferrozyan- resp. Schwefelzink. Letzteres dient auch zur quantitativen Bestimmung.

Andere Schwermetalle können bei der Untersuchung von Abwässern in Betracht kommen.

Bestimmung der Alkalien

Das Nähere findet man unter Mineralwasseranalyse.

Bestimmung des Ammoniaks

Da die Atmosphäre stets geringe Mengen von Ammoniaksalzen enthält, so gehen solche natürlich auch in das mit Luft in Berührung kommende Wasser über, und es finden sich daher Spuren fast in jedem natürlichen Wasser. Größere Mengen Ammoniak stammen dagegen in der Regel aus anderer Quelle; sie verdanken ihre Entstehung biologischen Prozessen, welche sich im Wasser abspielen, und bei denen Bakterien stickstoffhaltige organische Stoffe abbauen. Bei solchen Vorgängen entsteht fast regelmäßig auch Ammoniak, seine Anwesenheit in größerer Menge deutet daher darauf hin, daß das Wasser mit stickstoffhaltigen Materialien, wie sie beispielsweise in Ausscheidungsstoffen von Tieren und Menschen sowie in Küchenabgängen verschiedenster Art enthalten sind, verunreinigt worden war. Bei Brunnen- und Grundwasser kann dies durch Undichtigkeiten, durch Sprünge im Zement oder durch mangelnde Bodenfiltration hervorgerufen werden. Da nun ebenso wie die an und für sich nicht gesundheitsschädlichen Stickstoffverbindungen auch auf demselben Wege Krankheitskeime in das Wasser gelangen können, so ist einem hohen Ammoniakgehalt Bedeutung beizulegen und ein damit verunreinigtes Wasser möglichst

vom Genusse auszuschließen. Allerdings kann das Ammoniak auch auf rein chemischem Wege in Wasser resp. Boden entstanden sein. So ist beispielsweise mooriges Wasser, in welchem sich biologische Prozesse genannter Art nicht abspielen, meist reich an Ammoniak, auch Grundwässer mit viel Eisen sind oft ammoniakhaltig. Es ist nicht mit Sicherheit bekannt, wie in letzterem Falle das Ammoniak entstand, wahrscheinlich verdankt es sein Dasein der Reduktion von Nitraten oder Nitriten durch Schwefelwasserstoff, der seinerseits durch Wechselwirkung von Kohlensäure und Sulfiden erzeugt wurde. Auch ist nicht ausgeschlossen, daß die organische Substanz, Huminstoffe und ähnliche Körper bei der Entstehung eine Rolle spielen. Natürlich muß auch ein Wasser, welches seinen Ammoniakgehalt solchen rein chemischen Prozessen verdankt, anders beurteilt werden, da ja Ammoniak an und für sich hygienisch ohne Bedeutung ist. Bei eisenhaltigen Wässern pflegt übrigens das Ammoniak während des Enteisungsprozesses zu verschwinden. Sein Nachweis geschieht zweckmäßig im ganz frisch geschöpften Wasser, da im aufbewahrten leicht Veränderungen vor sich gehen.

Zur qualitativen Bestimmung fügt man zu dem in einem Reagenzglas befindlichen Wasser einige Tropfen Natronlauge und Natriumkarbonat, schüttelt um und wartet, bis ein entstehender Niederschlag sich abgesetzt hat. Dann gießt man von der klaren Flüssigkeit in ein zweites Reagenzglas und versetzt mit einigen Tropfen Neßlerschem Reagens (siehe Reagentien). Eine Gelbfärbung zeigt wenig, eine Rotfärbung viel Ammoniak an. Die Abwesenheit von Schwefelwasserstoff ist dabei vorausgesetzt; ist die Färbung durch letzteren verursacht, so bleibt sie durch Zusatz von verdünnter Schwefelsäure im Überschuß bestehen, während die durch Ammoniak hervorgerufene verschwindet. Diese Gelbfärbung wird durch die Bildung einer Verbindung $\text{NH}_2\text{Hg}_2\text{JO}$ Ammoniumquecksilberoxyjodid bedingt, welche in geringer Quantität gelöst erscheint, in größerer Menge sich aber als rotgelber Niederschlag ausscheidet. Bei normalen Wässern deutet die Reaktion sicher auf Ammoniak; in Abwässern können unter Umständen ähnliche Erscheinungen von anderen basischen Körpern herrühren.

Quantitative Bestimmung

1. Nach Frankland und Armstrong

250 ccm Wasser versetzt man in einem hohen, mit Glasstöpsel verschließbaren Zylinder mit 2 ccm Natriumkarbonat und 1 ccm

Natriumhydratlösung, von deren absoluter Freiheit von Ammoniak man sich überzeugt hat, schüttelt um und läßt solange ruhig stehen, bis der anfangs voluminöse Niederschlag von Erdalkalikarbonaten sich vollkommen zu Boden gesetzt hat. Hierauf gießt man, ohne den Niederschlag aufzurühren 100 ccm in einen der oben angegebenen Zylinder für kolorimetrische Bestimmungen oder in einen Hehnerschen Zylinder, während man zugleich mehrere Vergleichszylinder mit verschiedenen Mengen Ammoniaklösung von bestimmtem Gehalt und Wasser bis zur Marke füllt. Als Vergleichsflüssigkeit dient eine Lösung, welche pro Kubikzentimeter 0,05 mg NH_3 enthält. Die Menge derselben bemißt man so, daß sie in den Zylindern 0,01, 0,02 usw. bis 0,05 mg NH_3 entspricht. In jeden Zylinder gibt man nun 1 ccm Neblersches Reagens, mischt und vergleicht die Intensität der Gelbfärbung des Wassers mit der der Vergleichsflüssigkeiten. Sollte statt Gelbfärbung stark rote Färbung eintreten, oder gar ein Niederschlag entstehen, so ist das zu untersuchende Wasser mit destilliertem Wasser zu verdünnen. Bezüglich der Ausführung mittels Hehnerscher Zylinder sei auf „Bestimmung von Eisen“ verwiesen.

Statt die Erdalkalien mit Natriumkarbonat und Natriumhydrat auszuscheiden, kann man auch das Wasser mit einer Lösung von Kalium-Natriumtartrat (Seignettesalz) versetzen, welches die Fällung der alkalischen Erden durch Alkalien verhindert. Auch bei diesem Salz überzeuge man sich von der Abwesenheit von Ammoniak.

Beispiel: 250 ccm eines Trinkwassers wurden mit 2 ccm Natriumkarbonat und 1 ccm Natronlauge versetzt und davon nach der Klärung 100 ccm in einen Zylinder abgegossen. In den Vergleichszylindern waren 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 ccm Ammoniumchloridlösung mit 0,005, 0,010, 0,015, 0,02, 0,025 mg NH_3 enthalten. Die durch Neblersches Reagens erzeugte Gelbfärbung entsprach Zylinder 4 mit 0,02 mg NH_3 . Die gleiche Menge Ammoniak ist demnach in 100 cm Wasser enthalten, im Liter demnach 0,2 mg. Die Verdünnung des Wassers von 250 auf 253 ccm ist dabei nicht in Betracht gezogen.

Die Farbenunterschiede treten am deutlichsten auf, wenn das Wasser nicht unter 0,05 mg und nicht über 1 mg Ammoniak im Liter enthält, die Untersuchung ist außerdem so auszuführen, daß Wasser und Vergleichsflüssigkeiten dieselbe Temperatur besitzen. Daß sämtliche in Betracht kommende Reagentien, besonders auch das destillierte Wasser frei von jeder Spur Ammoniak sein müssen, versteht sich von selber, destilliertes Wasser enthält bisweilen recht deutlich nachweisbare Spuren.

2. Nach Miller durch Destillation

Sollte das Wasser sehr viel Erdalkalien, Eisen, organische Substanzen enthalten, oder sollte es gefärbt sein, so ist es zweckmäßig, das Ammoniak vor der Anstellung der kolorimetrischen Probe durch Destillation auszutreiben und im Destillat zu bestimmen. Bei Abwässern ist dies unbedingt erforderlich, namentlich wenn sie erheblichere Mengen stickstoffhaltiger Substanzen enthalten, weil dieselben die Reaktion mit Neblerschem Reagens unter Umständen gänzlich aufheben können.

Je nach Ausfall der qualitativen Probe bringt man 100 ccm Wasser oder mehr in eine tubulierte Retorte oder ein anderes Destillationsgefäß, fügt einige Messerspitzen voll fein gepulvertes ammoniakfreies Magnesiumoxyd, bei Anwesenheit von Schwefelwasserstoff auch etwas Blei- oder Zinkacetat zu und destilliert bei vorgelegtem Kühler 50, 100 ccm, oder mehr Wasser ab. Obschon das Ammoniak fast alles in den ersten Anteilen des Destillats enthalten ist, überzeuge man sich doch, daß wirklich spätere Anteile frei davon sind. Das Destillat bringt man auf ein bestimmtes Volumen und ermittelt das Ammoniak wie oben durch Kolorimetrie.

In gewöhnlichen Wässern ist das Ammoniak in so geringen Mengen enthalten, daß gewichtsanalytische oder titrimetrische Methoden zu seiner Bestimmung ausgeschlossen erscheinen. Sie kommen dagegen bei Abwässern in Betracht (siehe diese). Meist genügt es bei Gebrauchswässern anzugeben, ob sie eine Reaktion auf Ammoniak überhaupt, resp. eine schwache oder starke geben.

Bestimmung der Chloride

Chlor kommt in natürlichen Wässern weder in freiem Zustande noch in Form von Salzsäure vor, sondern findet sich meist an Kalium oder Natrium gebunden als Chlorid. In Mineral- oder Abwässern finden sich Kalzium- und Magnesiumchlorid häufiger; in letzteren können auch freies Chlor und freie Salzsäure in Betracht kommen. Wegen der großen Verbreitung des Natriumchlorids im Boden enthalten alle Wässer wenigstens Spuren von Chloriden.

Quantitative Bestimmung. Dafür dienen im wesentlichen zwei verschiedene titrimetrische Methoden, beide auf der Fällbarkeit von Chlor durch Silbersalze beruhend.

1. Methode nach Mohr

50 ccm Wasser oder mehr werden in einem Becherglase über weißer Unterlage mit einigen Tropfen reiner, chlorfreier Kalium-

chromatlösung versetzt, wodurch das Wasser schwach gelb gefärbt wird. Unter Umschwenken oder Umrühren wird nun aus einer Bürette vorsichtig $\frac{1}{10}$ Silberlösung, welche neutral sein muß, zugegeben, wodurch ein hellrot gefärbter, schnell wieder weiß werdender Niederschlag von Silberchlorid entsteht. Tritt bleibende Rötung des Niederschlags ein, so ist dies ein Zeichen, daß die Fällung beendet und eine Spur Silberchromat entstanden ist. Jedem ccm Silberlösung entsprechen 3,54 mg Cl.

Beispiel: 50 ccm Wasser brauchten 0,6 ccm $\frac{1}{10}$ Silberlösung. $0,6 \times 3,54 = 2,124$ mg Cl in 50 ccm; im Liter also 42,48 mg Chlor.

Die Methode ist nur bei neutralen Wässern anwendbar und gibt bei sehr geringem Chlorgehalt meist etwas zu hohe Zahlen, während die folgende Volhardsche Methode bei saurer Reaktion zu arbeiten gestattet, aber leicht zu etwas zu niedrigen Zahlen führt.

2. Methode nach Volhard

Diese Methode beruht darauf, daß man das Chlor durch einen Überschuß von titrierter Silberlösung ausfällt und diesen Überschuß mit einer titrierten Kalium- oder Ammoniumsulfocyanatlösung bestimmt, wobei die Endreaktion durch die Färbung angezeigt wird, welche Sulfocyanate mit Eisenoxysalzen erzeugen. Da Chlorsilber und Eisensulfocyanat eine gewisse Wechselwirkung zeigen, ist es empfehlenswert, möglichst rasch zu arbeiten und überflüssiges Bewegen der Flüssigkeit zu vermeiden. 50 ccm Wasser oder mehr versetzt man aus einer Bürette mit so viel $\frac{1}{10}$ Silberlösung, daß letztere jedenfalls in kleinem Überschuß vorhanden ist. Man rührt tüchtig um, daß der Niederschlag sich möglichst zusammenballt und zu Boden setzt. Jetzt gibt man 5 bis 10 Tropfen einer gesättigten Eisenaunlösung und so viel Salpetersäure zu, daß die Farbe der Eisenaunlösung verschwindet und läßt so lange $\frac{1}{10}$ Sulfocyanatlösung zufließen, bis eben eine bräunlichrote Färbung entsteht. Wenn Silber- und Sulfocyanatlösung gleichwertig sind, so braucht man letztere nur von ersterer abzuziehen, um die der vorhandenen Chlormenge entsprechenden Kubikzentimeter Silberlösung zu erhalten.

Beispiel: 100 ccm Wasser wurden mit 2,5 ccm $\frac{1}{10}$ Silberlösung versetzt und dann mit 1,0 ccm Sulfocyanatlösung zurücktitriert.

$2,5 - 1,0 = 1,5$ ccm $\frac{1}{10}$ Silberlösung $\times 3,54 = 53,1$ mg Chlor im Liter.

Die Volhardsche Methode gestattet auch, in saurem Wasser die Bestimmung auszuführen.

Bestimmung der Schwefelsäure

Die Schwefelsäure, welche meist in der Form von Kalziumsulfat vorkommt, wird am sichersten gewichtsanalytisch bestimmt. Ist ihre Menge gering, so verwendet man ein größeres Quantum Wasser und dampft es unter Zusatz einiger Tropfen Salzsäure auf 100 oder 50 ccm ein; bringt aber Baryumchlorid in dem angesäuerten Wasser eine starke Trübung hervor, so kann das Konzentrieren unterlassen werden. Das Wasser wird mit Salzsäure angesäuert, zum Sieden erhitzt und mit einer heißen Lösung von Baryumchlorid so lange tropfenweise versetzt, bis keine Fällung mehr entsteht, ein großer Überschuß des Reagenses ist zu vermeiden. Man stellt das Gefäß an einen warmen Ort, wartet, bis die über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit ganz klar geworden und filtriert durch ein Filter mit bekanntem Aschengehalt, ohne den Niederschlag aufzurühren, übergießt denselben, namentlich wenn viel Eisen zugegen ist, wiederholt mit kleinen Mengen Salzsäure und heißem Wasser und bringt zuletzt den Niederschlag auf das Filter, auf dem er gut ausgewaschen wird. Es wird getrocknet und Filter mit Niederschlag in schrägliegendem Tiegel verascht und geglüht. Das gewogene Baryumsulfat weniger Filterasche, mit 0,3433 multipliziert, ergibt die im verwendeten Wasserquantum vorhandene Schwefelsäuremenge.

Beispiel: 500 ccm Wasser wurden unter Zusatz von 10 Tropfen Salzsäure auf 100 ccm eingedampft und wie oben behandelt. Gewicht des Baryumsulfats nach Abzug der Filterasche = 0,04155 g \times 0,3433 = 0,014264 SO_3 . Im Liter waren demnach 28,528 mg SO_3 enthalten.

Bestimmung der salpetrigen Säure

Selbst stark verunreinigte Wässer enthalten meist relativ geringe Mengen salpétrigsaurer Salze. Sie können auf rein chemischem Wege durch Oxydation von Ammoniak entstanden sein und sind dann hygienisch belanglos, sie repräsentieren aber in der überwiegenden Zahl der Fälle Oxydations- oder auch Reduktionsprodukte biologischer Vorgänge und sind dann auch anders zu beurteilen. Meist treten sie daher auch zugleich mit anderen Verunreinigungen, wie Salpetersäure, Ammoniak, organischen Substanzen auf, und der Nachweis der salpetrigen Säure ist wegen ihres diagnostischen Wertes von großer Wichtigkeit.

In der Praxis dürfte eine quantitative Bestimmung selten erforderlich sein, es wird meist genügen zu prüfen, ob bei der quali-

tativen Probe eine starke, schwache oder gar keine Reaktion eintritt. Die übliche Probe ist überall da eindeutig, wo nur Spuren von Eisen, kein Ozon, Wasserstoffsuperoxyd und andere ähnliche Oxydationsmittel zugegen sind, wie es bei natürlichen Wässern meist der Fall ist.

In einem Zylinder oder größeren Reagenzglase versetzt man das Wasser, am besten direkt nach der Probenahme, mit Jodzinkstärkelösung und reiner verdünnter Schwefelsäure und schützt das Glas vor der Einwirkung des Lichtes. Ist wenig salpetrige Säure vorhanden, so färbt sich das Wasser schwach, bei viel salpetriger Säure tief blau. Die Methode ist so empfindlich, daß noch minimale Mengen salpetriger Säure nachzuweisen sind. Dieselbe Reaktion dient zur kolorimetrischen quantitativen Bestimmung unter Benutzung Hehnerscher Zylinder, wobei als Vergleichsflüssigkeit eine Natriumnitritlösung dient, welche im Kubikzentimeter 0,01 mg N_2O_3 enthält. Die Blaufärbung muß nach einigen Minuten auftreten, im gegenteiligen Falle ist sie nicht mehr zu berücksichtigen.

Beispiel: 100 ccm Wasser waren auf 500 mit destilliertem Wasser aufgefüllt, da die qualitative Probe starke Reaktion ergeben hatte. Der Hehnersche Vergleichszylinder war mit 5 ccm Nitritlösung versetzt und mußte, um dieselbe Farbenintensität wie im Wasser zu erreichen, bis auf 32 ccm abgelassen werden. Durch Zusatz von je 3 ccm Jodzinkstärkelösung und 1 ccm verdünnter Schwefelsäure war das Volumen in den Zylindern von 100 auf 104 gestiegen. Der Vergleichszylinder enthielt in diesen 104 ccm $5 \times 0,01 = 0,05$ mg N_2O_3 , in den restierenden 32 ccm also 0,0153 mg. Ebensoviele war in den 100 ccm Wasser vorhanden. Da dasselbe aber von 100 auf 500 verdünnt war, so waren in 100 ccm 0,0765, im Liter 0,765 mg N_2O_3 .

Statt der Jodzinkstärkelösung kann man nach Tiemann und Preuß auch das Metaphenylendiamin verwenden, welches mit salpetriger Säure unter Bildung des Triamidoazobenzols oder Bismarckbrauns reagiert. Auch diese Reaktion ist sehr scharf und kann ohne Beeinträchtigung auch da vorgenommen werden, wo Eisenoxydsalze, Wasserstoffsuperoxyd u. a. Oxydatoren zugegen sind. Gelbe Farbe des Wassers stört dagegen und muß eventuell durch Zusatz von etwas Alaunlösung beseitigt werden; man verwendet die von dem entstandenen Niederschlage klar abgessene Flüssigkeit. 100 ccm Wasser werden in gleicher Weise wie bei dem vorigen Nachweis der salpetrigen Säure mit 1 ccm verdünnter

Schwefelsäure und 1 ccm Metaphenylendiaminlösung versetzt und nach einigen Minuten die gelbe Farbe in bekannter Weise gemessen. Sind erheblichere Mengen von Eisenoxydsalzen vorhanden, so verfährt man zum qualitativen Nachweis nach P. Artmann (Chem. Ztg. 1913, 501) folgendermaßen: Zu 100 ccm Wasser werden 8 g reinstes Natriumphosphat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 12 \text{ aq.}$) und 0,2 g Kaliumjodid gegeben und bis zur Lösung geschüttelt. Dann gibt man 5 ccm vierfach normale Schwefelsäure und 2 ccm Jodzinkstärkelösung zu. Auf diese Weise kann man noch 0,1 mg N_2O_3 neben 500 mg Ferrisalz pro Liter nachweisen.

Bestimmung der Salpetersäure

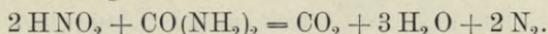
Von den zahlreichen Reaktionen, welche zum Nachweis der Salpetersäure vorgeschlagen sind, mögen hier nur die empfindlichsten angeführt sein. Wenn man zu salpetersäurehaltigem Wasser etwas Diphenylamin und konzentrierte Schwefelsäure im Überschuß gibt, so entsteht Blaufärbung. Man führt die Probe in der Weise aus, daß man in einem Porzellanschälchen 1 ccm Wasser, dem man einige Körnchen Diphenylamin zugegeben hat, zweimal kurz hintereinander mit je 0,5 ccm konzentrierter reiner Schwefelsäure versetzt. Bei erheblichen Mengen Salpetersäure tritt bereits nach dem ersten, bei geringen beim zweiten Zusatze die blaue Farbe auf. Man kann so noch gut 5 mg Salpetersäure im Liter nachweisen. Noch schärfer ist die Reaktion, wenn man zu dem zu untersuchenden Wasser, welches sich nebst etwas Diphenylamin in einem Reagenzglas befindet, 1 ccm konzentrierte Schwefelsäure mit der Vorsicht zufließen läßt, daß die Flüssigkeiten sich nicht mischen. An der Berührungsstelle tritt, eventuell nach einigen Minuten, ein blauer Ring auf, den man noch deutlicher erkennt, wenn man das Glas gegen einen weißen Hintergrund hält. Da diese Reaktion auch durch salpetrige Säure bewirkt wird, ist sie nur in Abwesenheit der letzteren beweisend.

Ein zweiter, sehr scharfer Nachweis der Salpetersäure ist die Bruzinreaktion, welche gestattet, auch in Gegenwart von salpetriger Säure zu operieren. Sie ist im übrigen der vorigen an Empfindlichkeit nicht überlegen und läßt sich in stark verschmutzten Wässern nicht anwenden. Zu 1 ccm Wasser fügt man in einem Schälchen etwa 3 ccm Schwefelsäure, kühlt ab und streut einige Kriställchen Bruzin in die Flüssigkeit. Beim Umschütteln oder Umrühren tritt in Gegenwart von Salpetersäure Rotfärbung ein. Der

Überschuß von Schwefelsäure verhindert die störende Wirkung von etwa anwesender salpetriger Säure, da sie sich mit letzterer eventuell zu Nitrosulfonsäure verbindet.

Ist die Menge der vorhandenen Salpetersäure nicht zu gering, so ist zu ihrem Nachweis auch folgende Reaktion geeignet. In etwa 5 ccm Wasser löst man etwas salzylsaures Natron und versetzt mit 5 ccm reiner konzentrierter Schwefelsäure. Beim Umschwenken entsteht eine rosa bis rote Färbung. Aber auch hier zeigt salpetrige Säure dieselbe Reaktion.

Um für alle Fälle die salpetrige Säure zu beseitigen, löst man in dem Wasser eine kleine Menge von Harnstoff, setzt etwas verdünnte Schwefelsäure zu und läßt einige Stunden stehen. Nitrite sind dann vollständig zerstört.



Die quantitative Bestimmung der Salpetersäure kann auf verschiedene Weise geschehen. Im wesentlichen beruht sie auf vier Prinzipien. Entweder läßt man die Salpetersäure auf Substanzen einwirken, bei deren Oxydation Stickoxydgas entsteht, welches volumetrisch bestimmt wird, oder man ermittelt sie aus der bekannten oxydierenden Wirkung auf oxydierbare Körper wie Eisenoxydul, Indigo, oder man führt die Salpetersäure in Ammoniak über und bestimmt dieses, oder endlich man läßt eine unlösliche Salpetersäureverbindung entstehen, welche gewogen werden kann.

1. Methode von Schulze-Tiemann¹⁾

Diese Methode eignet sich vor allen anderen für alle Arten von Wässern und gibt die genauesten Resultate, erfordert aber auch die meiste Zeit. Sie basiert auf der Reduktion von Salpetersäure durch Eisenoxydulsalze zu Stickoxydgas, welches aufgefangen und gemessen wird.



Je nach Ausfall der qualitativen Prüfung werden 100 bis 300 ccm des zu prüfenden Wassers in einer Schale vorsichtig bis zu etwa 50 ccm eingedampft und diese zusammen mit den etwa durch Kochen abgeschiedenen Erdalkalibicarbonaten in ein ca. 150 ccm fassendes Rundkölbchen *A* gebracht (Fig. 25).

Nitrate gehen in den beim Einkochen sich bildenden Niederschlag nicht über. Es ist daher nicht nötig, die Teile desselben,

1) Tiemann-Gärtner, Handbuch der Wasseranalyse, 4. Aufl., 1895, S. 154.

welche fest an den Wandungen des Abdampfgefäßes haften, vollständig in den Zersetzungskolben zu bringen, sondern es genügt, die Schale einige Male mit wenig heißem Wasser auszuwaschen. Der Zersetzungskolben *A* ist mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen, in dessen Durchbohrungen sich zwei gebogene Röhren, *abc* und *efg*, befinden. Die erste ist bei *a* zu einer nicht zu feinen Spitze ausgezogen und ragt etwa 2 cm unter dem Stopfen hervor; die zweite Röhre schneidet genau mit der unteren Fläche des Stopfens ab. Die beiden Röhren sind bei *e* und *g* durch enge Kautschukschläuche mit den Glasröhren *cd* und *gh* verbunden und an diesen Stellen durch Quetschhähne oder Klemmschrauben verschließbar. Über das untere Ende der Röhre *gh* ist ein Kautschukschlauch gezogen, um sie vor dem Zerbrechen zu schützen. *B* ist eine mit frisch ausgekochter und unter Luftabschluß erkalteter, 10prozentiger Natronlauge gefüllte Glaswanne, *C* eine in $\frac{1}{10}$ ccm geteilte, möglichst enge, mit ausgekochter Natronlauge gefüllte Meßröhre.

Man kocht bei offenen Röhren das zu prüfende Wasser in dem Kochfläschchen noch weiter ein und bringt nach einiger Zeit das untere Ende des Entwicklungsrohres *efgh* in die Natronlauge, so daß die aus dem Rohre entweichenden Wasserdämpfe durch die alkalische Flüssigkeit streichen. Nach einigen Minuten drückt man den Kautschukschlauch bei *g* mit den Fingern zusammen. Sobald durch Kochen die Luft vollständig entfernt worden ist, steigt die Natronlauge schnell wie in ein Vakuum zurück, und man fühlt einen gelinden Schlag am Finger. Man setzt in diesem Falle bei *g* den Quetschhahn auf und läßt die Wasserdämpfe durch *abcd* entweichen, bis nur noch ca. 10 ccm Flüssigkeit in dem Zersetzungskolben vorhanden sind. Hierauf entfernt man die Flamme, schließt bei *e* mittels Quetschhahnes und spritzt die Röhre *cd* mit ausgekochtem Wasser voll. In dem Kautschukschlauche bei *e* bleibt leicht ein Luftbläschen zurück, welches man durch Drücken mit den Fingern und Heben der Röhre *d* entfernen muß. Man schiebt nun die offene Meßröhre *C* über das untere Ende des Entwicklungsrohres *efgh*, so daß dieses 2 bis 3 cm in jene hineinragt, saugt unter Benutzung eines Kautschukschlaches die Natronlauge so weit empor, daß der Kugelbehälter *i* teilweise damit angefüllt ist, und schließt die Röhre *C* mittels des Glashahnes ab.

Man wartet einige Minuten, bis sich im Inneren des Kolbens *A* ein Vakuum durch Zusammenziehen der Schläuche bei *e* und *g* zu

erkennen gibt. Inzwischen gießt man nahezu gesättigte Eisenchlorür-
lösung in ein kleines Becherglas, welches in seinem oberen Teile
zwei Marken trägt, den von 10 cem Flüssigkeit darin eingenommenen
Raum bedeutend; zwei andere Gläser stellt man, mit konzen-
trierter Salzsäure teilweise gefüllt, bereit. Man taucht darauf die
Röhre *cd* in die Eisenchlorürlösung, öffnet den Quetschhahn bei *e*
und läßt vorsichtig etwa 10 cem von der Lösung einsaugen. Die
letztere entfernt man aus der Röhre *abcd*, indem man zweimal
5 bis 10 cem Salzsäure nachsteigen läßt. Man bemerkt häufig bei

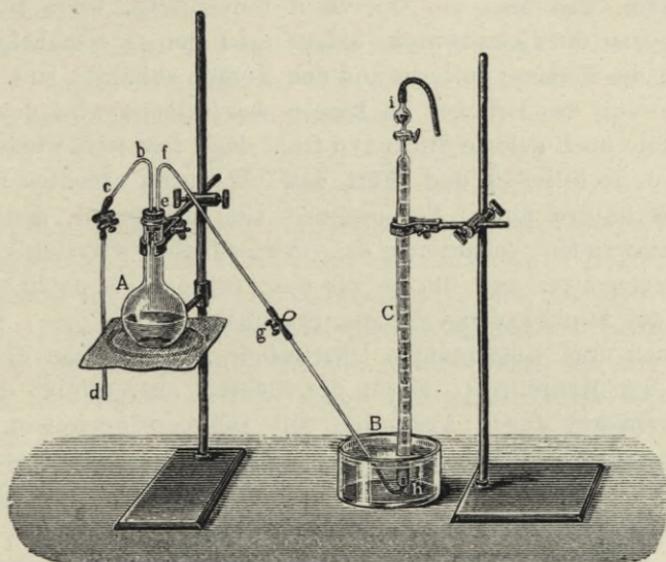


Fig. 25. Salpetersäurebestimmung nach Schulze-Tiemann

b eine kleine Gasblase; gewöhnlich besteht dieselbe aus Salzsäure-
gas, welches bei dem obwaltenden geringen Druck sich aus der
stark salzsauren Flüssigkeit entwickelt; sie verschwindet meist voll-
ständig, sobald der Druck im Inneren der Flasche steigt. Man er-
wärmt mit Hilfe eines Bunsenbrenners zuerst sehr gelinde, bis die
Schläuche bei *c* und *g* anfangen sich aufzublähen. Nun ersetzt
man den Quetschhahn bei *g* durch Daumen und Zeigefinger und
läßt, sobald der Druck stärker wird, das entwickelte Stickoxydgas
nach *C* übersteigen. Gegen Ende der Operation verstärkt man die
Flamme und destilliert, bis sich das Gasvolumen in *C* nicht mehr
vermehrte. Das zuletzt reichlich entwickelte Salzsäuregas wird mit
eigentümlich knatterndem Geräusch von der Natronlauge heftig

absorbiert; ein Zerschlagen der Entwicklungsröhre ist indessen nicht zu befürchten, wenn man Sorge getragen hat, das untere Ende derselben, wie angegeben, zu umhüllen.

Es kommt häufig vor, daß im Verlaufe des Versuches die Entwicklung von Stickoxydgas nachläßt, obschon die dunkle Färbung der Eisenchlorürlösung auf die Anwesenheit noch erheblicher Mengen in dem Zersetzungskolben hindeutet. Durch einen kleinen Kunstgriff ist die vollständige Austreibung des Stickoxyds unter allen Umständen ohne Schwierigkeit zu erreichen. Der Kunstgriff besteht darin, daß man die Operation unterbricht, wenn nur noch spärlich Gas entwickelt wird, indem man den Quetschhahn bei *g* aufsetzt, die Flamme entfernt und den Kolben abkühlen läßt. Durch Verringerung des Druckes im Innern des Kolbens wird das in der Flüssigkeit noch gelöste Stickoxyd frei. Man läßt jetzt wieder etwas Salzsäure nachfließen und führt das Gas durch erneutes Erhitzen in die Meßröhre über. Es empfiehlt sich überhaupt, den Kunstgriff anzuwenden, sobald man das vorwiegende Übertreten von Salzsäure beobachtet, und ihn so oft auszuführen, als noch eine Zunahme des Stickoxydgasvolumens erkennbar wird.

Nach dem vollständigen Übertreiben entfernt man die Röhre *gh* aus der Meßröhre *C*, löscht die Flamme aus, reinigt den Zersetzungsapparat durch Ausspülen mit salpetersäurefreiem Wasser und kann ihn alsdann ohne weiteres zu einem neuen Versuch verwenden.

Die Röhre *C* wird in einen hohen Glaszylinder gebracht, welcher so weit mit kaltem Wasser, am besten von 15 bis 18° gefüllt ist, daß sie darin vollständig untergetaucht werden kann. Das Überführen geschieht mit Hilfe eines kleinen, mit Natronlauge gefüllten Porzellanschälchens.

Nach 15 bis 20 Minuten prüft man die Temperatur des in dem Zylinder befindlichen Wassers mittels eines empfindlichen Thermometers und notiert den Barometerstand. Darauf zieht man die graduierte Röhre *C* an dem Kugelbehälter senkrecht so weit aus dem Wasser, daß die Flüssigkeit innerhalb und außerhalb der Röhre genau dasselbe Niveau hat, und liest das Volumen des Gases ab.

Es ist durchaus notwendig und Hauptbedingung für das Gelingen des Versuchs, daß man anfänglich jede Spur von Luft durch die Wasserdämpfe verdrängt; auch dürfen die zur Zersetzung angewendeten Quantitäten von Eisenchlorür und Salzsäure die oben angegebenen Mengen nicht bedeutend übersteigen, da wenig Stickoxyd

aus einer großen Flüssigkeitsmenge durch Erhitzen nur schwierig vollständig auszutreiben ist.

Der Raum, welchen die einem Milligramm Salpetersäure entsprechende Menge Stickoxyd bei 0° und 760 mm Barometerstand einnimmt, beträgt 0,41 ccm; benutzt man daher eine enge, wenn möglich in $\frac{1}{20}$ ccm geteilte graduierte Röhre zum Messen des Stickoxyds, so sind noch Bruchteile von Milligrammen Salpetersäure nach diesem Verfahren zu bestimmen. Da die Salzsäure oft Luft enthält, empfiehlt es sich, dieselbe vor dem Gebrauche kurze Zeit zum Sieden zu erhitzen.

Berechnung der gefundenen Werte. Das abgelesene Volumen des Stickoxydgases wird nach folgender Formel auf 0° und 760 mm Barometerstand reduziert:

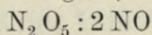
$$V_1 = \frac{V \times (B - f) \times 273}{760 \times (273 + t)}$$

wobei V_1 das Volumen bei 0° und 760 mm, V das abgelesene Volumen, B den beobachteten Barometerstand in Millimetern, t die Temperatur des Wassers im Zylinder in Graden und f die von der letzteren abhängige Tension des Wasserdampfes in Millimetern bezeichnet.

Die hierunter stehende Tabelle gibt die Tensionen des Wasserdampfes an, welche den in Frage stehenden Temperaturen entsprechen:

Temperatur t	Tension f	Temperatur t	Tension f
10°	9,2 mm	17°	14,4 mm
11°	9,8 „	18°	15,3 „
12°	10,5 „	19°	16,3 „
13°	11,2 „	20°	17,4 „
14°	11,9 „	21°	18,5 „
15°	12,7 „	22°	19,7 „
16°	13,5 „	23°	20,9 „

1 ccm Stickoxyd wiegt 0,001346 g; nach Proportion



$$108 : 60 = x : 1,3436$$

wiegt die entsprechende Menge Salpetersäure (N_2O_5) 0,002414 g. Multipliziert man daher die Kubikzentimeter Stickoxydgases V mit 0,002414, so erfährt man das Gewicht der Salpetersäure in der angewandten Wassermenge, welches auf ein Liter in Milligrammen berechnet wird. Bei dieser Methode wird die salpetrige Säure mitbestimmt, sie muß entweder vorher durch Zusatz von Harnstoff

und Schwefelsäure entfernt, oder ihre ermittelte Menge muß von dem Resultat abgezogen werden. Im ersteren Falle ist natürlich vor dem Eindampfen des Wassers für alkalische Reaktion zu sorgen.

Beispiel: 300 ccm Wasser lieferten ein auf 0° und 760 mm Barometerstand reduziertes Volumen von 9,5 ccm Stickoxyd.

$$9,5 \times 0,002418 = 0,022971 \text{ g N}_2\text{O}_5.$$

Im Liter sind demnach enthalten **76,57** mg N₂O₅.

Auf demselben Prinzip beruht die Bestimmung der Salpetersäure nach Lunge.¹⁾ Hier wird das konzentrierte Wasser mit Schwefelsäure und Quecksilber geschüttelt und das dabei entstandene Stickoxyd in einem besonderen Apparat, dem Nitrometer, gemessen. Die Methode gestattet schnelles Arbeiten, ist aber bei Wässern mit viel organischer Substanz ungenau. Zweckmäßig wird vorher auch das Chlor durch Silbersulfat ausgefällt.

2. Methode von Marx-Trommsdorff

Diese Methode ist zwar keine durchweg genaue und befriedigende; wo es jedoch nicht auf sehr exakte Ermittlungen ankommt, und wenn es sich um ein rasches Orientieren handelt, ist sie sehr zu empfehlen. Bei Wässern mit wenig organischer Substanz kommen die hierbei ermittelten Werte denen anderer Methoden sehr nahe. Die Methode beruht auf der Oxydation von Indigo in schwefelsaurer Lösung durch Salpetersäure, wobei die blaue Farbe der Indigolösung in schwach gelbliche übergeht. Hat man den Wert der Indigolösung bekannten Salpetersäuremengen gegenüber ermittelt, so ergibt sich aus der verbrauchten Menge der ersteren die Menge Salpetersäure in den zu untersuchenden Flüssigkeiten. Unbedingt erforderlich ist das stete Arbeiten unter denselben Bedingungen und mit Konzentrationen, welche sich innerhalb bestimmter Grenzen bewegen, d. h. das verwendete Wasser darf in 25 ccm nicht mehr als höchstens 4 mg Salpetersäure enthalten, widrigenfalls es mit destilliertem Wasser zu verdünnen ist. Die Indigolösung soll so normiert sein, daß 6 bis 8 ccm von 1 mg Salpetersäure oxydiert d. h. entfärbt werden. Die Bereitung und Einstellung einer solchen ist unter „Reagentien“ angegeben.

Für die Ausführung des Versuchs werden stets 25 ccm Wasser, sei es direkt oder nach entsprechender Verdünnung, verwendet. Dieselben werden in einer Kochflasche schnell mit 50 ccm reiner

1) Ber. d. Deutsch. chem. Ges. XI, 434.

konzentrierter Schwefelsäure vermischt und zu dem heißen Gemisch unter Umschwenken von der auf Salpetersäure eingestellten Indigolösung zufließen gelassen, bis statt der gelblichen eben eine schwach blaugrüne Färbung eintritt. Bei einem zweiten Versuche gibt man vor Zusatz der Schwefelsäure die im ersten Versuche verbrauchte Menge Indigolösung zu, versetzt dann mit Schwefelsäure und führt durch vorsichtigen weiteren Zusatz von Indigolösung die blaugrüne Farbe herbei. Die verbrauchten Kubikzentimeter mit 40 multipliziert und durch die Anzahl Kubikzentimeter Indigolösung, welche 1 mg Salpetersäure anzeigt, dividiert, gibt die letztere in Milligrammen pro Liter.

Beispiel: Die Indigolösung war so eingestellt, daß 6,8 ccm einem Milligramm N_2O_5 entsprachen. Verbraucht wurden für 25 ccm Wasser 13,5 ccm.

$$\frac{13,5 \cdot 40}{6,8} = 79,4 \text{ mg } N_2O_5.$$

Nach Schulze-Tiemann waren 76,57 mg gefunden worden.

Will man diese Methode auch für Wässer verwenden, welche durch organische Substanzen verunreinigt sind so verwendet man das Wasser, in welchem die organischen Substanzen durch Kaliumpermanganat zerstört worden sind (siehe unter Bestimmung der organischen Substanz), indem man die erkaltete Flüssigkeit auf ein bestimmtes Volumen bringt und unter Berücksichtigung des Verdünnungsquotienten die Salpetersäure mit Indigo ermittelt.

3. Methode von Ulsch

Bei dieser führt man die Salpetersäure in Ammoniak über und bestimmt dieses maßanalytisch, eventuell bei sehr wenig Salpetersäure kolorimetrisch. Ein größeres Quantum Wasser 300, 500 ccm oder mehr werden auf etwa 25 ccm eingedampft, in einem Kolben mit 5 g Ferrum reductum und 10 ccm verdünnter Schwefelsäure versetzt und mit der Vorsicht, daß keine Verluste durch Verspritzen entstehen, 5 Minuten mit kleiner Flamme, dann ebensolange zum Sieden erhitzt, mit 100 ccm destilliertem Wasser und mit Natronlauge im Überschuß versetzt. Man verbindet sofort mit einem Kühler und destilliert die Hälfte der Flüssigkeit ab. Das übergegangene Ammoniak wird in 30 ccm $\frac{1}{10}$ normaler Säure aufgefangen und der Überschuß derselben in bekannter Weise mit $\frac{1}{10}$ Alkali zurücktitriert; oder die Ammoniakmenge, wenn sie gering ist, wird, wie unter Ammoniak angegeben, kolorimetrisch bestimmt.

4. Gewichtsanalytische Methode mittels Nitrons

Nitron (Diphenylendiamidodihydrotriazol) erzeugt in Salpetersäurelösungen einen in Wasser und verdünnter Essigsäure sehr schwer löslichen Niederschlag von der Zusammensetzung $C_{20}H_{16}N_4HNO_3$, der sich sammeln, trocknen und wägen läßt. 100 ccm oder mehr auf 100 ccm eingedampftes Wasser erhitzt man fast zum Sieden, fügt 10 Tropfen verdünnte Schwefelsäure und 10 bis 12 ccm Nitronlösung (10 Nitron in 100 ccm 5prozentiger Essigsäure) zu und läßt erkalten. Zweckmäßig stellt man das Gefäß mehrere Stunden in einen Eisschrank, filtriert dann die abgeschiedenen Kristalle durch einen Goochtiiegel, wäscht mit Eiswasser, trocknet bei 105° und wägt. Die gefundene Menge, mit 0,144 multipliziert, ergibt die in dem angewendeten Wasser vorhandene Salpetersäure (N_2O_5). Die Anwesenheit organischer Substanzen stört nach den Angaben von Franzen und Löhmann¹⁾ nicht, sobald, wie oben angegeben, freie Schwefelsäure vorhanden ist.

Beispiel: Von obigem Wasser, welches nach Schulze-Tiemann 76,57 mg N_2O_5 enthielt, wurden 100 ccm mit Nitron gefällt. Der Niederschlag wog nach dem Trocknen bei 105° 0,0530 g. Daraus berechnet sich ein Salpetersäuregehalt von 76,32 mg pro Liter.

Bestimmung der organischen Substanz, Verbrauch an Kaliumpermanganat

Jedes, auch das reinste natürliche Wasser enthält wenigstens Spuren organischer Substanzen, welche aus der Luft oder dem Boden aufgenommen sind, meistens sind die Mengen aber sehr gering und bestehen aus Zertrümmerungsprodukten pflanzlicher oder tierischer Lebewesen. Seltener ist der Gehalt an solchen Körpern schon an der äußeren Beschaffenheit, an Farbe oder Geruch, wahrnehmbar, es handelt sich dann in der Regel um ein gelbliches Aussehen, hervorgebracht durch einen Gehalt an sog. Huminsubstanzen, Produkten der Zersetzung und unvollständiger Oxydation von Kohlehydraten verschiedener Art. Man hat diese Huminkörper wohl auch mit verschiedenen Namen belegt und sie voneinander zu trennen gesucht, doch sind die Definitionen: Quellsäure, Quellsatzsäure, Huminsäure und ähnliche viel zu unbestimmt und die Kenntnis derselben zu mangelhaft, als daß es möglich wäre, damit bestimmte chemische Begriffe zu verbinden. Das einzige, was man weiß, ist,

1) Journal f. prakt. Chem. **79**, 330 (1909).

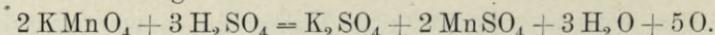
daß diese Dinge sich wie organische Säuren verhalten und daß sie dementsprechend dem Wasser schwach saure Eigenschaften zu erteilen imstande sind. Hygienisch sind die genannten Körper ohne Bedeutung, in größerer Menge erteilen sie dem Wasser nur einige Eigenschaften, welche für bestimmte Verwendungsarten ungeeignet erscheinen und welche vielleicht vom ästhetischen Standpunkte zu beanstanden sind. Genaue Methoden zu ihrer Bestimmung gibt es nicht. Die organischen Substanzen des Wassers können aber auch anderer, weniger harmloser Natur sein, sie können von menschlichen oder tierischen Ausscheidungsstoffen stammen, in welchem Falle sie meist stickstoffhaltig sind. Sie zersetzen sich im Wasser weiter und sind dann meist von erheblicheren Mengen Ammoniak und salpetriger Säure begleitet. Das Vorkommen organischer Substanzen solcher Natur ist dann immer ein Zeichen stattgefundener Verunreinigungen und für die Beurteilung von großer Bedeutung. Bisweilen lassen solche Verunreinigungen tierischer Provenienz, wenn sie sich nicht sonst schon äußerlich bemerkbar machen, an der Gegenwart geringer Mengen gewisser organischer Verbindungen erkennen, welche bei der Zersetzung komplizierterer Körper z. B. im Darmkanal zu entstehen pflegen, wie Phenolen verschiedener Art, Indol, Skatol u. a. Diese geben mit Diazokörpern, z. B. Diazobenzolsulfosäure gelb gefärbte Verbindungen. Will man auf solche Substanzen prüfen, so versetzt man 100 ccm Wasser in einem Glaszylinder mit etwas Natronlauge und einigen Tropfen einer frischen Lösung von Diazobenzolsulfosäure. Im Falle ihrer Anwesenheit entsteht eine mehr oder weniger starke gelbe Färbung. Nach Grieb¹⁾ ist auf diese Weise Pferdeharn bei 50 000facher Verdünnung deutlich nachweisbar. Ferner besitzen Wässer mit viel organischer Substanz, also auch mit Huminsäure usw., die Eigenschaft, Kaliumpermanganat beim Kochen zu entfärben. Wegen der außerordentlich verschiedenen Natur der in Wässern vorkommenden organischen Verbindungen, deren Isolierung und Identifizierung mit bekannten Stoffen meist ganz ausgeschlossen ist, besitzen wir vorläufig keine Methode, die Menge derselben direkt zu bestimmen. Wohl hat man den Verlust, welcher beim Glühen des Rückstandes entsteht, mit der Menge der organischen Substanz in Parallele zu setzen gesucht, und in gewissem Grade ist dies ja auch richtig, aber identisch sind beide Werte durchaus nicht. Es ist dies ein-

1) Ber. d. chem. Ges. **21**, 1830.

leuchtend, wenn man bedenkt, daß bei diesem Glühprozeß allerdings die Körper organischer Natur verbrennen, daß dabei aber gleichzeitig zahlreiche andere chemische Veränderungen vor sich gehen, welche auch die anorganischen Verbindungen beeinflussen, wie Verlust von Ammoniaksalzen, Zersetzungen von Nitraten und Nitriten, Bildung von Karbonaten beim Verbrennen des Kohlenstoffs u. a.

Man hat auch die Menge des in den organischen Substanzen enthaltenen Kohlenstoffs als Maßstab für dieselbe zugrunde legen wollen, aber auch eine solche Bestimmung ist durchaus nicht eindeutig, denn mit der Ermittlung des Kohlenstoffs hat man noch nicht die organische Substanz selbst bestimmt, welche weder ihrer Natur nach bekannt, noch einheitlich zusammengesetzt ist.

Mangels direkter Methoden hat man sich demnach geeinigt, als Maßstab für die Verunreinigung mit organischer Substanz die Menge Sauerstoff anzusehen, welche unter bestimmten Bedingungen zur Oxydation derselben erforderlich ist, oder, was dasselbe ist, die Menge einer einheitlichen chemischen Verbindung, welche unter diesen Bedingungen eine bestimmte Menge Sauerstoff für die Oxydation abgibt. Als solche dient allgemein das Kaliumpermanganat. In saurer Lösung reagiert dasselbe oxydablen Substanzen gegenüber nach der Gleichung:



Eine Kaliumpermanganatlösung, welche pro Liter 8 g Sauerstoff abzugeben vermag, ist eine normale, eine $\frac{1}{10}$ normale entspricht demnach 0,8 g Sauerstoff, 1 ccm = 0,0008 Sauerstoff. Eine solche Kaliumpermanganatlösung enthält im Kubikzentimeter 0,00316 g Permanganat.

Für die Ausführung des Versuchs bedarf man noch einer Oxalsäurelösung, welche genau der Permanganatlösung entspricht, von der also 1 ccm genau von 1 ccm Permanganat oxydiert wird, was bekanntlich nach der Gleichung

$$2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{MnSO}_4 + 10 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$$

stattfindet. Über die Bereitung der titrierten Lösungen siehe unter Reagentien.

Zweckmäßig verwendet man bei Wässern mit sehr wenig organischer Substanz noch verdünntere, d. h. $\frac{1}{100}$ Normallösungen, eine derartige Kaliumpermanganatlösung enthält im Kubikzentimeter 0,000316 g KMnO_4 . Um solche Flüssigkeiten möglichst wenig mit organischen Stoffen, welche schon beim Einfüllen in die Büretten

hineingelangen können, in Berührung zu bringen, und aus Bequemlichkeitsgründen hebt man sie recht zweckmäßig in Flaschen auf, aus welchen durch Druck die Flüssigkeit in die gleich mit der Flasche verbundene Bürette gelangen kann. Hierzu sind u. a. die von Knöfler angegebenen Apparate sehr geeignet (Fig. 26).

Statt „Bestimmung der organischen Substanz“ pflegt man genauer „Kaliumpermanganatverbrauch“ oder „Oxydierbarkeit“ zu sagen.

Ausführung

1. In saurer Lösung nach Kubel

Stark verunreinigte Wässer sind mit destilliertem Wasser in bestimmtem Verhältnis zu verdünnen, es werden stets 100 ccm in Arbeit genommen. Diese bringt man in einen absolut reinen Kolben oder ein Becherglas, setzt 5 ccm verdünnte Schwefelsäure und 10 ccm $\frac{1}{100}$ Permanganatlösung zu und erhitzt zum Kochen. Dasselbe soll, vom Augenblick des ersten Siedens gerechnet, genau 10 Minuten wahren. Genau eingestellte Sanduhren sind für derartige, bestimmte Zeit erfordernde Versuche sehr zweckmäßig. Sollte beim Kochen die rote Färbung der Flüssigkeit verschwinden, so verwendet man eine neue, verdünntere Wasserprobe. Ist die Farbe stehengeblieben, so entfernt man das Kochgefäß vom Feuer und setzt 10 ccm $\frac{1}{100}$ Oxalsäure zu, wobei Entfärbung eintritt. Hierauf titriert man wieder mit Permanganat bis zur eben eintretenden Rosafärbung. Die Menge der zuletzt gebrauchten $\frac{1}{100}$ Permanganatlösung, mit 3,16 multipliziert, ergibt die zur Oxydation der organischen Substanzen erforderlichen Milligramme KMnO_4 pro Liter.

Beispiel: 100 ccm Wasser, auf obige Weise behandelt, erforderten zuletzt 6,8 ccm Permanganat. $6,8 \times 3,16 = 21,4$ mg. Wollte

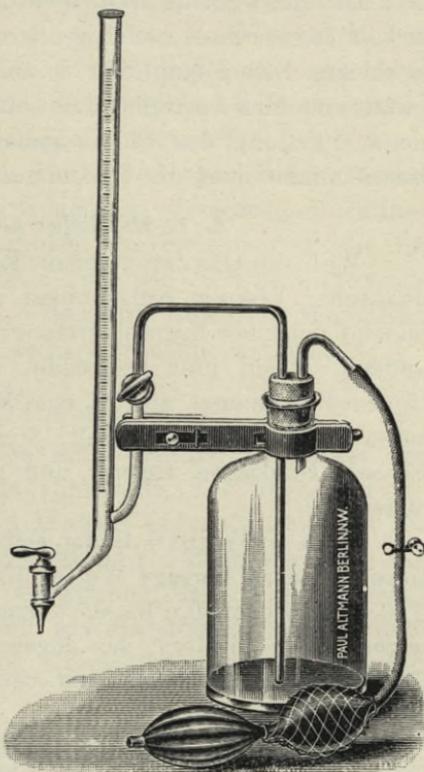


Fig. 26. Knöflerscher Titrierapparat

man statt des Permanganatverbrauches den Sauerstoffverbrauch angeben, so würde man statt mit 3,16 mit 0,8 zu multiplizieren haben.

Die meist geringen Mengen Chlor beeinträchtigen die Anwendbarkeit der Methode nicht, größerer Chlorgehalt indes wirkt störend. In solchen Fällen empfiehlt es sich, nach Di Donnas¹⁾ Angabe zu verfahren. Man bestimmt den Chlorgehalt und setzt zu dem Wasser die zur Fällung des Chlors genau berechnete Menge Silbersulfat; darauf nimmt man die Bestimmung der Oxydierbarkeit vor.

2. In alkalischer Lösung nach Schulze

Weil die Oxydation einer Reihe von organischen Körpern in alkalischer Lösung vollständiger stattfindet als in saurer, ziehen manche vor, das Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung anzuwenden. Auch hier verwendet man 100 ccm Wasser, dem man 10 ccm Pergamanat und $\frac{1}{2}$ ccm Natronlauge zusetzt, darauf 10 Minuten erhitzt, etwas abkühlt, 5 ccm verdünnte Schwefelsäure und 10 ccm Oxalsäure zusetzt und zuletzt wieder mit Permanganat titriert.

Nach Grünhut²⁾ findet man bei manganhaltigen Wässern auf diese Weise zu geringe Werte. Es empfiehlt sich, solchen Wässern (120 bis 150 ccm) 0,6 bis 0,75 ccm 33prozentige Natronlauge zuzusetzen, umzuschütteln, das abgeschiedene Manganoxyd durch einen Goochtiigel zu filtrieren und vom Filtrat 100,5 ccm wie gewöhnlich zu verwenden.

Natürlich beeinflussen größere Mengen von Eisenoxydulsalzen ebenfalls das Resultat. Man hat dann letztere durch Titrieren mit Permanganat in der Kälte zu bestimmen und eine entsprechende Korrektur vorzunehmen.

Untersuchung von Mineralwässern

Während für die Bewertung der gewöhnlichen natürlichen Nutz- und Genußwässer die Bestimmung der bisher angeführten Faktoren in weitaus den meisten Fällen völlig ausreicht, kommt bei der Untersuchung von Mineralwässern in der Regel noch eine ganze Anzahl weiterer Bestandteile in Frage. Außer gasförmigen Produkten sind es hauptsächlich seltenere oder in sehr geringer Menge vorhandene Mineralstoffe, wie Baryum, Strontium, Lithium,

1) Zeitschr. f. analyt. Chem. **46**, 516 (1907).

2) Zeitschr. f. analyt. Chem. **52**, 36 (1913).

Borsäure, Titansäure, Brom, Jod und die nur in minimalen Mengen vorkommenden Rubidium, Zäsium usw. Was die Bestimmung dieser Körper, besonders der letzteren betrifft, so konnte dieselbe hier nicht aufgenommen werden, es sei auf die Spezialwerke wie Fresenius und besonders auf die Bunsenschen Arbeiten verwiesen. Für die Ermittlung aller dieser Stoffe sind in der Regel sehr erhebliche Quantitäten Wasser, 10 bis 100 Liter oder mehr, in Arbeit zu nehmen.

Im folgenden seien die Methoden beschrieben, nach denen die Alkalien, Lithium, Kieselsäure, Brom, Jod, spezifisches Gewicht und, was in neuerer Zeit von Bedeutung geworden, die Radioaktivität, zu ermitteln sind. Im großen ganzen entspricht die Beschreibung den bewährten Methoden, wie sie in Fresenius angeführt sind. Rückstand, Eisen, Mangan, Kalzium, Magnesium werden nach den früher besprochenen Methoden bestimmt.

Bestimmung der Kieselsäure

Mehrere Liter Wasser werden mit Salzsäure angesäuert und in einer Platinschale zur Trockne verdampft, der Rückstand mit Salzsäure befeuchtet, mit heißem Wasser aufgenommen und die Kieselsäure abfiltriert, gegläht und gewogen. Beim Versetzen mit reiner Fluorwasserstoffsäure und Verdampfen darf kein Rückstand bleiben; ein solcher kann eventuell aus Baryumsulfat oder Titansäure bestehen und muß von der Kieselsäure abgezogen werden.

Bestimmung der Alkalien

Das Filtrat von der Kieselsäure wird heiß mit Baryumchlorid gefällt, filtriert und zur Trockne verdampft. Man nimmt in wenig Wasser auf, versetzt mit reiner Kalkmilch und kocht. Es wird wieder filtriert und das Filtrat mit Ammoniumkarbonat und Ammoniak versetzt. Das Filtrat von dem entstandenen Niederschlage dampft man ein, trocknet und glüht, worauf in wenig Wasser gelöst und die Behandlung mit Kalkmilch und darauf mit Ammoniumkarbonat und Ammoniak wiederholt wird. Auf diese Weise beseitigt man die letzten Reste von Magnesium. Zuletzt hat man in dem neuerdings getrockneten und geglähten Rückstand nur noch Alkalien als Chloride, welche gewogen werden. Man löst dann wieder in wenig Wasser und versetzt die ganz klare Flüssigkeit mit überschüssigem Platinchlorid, dampft zum Syrup ein, läßt erkalten und setzt 80 prozentigen Alkohol zu, filtriert das Kaliumplatinchlorid auf einem gewogenen Goochtiiegel ab, trocknet und

wägt. Das Gewicht, mit 0,19308 multipliziert, ergibt die Menge Kaliumoxyd; oder mit 0,30557 das Gewicht des Kaliumchlorids. Dieses, von dem Gesamtgewicht der Chloralkalien abgezogen, ergibt eine Differenz, welche dem Natriumchlorid entspricht. Man rechnet dies auf Natriumoxyd um.

Bestimmung des Lithiums, Jods und Broms nach Fresenius

Etwa 50 Liter Wasser werden zu wenigen Litern konzentriert (ohne Zusatz von Säure), der Niederschlag wird abfiltriert und mit heißem Wasser gehörig ausgewaschen, bis er spektralanalytisch kein Lithium mehr zeigt. Das Filtrat wird bis zur feuchten Salzmasse verdampft und mit 96 prozentigem Alkohol verrieben. Nach dem Abgießen des Alkohols wird das Zerreiben mit Alkohol noch einigemal wiederholt und mit Alkohol ausgekocht. Die alkoholischen Flüssigkeiten werden nach dem Filtrieren und nach Zusatz eines Tropfens starker Kalilauge durch Destillation vom Alkohol befreit. Der Rückstand wird wie vorher mit Alkohol ausgekocht und die ganze Operation wiederholt. In der zuletzt erhaltenen alkoholischen Lösung ist alles Jod und Brom. Man verdampft unter Zusatz einiger Tropfen Kalilauge und ein wenig Salpeter zur Trockne, glüht schwach und nimmt in heißem Wasser auf. Man bringt die Lösung in einen Schütteltrichter, setzt Schwefelkohlenstoff zu, säuert mit verdünnter Schwefelsäure an und gibt kleine Mengen einer Lösung von salpetriger Säure in Schwefelsäure zu; sodann schüttelt man tüchtig um, läßt sich den Schwefelstoff absetzen, trennt von der Flüssigkeit, wiederholt das Ausschütteln der letzteren mit Schwefelkohlenstoff, wäscht diesen mit reinem Wasser aus und titriert das von ihm aufgenommene Jod mit $\frac{1}{100}$ Natriumthiosulfat.

In der vom Schwefelkohlenstoff getrennten Flüssigkeit fällt man Brom und Chlor mittels Silbernitrats, filtriert den Niederschlag ab, trocknet und wägt ihn und führt einen bestimmten Teil in Chlorsilber über, woraus dann die Menge des Broms berechnet werden kann, denn die Gewichtsabnahme beim Übergang des Bromsilbers in Chlorsilber, mit 4,223 multipliziert, ergibt die Menge des durch Chlor zersetzten Bromsilbers.

Die Rückstände, welche man bei Extraktion des Broms und Jods mit Alkohol erhielt, werden vereinigt, in Wasser gelöst, mit Salzsäure angesäuert und zu einem bestimmten Volumen aufgefüllt. Eine kleine Menge verdampft man und untersucht spektralanalytisch

auf Lithium. Je nach Ausfall der Reaktion verwendet man eine kleinere oder größere Menge der Flüssigkeit. Man verdampft dieselbe zur Trockne, zieht mit heißem Alkohol wiederholt aus und destilliert den Alkohol ab. Alle bleibenden Rückstände sind spektralanalytisch zu kontrollieren. Zuletzt setzt man dem zum Ausziehen verwendeten Alkohol sein gleiches Volumen Äther zu. Nachdem wieder Alkohol und Äther abdestilliert sind, versetzt man den Rückstand mit etwas Salzsäure, dampft zur Trockne, nimmt in Wasser auf und versetzt mit einem Tropfen Eisenchlorid und etwas Kalkmilch, kocht, filtriert, fällt den Kalk mit Ammoniumoxalat, filtriert, verdampft, glüht, wiederholt den Prozeß, nimmt in Wasser auf, gibt so viel Natronlauge zu, daß die Reaktion deutlich alkalisch ist, sodann Natriumphosphat, dampft zur Trockne, übergießt mit wenig Wasser, erwärmt, setzt Ammoniak zu und filtriert nach 12 Stunden ab. Der Niederschlag wird mit schwachem Ammoniak ausgewaschen. Das basisch phosphorsaure Lithium, mit 0,38825 multipliziert, ergibt die Menge des Lithiumoxyds.

Bestimmung des Lithiums nach L. W. Winkler¹⁾

Von dem zu untersuchenden Wasser wird gewöhnlich 1 Liter angewandt. Enthält das Wasser viel freie Kohlensäure, so wird zuerst durch das erwärmte Wasser Luft geleitet. Ist es sehr reich an gelösten Bestandteilen, besonders Kalzium, so ist es mit destilliertem Wasser so weit zu verdünnen, daß die Kalkhärte keinesfalls größer als 100° ist. Zum Ausfällen des Kalziums, Magnesiums usw. benutzt man reines, namentlich lithiumfreies Natriumhydroxyd und Natriumkarbonat oder Kaliumkarbonat. Bei kohlenensäurereichen Wässern wird nur Natriumhydroxyd verwendet. Man gibt zum kalten, in einem Erlenmeyerkolben befindlichen Wasser so viel von diesen Reagentien, daß sie in gehörigem Überschuß vorhanden sind, erhitzt dann auf dem Dampfbade etwa eine Stunde lang, läßt erkalten, filtriert und wäscht den Rückstand mit destilliertem Wasser, dem etwas Natriumhydroxyd und -karbonat hinzugefügt wurde, aus. Der auf dem Filter befindliche und an den Flaschenwandungen haftende Niederschlag wird in Salpetersäure gelöst und die Lösung zur Vertreibung der freien Säure eingedampft. Es wird dann in 1 Liter Wasser gelöst und dann das Kalzium und Magnesium zum zweiten Male gefällt. Die vereinigten Filtrate werden

1) Zeitschr. f. analyt. Chemie 52, 628 (1913).

mit Salzsäure angesäuert, mit einem geringen Überschuß von Baryumchlorid versetzt und nach Zusatz von etwas Salpetersäure eingedampft. Sobald sich Salz auszuscheiden beginnt, wird tüchtig umgerührt und auf dem Dampfbade weiter bis zur Konsistenz einer Paste eingedampft.

Das feuchte Salzgemisch wird, um das Lithium anzureichern, mit Alkohol behandelt. Man verreibt die Masse mittels eines Pistills gleichmäßig mit absolutem Alkohol, der durch Destillieren gereinigt war. Man filtriert die alkoholischen Lösungen und wiederholt das Zerreiben und Ausziehen einigemal, bis man auf 20 g Salzmasse etwa 100 ccm Alkohol verbraucht hat. Der Rückstand wird in Wasser gelöst, mit etwas Salzsäure angesäuert, wieder bis zur Paste verdampft und weiter wie vorher behandelt. Dies ist auch noch ein drittes Mal zu wiederholen. Die vereinigten alkoholischen Lösungen werden nach dem Zufügen des gleichen Volumens destillierten Wassers auf dem Dampfbade eingedampft. Man löst den Rückstand mit 1 bis 2 Tropfen Salzsäure in etwas heißem Wasser, filtriert eventuell und verdampft wieder zur Trockne.

Die so erhaltene sulfatfreie Salzmasse besteht aus Alkalichloriden und enthält alles Lithium. Sie enthält aber noch Spuren von Kalzium und Magnesiumchlorid, gewöhnlich auch etwas Ammoniumchlorid und Baryumchlorid. Man löst daher die Masse in 10 bis 20 ccm Wasser, fügt 1 ccm einer Lösung hinzu, welche in 100 ccm 10 g reinstes Natriumhydroxyd und 5 g Kaliumbikarbonat enthält, und erhitzt bis zum Kochen. Man läßt die Flüssigkeit etwa eine Stunde stehen, filtriert durch ein sehr kleines Filter und wäscht mit 10 ccm Wasser aus. Das Filtrat wird mit Salzsäure angesäuert, eingedampft, der Rückstand in 10 bis 20 ccm Wasser gelöst, mit 2 bis 3 Tropfen Ammoniak versetzt und bis eben zum Sieden erhitzt. Nach einstündigem Stehen haben sich gewöhnlich einige Flocken Aluminiumhydroxyd abgeschieden.

Die Flüssigkeit wird jetzt zum letzten Male filtriert und das kleine Filter mit 10 ccm mit einigen Tropfen Ammoniak versetzten Wassers ausgewaschen. Die Flüssigkeit wird nun mit 1 ccm der oben erwähnten Natriumhydroxydlösung versetzt und auf die Hälfte verdampft, mit Salzsäure angesäuert und zur Trockne gebracht.

Die erhaltene Salzmasse beträgt gewöhnlich weniger als 1 g. Sollte die Menge größer sein, so löst man in mit Salzsäure angesäuertem Wasser, verdampft bis zur Ausscheidung von Salzen, versetzt mit dem 10fachen Volumen absoluten Alkohols und läßt das

Ganze eine Zeitlang an einem kühlen Orte stehen. Die alkoholische Lösung wird dann durch einen Wattebausch filtriert und das zurückgebliebene Salz mit absolutem Alkohol ausgewaschen. Die alkoholische Lösung wird verdampft.

Beim Reinigen des Salzgemenges von Kalzium-, Magnesium-, Baryum-, Aluminiumspuren benutze man Platinschalen. Die endgültige, mit Salzsäure angesäuerte Lösung aber wird in einem tiefen Glasschälchen aus Jenaer Glas verdampft. Die Schale kommt mit dem trockenen Rückstand in ein Luftbad und wird hier wenigstens 1 Stunde getrocknet. Man zerreibt das nicht mehr als 1 g betragende trockene Salzmisch sodann mit etwa 2 ccm Isobutylalkohol, welcher durch Destillation gereinigt werden und bei 106 bis 108° sieden muß, auf das innigste mittels eines aus einem verdickten Glasstab hergestellten Pistills. Nach dem Absetzen wird durch ein kleines Filter in einen Platintiegel von ca. 15 ccm Inhalt filtriert. Dies wird fortgesetzt, bis man 10 ccm Isobutylalkohol verbraucht hat. Die Lösung wird eingedampft und der Rückstand in wenig Wasser gelöst, mit Ammoniumsulfat versetzt, zur Trockne gebracht, scharf getrocknet und geglüht, wodurch das Lithiumchlorid in Sulfat übergeführt wird. Die Operationen des Auslaugens sind eventuell zu wiederholen. Das Lithiumsulfat wird gewogen und von dem Resultat 0,5 mg abgezogen (10 ccm Isobutylalkohol vermögen 0,5 mg Alkalisulfat zu lösen).

Der Rückstand des Lithiumsulfats muß sich klar in Wasser lösen (BaSO_4 !) und eine reine intensive Lithiumflammenreaktion geben.

Bestimmung des spezifischen Gewichtes nach Fresenius

Man bringt eine Flasche Mineralwasser und eine Flasche destilliertes Wasser auf gleiche Temperatur und bestimmt dieselbe. Man füllt alsdann ein mit einem Glasstopfen gut verschließbares Fläschchen von wenigstens 100 g Inhalt, nachdem man es leer gewogen hat, zuerst mit dem destillierten Wasser und wägt, dann mit dem Mineralwasser und wägt wieder. Der Quotient, welchen man erhält, wenn man mit dem Gewicht des Wassers in das Gewicht des Mineralwassers dividiert, ist das spezifische Gewicht des letzteren. — Hat man ein etwas großes Gläschen mit eingeschlif-fenem, langem, durchbohrtem Stopfen, ein sog. Pyknometer (Fig. 27), so ist dessen Anwendung zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes vorzuziehen. Man achte sorgfältig, daß sich keine Gas-

blasen in den mit Wasser gefüllten Gläsern befinden, sowie darauf, daß man die Fläschchen beim Abtrocknen nicht mit der Hand erwärmt. Am meisten Sicherheit gegen Ungleichheit der Temperatur bieten die Pyknometer mit eingeschliffenen Thermometern.

Bei gasreichen Mineralwässern ist diese Methode nicht ausführbar, wenn man nicht vorher das Wasser von einem Teile seiner Kohlensäure befreit. Natürlich erhält man so nicht das ursprüngliche spezifische Gewicht. Zweckmäßig bedient man sich für die Analyse gasreicher Wässer Flaschen von 200 bis 300 ccm Inhalt, deren Hals zu einer langen zylindrischen Röhre ausgezogen ist, welche eine eingezätzte Millimeterskala besitzt. Die Öffnung der

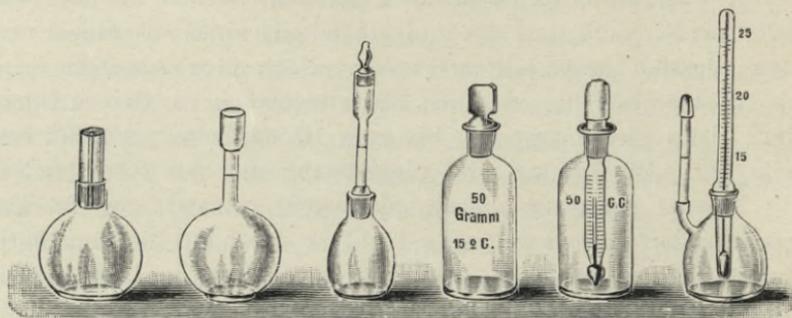


Fig. 27. Pyknometer

Flasche ist wieder erweitert und kann mit einem Kautschukstopfen luftdicht verschlossen werden.

Eine solche Flasche taucht man zwecks Füllens unter den Wasserspiegel, während man behufs Erleichterung des Austrittes der Luft eine enge Glasröhre einschiebt, welche in dem Maße, wie die Flasche sich füllt, mehr und mehr gehoben und zuletzt ganz herausgezogen wird.

Sobald der Wasserstand etwa bis zur Mitte des ausgezogenen Halses reicht, verschließt man die Öffnung unter Wasser mit dem Daumen, nimmt die Flasche heraus und setzt sofort den gutpassenden und festzubindenden Kautschukstopfen auf. In diesem Zustande wird die Flasche transportiert. Es empfiehlt sich, drei bis vier solcher Flaschen zu füllen und jede mit einem Futteral von Pappe zu umgeben.

Behufs Ermittlung des spezifischen Gewichts stellt man die Flasche in einen Raum von wenig wechselnder Temperatur auf eine vollkommen wagerechte Unterlage und unmittelbar daneben eine etwas

größere Flasche mit destilliertem Wasser, in welches ein Thermometer taucht. Nach zwölf Stunden kann man sicher sein, daß der Inhalt beider Flaschen dieselbe Temperatur angenommen hat.

Man liest alsdann den Stand des Thermometers und den des zu prüfenden Wassers an der Skala, eventuell mit Hilfe eines Fernrohrs ab, wägt die Flasche samt Kautschukstopfen auf einer möglichst empfindlichen Wage, nimmt den Stopfen ab, ohne ihn zu benetzen, entleert die Flasche, spült sie aus, füllt sie mit destilliertem Wasser bis genau demselben Niveau wie vorher, setzt den Kautschukstopfen auf und wägt wieder. Zieht man das Gewicht der mit dem Stopfen versehenen leeren und trockenen Flasche von den beiden erhaltenen Gewichten ab, so ergeben sich die zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Wassers erforderlichen Faktoren.

Beispiel:

Gewicht des Wassers + Gefäß= 376,5 g
Gewicht des Gefäßes= 122,3 „
	Wasser = 254,2 g
Gewicht des destillierten Wassers + Gefäß= 374,8 g
Gewicht des Gefäßes= 122,3 „
	Destilliertes Wasser = 252,5 g
$\frac{254,2}{252,5} = 1,0067 \text{ spezifisches Gewicht.}$	

Bestimmung der Radioaktivität

Die Radioaktivität von Quellen wird im wesentlichen durch den Gehalt an gasförmiger Emanation hervorgerufen, daneben können auch Spuren von radioaktiven Salzen vorhanden sein. Die Emanation ist im Wasser gelöst und läßt sich durch anhaltendes Schütteln zum größten Teil daraus entfernen. Auch durchgepreßte Luft nimmt die Emanation auf und erhält dadurch die Eigenschaft, Elektrizität zu leiten. Der Nachweis dieser Leitfähigkeit erfolgt leicht mittels eines Elektroskopes, d. h. zweier dünner Blättchen, welche im ungeladenen Zustande zusammensinken, im geladenen Zustande sich abstoßen.

Zur qualitativen und quantitativen Bestimmung der Emanation in Mineralwässern schüttelt man das Wasser mit Luft, führt diese in ein Elektroskop über und bestimmt den Abfall der Blättchen in einer bestimmten Zeit. Von den hierzu dienenden Apparaten seien folgende erwähnt.

1. Das Fontaktoskop von Engler und Sieveking¹⁾

Die Bestandteile desselben sind ein Elektroskop mit Fuß, ein Zerstreungszylinder und eine Blechkanne von etwa 10 Liter Inhalt. Dem Instrument wird von den Lieferanten eine Eich-tabelle beigegeben, auf Grund deren sich aus dem Ausschlag der Blättchen die Spannung entnehmen läßt (Fig. 28).

Vor Beginn eines Versuches überzeuge man sich davon, daß keinerlei Isolationsmängel vorhanden sind, daß der Bernstein im Elektroskop trocken ist (in sehr seltenen Fällen vorsichtig trocknen mit Hilfe des Natriums in der seitlichen Röhre), daß die Kanne nicht von früheren Messungen her radioaktiv ist; alles dies konstatiert man durch Messung des sog. „Normalverlustes“; man erhält denselben in der Weise, daß man das Elektroskop mit angehängtem Zerstreungszylinder auf die leere Kanne setzt, lädt und den Abfall der Spannung in einer halben Stunde mißt. Zum Anhängen des Zylinders dient der kleine Stift, der in den Mittelbalken des Elektroskopes eingeschraubt werden kann und der den Zylinder mittels Bajonettverschlusses trägt. Das Laden erfolgt nach vorsichtigem Entfernen der Schutzbacken mit einem kleinen Stäbchen aus Hartgummi, oder mit einer Zambonisäule, welche ersteres leicht am Ärmel oder am Haar gerieben wird. Bei feuchtem Wetter oder beim Arbeiten in großer Nähe der Quelle (Badehaus) ziehe man das Hartgummistäbchen jedesmal vor dem Reiben rasch durch die Flamme eines Zündhölzchens, da es sonst nicht genügend isoliert. Das Laden erfolgt nach Aufsetzen des Elektroskopes mit daran hängendem Zylinder auf die Kanne. Unter normalen Verhältnissen soll der Verlust in einer halben Stunde etwa 10 bis 15 Volt betragen, also auf eine Stunde umgerechnet 20 bis 30 Volt. Während der Bestimmung des Normalverlustes kann gleichzeitig die Entnahme des zu prüfenden Wassers erfolgen; letztere hat mit großer Vorsicht vor sich zu gehen; es ist speziell darauf zu achten, daß nicht Luft durch das Wasser quirlt, dasselbe soll langsam in das Schöpfgefäß einfließen, das Gefäß vorher mit dem Quellwasser gespült werden. Heiße Quellen werden im Wasserbade auf etwa 30 Grad abgekühlt; die Menge des zur Verwendung kommenden Wassers ist abhängig von der Stärke der Quelle; bei starken Quellen genügt

1) In vorzüglicher Ausführung sind alle diese Instrumente von der Firma Günther und Tegetmeyer in Braunschweig zu beziehen. Die Beschreibung und Anwendung, wie sie oben ausgeführt, entstammt den Angaben dieser Firma.

$\frac{1}{4}$ Liter, bei schwächeren $\frac{1}{2}$ bis 1 Liter; darüber entscheidet ein orientierender Vorversuch.

Ist das Wasser hinreichend abgekühlt und die Bestimmung des Normalverlustes beendet, so lasse man das Quellwasser vorsichtig in die Kanne fließen und achte wieder darauf, überflüssige Luftdurchperlung zu vermeiden; darauf schließe man die Kanne mit dem Gummistopfen sehr exakt und schüttele kräftig eine halbe Minute lang; dann lasse man, falls ein starker Überdruck in der Kanne herrscht, wie dies bei reichem Kohlensäuregehalt der Fall

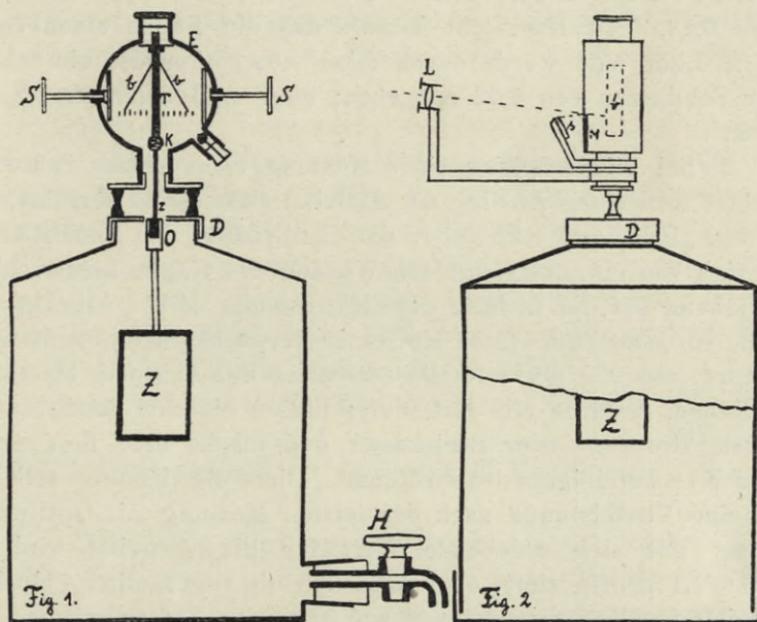


Fig. 28

ist, ein entsprechendes Quantum Wasser aus dem Hahn vorsichtig ab, wobei man die Kanne leicht neigt, damit keine Luft entweichen kann. Nun lüfte man den oberen Stopfen, befestige den Zerstreuungszylinder am Elektroskop, setze letzteres rasch auf die Kanne, lade bis auf 30 Teilstriche etwa und beobachte den Abfall der Spannung. Die Beobachtungsdauer ist natürlich abhängig von der Stärke des Quellwassers; man wähle die Versuchsdauer so, daß die Blättchen um etwa 10 ganze Skalenteile zusammengehen. Man wiederhole die Messung rasch ein zweites Mal. Der beobachtete Spannungsabfall wird umgerechnet auf eine Stunde und 1 Liter;

dauert der Versuch 5 Minuten bei $\frac{1}{4}$ Liter, so wäre der beobachtete Wert mit $12 \cdot 4 = 48$ zu multiplizieren.

Das so erhaltene Resultat bedarf, wenn es auf sehr genaue Messungen ankommt, einer doppelten Korrektur:

1. Es bleibt ein Restbetrag von Emanation im Wasser zurück; will man nicht das Wasser in einer zweiten Kanne auf diesen Restbetrag in gleicher Weise prüfen, so kann man unter Zugrundelegung des bekannten Absorptionskoeffizienten für Radiumemanation in Wasser die Korrektur berechnen; für gleiche Volumina Wasser und Luft beträgt der Koeffizient unter normalen Temperaturverhältnissen 0,23. Mit Rücksicht darauf, daß die Kanne einen Inhalt von 10 Liter hat, würde durch diese Absorption also ein scheinbarer Fehlbetrag von 0,02 entstehen; man muß demnach 2 % addieren.

2. Bei Wiederholung einer Messung nach kurzer Pause beobachtet man einen Anstieg der Aktivität, was davon herrührt, daß die sog. „induzierte Aktivität“, die ein Produkt der Emanation ist und sich wie ein Belag auf den Wänden der Kanne niederschlägt, zerstreudend auf die Ladung des Elektroskopes wirkt. Arbeitet man rasch, so kann man diese Korrektur vernachlässigen, andernfalls verfähre man wie folgt: Nach Beendigung der Ablesung leere man die Kanne, entferne alle Luft durch Füllen bis zum Rande mit inaktivem Brunnen- oder Bachwasser und mache eine Bestimmung mit der so gereinigten leeren Kanne. Diese Bestimmung soll zeitlich eine Viertelstunde nach der letzten Messung mit Quellwasser liegen. Der sich ergebende Wert für die Aktivität wird mit $10 : 9 = 1,1$ multipliziert, da bekanntlich die vom Radium induzierte Aktivität in einer Viertelstunde auf 90 % des Anfangswertes sinkt. Der so erhaltene Wert für die induzierte Aktivität ist abzuziehen.

Häufig wird die Aktivität der Quelle in absoluten elektrischen Einheiten angegeben außer der Angabe des Voltabfalles pro Stunde. ✕

Zur Berechnung genügt die Kenntnis der Kapazität des Apparates, die etwa 12 bis 15 cm beträgt, und deren Bestimmung zur Eichung des Instrumentes gehört. Zur Umrechnung beachte man, daß 300 Volt gleich einer absoluten elektrostatischen Einheit sind und eine Stunde gleich 3600 Sekunden ist.

Hat man z. B. pro Liter und Stunde einen Abfall von 8400 Volt gefunden und ist die Kapazität = 13,5 cm, so ist die abfließende Elektrizitätsmenge pro Sekunde (Stromstärke)

$$8400/300 \cdot 13,5/3600 \text{ Einheiten.}$$

Da dieser Wert unbequem klein wird, selbst für eine starke Quelle, bei der 8400 Volt gefunden werden, so multipliziert man ihn noch mit 1000. Die so erhaltenen Zahlen bilden das von Mache vorgeschlagene Maß der Radioaktivität von Quellen. Das Fontoskop gestattet auch annähernd festzustellen, ob die Aktivität der Quelle auf Radium oder eine andere Substanz zurückzuführen ist. Um dies zu prüfen, lasse man eine Kanne sich stark mit induzierter Aktivität bedecken durch längeren Kontakt mit emanationshaltiger Luft; dann vertreibe man die Luft wie oben und bestimme von Viertel- zu Viertelstunde die Aktivität der Kanne. Die vom Radium stammende Aktivität sinkt in einer Stunde auf die Hälfte des Anfangswertes, die vom Thorium viel langsamer, etwa in $11\frac{1}{2}$ Stunden.

1. Gang eines Versuches und erstes Zahlenbeispiel. Schwache Quelle. Stift und Zerstreungszylinder werden am Elektroskop befestigt und dasselbe auf die Kanne aufgesetzt. Es wird geladen, bis der Ausschlag auf beiden Seiten etwa 15 Teilstriche beträgt; die Ausschläge sollen möglichst gleich sein, daher eventuell etwas auf einer Seite der Kanne unterlegen. Genaue Ablesung der Blättchenstellung, Notierung derselben und des Zeitpunktes der Ablesung, am besten mit Stechuhr.

1. Ablesung: 2 Uhr 45; 30,5 Skalenteile, nach Tabelle 237,6 Volt,
 2. „ 3 „ 15; 27,7 „ „ „ 227,6 „
 also Abfall in $\frac{1}{2}$ Stunde 10 Volt oder 20 Volt/Stunde = Normalverlust.

Das Elektroskop wird herabgenommen, in die Kanne 1 Liter Quellwasser gebracht, verschlossen, eine halbe Minute stark geschüttelt, unten durch den Hahn das Überdruckwasser abgelassen, der obere Stopfen entfernt, das Elektroskop mit Zylinder wieder aufgesetzt und neu geladen

3. Ablesung: 3 Uhr 30; 30,9 Skalenteile = 239,4 Volt,
 3 „ 50; 20,4 „ = 182,6 „
 also Abfall in 20 Minuten = 56,8 Volt oder 170 Volt/Stunde.

Nach Abrechnung des Normalverlustes erhält man

$$170 - 20 = 150 \text{ Volt/Stunde,}$$

oder in absoluten Einheiten (Kapazität = 13,5):

$$150/300 \cdot 13,5/3600 = 0,00188,$$

nach Mache mit 1000 multipliziert: 1,9. ✕

2. Beispiel. Starke Quelle. Normalverlust wie vorher 20 Volt/Stunde. Wassermenge $\frac{1}{4}$ Liter.

3 Uhr 45; Ablesung 25,0 = 219,6 Volt,

3 „ 46; „ 16,3 = 165,1 „

Abfall: 54,5 Volt in 1 Minute = 3270 Volt/Stunde.

3 Uhr 47; Ablesung 29,0 = 232,8 Volt,

3 „ 48; „ 18,2 = 168,8 „

Abfall: 64 Volt in 1 Minute = 3840 Volt/Stunde.

Nach Leeren der Kanne und Spülen Bestimmung der induzierten Aktivität.

4 Uhr 15; Ablesung 26,2 = 221,0 Volt,

4 „ 5; „ 21,5 = 191,0 „

Abfall: 29,2 Volt in 4 Minuten = 438 Volt/Stunde.

$438 \cdot 1,1 = 482$ Volt.

Die Aktivität der Quelle demnach: $3840 - 480 = 3360$ V./St.

Dazu kommen 2 % wegen Absorption. Also definitiver Wert $73 + 3360 = 3433$ Volt pro $\frac{1}{4}$ Liter und Stunde oder 13730 Volt pro Liter und Stunde. In absoluten Einheiten: $13730/13,6/300 \cdot 3600 = 0,172$, nach Mache mit 1000 multipliziert: 172.

2. Bestimmung mit Hilfe des Universalapparates nach Elster und Geitel

Nach Entfernung des auf den unteren Tubus des Elektrometers *E* (Fig. 29) aufgeschraubten Verschlußdeckels wird der stabförmige Zerstreungszylinder *Z* in den Blättchenträger *B* und das Elektrometer selbst in das oben auf der Glocke *G* angebrachte Gewinde eingeschraubt und mittels des beigegebenen Schlüssels fest angezogen. Die Schutzbacken *S* werden vorsichtig auseinandergezogen. Zur Ladung von außen her ist die Ladesonde *L* vorgesehen. Sie wird gegen den Blättchenträger gedrückt und mit dem freien Pol einer Zambonischen Säule berührt. Um die Entweichung von Emanation zu verhindern, werden bei *S* und *L* die beigegebenen Schutzbacken aufgeschraubt.

Der untere Glockenrand wird mit Vaseline bestrichen, auf den Eisenteller aufgesetzt und, falls nötig, mit Hilfe der beigegebenen drei Schraubklemmen auf ihm befestigt.

Die zu untersuchende Flüssigkeit wird in die Flasche *F* vorsichtig eingefüllt und, falls sie beim Durchperlen von Luft schäumen sollte, mit einer dünnen Ölschicht bedeckt. Das kürzere in die Flasche eingeführte Glasrohr *R* wird durch einen Schlauch mit dem Hahn *H*, das längere *R*₁ unter Zwischenschaltung eines Zirkulationsgebläses *C* mit dem Hahn *H*₁ verbunden.

Um den Raum der Glocke trocken zu erhalten, was im Interesse einer guten Isolation des Elektrometers geboten ist, kann man entweder eine genügende Menge einer Trockensubstanz (Metallisches Natrium, Chlorkalzium) in einer flachen Schale in die Glocke selbst bringen oder aber zwischen *H* und *R* einen Trockenapparat einschalten, der mit Chlorkalzium in Stücken gefüllt wird. Damit der Luftstrom keine Teile davon in die Glocke führt, wird die Trockensubstanz mit einer Watteschicht bedeckt.

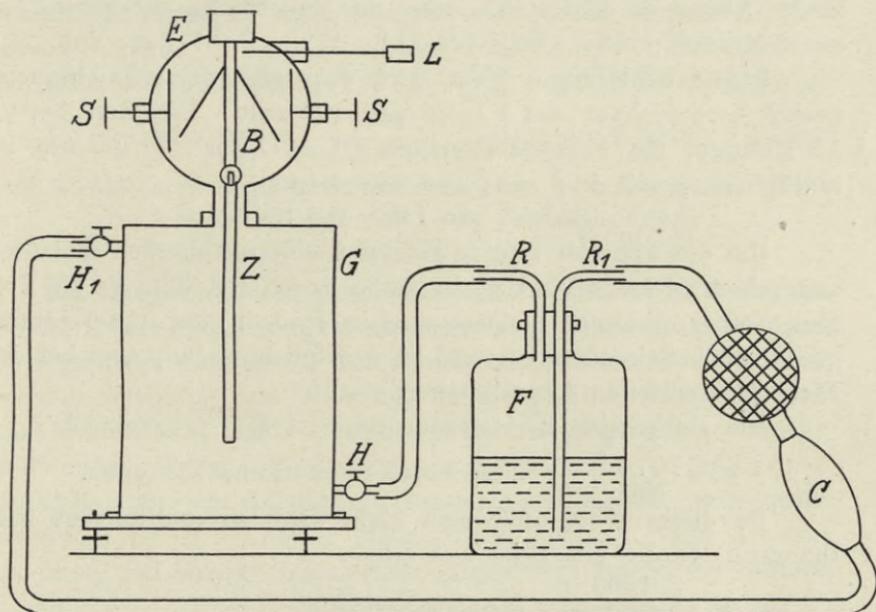


Fig. 29

Vor der eigentlichen Emanationsmessung wird in der üblichen Weise der Normalverlust bestimmt. Man lädt hierzu das Elektrometer, überläßt es ca. 5 Minuten sich selbst, damit sich der Bernsteinisolator polarisieren kann, liest alsdann und nach Verlauf von ca. 15 Minuten wieder ab. Die verflossene Zeit mißt man am besten mit einer Stoppuhr. Hat man zuerst V Volt, nach 15 Minuten aber V_1 Volt abgelesen, so ist der Normalverlust für 15 Minuten = $(V - V_1)$ Volt.

Nach Bestimmung des Normalverlustes schüttelt man die Flasche *F* kräftig während einer halben Minute, um die Emanation aus der Flüssigkeit auszutreiben, und läßt diese dann durch Drücken auf den Ball des Gebläses zirkulieren. Nach wenigen Minuten ist sie gleichmäßig auf den Gesamtraum des Apparates verteilt.

Man läßt nun das unberührt stehengebliebene Elektrometer mit demselben Vorzeichen wieder bis auf ungefähr dieselbe Spannung auf, die es zu Beginn der Bestimmung des Normalverlustes hatte, liest sofort die Spannung V_2 und, sobald ein deutlicher, gut meßbarer Rückgang der Blättchen eingetreten ist, V_3 ab. Die verflossene Zeit mißt man wiederum mit der Stoppuhr, sie sei wie oben 15 Minuten. In dem so bestimmten Spannungsabfall ($V_2 - V_3$) ist der vorher bestimmte Normalverlust mitenthalten. Bringt man ihn in Abzug, so erhält man unter der Einwirkung der Emanation in 15 Minuten einen Abfall von $(V_2 - V_3) - (V - V_1) = v$ Volt.

Dieser beobachtete Wert wird dem allgemeinen Gebrauche gemäß umgerechnet auf 1 Liter und 1 Stunde. Die Zeit betrug 15 Minuten, die Flüssigkeitsmenge sei $\frac{1}{2}$ Liter. v ist also zu multiplizieren mit $4 \cdot 2 = n$, und man erhält:

Spannungsabfall pro Liter und Stunde = $n \cdot v$.

Um die Aktivität nun in absoluten elektrostatischen Einheiten anzugeben, ist dieser Wert zu dividieren durch $300 \cdot 3600$ (da 300 Volt gleich einer absoluten elektrostatischen Einheit sind und 1 Stunde gleich 3600 Sekunden ist) und zu multiplizieren mit dem bei der Eichung ermittelten Kapazitätswert = c .

Die abfließende Elektrizitätsmenge ist also pro Sekunde

$$n \cdot v \cdot \frac{c}{300 \cdot 3600} \text{ absolute elektrostatische Einheiten.}$$

Da dieser Wert unbequem klein wird, so multipliziert man ihn nach Mache mit 1000 und erhält

$$n \cdot v \cdot \frac{1000 \cdot c}{300 \cdot 3600} \text{ Mache-Einheiten.}$$

Dieser Wert ist nun mit verschiedenen Fehlern behaftet, da

1. ein Restbetrag von Emanation beim Schütteln im Wasser zurückgeblieben ist,
2. die in der Flasche (über der Flüssigkeit), in den Schläuchen und dem Gebläse befindliche Emanation unwirksam blieb, und
3. ein Teil der Strahlung durch die Wandungen der Ionisierungskammer absorbiert ist.

Das Resultat ist daher folgendermaßen zu korrigieren:

1. Korrektion wegen im Wasser absorbierter Emanation. Für gleiche Volumina Wasser und Luft ist der Absorptionskoeffizient für Radiumemanation = 0,23, das heißt also, zum Resultat wären 23% zu addieren, oder — was dasselbe ist — es ist mit 1,23 zu multiplizieren, falls sich in der Flasche gleiche Volumina Wasser und Luft befinden.

Für alle anderen Fälle berechnet sich der Korrektionsfaktor nach der Formel $K_1 = (1 + 0,23 \cdot W/V)$, worin W die Wassermenge und V den übrigbleibenden Luftraum in Kubikzentimetern bedeutet.

2. Korrektion wegen der in Flasche usw. verbliebenen Emanation. Den Rauminhalt der Flasche mit Gebläse und Schläuchen bestimmt man mit genügender Genauigkeit, indem man sie mit Wasser füllt und dessen Volumen dann durch Einfüllen in eine Mensur bestimmt. Man findet dafür V_1 ccm. Ist der Inhalt der Ionisierungskammer V ccm, die Menge des zu untersuchenden Wassers dagegen V_2 ccm, so ist der Gesamtraum, in dem sich die Emanation befindet, gleich $V + (V_1 - V_2)$ ccm. Hiervon kommen $(V_1 - V_2)$ ccm, also $100 \cdot \frac{V_1 - V_2}{V + (V_1 - V_2)} \%$ nicht zur Wirkung. Dieser Wert ist also zum Resultat zu addieren oder — was dasselbe ist — das Resultat ist mit $k_2 = 1 + \frac{V_1 - V_2}{V + (V_1 - V_2)}$ zu multiplizieren.

Bemerkt sei, daß der Rauminhalt der Glocke $V = 9206$ ccm ist.

3. Korrektion wegen absorbiertes Strahlung. Wegen des begrenzten Raumes in der Ionisierungskammer kommt nicht die volle Strahlung zur Wirkung, da ein Teil derselben an den Wänden absorbiert wird. Dieser Teil ist um so größer, je kleiner der Raum ist. Es ist nun möglich, aus der beobachteten Ionisierung einen Schluß auf die vollständige Ionisierung zu ziehen, wenn keine Absorption an den Wänden stattgefunden hätte. Nach Duane wird diese vollständige Ionisierung ausgedrückt durch die Formel $J = \frac{1}{1 - 0,52 \cdot S/V}$, worin S die Oberfläche und V das Volumen des Ionisierungsraumes bedeutet. Für die Dimensionen der Elster und Geitel'schen Glocke ist dieser Wert $K_3 = 1,167$, mit dem das Resultat ebenfalls multipliziert werden muß.

Um richtige Werte zu erhalten, muß man also das Resultat mit $(K_1 \cdot K_2 \cdot K_3)$ multiplizieren und man erhält:

$$n \cdot v \cdot \frac{1000 \cdot c}{300 \cdot 3600} \cdot (K_1 \cdot K_2 \cdot K_3) \text{ Mache-Einheiten.}$$

Zahlenbeispiel

Bestimmung des Normalverlustes:

$$9 \text{ Uhr } 10 \text{ Minuten } V = 192,8 \text{ Volt}$$

$$9 \text{ „ } 25 \text{ „ } V_1 = 189,8 \text{ „}$$

$$\text{Normalverlust in 15 Minuten } V - V_1 = 3,0 \text{ Volt,}$$

$$\text{also Normalverlust in einer Stunde } 4 \cdot 3,0 = \mathbf{12,0 \text{ Volt.}}$$

Zur Untersuchung wird $\frac{1}{2}$ Liter der Flüssigkeit verwendet.
Nach Schütteln der Flasche läßt man die Emanation zirkulieren.
Das Elektroskop wird wieder aufgeladen.

$$9 \text{ Uhr } 31 \text{ Minuten } V_2 = 195,0 \text{ Volt}$$

$$10 \text{ „ } 1 \text{ „ } V_3 = 179,8 \text{ „}$$

Verlust in 30 Min. für $\frac{1}{2}$ Liter $V_2 - V_3 = 15,2 \text{ Volt}$.

$$1 \text{ Stunde für } \frac{1}{2} \text{ Liter} = 15,2 \cdot 2 = 30,4 \text{ Volt}$$

$$1 \text{ „ } 1 \text{ „ } = 30,4 \cdot 2 = 60,8 \text{ „}$$

hiervon ist der Normalverlust = 12,0 „ abzuziehen

$$\text{also } n \cdot v = 48,8 \text{ Volt.}$$

Der Kapazitätswert c sei 12,1 cm, dann sind pro Sekunde
abgeflossen $n \cdot v \cdot \frac{c}{300 \cdot 3600} = 48,8 \cdot \frac{12,1}{300 \cdot 3600} = 0,000547$ absolute
elektrostatische Einheiten. Multipliziert man diesen Wert mit 1000,
so erhält man **0,547** Mache-Einheiten.

Korrektion 1.

Die Flasche hat einen Inhalt von 2000 ccm, untersucht wurden
500 ccm. Also $W = 500$ und $V = 2000 - 500 = 1500$ ccm.

$$K_1 \text{ also} = \left(1 + 0,23 \cdot \frac{500}{2000}\right) = \mathbf{1,058.}$$

Korrektion 2.

Der Rauminhalt von Flasche + Schläuchen und

$$\text{Gebläse} \dots\dots\dots V_1 = 2125 \text{ ccm}$$

$$\text{Der Rauminhalt der Ionisierungskammer} \dots V = 9206 \text{ ccm}$$

$$\text{Der Rauminhalt des untersuchten Wassers} \dots V_2 = 500 \text{ ccm}$$

$$K_2 \text{ also} = 1 + \frac{V_1 - V_2}{V + (V_1 - V_2)} = 1 + \frac{2125 - 500}{9206 + (2125 - 500)} =$$

$$1 + \frac{1625}{9206 + 1625} = 1 + \frac{1625}{10831} = \mathbf{1,15.}$$

Korrektion 3 ist konstant

$$K_3 = 1,167,$$

also definitives Resultat

$$0,547 \cdot 1,058 \cdot 1,15 \cdot 1,169 = 0,78 \text{ Mache-Einheiten.}$$

Neuere Apparate sind von Spindler und Hoyer in Göttingen
konstruiert und beschrieben worden (Prospekt 33 dieser Firma).

Chemische Untersuchung von Abwässern

Wenn auch im großen und ganzen die Methoden, welche für
die Untersuchung von Genuß- und Gebrauchswässern gelten, direkt
oder mit gewissen Modifikationen auf die Abwässer anwendbar sind,

so bedingt es doch die Natur der letzteren mit ihrer außerordentlich wechselnden Zusammensetzung, daß die Art der Untersuchung sich wesentlich komplizierter gestaltet, und daß hier auf Dinge Rücksicht genommen werden muß, welche bei reinen Wässern nicht in Betracht kommen; leider gibt es keine Methoden, welche allen Fragen, welche hier eine Rolle spielen, gerecht werden, sie sind vielfach unvollkommen und bedürfen noch sehr der Ausbildung, so daß gerade bei der Abwässeruntersuchung und Beurteilung der Biologie in vielen Fällen eine bedeutendere und wichtigere Rolle spielt als der Chemiker. Für diesen aber treten bei der Untersuchung der Abwässer Fragen auf, welche bei gewöhnlichen Wässern gar nicht in Betracht kommen. Es handelt sich hier ja nicht etwa nur darum, ob die Abwässer gesundheitsschädliche Stoffe mit sich führen, welche das Leben tierischer und pflanzlicher Organismen direkt ungünstig beeinflussen, sondern ganz besonders auch um die Erwägung, ob vielleicht an sich unschädliche Bestandteile durch chemische oder biologische Prozesse derartig verwandelt werden, daß nach ihrem Einleiten in reine Gewässer der Charakter derselben wesentlich verändert resp. verschlechtert wird. Es ist ferner aus der Natur der Verunreinigungen, wenn diese beseitigt werden sollen, die Methode festzustellen, nach welcher die Reinigung zu geschehen hat, und endlich ist zu prüfen, ob die gereinigten Wässer den Anforderungen entsprechen, welche man an sie zu stellen hat. So kommt es, daß die Untersuchung der Abwässer ein Kapitel für sich bildet, welches zahlreiche Spezialmethoden befaßt, welche sich mit der Zeit herausgebildet haben. In weit höherem Grade als bei den natürlichen Wässern ist hier Rücksicht auf die Menge, die Zusammensetzung und das Verhalten von Suspensionen, Sedimenten, Schlämmen zu nehmen.

Für die Beurteilung ist es von Bedeutung, ob die Abwässer in einen stillstehenden Teich, in einen größeren oder kleineren Fluß mit stärkerem oder geringerem Gefälle, in einen Bach gelangen, welcher Art das Wasser des Vorfluters ist, weil die Frage, ob die Verunreinigungen der Abwässer, wenn sie in den Vorfluter gelangen, schon durch die sich daselbst abspielenden chemischen und biologischen Prozesse beseitigt oder unschädlich gemacht werden können, oder ob dazu Vorreinigungen und künstliche Eingriffe erforderlich erscheinen, eng mit der Beschaffenheit dieser Vorfluter zusammenhängt. Da die Zusammensetzung der verschiedenen Abwässer, auch wenn es sich um solche desselben Herkommens handelt,

in qualitativer und quantitativer Beziehung oft außerordentlich wechselt, so ist hier in noch weit höherem Grade als bei natürlichen Wässern der richtigen Probenahme eine große Bedeutung beizumessen. Auch ist es meist ausgeschlossen, daß eine einmalige Untersuchung so wechselnder Objekte ein genügendes Bild für die Beurteilung ergibt, so daß gerade hier die öftere Untersuchung zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Stellen anzuraten ist. Denn die gleichmäßige Vermischung von Schmutzwässern mit dem Wasser des Vorfluters findet meist nur langsam statt, und seine Zusammensetzung nach Aufnahme der Abwässer kann an verschiedenen Stellen eine sehr wechselnde sein. Richtige Durchschnittsproben solcher Wässer zu bekommen, worauf es doch ankommt, ist durchaus nicht immer ganz leicht. Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß die Zusammensetzung der Wässer auch in verschiedenen Tiefen eine verschiedene sein kann.

Daß man bei Probenahme und Untersuchung von Abwässern, welche reich an menschlichen und tierischen Abfallstoffen sind und möglicherweise auch Infektionskeime enthalten, mit der nötigen Sorgfalt verfährt, um eine Infektion zu vermeiden, versteht sich von selbst.

Die leichte Veränderlichkeit vieler, gerade in Abwässern häufiger organischer Stoffe macht es zur Pflicht, die Untersuchung sobald als möglich nach der Probenahme vorzunehmen. Wo dies ausgeschlossen erscheint, kann man durch Zusatz gewisser Konservierungsmittel wenigstens größeren Veränderungen vorbeugen. Bei der Wahl solcher Mittel ist selbstverständlich zu erwägen, ob sie auf die Resultate der Untersuchung nicht etwa einen Einfluß ausüben können. Proben, in denen die Oxydierbarkeit, organischer Stickstoff und Ammoniak bestimmt werden sollen, erhalten zweckmäßig einen Zusatz von 2 ccm Schwefelsäure pro Liter. Der Rückstand, die suspendierten Stoffe, Salpetersäure, salpetrige Säure, Chlor können gut in Proben ermittelt werden, welche mit einigen Kubikzentimeter reinen Toluols durchgeschüttelt worden waren. Auch Chloroform ist ein gutes Konservierungsmittel, doch ist es ausgeschlossen, besonders wenn das Wasser alkalisch reagiert, nach dem Zusatz das Chlor zu bestimmen, da aus dem Chloroform einerseits leicht Chlor abgespalten wird, andererseits das käufliche Chloroform häufig freie Salzsäure enthält. Mindestens muß es vor seiner Verwendung darauf geprüft werden.

Die Ermittlung des Rückstandes, Glühverlustes, der suspendierten Substanzen, der Salpeter- und salpetrigen Säure, der mine-

ralischen Bestandteile geschieht nach denselben Prinzipien wie bei natürlichen Wässern; wegen ihrer meist größeren Konzentration verwendet man entsprechend weniger Wasser für die einzelnen Operationen.

Bestimmung des Sauerstoffs

Die Anwesenheit von viel organischen Stoffen, sowie gewissen anorganischen Körpern in größerer Menge schließt die direkte Anwendung des Winklerschen Verfahrens aus. Man muß dasselbe in der Weise abändern, daß man zunächst 1 ccm einer Lösung von Manganchlorür mit 500 ccm destilliertem Wasser vermischt, mit 1 ccm einer 33prozentigen Natronlauge alkalisch macht, umschüttelt und den Niederschlag auf einem Filter sammelt. Derselbe wird in konzentrierter Salzsäure gelöst und wieder auf 500 ccm verdünnt. Man mißt von dieser Manganichloridlösung zweimal 100 ccm ab, vermischt die eine mit 100 ccm destilliertem, die andere mit 100 ccm des Abwassers und versetzt nach einigen Minuten beide Flüssigkeiten mit Jodkalium und bestimmt mit Thiosulfat das freigewordene Jod. Die Differenz aus den beiden Befunden entspricht der Menge der in den Abwässern störend wirkenden Stoffe und muß bei der Untersuchung nach Winkler als Korrektion angebracht, d. h. dem Sauerstoffwerte zugefügt werden.

Beispiel: Differenz wie oben ermittelt 2,8 ccm $\frac{1}{100}$ Thiosulfatlösung. 254,5 ccm Abwasser brauchten nach Winkler 14,1 ccm Thiosulfat. Ein Liter Abwasser enthielt demnach

$$\frac{(14,1 + 2,8) \cdot 0,08 \cdot 1000}{254,5} = 5,3 \text{ mg Sauerstoff}$$

oder

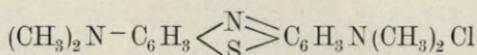
$$\frac{(14,1 + 2,8) \cdot 0,0559 \cdot 1000}{254,5} = 3,3 \text{ ccm Sauerstoff.}$$

Bestimmung des Schwefelwasserstoffs und der Sulfide

Zum qualitativen Nachweis des freien und gebundenen Schwefelwasserstoffs erwärmt man etwa 200 ccm Wasser in einem Glaskolben nach Zusatz einiger Kubikzentimeter verdünnter Schwefelsäure auf 50 bis 60°. In den Hals des Kolbens hängt man einen Streifen Filtrierpapier, der mit alkalischer Bleilösung getränkt ist. Bei Anwesenheit von Schwefelwasserstoff färbt sich der Streifen bald braun bis schwarz. Oder man versetzt das zu untersuchende Wasser mit etwas Natronlauge, schüttelt um, läßt den Niederschlag sich ab-

setzen, dekantiert die klare Flüssigkeit in einen hohen Zylinder und fügt etwas alkalische Bleilösung zu. Das Wasser färbt sich dunkel oder setzt einen schwarzen Niederschlag ab.

Ein weiterer sehr empfindlicher Nachweis ist die „Methylenblaureaktion“. Wenn Dimethylparaphenyldiamin mit Schwefelwasserstoff und einem Oxydationsmittel, z. B. Ferrichlorid und Salzsäure, zusammenkommt, so entsteht Methylenblau:



(Carosche Reaktion).

Man versetzt etwa 10 ccm Wasser mit 2 bis 3 ccm konzentrierter Salzsäure und einer kleinen Menge Dimethylparaphenyldiamin, schüttelt bis zur Lösung um und fügt einige Tropfen Eisenchlorid zu. Die Blaufärbung tritt entweder sofort oder nach 20 Minuten ein. Größere Mengen von Nitriten wirken störend.

Weldert und Röhlich¹⁾ haben die Reagentien, anstatt sie getrennt zu verwenden, zu einem einzigen vereinigt, indem sie 5 g Dimethylparaphenyldiamin in 100 ccm Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,19 lösen und dazu 100 ccm einer 5prozentigen Eisenchloridlösung setzen. Die Reaktion wird so ausgeführt, daß man ein Reagenzglas bis etwa zur Hälfte mit dem zu untersuchenden Wasser füllt und 2 bis 3 ccm des Reagenzes zusetzt. Je nach Intensität und Dauer der Einwirkung zeigen sich folgende Färbungen: blau, blaugrün, grün, grünlich. Bei Spuren von Schwefelwasserstoff tritt die Färbung erst nach 10 bis 20 Minuten ein; erst bei einem Gehalt von unter 0,005 mg SH₂ wird die Reaktion un deutlich; bei 2 bis 1,5 mg ist die Farbe sofort dunkelblau, von 1,2 bis 0,14 mg blaugrün, von 0,12 bis 0,05 mg grünblau. Sollte beim Zusatz des Reagenzes zunächst Rotfärbung eintreten, so setzt man so lange Salzsäure zu, bis die Färbung verschwindet.

Quantitative Bestimmung des Schwefelwasserstoffs

1. Titrimetrisch. Da man durch direktes Titrieren des Schwefelwasserstoffs mittels Jodlösung meist zu niedrige Werte erhält, verfährt man so, daß man ein abgemessenes Quantum Wasser mit $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{100}$ normaler Jodlösung im Überschuß versetzt, mit Schwefelsäure sauer macht, $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{100}$ Thiosulfat bis zur eben

1) Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung (Landesanstalt für Wasserhygiene) 1907, Heft 10.

noch wahrnehmbaren Gelbfärbung zugibt, mit Stärkelösung versetzt und bis zur Entfärbung titriert.¹⁾ 1 cem $\frac{1}{100}$ Jodlösung = 0,00017 g Schwefelwasserstoff.

2. Gewichtsanalytisch. Nach dieser Methode bestimmt man auch zweckmäßig Sulfide, z. B. das in Schlämmen enthaltene Schwefeleisen.

Eine abgemessene Menge Wasser oder ein abgewogener Teil Schlamm wird in den Kolben *A* (Fig. 30) gebracht, welcher im doppelt-durchbohrten Pfropfen einen mit Salzsäure gefüllten Tropftrichter *c*

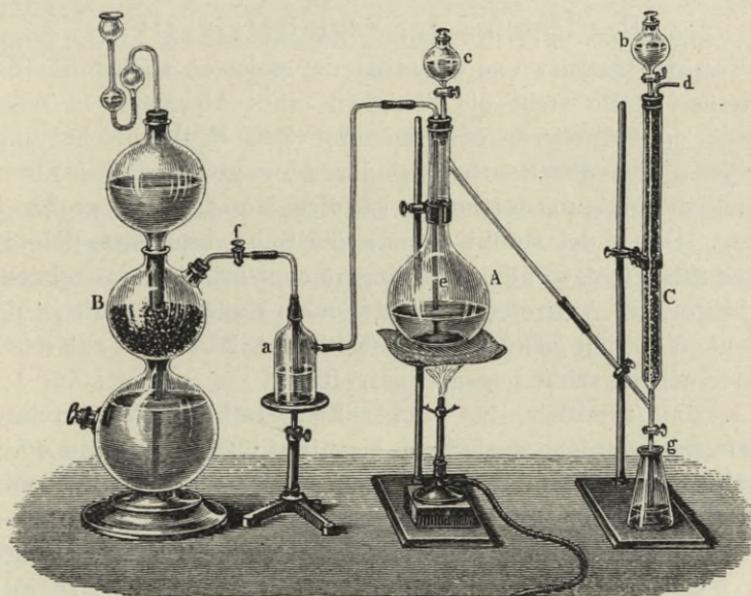
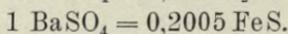
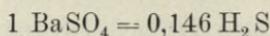


Fig. 30

und ein bis fast auf den Boden gehendes Rohr enthält, welches mit dem Kohlensäureapparat *B* verbunden ist. Andererseits ist der Kolben durch ein am Hals angeschmolzenes Rohr mit dem Apparat *C* verbunden, welcher Glasperlen enthält, welche aus einem Tropftrichter *b* mit Bromsalzsäure befeuchtet werden. Nachdem die Luft aus dem Kolben *A* durch Kohlensäure verdrängt ist, welche freien Schwefelwasserstoff zum Teil schon in den Apparat *C* übergeführt hat, läßt man aus *c* langsam Salzsäure zufließen und erwärmt zuletzt den Inhalt des Kolbens zum gelinden Sieden. Der frei-

1) Brunck, Ztschr. f. analyt. Chemie 1906.

gewordene Schwefelwasserstoff wird in *C* zu Schwefelsäure oxydiert. Nach Beendigung der Operation wird die im Apparat *C* enthaltene Flüssigkeit durch den Hahn in das untergesetzte Gefäß entleert, mit Wasser nachgespült, die Flüssigkeit auf dem Wasserbade von der meisten Salzsäure befreit und in gehöriger Verdünnung mit Baryumchlorid gefällt. Das gesammelte und geglühte Baryumsulfat wird gewogen.



Bestimmung der Fäulnisfähigkeit

Eng mit Qualität und Quantität der gelösten stickstoffhaltigen organischen Stoffe steht die Fähigkeit eines Abwassers in Zusammenhang, in schnellerer oder kürzerer Zeit Fäulniserscheinungen zu zeigen. Für die Beurteilung der Abwässer und des Effektes bestimmter Reinigungsmethoden ist dies Moment von großer Bedeutung. Da bei der Fäulnis organischer Substanzen stets Schwefelwasserstoff auftritt, so gilt das geringere oder stärkere, das schnellere oder langsamere Auftreten des letzteren als Maßstab für die Fäulnisfähigkeit. Von den gebräuchlichen Methoden, Abwässer auf letztere zu untersuchen, seien folgende aufgeführt:

1. Man ermittelt, in welcher Zeit Methylenblau durch den Schwefelwasserstoff reduziert, d. h. entfärbt wird. In ein 50 ccm haltendes Fläschchen gibt man 0,3 ccm einer 0,05 prozentigen wässrigen Methylenblaulösung, füllt es vollständig mit dem Wasser und verschließt sorgfältig. Das Fläschchen bleibt im Brutschrank bei 37° stehen. Sind fäulnisfähige Stoffe vorhanden, so ist in der Regel nach 6 Stunden Entfärbung eingetreten. Arbeitet man mit mehreren Flaschen mit absteigenden Mengen Methylenblau, so läßt sich auch ein Maßstab für den Grad der Fäulnisfähigkeit gewinnen.

2. Man hebt die Wasserproben bei 37° in geschlossenen Gefäßen auf und prüft sodann mittels der Caroschen Reaktion auf Schwefelwasserstoff.

Bestimmung der Azidität und Alkalinität

Ist die saure resp. alkalische Reaktion von Abwässern durch bestimmte Säuren resp. Alkalien oder alkalisch reagierende Substanzen hervorgerufen, so kann ihre Menge einfach durch Titrieren mit Alkalien oder Säuren festgestellt werden. Wo dies nicht der Fall ist, wie in den meisten Abwässern, wo ein Gemisch vielfach

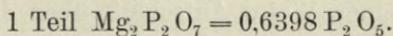
unbekannter Faktoren vorliegt, drückt man die Azidität resp. Alkalinität durch die Anzahl der zur Neutralisation erforderlichen Kubikzentimeter Normal-Flüssigkeiten pro Liter aus. Ist freies Ammoniak vorhanden, so kann dasselbe vor der Bestimmung durch Destillation entfernt werden.

Bestimmung des Chlors

In Gegenwart vieler organischer Substanzen oder von Schwefelwasserstoff läßt sich das Chlor direkt nicht mit Genauigkeit ermitteln. Man setzt dem Abwasser soviel Kaliumpermanganatlösung zu, bis es auch nach dem Kochen noch schwach rotgefärbt erscheint. Durch Zusatz kleiner Mengen Alkohol entfärbt man sodann, filtriert und bestimmt im Filtrat in gewöhnlicher Weise das Chlor.

Bestimmung der Phosphorsäure

Die Ermittlung der Phosphorsäure ist in gewissen Fällen von Wichtigkeit, wenn es sich um den Nachweis von Verunreinigungen mit phosphorsäurereichen Substanzen, z. B. Harn handelt. Man verdampft ein oder mehrere Liter Wasser auf etwa 50 ccm, setzt 0,2 g Salpeter und 0,5 g reine Soda zu und bringt in einem Tiegel zur Trockne. Darauf wird vorsichtig erhitzt, zuletzt bis zum Glühen und Weißwerden der Masse. Nach dem Erkalten wird in Wasser gelöst, mit Salpetersäure sauer gemacht, verdampft, wieder gelöst, von Kieselsäure abfiltriert und das Filtrat, welches etwa 100 ccm betragen soll, mit 50 ccm Ammoniummolybdatlösung (siehe Reagentien) versetzt. Die Flüssigkeit bleibt an einem mäßig warmen Orte 5 Stunden stehen, worauf der Niederschlag von phosphormolybdänsaurem Ammon abfiltriert und mit einer verdünnten Lösung von Ammoniumnitrat ausgewaschen wird. Man löst ihn sodann in etwas erwärmtem Ammoniak, wäscht das Filter tüchtig mit Ammoniak aus, gibt Salzsäure bis zur annähernden Neutralisation, dann 5 ccm Ammoniak und nach dem Erkalten 5 ccm Magnesiamixtur zu, worauf man noch 50 ccm Ammoniak zufügt. Der entstandene Niederschlag von Ammoniummagnesiumphosphat wird in bekannter Weise (siehe unter Magnesia) abfiltriert und als Magnesiumpyrophosphat gewogen.



Bestimmung der Oxydierbarkeit

In Deutschland wird die Oxydierbarkeit in der Regel in der Weise ausgeführt, wie bei Trinkwasser angegeben, d. h. in saurer

Lösung mit Kaliumpermanganat in der Hitze. In England und Amerika sind vielfach andere Methoden im Gebrauch, welche aber alle auf die Oxydation der organischen Substanzen durch Chamäleonlösung hinauslaufen.

Die Vierstundenprobe. Four hours test

Man versetzt 70 ccm des Wassers — oder je nach Qualität mehr oder weniger — mit 10 ccm verdünnter Schwefelsäure und 50 ccm Kaliumpermanganatlösung, von welcher 10 ccm einem Milligramm Sauerstoff entsprechen, in einer verschließbaren Flasche und läßt diese bei gewöhnlicher Temperatur 4 Stunden stehen, während man sie von Zeit zu Zeit umschüttelt. Bei rascher Entfärbung fügt man noch Säure und abgemessene Quantitäten Permanganat zu. Sodann versetzt man mit 10prozentiger Kaliumjodidlösung und mißt die in Freiheit gesetzte Menge Jod mit Thiosulfat. Die auf diese Weise ermittelte Quantität des verbrauchten Kaliumpermanganats ergibt die von den organischen Substanzen absorbierte Sauerstoffmenge. In jedem Falle ermittelt man in einem blinden Versuche das Verhältnis von Thiosulfat zu Chamäleon. Man stellt die Flüssigkeiten in der Regel so ein, daß 25 ccm Thiosulfat = 50 ccm Permanganat entsprechen.

Die Dreiminutenprobe. Three minutes test

Man verfährt wie bei voriger Methode, läßt die Permanganatlösung aber nur 3 Minuten einwirken.

Die Bebrütungsprobe. Incubator test

Man stellt zunächst die Dreiminutenprobe an. Sodann füllt man eine Flasche vollständig mit dem zu prüfenden Wasser und hebt sie etwa 6 Tage bei Brüttemperatur auf und nimmt die Dreiminutenprobe abermals vor. In der Regel wird jetzt die verbrauchte Sauerstoffmenge größer sein, weil gewisse organische Substanzen leichter oxydierbar geworden sind.

Bestimmung des organischen Kohlenstoffs nach König¹⁾

Wenn auch die Ermittlung des in organischer Form vorhandenen Kohlenstoffs in keiner Weise Aufschluß über die absolute Menge der organischen Substanzen, und noch weniger über die Art derselben gibt, so wird eine solche Bestimmung doch gelegentlich aus-

1) Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel 1901, 193.

geführt, und mag, da sie in einzelnen Fällen von Vorteil sein kann, hier beschrieben werden. Es kann die Bestimmung im filtrierten Wasser vorgenommen werden, sie eignet sich auch zur Ermittlung des organischen Kohlenstoffs in den suspendierten Substanzen; in letzterem Falle verwendet man die im Goochtiiegel abfiltrierten Rückstände.

In einen Rundkolben *k* aus Jenaer Glas (Fig. 31) von 500 ccm Inhalt bringt man 250 ccm (filtriertes) Abwasser, setzt 10 ccm verdünnte Schwefelsäure zu und kocht bei aufgesetztem, oben offenem

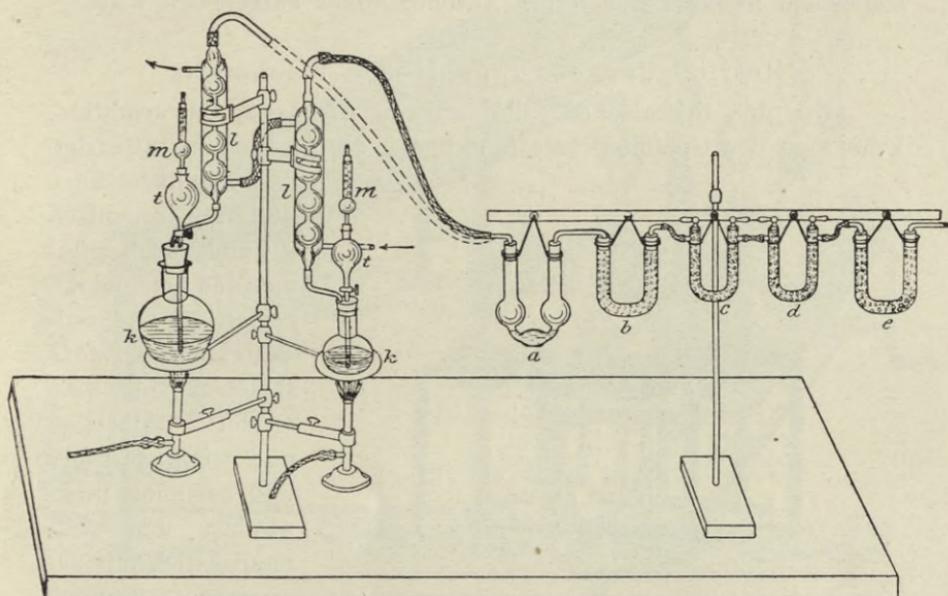


Fig. 31. Apparat zur Bestimmung des organischen Kohlenstoffs nach König

Rückflußkühler *l* eine halbe Stunde, bis alle freie oder gebundene Kohlensäure ausgetrieben ist. Man läßt jetzt erkalten, setzt 2 bis 3 g Kaliumpermanganat, 10 ccm einer 20prozentigen Merkurisulfatlösung zu, setzt den Kühler wieder auf und verbindet denselben mit der Peligotschen Röhre *a*. Dieselbe enthält konzentrierte Schwefelsäure. Die darauf folgende Röhre ist mit Chlorkalzium, *c* und *d* mit Natronkalk, *e* endlich wieder zur Hälfte mit Chlorkalzium, zur anderen mit Natronkalk gefüllt. Man erhitzt, nachdem man sich von der Dichtheit des Apparates überzeugt, mit kleiner Flamme, so daß ein gleichmäßiger Gasstrom in *a* tritt, später zum Sieden. Die aus den organischen Substanzen entwickelte Kohlensäure ge-

langt in den gewogenen Röhren *c* und *d* zur Absorption. Wenn die Gasentwicklung aufgehört hat, öffnet man den Hahn des Scheidetrichters *t* und saugt kohlenstofffreie Luft durch den ganzen Apparat. Die Zunahme der Röhren *c* and *d* ergibt die Kohlensäure, welche auf Kohlenstoff pro Liter berechnet wird.

Im wesentlichen auf denselben Prinzipien beruht die Methode von Degener-Herzfeld¹⁾, bei welcher die Oxydation der organischen Materie mittels Kaliumbichromat und Schwefelsäure vorgenommen und die schädliche Wirkung von bei der Reaktion entstandenem freiem Chlor durch Antimonpulver aufgehoben wird.

Bestimmung des organischen Stickstoffs

Um den organischen Stickstoff von Abwässern zu ermitteln, kann man den Gesamtstickstoff, d. h. den als Ammoniak, salpetrige

und Salpetersäure und als organisch gebundenen, bestimmen und Ammoniak-, salpetrige und Salpetersäurestickstoff abziehen. Oder man zerstört salpetrige und Salpetersäure und bestimmt organischen und Ammoniakstickstoff zusammen. Endlich

kann man auch den organischen Stickstoff direkt als sogenanntes Albuminoidammoniak ermitteln.

1. Bestimmung des Gesamtstickstoffs nach Kjeldahl-Jodlbauer

250 cem Abwasser versetzt man, wenn es Salpetersäure und salpetrige Säure enthält, mit 25 cem Phenolschwefelsäure und einer kleinen Menge Bimssteinsand in einem Kolben von Jenaer Glas und kocht auf ein kleines Volumen ein, welches hell und klar sein muß. Nach dem Abkühlen fügt man 0,1 g Kupferoxyd und 3 g Zinkstaub zu und kocht, bis die Flüssigkeit hellgrün

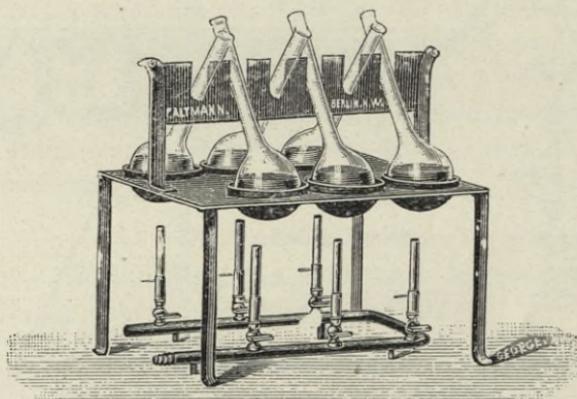


Fig. 32

1) Zeitschr. des Vereins für die Rübenzuckerindustrie des Deutschen Reiches 1886, Septemberheft S. 754; Ber. d. Chem. Gesellsch. 19, 2618 (1886).

geworden. Dabei gehen Salpeter- und salpetrige Säure mit Phenol in Nitrophenol über, welches durch den Zinkstaub zu Amidophenol reduziert wird. Die konzentrierte Schwefelsäure zersetzt letzteres unter Bildung von Ammoniumsulfat. Aller organisch gebundene Stickstoff ist ebenfalls in Ammoniak verwandelt. Nach dem Abkühlen verdünnt man mit Wasser, setzt Natronlauge im Überschuß zu und destilliert das Ammoniak über, um es im Destillat durch

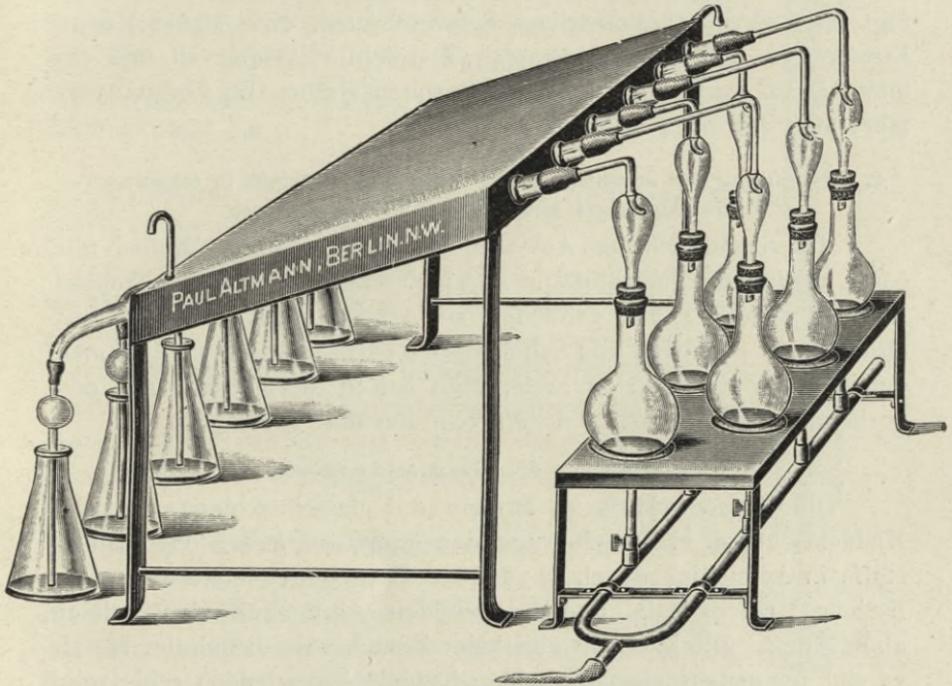


Fig. 33

Titration oder kolorimetrisch zu bestimmen. Sind viele Stickstoffbestimmungen zu machen, so bedient man sich zweckmäßig nachstehender Apparate zum Kochen mit Schwefelsäure und darauf folgender Destillation (Fig. 32 u. 33).

Beispiel der Berechnung: In einem Liter Abwasser wurde gefunden:

Gesamtstickstoff	61,5 mg		
Ammoniak	29,5 „	enthaltend	24,3 mg N
Salpetrige Säure	25,0 „	„	9,5 „ „
Salpetersäure	0.		

Der organische Stickstoff beträgt demnach $61,5 - (24,3 + 9,5) = 27,7$ mg pro Liter.

Sind salpetrige und Salpetersäure nicht vorhanden, so unterbleibt der Zusatz von Phenolschwefelsäure natürlich. Man verfährt dann zweckmäßig so, daß man 250 ccm Abwasser in einem Kolben zunächst mit 5 ccm verdünnter Schwefelsäure, 2,5 g Zinkstaub und einem Tropfen einer 10prozentigen Platinchloridlösung versetzt und auf einem Drahtnetz auf 50 ccm eindampft. Nach dem Abkühlen fügt man 20 ccm konzentrierte Schwefelsäure, eine kleine Menge Kupferoxyd und noch 3 Tropfen Platinchloridlösung zu und erhitzt bis zur Farblosigkeit oder hellgrünen Farbe. Im übrigen verfährt man wie oben angegeben.

2. Bestimmung des organischen und Ammoniakstickstoffs in Gegenwart von salpetriger und Salpetersäure nach Ulsch

Man versetzt 250 ccm Abwasser in einem geräumigen Kolben mit 5 ccm verdünnter Schwefelsäure, 0,5 g Natriumbisulfit und 5 Tropfen Eisenchloridlösung und verdampft auf etwa 50 ccm. Nachdem auf diese Weise salpetrige und Salpetersäure entfernt worden, führt man den Versuch wie oben zu Ende. Man hat in diesem Falle nur den vorhandenen Ammoniakstickstoff vom Resultat abzuziehen.

3. Bestimmung des Albuminoidammoniaks

Die Methode läuft im Prinzip auf dasselbe hinaus wie die Kjeldahlsche, d. h. Überführung des organisch gebundenen Stickstoffs in Ammoniak durch Oxydation. Hier findet letztere in alkalischem Medium statt, und das gebildete Ammoniak wird sogleich abdestilliert. Die Methode gibt keine brauchbaren Resultate, soweit es sich um genaue absolute Zahlen handelt, kann jedoch recht wohl bei vergleichenden Untersuchungen von Wässern gleicher Art angewandt werden.

250 ccm Abwasser (filtriert) werden in einem Kolben oder einer Retorte, welche mit Kühler und Vorlage versehen sind, mit 1 g ammoniakfreier Magnesia versetzt und bis zum Austreiben alles vorhandenen Ammoniaks gekocht, welches im Destillat bestimmt werden kann. Man läßt erkalten und fügt zum Kolben- oder Retorteninhalte 100 ccm einer Flüssigkeit, welche im Liter 50 g Kaliumpermanganat und 500 ccm einer 30prozentigen Natronlauge enthält. Man erhitzt wieder, bis kein Ammoniak mehr übergeht. Letzteres bestimmt man als „Albuminoidammoniak“ nach einer der bekannten Methoden.

Anstatt bei titrimetrischer Bestimmung das Ammoniak bei der Destillation in titrierter Säure aufzufangen und den Rest mit Alkali zurückzutitrieren, legt L. W. Winkler (Zeitschr. f. angew. Chemie **26**, Nr. 31, S. 231) eine beliebige Menge einer wässrigen Borsäurelösung oder in Wasser verteilter Borsäure (3 bis 5 g) vor, destilliert das Ammoniak ab, setzt Kongorotlösung zu, auf welche freie Borsäure nicht reagiert, und titriert das an Borsäure gebundene Ammoniak mit $\frac{1}{10}$ Salzsäure bis zum Farbumschlag in Blau. Die Methode ist scharf und hat sich bei vielfachen Nachprüfungen durchaus bewährt. Sie hat den Vorteil, daß man nur eine titrierte Lösung nötig hat.

Bestimmung des Fettgehaltes in Abwässern, Schlämmen u. dgl.

Abwässer sind oft reich an Fett. Um seine Menge zu bestimmen, dampft man das Wasser im Wasserbad auf ein kleines Volumen ein, fügt eine nicht zu kleine Menge reinen Sand zu und bringt unter Umrühren zur Trockne. Schlämme und andere feste Substanzen mischt man mit Sand gehörig und trocknet dann ebenfalls im Wasserbad. Der fetthaltige Sand wird ohne Verlust in einen Soxhletschen Extraktionsapparat (Fig. 34) übergeführt, die Schale mit Äther ausgespült und letzterer über die im Apparat befindliche Masse gegossen. Es wird dann mit genügenden Äthermengen ausgezogen, der Äther verdunstet und der Rückstand als Rohfett gewogen. Es versteht sich, daß demselben andere ätherlösliche Substanzen, wie Harze, Öle u. dgl., beigemischt sein können. Es würde eventuell auf derartige Körper zu prüfen sein. Es gibt besondere Verfahren, aus den Abwässern das Fett wiederzugewinnen, welches auf Trockensubstanz berechnet in den Sedimenten städtischer Abwässer bisweilen bis 20 % beträgt.

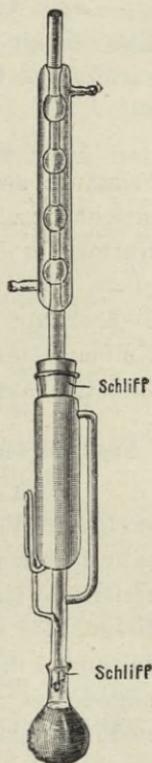


Fig. 34
Fettextraktions-
apparat
nach Soxhlet

Bestimmung von Metallverbindungen in Wässern oder Schlämmen

Schwermetallverbindungen, welche im Wasser gelöst waren, werden vielfach durch chemische Vorgänge, wie Ammoniakbildung, Auftreten von Schwefelwasserstoff u. ähnl., unlöslich gemacht und

im Schlamm abgelagert. Die Untersuchung auf derartige Substanzen geschieht nach den gewöhnlichen analytischen Methoden und bietet meist keine besonderen Schwierigkeiten.

Auffinden von Arsen

Man versetzt eine hinreichende Quantität Abwasser mit etwas Natronlauge, verdampft auf ein kleines Volumen, säuert mit reiner verdünnter Schwefelsäure an und prüft im Marshschen Apparat auf Arsen.

Oder man verdampft ein Quantum Wasser, welches keine freie Salzsäure enthalten darf, ohne Zusatz auf wenige Kubikzentimeter, mischt dieselben in einem Kölbchen mit Watteverschluß mit sterilem Kartoffelbrei oder sterilem Brot und impft mit Sporen des Schimmelpilzes *Penicillium brevicaulis*. Man läßt bei mäßig warmer Temperatur stehen und prüft von Zeit zu Zeit den Geruch am Kolbenhalse. Bei Gegenwart von Arsen treten widerlich riechende, flüchtige Arsenverbindungen auf. Die Reaktion ist sehr empfindlich.

Nachweis der für bestimmte Abwässer charakteristischen Verunreinigungen

Wenn die Abwässer nicht zu verdünnt sind oder bereits tiefgreifende Veränderungen erlitten haben, wird es vielfach möglich sein, bestimmte Stoffe in ihnen nachzuweisen, welche für sie charakteristisch sind und ihren Ursprung erkennen lassen. Ohne die Frage hier erschöpfen zu können, sollen verschiedene Abwässer im folgenden ihrer Natur nach gekennzeichnet und damit die Verfahren angedeutet werden, ihren Ursprung gegebenen Falles auch dann noch zu erkennen, wenn derselbe auf andere Weise nicht mehr festzustellen ist. Soweit hier organisierte Substanzen, wie Haare, Holzteile usw., in Betracht kommen, wird auf die später zu behandelnde mikroskopische Untersuchung verwiesen. Man muß zunächst unterscheiden zwischen Abwässern mit vorwiegend anorganischen und Abwässern mit vorwiegend organischen Bestandteilen.

Der Nachweis anorganischer Substanzen in Abwässern, wie sie aus Bergwerken, Kiesgruben, Schutthalden, Pochwerken, Metallwerken aller Art, Beizereien, chemischen Fabriken usw. entfallen, bietet keine Schwierigkeit, man wird, wenn man genügende Quantitäten Wasser zur Untersuchung zieht, die für die einzelnen Zweige dieser Industrien charakteristischen Stoffe unschwer nachweisen können. Schwieriger gestaltet sich vielfach der Nachweis charakteristischer Stoffe organischer Art.

Abwässer aus Schlachthäusern, Lederfabriken, Gerbereien, Brauereien und Brennereien, Leimsiedereien zeichnen sich besonders durch ihren hohen Gehalt an organischen stickstoffhaltigen Stoffen aus, welche leicht in Fäulnis übergehen; Abwässer aus Färbereien, Papierfabriken, Zuckerfabriken, Molkereien enthalten mehr stickstofffreie organische Substanzen, welche der sauren Gärung unterliegen. Doch ist eine derartige Trennung nicht überall und mit Sicherheit durchführbar, da die Abwässer dieser verschiedenen Industrien sehr wechseln können.

Im allgemeinen wird man bei solchen Untersuchungen auf folgende Momente Rücksicht zu nehmen haben:

1. Abwässer aus Gasfabriken sind an dem charakteristischen Teer- resp. Gasgeruch zu erkennen. Sie sind meist reich an Ammoniak, enthalten meist Phenole, vielfach Cyanverbindungen.

Zum Nachweis der Phenole verdampft man 500 ccm oder mehr, welche man schwach alkalisch gemacht hat, auf ca. 100 ccm, säuert mit verdünnter Schwefelsäure an und destilliert. Das Destillat schüttelt man zur Bindung etwa übergegangener Säuren mit etwas Kalziumkarbonat durch und destilliert nochmals. Das Destillat erwärmt man durch Einsetzen in heißes Wasser und fügt $\frac{1}{10}$ Jodlösung bis zur Gelbfärbung zu, schüttelt um und titriert mit $\frac{1}{10}$ Thio-sulfat das überschüssige Jod zurück. Man berechnet auf Trijodphenol. 1 ccm $\frac{1}{10}$ Jod = 1,576 mg Phenol resp. 1,8018 Parakresol. (Kobler und Penny, Zeitschr. physiol. Chemie 17, 117.)

Zum Nachweis von Blausäure oder Cyaniden macht man das Wasser schwach alkalisch, verdampft auf ein sehr kleines Volumen, setzt noch etwas Natronlauge, einige Tropfen Ferrosulfat- und einen Tropfen Ferrichloridlösung zu, erwärmt schwach, läßt abkühlen und macht mit Salzsäure sauer. Die Anwesenheit von Cyanverbindungen macht sich durch Blaufärbung resp. durch das Entstehen eines Niederschlages von Berliner Blau bemerkbar.

Auf Rhodanverbindungen prüft man mit Ferrichlorid.

2. Abwässer aus Bleichereien enthalten eventuell Chlorkalk, freies Chlor, Chlorkalzium, Alkalien.

3. Abwässer aus Brauereien, Brennereien, Hefenfabriken: Abwässer leicht gärend oder faulend. Gelöste und ungelöste Kohlehydrate, Hefen, organische Säuren (Essig-, Milch-, Buttersäure), Pflanzenteile.

4. Abwässer aus Metallbeizen: Metallsalze, freie Säuren.

5. Farbwerke und Färbereien: Farbstoffe, Beizen, freie Säuren oder Alkalien, Metallverbindungen oft in den Schlämmen.
6. Galvanische Anstalten: Freie Säuren, Metallsalze, Cyanverbindungen.
7. Gerbereien: Schnell faulende Eiweißstoffe, Gerbstoffe, Schwefelkalzium, Arsen, Chrom.
8. Holzessigfabriken: Teerbestandteile, Kalk.
9. Molkereien: Fett, Kasein, Milchzucker.
10. Papierfabriken: Holz- und Baumwollfasern, Leim, schwefelige Säure, Chlorkalk, Ultramarin und andere Farben.
11. Schlachtereien: Fett, Fleischfasern, Darminhalt, Blut.
12. Stärkefabriken: Fäulnisfähige Stoffe, Stärkekörner, Zellgewebe.
13. Zuckerfabriken: Rübenbestandteile, Zucker, freie und gebundene organische Säuren, Amide.
14. Zellulosefabriken: Holzfasern, Sulfite, Gummistoffe.

Reagentien für die chemische Untersuchung

Die allgemeinen Reagentien, wie sie in jedem chemischen Laboratorium gebraucht werden, kommen in genügender Reinheit im Handel vor, so daß man in seltenen Fällen gezwungen sein wird, sich dieselben selbst herzustellen resp. zu reinigen. Auch Spezialreagentien sind meist im Handel zu haben, doch kann man sich dieselben recht gut selbst bereiten, jedenfalls unterlasse man nicht, die käuflichen einer Prüfung zu unterwerfen, besonders gilt dies von titrierten Lösungen.

Was die Konzentration der allgemeinen Reagentien betrifft, so wird dieselbe zweckmäßig bei den gebräuchlichsten Säuren, Alkalien und Salzen so gewählt, daß der Gehalt annähernd einem Einfachen oder Mehrfachen des Äquivalentgewichtes des gelösten Körpers entspricht. Verwendet man beispielsweise verdünnte Schwefelsäure vom spez. Gewicht 1,16, so enthält dieselbe das Fünffache des Äquivalentgewichtes, d. h. $5 \times \frac{\text{H}_2\text{SO}_4}{2} = 245 \text{ g H}_2\text{SO}_4$ im Liter. Salzsäure vom spez. Gewicht 1,19 enthält das zwölfwache Äquivalentgewicht (annähernd), d. h. 440 g HCl pro Liter; verdünnte Salzsäure (1 Liter konzentrierte + 5 Liter Wasser) vom spez. Gewicht 1,08 entspricht dem Fünffachen des Äquivalentgewichtes mit 182 g HCl im Liter.

Spezialreagentien und titrierte Lösungen

Lackmustinktur und Lackmuspapier

Will man sich diesen Indikator, welcher in genügend reinem Zustand käuflich zu haben ist, selbst bereiten, so pulvert man den käuflichen Lackmusfarbstoff und zieht ihn wiederholt mit heißem Wasser aus. Die Auszüge übersättigt man schwach mit Essigsäure und verdampft sie auf dem Wasserbade zu einem dicken Extrakt, welchen man mit 90prozentigem Alkohol in einen Kolben bringt, wo durch Zusatz von viel Alkohol der empfindliche Farbstoff gefällt wird. Man filtriert ihn ab und wäscht mit Alkohol aus. Seine Lösung in destilliertem Wasser gibt die sehr empfindliche Lackmustinktur. Durch Tränken von feinem Filtrierpapier mit der Lösung erhält man blaues Lackmuspapier. Einen Teil der Tinktur versetzt man vorsichtig mit so viel sehr verdünnter Schwefelsäure, bis deutliche Rotfärbung eingetreten. Man tränkt damit Filtrierpapier und erhält so rotes Lackmuspapier.

Die Lackmustinktur muß in mit Baumwolle verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden, da sie sich in mit Pfropfen verschlossenen Gefäßen zersetzt.

Phenolphthalin

Man löst 1 g des käuflichen Präparates in 10 ccm 96prozentigem Alkohol.

Rosolsäure

0,2 g werden in 100 ccm Alkohol gelöst und mit Barytwasser neutralisiert.

Methylorange

0,1 g Methylorange in 100 ccm Wasser.

Alkalisches Bleipapier

Eine verdünnte Lösung von Bleiazetat wird so lange mit Natronlauge versetzt, bis der anfangs entstehende Niederschlag sich eben wieder gelöst hat. Man tränkt damit Filtrierpapier, trocknet dasselbe bei gewöhnlicher Temperatur an einem von Schwefelwasserstoff freien Orte und bewahrt in gut schließenden Gläsern auf.

Karamellösung

1 g reiner Rohrzucker wird in 40 bis 50 ccm Wasser gelöst, mit 1 ccm verdünnter Schwefelsäure (1:3) versetzt und 10 Minuten gekocht. Man fügt 1 ccm Natronlauge (1:2) zu, kocht abermals 10 Minuten und füllt auf 1 Liter auf. 1 ccm = 1 mg Karamel.

Jodkaliumhaltige Natronlauge

10 g reines, jodsäurefreies Kaliumjodid werden in 100 ccm einer 33 prozentigen Natronlauge gelöst, welche möglichst frei von Kohlensäure ist. Man hebt in gut schließenden braunen Glasflaschen mit Kautschukstöpsel auf.

Manganchlorürlösung

40 g reines, eisenfreies Manganchlorür $\text{MnCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ löst man in 100 ccm destillierten Wassers. Eine Probe, mit Wasser verdünnt, mit Jodkalium, Stärkekleister und reiner Salzsäure versetzt, darf sich nicht oder erst nach einiger Zeit bläuen.

Neßlersches Reagens

50 g Kaliumjodid werden in etwa 50 ccm heißen Wassers gelöst und so lange mit einer heißen konzentrierten Lösung von Quecksilberchlorid versetzt, bis der entstandene rote Niederschlag aufhört sich zu lösen. Die filtrierte Flüssigkeit vermischt man mit 300 ccm einer 50 prozentigen Kaliumhydratlösung, verdünnt auf 1 Liter, fügt eine kleine Menge Quecksilberchloridlösung zu und gießt nach einiger Zeit die klare Flüssigkeit ab.

Jodzinkstärkelösung

4 g gute Kartoffel- oder Weizenstärke werden mit wenig Wasser feingerieben und langsam unter Umrühren in eine zum Sieden erhitzte Lösung von 20 g Zinkchlorid in 100 ccm Wasser gegossen. Man kocht, bis die Stärke möglichst gelöst ist, verdünnt mit Wasser, setzt 2 g Zinkjodid zu und füllt zum Liter auf.

Ammoniummolybdatlösung

40 g käufliches Ammoniummolybdat werden in 160 ccm 10-prozentiger Ammoniakflüssigkeit und 240 ccm Wasser gelöst und unter Umschwenken in 1000 ccm 20 prozentige Salpetersäure gegossen. Nach längerem Stehen gießt man von einem eventuellen Bodensatz ab. Auf 60° erwärmt, darf die Flüssigkeit sich nicht trüben.

$\frac{1}{10}$ normale Oxalsäure

Die $\frac{1}{10}$ Oxalsäure dient nicht nur selbst als Titrierflüssigkeit, sondern wird zweckmäßig auch als Urmaß für die Darstellung anderer Titrierflüssigkeiten wie $\frac{1}{10}$ Alkali, $\frac{1}{10}$ Salzsäure, $\frac{1}{10}$ Soda-lösung, $\frac{1}{10}$ Kaliumpermanganat gewählt. Die genaue Herstellung dieser Lösung ist daher von großer Wichtigkeit.

Von chemisch reiner Oxalsäure $C_2H_2O_4 + 2H_2O$, welche man sich eventuell aus käuflicher durch Umkristallisieren bereiten muß, wägt man genau 6,3 g ab und löst sie in destilliertem Wasser zu 1000 ccm.

100 ccm dieser $\frac{1}{10}$ normalen Oxalsäure zu 1 Liter verdünnt geben $\frac{1}{100}$ Normalsäure.

$\frac{1}{10}$ normal Natron

Von reinem käuflichen Natronhydrat löst man 500 g in 1 Liter Wasser, wodurch man die gebräuchliche Natronlauge erhält. Hier-von mißt man mittels Pipette 12 ccm ab und verdünnt sie mit Wasser zu einem Liter. Der Gehalt an Natron wird darauf mittels $\frac{1}{10}$ Oxalsäure ermittelt, und durch Zufügen von Wasser die Gleichwertigkeit mit der Oxalsäure hergestellt.

$\frac{1}{10}$ Kaliumpermanganat

Man löst 3,2 bis 3,5 g reines Kaliumpermanganat in 1 Liter destillierten Wasser.

25 ccm $\frac{1}{10}$ Oxalsäure werden in einem Kolben mit 200 ccm destillierten Wassers und 10 ccm reiner konzentrierter Schwefel-säure gemischt, auf 70° erwärmt und aus einer Bürette mit der Permanganatlösung bis zur bleibenden Rosafärbung versetzt. Aus dem Verbrauch der Permanganatlösung ergibt sich, mit wieviel Wasser sie noch zu versetzen ist, damit 1 ccm genau einem Kubik-zentimeter Oxalsäure entspricht.

$\frac{1}{10}$ Jodlösung

Von reinem, frisch sublimiertem Jod wägt man genau 12,7 g ab, übergießt sie im Literkolben mit ca. 100 ccm Wasser, fügt 20 g reines Kaliumjodid zu und füllt nach erfolgter Lösung des Jods zum Liter auf.

$\frac{1}{10}$ Thiosulfat

24,8 g reines Natriumthiosulfat werden mit Wasser zu einem Liter gelöst. Die genaue Einstellung erfolgt gegen $\frac{1}{10}$ Jodlösung.

$\frac{1}{10}$ Silberlösung

10,8 g chemisch reines Silber löst man ohne Verlust in Salpeter-säure, bringt auf dem Wasserbad zur staubigen Trockne und löst in 1 Liter Wasser. Oder man verwendet das käufliche reine Silber-nitrat, von welchem 17 g in einem Liter Wasser gelöst werden.

$\frac{1}{10}$ Rhodanammonium

8 g reines, trockenes Rhodanammonium werden in 1 Liter Wasser gelöst und auf $\frac{1}{10}$ Silberlösung eingestellt.

Nitritlösung

Käufliches Silbernitrit kristallisiert man aus heißem Wasser um, löst von dem trocknen Salze 0,406 g in heißem Wasser und zersetzt es durch eine Lösung von Natriumchlorid. Nach dem Erkalten füllt man zum Liter auf. Von dieser Flüssigkeit verdünnt man 100 ccm zu einem Liter.

1 ccm = 0,01 mg N_2O_3 .

Oder man löst 2,3 g käufliches Natriumnitrit in 1 Liter Wasser, stellt den Gehalt an salpetriger Säure durch Titration mittels $\frac{1}{10}$ Permanganat fest und verdünnt entsprechend.

1 ccm $\frac{1}{10}$ Permanganat = 1,9 mg N_2O_3 .

Ammoniumchloridlösung zur Ammoniakbestimmung

0,1573 g reines Ammoniumchlorid löst man in 1 Liter Wasser. 1 ccm enthält 0,05 mg NH_3 .

Titrierte Seifenlösung

Nach Clark

150 g Bleipflaster werden auf dem Wasserbade erweicht und mit 40 g reinem Kaliumkarbonat verrieben, bis eine völlig gleichmäßige Masse entstanden ist. Dieselbe wird mit Alkohol ausgezogen, von der filtrierten Lösung der Alkohol abdestilliert und der Rückstand auf dem Wasserbade getrocknet. 20 Teile dieser Seife werden in 1000 Teilen Alkohol von 56 Vol.-Proz. gelöst. Um den Titer zu bestimmen, wägt man 0,559 g bei 100° getrocknetes Baryumnitrat oder 0,523 g trocknes Baryumchlorid ($BaCl_2 + 2H_2O$) ab und löst es in 1 Liter Wasser. 100 ccm davon enthalten so viel Baryumoxyd, als 12 mg Kalk resp. 12 deutschen Härtegraden entsprechen. 100 ccm bringt man in das bei Härtebestimmung angegebene Stöpselglas und läßt Seifenlösung bis zur Schaumbildung zufließen. Sollte die Seifenlösung zu konzentriert sein, d. h. sollten für den Versuch weniger als 45 ccm gebraucht werden, so ist die Seifenlösung mit Alkohol entsprechend zu verdünnen und der Versuch zu wiederholen.

Nach Boutron und Boudet

10 Teile Kaliseife (siehe vorher) werden in 260 Teilen heißem Alkohol von 56 Vol.-Proz. gelöst und filtriert. Mit dieser Lösung

füllt man das Hydrotimeter bis zum Teilstrich 0 an. Darauf bringt man von einer Baryumnitratlösung, welche im Liter 0,574 g reines Baryumnitrat enthält, 40 ccm in ein Stöpselglas und setzt Seifenlösung bis zur Schaumbildung zu. Nach Ausfall des Versuchs ist die Seifenlösung so zu verdünnen, daß genau 22 Grade des Hydrotimeters verbraucht werden.

Indigolösung zur Bestimmung der Salpetersäure

1 Teil reines Indigotin trägt man langsam unter Umrühren in 6 Teile rauchende Schwefelsäure ein, wobei starkes Erhitzen zu vermeiden ist. Nach einigem Stehen gießt man die blaue Flüssigkeit in die vierzigfache Menge destillierten Wassers, filtriert und verdünnt so lange mit destilliertem Wasser, bis die Lösung in 12 bis 15 mm dicker Schicht beginnt durchsichtig zu werden. Zum Einstellen des Titers verdünnt man 1 ccm Kaliumnitratlösung, welche im Liter 1,871 g reines Kaliumnitrat enthält, mit 24 ccm destillierten Wassers und läßt in der Weise, wie unter „Salpetersäurebestimmung“ beschrieben, nach Zusatz von Schwefelsäure, Indigolösung bis zur blauen Farbe zulaufen. Die Indigolösung wird so weit mit Wasser verdünnt, bis 6 bis 8 ccm 1 mg Salpetersäure entsprechen, worauf nochmals der Titer genau festgestellt wird. 1 ccm obiger Kaliumnitratlösung enthält 1 mg N_2O_5 .

Eisenlösung für die kolorimetrische Eisenbestimmung

0,898 g reiner Eisenaun (Kaliumferrisulfat) werden in 1 Liter Wasser gelöst. 1 ccm = 0,1 mg Fe.

Phenolschwefelsäure

50 g reines Phenol werden in 1 Liter Schwefelsäure vom spez. Gewicht 1,84 gelöst.

II. Mikroskopisch-biologische Untersuchung

Die in natürlichen Wässern nicht gelösten, sondern in feinerer oder gröberer Suspension vorkommenden Körper sind entweder mit dem bloßen Auge sichtbar oder erst unter Anwendung von Vergrößerungen zu erkennen. Ersteres gilt im wesentlichen von höher entwickelten Vertretern der Tier- und Pflanzenwelt, manchen anorganischen Substanzen, wie Eisenoxydhydrat, Ton, abgestorbenen Pflanzenteilen, letzteres hauptsächlich von kleinsten Tieren und Bakterien, welche meist nur mittels stärkster Vergrößerungen wahrnehmbar und bestimmbar sind. Solche Untersuchungen setzen außerdem meist verschiedene vorbereitende Manipulationen, wie Isolierung, Färbung, Anreicherung und ähnliche in das eigentliche Gebiet der Bakteriologie schlagende Arbeiten voraus.

Ein großer Teil der Suspensionen, besonders der lebloser Natur, bildet beim ruhigen Stehen des Wassers einen Bodensatz, welcher bequem der Untersuchung unterzogen werden kann, auch Filtrerrückstände sind vielfach geeignet. Man findet darin neben Sand, Kieselsäure, kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk, vielfach in charakteristischer Kristallform, Eisenoxydhydrat, Schwefel-eisen, Ton, tote und lebende Organismen, welche von den anorganischen Substanzen mit zu Boden gerissen wurden. Zu ihrer Untersuchung bedient man sich guter Lupen oder des Mikroskops mit schwächeren und stärkeren Vergrößerungen.

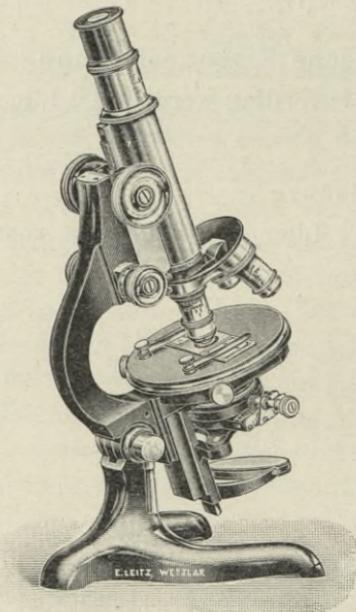


Fig. 35. Stativ Ia

Da das Mikroskop für alle biologischen und bakteriologischen Wasseruntersuchungen das wichtigste Requisit bildet, so lasse man bei Anschaffung eines solchen nicht außer acht, daß die meisten kleinen, billigen Instrumente wegen ihrer mangelhaften Konstruktion für wissenschaftliche Untersuchungen ungeeignet sind. Man erhält aber schon zu mäßigen Preisen von den renommierten optischen Firmen jetzt recht gute Mikroskope.

Für alle Untersuchungen, die bakteriologische einbegriffen, genügen Mikroskope, welche bei guter Beschaffenheit der Stative und des mechanischen Teiles überhaupt etwa 60-, 100-, 250-, 500- und 1000fache Vergrößerung gestatten. Als Stative kommen die einfacheren mit Abbeschem Beleuchtungsapparat und Irisblende in Betracht, beispielsweise das Stativ Ia (Fig. 35) der Firma Leitz in Wetzlar-Berlin. Aus nachstehender Tabelle wird man leicht entnehmen können, welche optischen Systeme, d. h. Verbindungen von Objektiv und Okular man zweckmäßig zu wählen hat, um mit gewünschten Vergrößerungen arbeiten zu können.

Vergrößerungen der achromatischen Objektivs mit den Huyghensschen Okularen

Tubuslänge 170 mm, Bildweite 250 mm

Objektive	Okulare						Objektive	
	0	I	II	III	IV	V		
schwächere Objektive	1*	15	20	24	28	34	43	1*
	1	15	20	24	28	34	43	1
	2	25	33	40	47	57	72	2
	3	46	60	70	85	105	130	3
	4	58	78	90	110	135	165	4
starke Objektive (Deckglas- dicke 0,17 mm)	5	150	190	235	280	345	420	5
	6	210	275	330	390	480	595	6
	7	270	370	440	525	625	770	7
	8	360	490	510	650	800	990	8
	9	430	560	670	770	960	1200	9
Wasser- Immersion	10	395	515	615	720	860	1070	10
Homogene Öl-Immer- sionen	$\frac{1}{10}$	330	430	510	600	730	870	$\frac{1}{10}$
	$\frac{1}{12}$	435	570	680	800	1000	1250	$\frac{1}{12}$
	$\frac{1}{16}$	540	710	820	980	1220	1500	$\frac{1}{16}$

Als allgemeine Regeln für das Mikroskopieren, welches im übrigen Übungssache ist und erlernt werden muß, sind folgende Gesichtspunkte anzusehen: Als Lichtquelle benutzt man am besten den hellbewölkten Himmel. Grelles Sonnenlicht ist zu vermeiden, eventuell durch Benutzung blauer Gläser, welche man vor den Spiegel des Mikroskops stellt oder auf die Blende legt, zu mildern. Bei schlechter Tagesbeleuchtung oder beim Mikroskopieren am Abend wendet man Mikroskopierlampen an (Fig. 36 u. 37).

Für die Anwendung der Spiegel des Mikroskops ergibt sich die Regel, für schwache Vergrößerungen etwa bis 100fach den Plan-, für

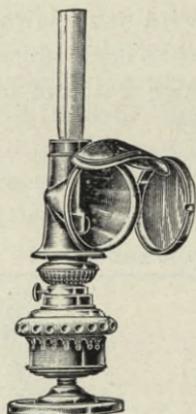


Fig. 36

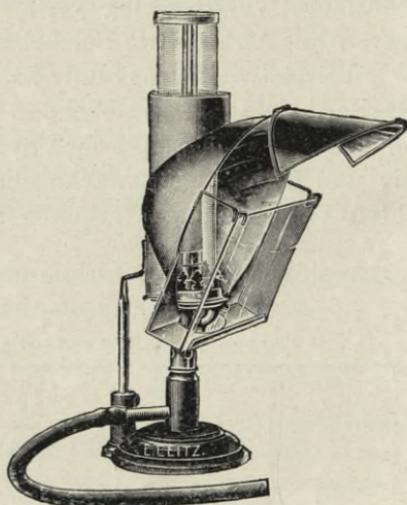


Fig. 37

stärkere den Hohlspiegel zu benutzen. Das Umgekehrte gilt, wenn man den Abbeschen Beleuchtungsapparat in Anwendung bringt.

Man gewöhne sich daran, mikroskopische Untersuchungen stets mit schwachen Vergrößerungen und weitem Gesichtsfeld zu beginnen, dann zu stärkeren Vergrößerungen zu schreiten. Das Mikroskop soll etwa 1 m vom Fenster entfernt auf einem stabilen Tisch stehen.

Die Mikroskope mit schwerem Fuß dienen hauptsächlich für im Laboratorium stattfindende Untersuchungen; für den Transport sind sie zu schwer und unhandlich. Will man deshalb, und das hat sehr oft zu geschehen, Untersuchungen an der Quelle, auf Reisen, Wanderungen vornehmen, so sind compendiösere und leichtere Apparate zu empfehlen (Fig. 38).

Als vielfach bewährt ist hier besonders ein nach den Angaben von R. Kolkwitz von der Firma Himmler in Berlin in den Handel gebrachtes Reisemikroskop (Fig. 39) zu erwähnen, welches bei sehr einfacher Konstruktion für die meisten biologischen Untersuchungen nicht zu kleiner Objekte genügt und sich durch geringen Raum und kleines Gewicht auszeichnet. Das Stativ

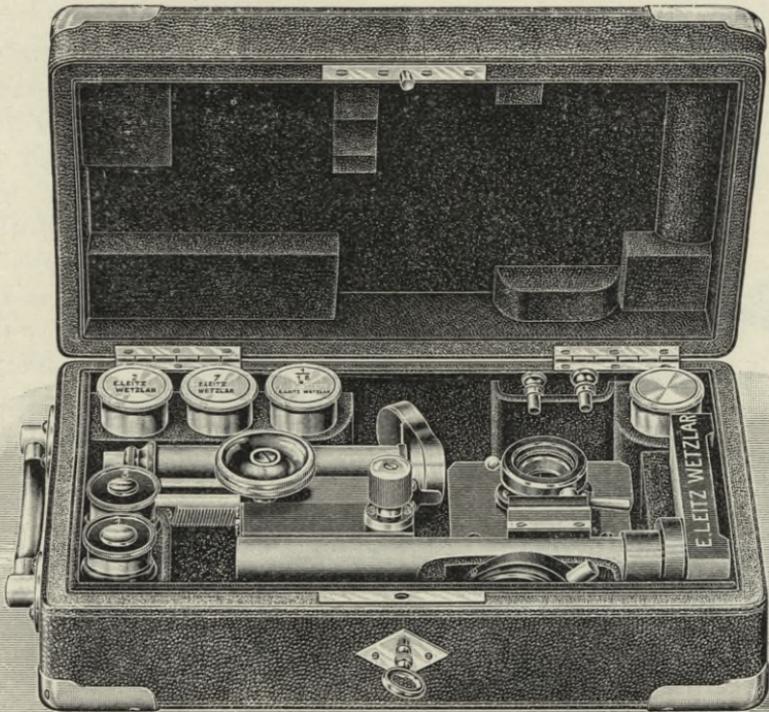


Fig. 38. Kleines Reisemikroskop von Leitz, $27 \times 17 \times 9\frac{1}{2}$ cm

ist aus einer Nickel-Aluminiumlegierung angefertigt, Tubus und Schieberhülse bestehen aus Messing. Es ist versehen mit Revolver für zwei Objektive, Einstell- und Objektischschraube aus Stahl. Die Grobeinstellung geschieht durch Verschieben des Tubus, die Feineinstellung durch Heben und Senken des Objektisches mittels Schraube. Zusammengelegt hat das Instrument eine Länge von 20 cm und läßt sich bequem in der Tasche unterbringen. Das Gewicht beträgt 600 g. Es besitzt keinen Fuß, sondern ist

mittels Klammer am Tisch zu befestigen. Ein Mangel ist das Fehlen von Blenden.¹⁾

Was die schwachen Vergrößerungen mittels Lupen betrifft, so läßt sich bereits mit solchen von etwa 15facher Vergrößerung ein Teil der Wasserorganismen erkennen. Sie werden ergänzt durch Anastigmatlupen (Fig. 40) mit etwa 27facher und sog. Planktonlupen mit 40facher Vergrößerung (C. Zeiss).

Von Nebenapparaten, welche für den Mikroskopiker und Biologen von Wichtigkeit sind, sei hier zunächst der Zeichenapparat erwähnt, welcher, mit dem Mikroskop verbunden, gestattet, ein naturgetreues Bild des Untersuchungsobjektes zu entwerfen. Sehr zu empfehlen ist das sog. Zeichenokular (Fig. 41), d. h. ein mit einem Okular (gewöhnlich Okular 2) fest verbundenes Prisma. Das Okular wird in den Tubus eingesetzt, wobei das Prisma nach der Säule des Mikroskopes gerichtet ist, und mittels Schraube am Tubus festgeklemmt. Bei einer Neigung des Obertheils des Mikroskops um 45° wird die Tisch-

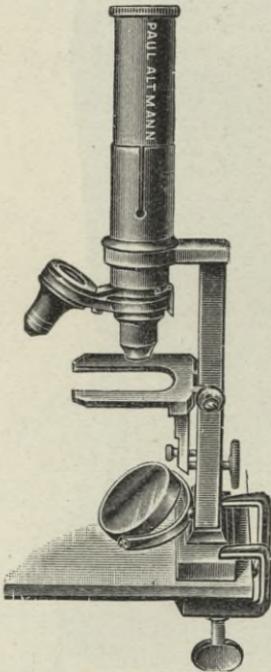


Fig. 39. Exkursionsmikroskop nach Kolkwitz

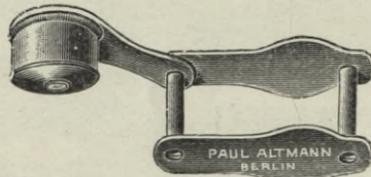


Fig. 40. Anastigmatlupe von C. Zeiss

fläche hinter dem Mikroskop in das Auge reflektiert, und zwar geschieht dies durch eine zweimalige totale Reflexion an den Flächen des Prismas. Die Spitze des Zeichenstiftes erscheint scharf ohne jedes Nebenbild. Die Dämpfung des Lichts geschieht durch ein graues Glasplättchen. Diese Zeichenokulare sind nur an größeren, umlegbaren Stativen anzubringen.

Ferner ist für genaue Arbeiten ein Apparat zum Messen der Objekte unerlässlich. Dasselbe geschieht am einfachsten mittels

1) Die Firma Himmler bringt solche auf Wunsch am Objektstisch verschiebbar an.

Mikrometerokulars, d. h. eines Okulars, in welchem sich ein mit einem in $\frac{1}{10}$ Millimeter geteilten Maßstab versehenes Glasplättchen befindet. Als Einheit für mikroskopische Größenangaben gilt $\frac{1}{1000}$ Millimeter oder ein Mikron = μ . Jeder Mikroskopfabrikant gibt die Werte des Mikrometerokulars für die einzelnen Objektive an. Die Messung hat stets mit derselben Tubuslänge zu geschehen. Neben den Okularmikrometern hat man Objektmikrometer, welche 1 mm in 100 Teile geteilt zeigen. Wie man die verschiedenen

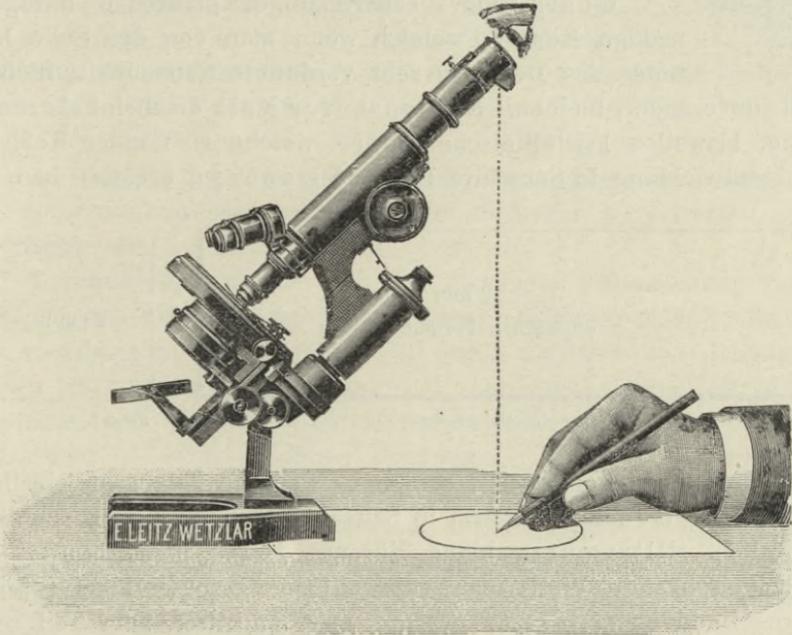


Fig. 41. Zeichenokular zum Zeichnen mit umgelegtem Stativ

Mikrometer benutzt und wie man mit ihrer Hilfe die Vergrößerungen der verschiedenen optischen Systeme leicht bestimmen kann, kann hier nicht ausgeführt werden; es sei auf die ausführlicheren Werke über Mikroskopie verwiesen.

A. Mikroskopische Untersuchung von Bodensätzen, Schlämmen und dgl. auf lebloses Material

Wenn natürliche oder Abwässer mehrere Tage ruhig stehen, findet sich bei ersteren oft, bei letzteren stets ein Bodensatz. Man läßt sich denselben zweckmäßig in Spitzgläsern (Fig. 42) bilden, aus denen er sich am bequemsten mittels Pipetten entnehmen läßt,

nachdem das darüberstehende Wasser abgossen, oder mittels einer Pipette abgesaugt worden ist.



Fig. 42

Man bringt kleine Mengen des Bodensatzes auf einen Objektträger (Fig. 43), setzt, wenn erforderlich, noch etwas reines Wasser zu und bedeckt mit einem reinen Deckglase (Fig. 44). Bei schwacher Vergrößerung erkennt man leicht folgende Gegenstände unter dem Mikroskop:

Quarz bildet scharfkantige, glänzende unregelmäßige Körner, welche, wenn man von der Seite her unter das Deckglas sehr verdünnte Salzsäure zufließen läßt, unverändert bleiben. Kohlensaurer Kalk erscheint als runde, bisweilen kristallinische Körner, welche sich unter Kohlensäureentwicklung in Salzsäure lösen. Eisenoxyd erkennt man an

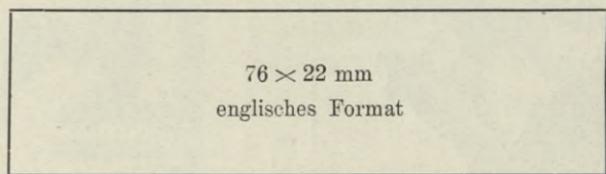


Fig. 43. Objektträger

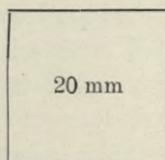


Fig. 44. Deckglas

rotbraunen oft flockigen Massen, in Salzsäure langsam löslich. Schwefeleisen ist schwarz, in Salzsäure löslich, Kohle schwarz, unlöslich. Ultramarin blaue Körner. Haare, Federteile, Holz- und Fleischfasern, Woll- und Baumwollfäden, Insektenflügel, Stärkekörner und anderes mehr erkennt man an ihrer zum Teil sehr charakteristischen Struktur, von deren näherer Beschreibung hier abgesehen werden soll. Näheres findet man u. a. bei Hager, Das Mikroskop, Berlin 1904.

B. Untersuchung von Wässern auf lebende Organismen

(Spezielle biologische Untersuchung)

Allgemeines

Zweck der biologischen Wasseruntersuchung ist die Auffindung der im Wasser lebenden Organismen überhaupt oder, was wichtiger ist, der Nachweis bestimmter Lebewesen, aus deren Vorkommen Schlüsse auf die Beschaffenheit des Wassers gezogen werden können. Bereits Ferdinand Cohn, der Begründer der biologischen Wasseruntersuchung, stellte bestimmte Beziehungen zwischen dem Rein-

heitsgrade von Wässern — seine Untersuchungen bezogen sich zunächst auf Brunnenwässer — und der Fähigkeit niederer Organismen, darin zu leben, fest, aber wenn auch der Wert solcher Arbeiten von verschiedenen Seiten immer wieder hervorgehoben wurde, so haben dieselben doch erst in neuerer Zeit die hohe Bedeutung erlangt, welche ihnen zukommt. Zahlreiche Einzeluntersuchungen sind erforderlich gewesen, die gegenseitigen Beziehungen zwischen der chemischen Qualität der Wässer und ihrer Flora und Fauna in klares Licht zu setzen, so daß die biologische Untersuchung nicht allein als Ergänzung der chemischen angesehen werden muß, sondern eine der chemischen gleichwertige Stellung erlangt hat. Gewiß gibt es Fälle, in denen die chemische Prüfung allein zur Beurteilung von Wässern genügt, genau ebenso aber kann die biologische Untersuchung allein ausschlaggebend sein; in den meisten Fällen werden sich beide Methoden unterstützen und ergänzen.

In bestimmten Fällen kann die chemische Untersuchung ganz versagen, wo die biologische noch sichere Schlüsse zuläßt. Dafür nur ein Beispiel: Ein Gewässer ist durch Zuflüsse von Schmutzstoffen stark verunreinigt worden, hat aber nach einiger Zeit seine ursprünglichen chemischen Eigenschaften wiedererlangt. Es handelt sich darum — etwa in einem Prozesse — diese vorübergehende Verunreinigung nachzuweisen. Der Chemiker findet das Wasser einwandfrei, der Biologe findet am Boden des Flusses, im Schlamm, an feststehenden Pflanzen, Steinen u. dgl. gewisse Organismen, von denen feststeht, daß sie nur in verschmutzten Wässern vorkommen und nur aus solchen stammen können. Damit ist der Beweis geliefert, daß solche Schmutzwässer vorübergehend in den Flußlauf gelangt sind und noch eine Zeitlang ihre charakteristische Flora und Fauna daselbst zurückgelassen haben, wenn auch das Wasser chemisch längst wieder als rein angesehen werden muß. Vielfach wird es sogar gelingen, Art und Grad der Verschmutzung nachträglich festzustellen. Denn da Wässer verschiedener Zusammensetzung — und dies gilt hauptsächlich für Abwässer — und verschiedenen Reinheitsgrades auch verschiedene Existenzbedingungen für die einzelnen Wasserbewohner bieten, so ist es erklärlich, daß die Flora und Fauna eine sehr wechselnde, von dem Reinheitsgrade und der Art der Verunreinigung abhängige ist. Gewisse Wasserorganismen sind für bestimmte Wässer geradezu charakteristisch, und man kann sie als Leitorganismen für die Beurteilung ansehen.

Will man sich die Bedeutung der Auffindung solcher Leitorganismen und ihren Wechsel Hand in Hand mit den übrigen Veränderungen im Wasser klarmachen, so stelle man sich beispielsweise einen Fluß mit reinem Wasser vor, in welchen an einer Stelle Schmutzstoffe durch städtische oder industrielle Abwässer gelangen, wie derselbe im weiteren Verlaufe durch die chemischen und biologischen Faktoren der Selbstreinigung sich der Verunreinigungen nach längerer oder kürzerer Zeit wieder entledigt und zuletzt seine ursprüngliche Beschaffenheit wieder annimmt. Die verschiedenen Zonen dieser Flußabschnitte zeigen ganz verschiedene mikroskopische Bilder, und es wird dem Biologen nicht schwer werden, aus ihnen an jedem Punkte auf den Grad der Verschmutzung resp. auf das Fortschreiten der Reinigung zu schließen. Dabei versteht es sich von selbst, daß man wohl darauf zu achten hat, ob nicht das Vorkommen einzelner Organismen ein rein zufälliges ist, und daß daraus nicht falsche Schlüsse gezogen werden. Systematische und immer wiederholte Untersuchungen werden vor derartigen Täuschungen schützen.

Ebenso wichtig wie der Nachweis bestimmter Organismen allein, ist unter Umständen das Studium des Zusammenlebens mehrerer (Biocoenose), welches als ein sehr wichtiges Moment in Betracht zu ziehen ist.

Die Sumpf- und Schmutzwässer ebenso wie die reinen, frischen, durchlüfteten Wässer, zu denen beispielsweise die großen Seen gehören, weisen bestimmte Lebensgemeinschaften auf. So erscheinen beispielsweise in Abwässern vielfach gemeinschaftlich *Colpidium colpoda*, *Chilodon*, *Glaucoma scintillans*, *Euplotes Charon* mit *Sphaerotilus natans* und *Leptomitus lacteus* und es könnten zahlreiche andere solche Biocoenosen angeführt werden. Mit dem Wechsel der Jahreszeit wechseln auch die Bestände an Organismen im Wasser ganz außerordentlich, man wird daher bei Untersuchungen nicht nur die günstigste Jahreszeit wählen, sondern auch stets angeben, wann die Untersuchung ausgeführt ist.

Die Untersuchung soll sich möglichst auf die sämtliche Lebewelt des Wassers erstrecken, d. h. von den kleinsten Pflanzen und Tieren bis zu den höchst entwickelten. So spielen z. B. gewisse Wasserschnecken wie die durch Kiemen atmenden *Paludina* und *Bythinia* und die durch Lungen atmende *Limnaea* in der Ökologie des Wassers eine große Rolle insofern, als sie Pflanzenreste verzehren und Fäulnisprodukte beseitigen, abgesehen davon, daß

sie selbst wieder als Fischnahrung verwendet werden. Zu solchen Schlammverzehrern gehört u. a. auch die Larve der Chironomusmücke. Daß die Gegenwart von chlorophyllhaltenden Pflanzen für die Sauerstoffproduktion eine große Rolle spielt, bedarf nicht der weiteren Feststellung.

Anhäufungen von Pilzen, Algen, Zoogloeamassen von Bakterien fallen ohne weiteres ins Auge, eine Unzahl von Kleinlebewesen jedoch, welche für die biologischen Vorgänge so außerordentlich wichtig sind, bleiben dem unbewaffneten Auge unsichtbar oder sind nicht auseinander zu halten, sie haften meist nicht fest, sondern schweben frei im Wasser. Um sie in das Bereich der Untersuchung ziehen zu können, bedarf es vielfach besonderer Manipulationen.

Man hat vielfach alle feinen, frei im Wasser schwimmenden Substanzen als Plankton bezeichnet, dazu würden also nicht nur Mikroorganismen, sondern auch Sand, organischer Detritus, soweit diese nicht durch feine Siebe hindurchgehen, gehören. Besser wird man hierfür das Wort „Seston“ (von *σῆστός* abiebbbar) einführen, während Plankton, als ein Teil des Sestons, nur die nicht absiebbaren Organismen bedeutet. Nach Kolkwitz definiert man Plankton als die natürliche Gemeinschaft derjenigen Organismen, welche in freiem Wasser, bei Strömung willenlos treibend, freilebend normale Existenzbedingung haben.

Die Menge des Planktons wechselt in denselben Gewässern mit Jahreszeit, Belichtung, Strömung usw., es kann unter günstigen Umständen bei steigendem Gehalt an geeigneten Nährstoffen so ansteigen, daß es das Wasser trübt, ihm bestimmten Geruch und Farbe erteilt. So riecht Wasser, in welchem reichlich *Synura uvella* vorkommt, nach frischen Gurken, *Dinobryon* erteilt ihm einen seetangartigen Geruch, *Uroglena* riecht ölig. Gewisse Algen, z. B. *Gymnodinium palustre*, machen das Wasser schleimig, eine ganze Anzahl von Planktonen bilden sog. Wasserblüte.

Da das Plankton in der Regel reich ist an chlorophyllhaltigen Organismen, so erhellt seine Bedeutung für die Sauerstoffproduktion.

Die Bedeutung, welche der biologischen Wasseruntersuchung zukommt, konnte sie nur dadurch erlangen, daß die einzelnen Wasserorganismen genau erforscht und ihr biologisches Verhalten festgestellt wurde. Die Erfahrungen, welche man im Laboratorium,

besonders aber beim Studium von Flußläufen, Teichen, Seen, Gräben, aber auch in Aquarien u. dgl., von reinen und Abwässern der verschiedensten Art machte, bilden die Grundlage für die Feststellung der Fähigkeit der Organismen, in Wässern bestimmter Qualität zu gedeihen, und für eine Einteilung auf dieser Basis. Auf Grund der so erworbenen Kenntnisse ist es nun auch möglich, aus dem Vorkommen bestimmter Lebewesen auf die Wasserqualität zu schließen. Im allgemeinen kann man die Wasserorganismen biologisch einteilen in:

1. Organismen, welche nur in reinem Wasser leben — Katarobier.
2. Organismen, welche in wenig verunreinigtem Wasser vorkommen, wie es durch die meisten nicht durch Abwässer verunreinigten Flüsse, Seen, Teiche repräsentiert wird — Oligosaprobier.
3. Organismen, welche in durch Abwässer deutlich verunreinigtem Wasser leben — Mesosaprobier.
4. Organismen, welche sich in stark verunreinigtem Wasser finden — Polysaprobier.

Da die Grenzen besonders bei den Mesosaprobieren sich vielfach verwischen, je nachdem z. B. in einem Flusse die Selbstreinigung vorgeschritten ist, pflegt man die Angehörigen dieser Rubrik noch in α - und β -mesosaprob einzuteilen.

Das Gebiet der Katarobier umfaßt im allgemeinen alle Wässer, welche direkt für die Wasserversorgung geeignet sind, d. h. Wässer mit sehr wenig organischer, besonders stickstoffhaltiger Substanz, mit nicht allzusehr schwankendem Sauerstoffgehalt und im allgemeinen schwach alkalischer Reaktion. Zersetzungen organischer Substanzen durch Fäulnis- und Gärungsvorgänge finden nur in sehr geringem Grade statt, die Zahl der Bakterien ist in der Regel unter 1000 pro ccm.

Zu diesen Wässern gehören die meisten Quellwässer, soweit sie aus größerer Tiefe stammen. Ihre Flora und Fauna ist noch wenig untersucht, weil sie für die Wasserbeurteilung eine untergeordnete Bedeutung hat. Kein zutage getretenes Wasser ist zwar ganz frei von Organismen, aber ihre Zahl ist nur eine geringe. Auch gute Brunnen zeichnen sich durch die Armut an Formen aus. In Höhlen und unterirdischen Wasseransammlungen, gelegentlich

auch in Kesselbrunnen, finden sich vielfach Crustaceen und einige andere Vertreter der niederen Fauna, welche sich sämtlich durch Blindheit auszeichnen. Von Pflanzen findet man manche Eisenbakterien wie *Gallionella*, *Crenothrix* und *Chlamydothrix*. In gut gedeckten, d. h. nicht belichteten Brunnen fehlen die chlorophyllhaltigen Arten durchweg. In belichteten finden sich Kieselalgen, grüne Fadenalgen und Rotatorien. Harte Wässer unterscheiden sich in dieser Beziehung vielfach von weichen.

Das Gebiet der Mesosaprobier beginnt mit vielen Brunnenwässern, mit den Wässern von Zisternen, See-, Teich- und Flußwässern.

In chemischer Beziehung zeichnen sich solche Wässer durch die in ihnen vorgehenden Oxydationserscheinungen aus; der Sauerstoffgehalt ist daher ein bedeutender. Die stickstoffhaltigen Substanzen bestehen aus ziemlich weiten Abbauprodukten der Eiweißkörper, welche zu Fäulnisprozessen nicht mehr Veranlassung geben, aber noch als gute Nährstoffe für Bakterien anzusehen sind. Die Anzahl der auf Gelatineplatten zur Entwicklung kommenden Keime wird meist unter 10000 pro ccm betragen, kann aber in der α -mesosaprobien Zone diese Zahl noch übersteigen. Vertreter der Mesosaprobier sind eine große Anzahl von Bacillariaceen, gewisse Chlorophyceen, Ciliaten, Rhizopoden, an der Grenze zwischen Mesosaprobieren und Polysaprobieren stehen *Carchesium lachmanni* und *Leptomitus lacteus*.

Die Zone der Polysaprobier ist die Heimat der eigentlichen Abwasserorganismen und umfaßt die an organischen Stoffen reichen Wässer, in denen hauptsächlich Spaltungs- und Reduktionsprozesse organischer Substanzen vor sich gehen. Der Sauerstoffgehalt ist gering, der Kohlensäuregehalt groß. Vielfach tritt Schwefelwasserstoff im Wasser oder bei Anwesenheit von Eisen Schwefel Eisen im Schlamm auf. Die Menge der Mikroben steigt bisweilen ungeheuer und beträgt für Bakterien oft viele Millionen pro ccm. Stickstoffhaltige Abwässer aus Städten, landwirtschaftlichen Betrieben und ähnl., welche gleichzeitig meist reich an Kohlehydraten sind, bieten besonders Saprophyten die geeigneten Lebensbedingungen. Bakterien, Schwefelbakterien, Fäulnisorganismen, wie *Paramecien*, *Vorticellen*, welche auf Bakterien als Nahrung angewiesen sind, kommen hier zum üppigen Gedeihen. Abwässer bestimmter Fabrikbetriebe zeigen oft ein charakteristisches Bild je nach ihrer Zusammensetzung. Man findet da vielfach massenhafte

Entwicklung der Abwasserpilze *Sphaerotilus natans*, *Leptomitius lacteus*, *Beggiatoen*, *Thiothrix*, *Fusarien*.¹⁾

Eine Zusammenstellung verhältnismäßig weniger, aber besonders häufiger oder wichtiger Vertreter der verschiedenen Abwasserorganismen ist im folgenden gegeben. Wenn auch das Studium ausführlicher Werke wie Metz, Eyferth, Migula u. a. nicht zu entbehren ist, wird doch zur Untersuchung und Beurteilung von Wässern in biologischer Hinsicht die aufgeführte Anzahl meist genügen. Vor allem soll sie eine erste Anregung zum Selbststudium geben; eingehende biologische Fragen und Untersuchungen werden in praxi stets einem Biologen vom Fach zu überlassen sein.

Als Vorbereitung für das Studium biologischer Verhältnisse von Gewässern verschiedener Art und als Übungen dienen Wässer aus Flüssen, Teichen, Gräben, Tümpeln, Wasserpflanzen mit anhängenden Organismen, Schlämmen, Abwässer aus Städten, Industrien, Fabriken. Man wird sich bald die charakteristischen Formen einprägen, und es wird alsdann auch dem Chemiker vorkommenden Falles nicht schwer werden, eine einfache biologische Wasseruntersuchung vorzunehmen, wenn, wie es wohl meist der Fall sein wird, ein Spezialexperte nicht zur Hand ist. Spezialwerke müssen natürlich zur Ergänzung unserer kurzen Angaben stets herangezogen werden.

Beschreibung der wichtigsten Wasserorganismen

Die Anordnung der folgenden Organismen erfolgt nach dem natürlichen System; die Beschreibung ist im wesentlichen den ausführlichen Handbüchern von Migula²⁾, Metz³⁾, besonders aber B. Eyferth⁴⁾ entnommen.⁵⁾ Die Abbildungen sind zum großen Teil Originale.

I. Schizophyten

Einzellige Organismen von kugeliger oder länglicher Gestalt, bei höheren Arten Fäden aus Zellreihen zusammengesetzt. Die

1) Ausführlicher ist diese Frage behandelt bei Kolkwitz (Rubners Handbuch der Hygiene 1911).

2) Migula, Kryptogamenflora von Deutschland, Deutschösterreich und der Schweiz, 1907.

3) Metz, Mikroskopische Wasseruntersuchung.

4) Eyferth, Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches, 1909.

5) Pascher, Süßwasserflora bei G. Fischer; Kolkwitz und Marsson cf. Literatur.

Fortpflanzung geschieht durch Zellteilung; vielfach mit Dauersporen. Bewegung, wenn vorhanden, geschieht durch Geißeln. Lassen sich einteilen in:

1. Bacteriaceae. Zellinhalt farblos oder rosa (selten grün).
2. Schizophyceae. Zellinhalt grün oder blaugrün.

1. Bacteriaceae, Schizomycetes

Bakterien oder Spaltpilze

Streptococcus margaritaceus (Schröter). Kugelige, große Zellen etwa $1,5 \mu$ im Durchmesser, zu langen perlschnurartigen Ketten vereint. Häufig in städtischen Abwässern.

Micrococcus candidans (Flügge). Zellen $1,2 \mu$ dick, bildet porzellanweiße Kolonien. Häufig in Wasser. Verflüssigt Nährgelatine nicht.

Micrococcus aquatilis (Bolton). Sehr kleine Kokken, welche selbst in destilliertem Wasser fortkommen und sich vermehren können. Kolonien mit Perlmutterglanz, verflüssigt nicht.

Sarcina paludosa (Schröter). (Fig. 45.) Regelmäßige Pakete. Durchmesser der Zellen ca. 2μ , stark lichtbrechend. Ziemlich häufig im Schlamm städtischer und anderer Abwässer mit viel organischen Bestandteilen.



Fig. 45
Sarcina
paludosa
 $\frac{500}{1}$

Sarcina ureae (Beijerinck). Pakete von 4 bis 8 runden Zellen. Kolonien gelb. Zellen mit Geißeln und Sporen. Vergärt Harnstoff; findet sich gelegentlich im Wasser, welches menschliche Abgänge enthält.

Lamprocystis roseo-persicina (Schröter). Schwefelbakterien, rosafarben, kugelnbildend, welche im Alter hohl werden, zerreißen und dadurch netzartige Lappen darstellen. In Sümpfen und Abzugsgräben, mit Algen und Oszillatorien oft Wasserblüte erzeugend.

Lamproedia hyalina (Schröter). Farblose, etwa 2μ dicke Zellen in Tafelform aneinander gelagert, oft Überzüge auf Schlammproben bildend, ähnlich wie *Merismopedia* (siehe diese). Hauptsächlich Schlammorganismus.

Bacillus coli (siehe bakteriologischer Teil).

Bacillus typhi dito.

Bacillus anthracis dito.

Bacillus berolinensis (Kruse). Rotes in Wasser lebendes, lebhaft bewegliches Stäbchen, bisweilen Fäden bildend. Gelatineplattenkolonien gelb.

Bacillus vulgaris (Hauser). *Proteus vulgaris*. Lebhaft bewegte, mit peritrichen Geißeln versehene, bis 4μ lange und $0,7 \mu$ dicke Stäbchen, deren Länge übrigens mit der Reaktion des Nährbodens wechselt. Wächst aerob und anaerob. Zersetzt Gelatine unter Fäulniserscheinungen. Erreger der Wegelschen Krankheit.

Bacillus mycoides (Flügge). Wurzelbazillus. Stäbchen etwa $0,9 \times 2,4 \mu$, mit geringer Eigenbewegung. Häufig in Schlamm und Wasser. Kolonie wie ein Wurzelgeflecht aussehend.

Bacillus subtilis (Cohn). Lebhaft bewegte, wackelnde Stäbchen, oft Ketten bildend. Verflüssigung der Gelatine kreisrund. Sehr widerstandsfähige Sporen erzeugend, welche äquatorial auskeimen. Sehr verbreitet.

Pseudomonas fluorescens liquefaciens (Flügge). *Bacillus fl. liqu.* Lebhaft bewegte Stäbchen $0,4 \times 1,5 - 6 \mu$. Verflüssigt Gelatine schnell unter Fluoreszenzerscheinung. Sauerstoffzehend. Überall im Wasser, auch reinem.

Pseudomonas fluorescens non liquefaciens. Sehr ähnlich dem vorigen, aber nicht verflüssigend, vielleicht nur eine Abart.

Pseudomonas berolinensis (Claessen). Lebhaft bewegte Stäbchen, bildet auf Nährböden indigoblauen Farbstoff.

Pseudomonas violacea (Schroeter). Oft etwas gebogene Stäbchen mit lebhafter Bewegung. Auf Nährböden violetten Farbstoff erzeugend.

Microspira comma. *Spirillum Cholerae* (Koch) siehe bakteriologischen Teil.

Microspira saprophiles (Weibel). Häufig S-Formen bildend, lebhaft beweglich, häufig in Kanalschlamm.

Microspira desulfuricans (Beijerinck). Meist $\frac{1}{2}$ bis 1 Windung bildend; bewegt sich nur in Sauerstoffabwesenheit. Bei Gegenwart von Eisensalzen entsteht in der Umgebung der Kolonien Schwefeleisen. In Grabenwasser und Schlamm.

Spirillum volutans (Ehrenberg). Großes *Spirillum* $1,8 \times 6$ bis 7μ und mehr, $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ mal gewunden, aber auch zahlreichere Windungen zeigend. Nicht sehr häufig in städtischen Abwässern.

Spirillum undula (Ehrenberg). Schraubenförmig mit $\frac{1}{2}$ bis 2 Windungen, Geißelbüschel polar. In Jauche und Abwässern.

Spirillum rugula (Müller). In der Mitte ausgebogen, an den Enden meist gerade. Zelldurchmesser $1,5 \mu$. Oft an unter Wasser faulendem Laub.

Chlamydobakterien. Zu Fäden angeordnete Bakterien mit meist deutlich zu erkennender Scheide. Vermehrung meist durch Sporen, welche aus den vegetativen Zellen hervorgehen.

1. **Gattung Chlamydothrix** (chlamys = Mantel, thrix = Haar). Fäden aus zylindrischen Zellen bestehend. Deutlich entwickelte Scheide.

Chlamydothrix ochracea (Kützing). *Leptothrix ochracea*. Durchmesser der Zellen ca. 1 μ . Scheide in der Jugend farblos, später dick und braun gefärbt. Scheide starr oder gallertartig. Speichert Eisen und Mangan auf. Sehr häufiges Eisenbakterium. Bisweilen auch als schwebende Fäden im Plankton.

Chlamydothrix epiphytica (Migula) mit dicker Gallertscheide, besonders auf Wasseralgen vegetierend.

2. **Gattung Gallionella**. Die Gliederung ist meist nicht zu erkennen.

Gallionella ferruginea (Ehrenberg). (Fig. 46.) Feine gelbliche oder braune Fäden, welche unregelmäßig gewunden oder geschraubt sind. Findet sich häufig in eisenhaltigen Quellen, Brunnen usw. Die Einlagerungen bestehen aus Eisen- und Manganoxyd.

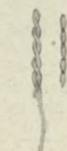


Fig. 46
Gallionella ferruginea
300
1

3. **Gattung Crenothrix** (Cohn). Unverzweigte Fäden, festsitzend, nach dem freien Ende zu verdickt, mit deutlichen Scheiden. Vermehrung durch aus der Scheide heraustretende Sporen oder durch Teilung der Glieder.

Crenothrix polyspora (Cohn). (Fig. 47.) Abbildungen bei Zopf, Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über *Crenothrix polyspora* 1874. Unbewegliche Fäden, welche nach oben zu dicker werden. Scheiden nicht verquollen, farblos oder braun gefärbt. Bisweilen massenhaft in Wasserröhren auftretend. In Flüssen, Seen, Brunnen verbreitet. Bekannt ist die Kalamität in der Berliner Wasserleitung (vom Tegeler See) in den Jahren 1877 und 1878.



Fig. 47
Crenothrix polyspora
375
1

4. **Gattung Clonothrix**. clon = Zweig; thrix = Haar. Die Fäden zeigen falsche Dichotomie, oder sind büschelartig verzweigt, festsitzend, nach der Spitze zu dünner werdend. Deutliche Scheide, welche Eisen und Mangan aufspeichert. Zellen zylindrisch oder scheibenförmig. Die Sporen sind unbeweglich und kugelig.

Clonothrix fusca (Roze). Fäden von wechselnder Dicke, an der Basis mit der Scheide 5 bis 7 μ , an der Spitze etwa 2 μ dick; oft wesentlich größere Dimensionen beobachtet. Dicke der Zellen 2 μ , Länge 8 bis 20 μ . Rasenbildend in Brunnen, Röhren, oft mit *Crenothrix* gesellschaftet, auch in Oberflächenwässern.

5. **Gattung Sphaerotilus.** sphaeros = Kugel, tilos = Flocke.

Sphaerotilus natans (Kützing). (Fig. 48.) Die fest-sitzenden Fäden sind aus ca. 2 μ dicken und ca. 4 bis 6 μ langen Zellen zusammengesetzt. Die Scheide ist deutlich, meist von Schleim umgeben. Die Vermehrung geschieht durch Schwärmzellen. Bildet schleimige, zottige fellartige Besätze in Bächen und Flüssen mit viel organischen Stoffen und ist charakteristischer Abwasserbewohner, entwickelt sich aber nur in mäßig bewegtem oder strömendem Wasser an Holzstücken, Schilf, Blättern, weniger an Steinen. Losgerissene Stücke können beim Anhäufen sekundäre Verunreinigungen durch Fäulnis erzeugen. Weiteres über diesen Pilz und über andere spezifische Abwasserpilze siehe Kolkwitz, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Schizomycetes.

Sphaerotilus roseus (Zopf). Fäden mit falschen Dichotomien. Schleimige, rote Pilzmassen, oft massenhaft in Abwässern an den Uferpartien. Bisweilen auf *Leptomitus* aufsitzend. Erscheint besonders in der kälteren Jahreszeit.

6. **Gattung Cladothrix.** clados = Zweig; thrix = Haar. Fäden mit Scheiden, Scheinäste, falsche Dichotomien bildend. Die Zellen der Fäden schwärmen an den Enden aus. Ist vielleicht identisch mit *Sphaerotilus* (Migula).

Cladothrix dichotoma (Cohn). (Fig. 49.) Bildet oft samtartige Überzüge in Wässern mit mesosaprobem Charakter.

Wahrscheinlich in naher Beziehung zu *Sphaerotilus* steht ferner *Zoogloea ramigera* (Itzigsohn). (Fig. 50.) Blumenkohl- oder geweihartige Gebilde aus dichtgedrängten Stäbchen zusammen-



Fig. 48
Sphaerotilus
natans
150
1

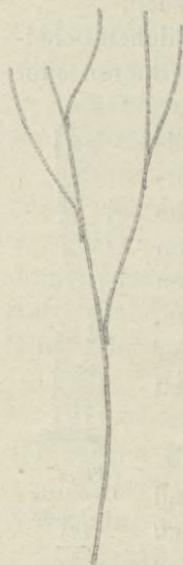


Fig. 49
Cladothrix dichotoma
150
1



Fig. 50
Zoogloea ramigera
150
1

gesetzt, sich bisweilen zu Fäden verschmälernd. Stellt vielleicht eine Jugendform von *Sphaerotilus* vor. Häufig in verschmutzten Wässern mit *Sphaerotilus* zusammen vorkommend. Bisweilen findet man Gallertmassen, in denen die Stäbchen völlig verschwunden sind, besonders in der Mitte, während sie an den Enden der geweihartigen Gebilde nie fehlen.

Systematik der Scheidenbakterien (nach Kolkwitz: *Schizomycetes. Spaltpilze. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg 1909. Bd. 5, Heft 1. Gebr. Bornträger, Berlin.*)

Chlamydobacteriaceae (Scheidenbakterien)

Gattungen

A. Fäden unverzweigt.

I. Fäden dünn, 1 bis einige μ breit:

- a) Fäden meist gestreckt *Chlamydothrix.*
- b) Fäden meist schraubig gewunden *Gallionella.*

II. Fäden, wenigstens im oberen Teil dick (bis 30 μ und mehr) . . *Crenothrix.*

B. Fäden oder Schläuche unecht verzweigt.

I. Zellen zu deutlichen Fäden angeordnet:

- a) Fäden ziemlich robust, deutlich verzweigt, nach den Enden zu verjüngt *Clonothrix.*
- b) Fäden gleichmäßig dick, meist 2 μ im Durchmesser:

- 1. Fäden zahlreich entwickelt, nur wenig verzweigt . . . *Sphaerotilus.*
- 2. Fäden spreizend, meist dichotomisch verzweigt *Cladothrix.*

II. Zellen in geweihartig verzweigter

Gallerte eingebettet *Zoogloea ramigera.*

Beggiatoa (Trevisan). Farblose, meist scheidenlose, freibewegliche Fäden, deren Gliederung oft deutlich zu sehen ist. Oxydieren Schwefelwasserstoff zu Wasser und Schwefel, den sie in Form von plastischen Körnchen aufspeichern. Dieser Schwefel wird in Gegenwart von kohlensaurem Kalk weiter zu Schwefelsäure oxydiert. In konserviertem Material ist der Schwefel meist verschwunden. Durch die Beweglichkeit von der sonst ähnlichen *Thiothrix* unterschieden.

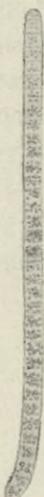


Fig. 51
Beggiatoa
alba
375
1

Beggiatoa alba. (Fig. 51.) 2,5 bis 4 μ dicke Fäden. In Wässern mit faulenden, Schwefelwasserstoff bildenden Substanzen, im Schlamm, in Schwefelquellen. Überzieht schwefeleisenhaltigen Schlamm oft als dicke weiße Masse.

Ähnliche Formen sind *B. arachnoidea* und *B. leptomitiformis* weiße, spinnwebartige Schleier oder Häute bildend.

Näheres über Beggiatoen, sowie Schwefelbakterien überhaupt bei Omelianski, der Kreislauf des Schwefels, Lafar. Technische Mykologie 1904—1906. Bd. 3.

Thiothrix *nivea* (Ravenhorst). Fäden an der Basis bis 2,5, an der Spitze bis 1,5 μ dick. Schwefelbakterium. Findet sich in mit Brauereiabwässern verunreinigten Wässern, auf der Oberfläche von biologischen Tropfkörpern, in fließenden Wässern oft auf Algen aufgewachsen.

Über weitere Formen: *Thiocystis*, *Thiocapsa*, *Thiosarcina*, *Thiopedia*, *Thiothece*, *Thiodictyon*, *Thioplococcus* siehe Kolkwitz, *Schizomycetes*.

Chromatium *Okenii* (Ehrenberg). (Fig. 52.) Etwa 6 μ breite und bis 18 μ lange Zellen mit abgerundeten Enden, polar begeißelt. Rosenrot mit Schwefelkörnern. Bewegt sich unter Drehung um die Achse. In schwefelwasserstoffhaltigen Wässern, besonders Sümpfen, oft rosenrote Überzüge auf dem Wasser bildend.



Fig. 52
Chromatium
okenii
375
1

Weitere Formen: *Chr. vinosum*, *minutissimum*, *gliscens*, *fallax*.

Thiospirillum *sanguineum* (Ehrenberg). (Fig. 53.) Bildet Schrauben von ca. 3 μ Dicke. Bipolar begeißelt. Blaßrot mit dunklen Schwefelkörnern. Ziemlich selten.



Fig. 53
Thiospirillum
sanguineum
375
1

Weitere Schwefelbakterien: *Rhodocystis*, *Rhodonostoc*, *Rhodococcus*, *Rhodobacillus*, *Rhodospirillum*.

Systematik der Beggiatoaceen (Kolkwitz a. a. O.)

- Fäden gleichmäßig dick, immer frei beweglich, bilden keine Gonidien *Beggiatoa*.
- Fäden ungleichmäßig dick, festsitzend, bilden bewegliche Stäbchengonidien *Thiothrix*.
- Fäden in gemeinsamer Gallertröhre *Thioploca*.

2. Schizophyceae

Spalt- oder Blaualgen

Unterscheiden sich von den Bacteriaceen besonders durch das Fehlen von Schwärmebildenden Organen und das Vorhandensein eines blaugrünen Farbstoffes. Einzelne lebende oder lose zusammenhängende Individuen. Fortpflanzung durch Zellteilung.

Chroococcus minor. Isolierte Zellen, spangrün gefärbt, bis $3,75 \mu$ dick. Besonders auf überfluteten Steinen.

Chr. helveticus. Bis $7,5 \mu$ dick, spangrün meist zu 4 bis 8 zusammen. In Torfgewässern.

Clathrocystis aeruginosa (Kützing). Dicke 3 bis 4μ , blaugrün. In nicht verunreinigtem Wasser oft Wasserblüte erzeugend.

Merismopedia elegans (Meyen). (Fig. 54.) Blaugrüne, viereckige Zellen, welche in Längs- und Querreihen aneinander gelagert sind. In stehenden nicht verunreinigten Wässern.



Fig. 54
Merismopedia elegans
 $\frac{375}{1}$

Oscillatoriaceae. Fäden meist in Scheide; Zellen der Fäden gleichartig. Sehr artenreiche, oft zusammenlebende Familie; vielfach beweglich.

Oscillatoria limosa. (Fig. 55.) In Abwässern häufig, kriecht unter Drehung um die Längsachse.

Fernere Arten: *O. formosa*, *chlorina*, *princeps*, *anguina*, *splendida*, *tenerrima*, *chalybaea*, *brevis*, *tenuis*, *putrida*.

Die *Oscillatoria Agardhii* stellt einen oft in außerordentlichen Mengen vorkommenden Planktonorganismus vor. Im Lietzensee bei Charlottenburg fanden sich im Jahre 1908 pro Kubikzentimeter über 4000 Fäden à 100 Zellen, also über 400 000 Algenzellen. (Kolkwitz.) Schwach meso-saprob.

Arthospira Jenneri (Stizenberger). (Fig. 56.) Scheidenlose gedrehte Fäden, welche sich schraubenförmig be-



Fig. 55
Oscillatoria limosa
 $\frac{375}{1}$



Fig. 56. *Arthospira Jenneri* $\frac{375}{1}$

wegen. Blaugrün 5 bis 8μ dick, 9 bis 15μ lang. Findet sich in Teichen und Sümpfen mit stark verschmutztem Wasser, oft mit *Beggiatoa* zusammen.

Phormidium. Die Zellen sind in verklebte Scheiden eingeschlossen. Einzelne Arten kommen noch in heißen Quellen bei 85° fort.

Hauptsächliche Vertreter sind: *Phormidium tenne*, *autumnale*, *subfuscum*, *uncinatum*, *innudatum*, *papyraceum*.

Lyngbya ochracea. Mit festen, häutigen Scheiden, anfangs hell, später ockergelb; in eisenhaltigen Quellen und Sümpfen.



Fig. 57
Anabaena
flos aquae
150
1

Anabaena flos aquae. (Fig. 57.) Runde oder ovale Zellen 6 bis 8 μ lang zu Ketten vereint. Die Sporen sind gekrümmt bis 13 μ dick, 20 bis 50 μ lang. Auf Teichen und Seen oft Wasserblüte bildend.

Weitere Formen: *Anabaena circinalis* ein Planktonorganismus, *A. catenula*, *A. oscillarioides*.

Aphanizomenon flos aquae. Beiderseitig zugespitzte Fäden mit zylindrischen, 3 bis 6 μ langen Zellen. Dauerzellen 7 bis 8 μ dick und bis 80 μ lang. Bildet

Wasserblüte.

Rivularia pisum. Verzweigte Fäden in gallertiger Scheide, Fäden 4,7 μ dick, Zellen olivengrün, Sporen 0,1 bis 0,4 μ lang, 9 bis 15 μ dick. Häufig in Teichen.

R. minutula mit weiter Scheide, farblos oder geblich, Fäden zugespitzt. Häufig.

Euphyceae. Echte Algen

Carteria cordiformis. Herzförmige Individuen mit großem Augenfleck.

Chlamydomonas. Kugelig bis eiförmig, Chromatophor meist einfach mit zwei kontraktiven Vacuolen, bewirken oft Grünfärbung von Tümpeln.

Chl. de Baryana, *Ehrenbergii*, *Reinhardi*, *intermedia*, *longistigma*, *pisiformis*, *variabilis*.

Gonium pectorale zu den Volvoceen gehörend, mit tafelförmig geordneten Zellen, Seitenlänge der Kolonie etwa 70 μ , einzelne Zellen 5 bis 15 μ breit. Teiche und Pfützen.

Weitere Formen: *G. tetras* und *sociale*.

Stephanosphaera pluvialis. Gallertkugel, in welcher acht Zellen liegen, deren Geißeln aus der Kugel hervorsehen. Zellen spindelförmig.

Pandorina morum,

Eudorina elegans.

Volvox, geschlechtliche und ungeschlechtliche Vermehrung.

Volvox globator. (Fig. 58.) Die Zellen sind durch Plasmastränge verbunden. Kolonie bis 800 μ groß. Häufig in nicht verunreinigten Wässern.

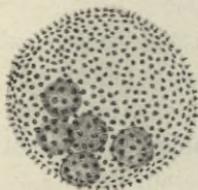


Fig. 58
Volvox globator

V. aureus. Kleiner als die vorige.

Chlorella vulgaris. Kugelige Zellen mit dünner Membran und glockenförmigem Chromatophor.

Rhaphidium polymorphum.

(Fig. 59.) Nadel- oder spindelförmige Zellen, meist zu Bündeln vereint, in



Fig. 59
Rhaphidium
polymorphum
 $\frac{875}{1}$

der Form wechselnd. In stehenden Wässern verbreitet.

Stichococcus bacillaris. Zylindrische Zellen mit dünner Membran, einzeln oder in Reihen angeordnet.

Scenedesmus quadricauda. (Fig. 60.) Oblonge Zellen, die Endzellen mit 4 seitlichen Hörnern, sehr wechselnd in Dicke. Verbreitet.

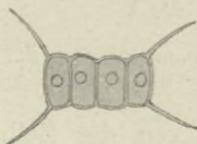


Fig. 60. Scenedesmus quadricauda
 $\frac{375}{1}$

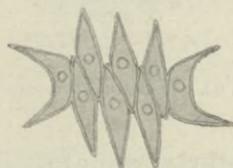


Fig. 61. Scenedesmus acutus
 $\frac{375}{1}$

Scenedesmus acutus (obliquus). (Fig. 61.) Zellen spindelförmig, nur in der Mitte verbunden, 4 bis 10 μ dick, 5 bis 20 μ lang, die Endzellen in der Regel etwas nach außen gebogen. In stehenden und fließenden, nicht verunreinigten Wässern häufig.

Fernere Art: *Sc. bijugatus (obtusus)*.

Actinastrum hantzschii (Lagerheim). Kegelförmige Zellen, allmählich verdünnt, strahlenförmig. Planktonorganismus.

Coelastrum sphaericum. Cönobien kugelig oder würfelförmig, Zellen abgeplattet; dies, sowie *C. reticulatum* selten.

Golenkinia radiata. Planktonalge.

Tetraspora gelatinata und explanata (Naegeli). Einzellige oder zu Kolonien verbundene Algen, häufig in Gallertlagern.

Dictyosphaerium pulchellum. Kugelige Zellen 3 bis 8 μ dick, zu Familien vereint, durch Fäden verbunden.



Fig. 62
Dictyosphaerium
Ehrenbergianum
 $\frac{375}{1}$

Dictyosphaerium Ehrenbergianum. (Fig. 62.) Zellen elliptisch, 4 bis 7 μ dick, 4 bis 9 μ lang. Familien kugelig. Ziemlich selten in Teichen usw. mit schwach mesosaprobem Charakter.

Pediastrum (Meyen). Polyedrische Zellen, zu tafelförmigen oder runden Verbänden angeordnet.

P. boryanum. (Fig. 63.) 8 bis vielzellig, Randzellen tief ausgerandet oder zweilappig, Lappen zugespitzt. Verbreitet in stehenden Gewässern. Mesosaprob.

P. duplex (pertusum). (Fig. 64.) Mit ausgerandeter Mittelzelle, Randzellen zweilappig, häufiger als vorige. Oligosaprob.

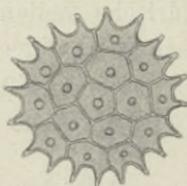


Fig. 63. *Pediastrum boryanum* $\frac{375}{1}$

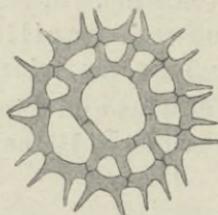


Fig. 64. *Pediastrum duplex* $\frac{375}{1}$

Ulothrix zonata. (Fig. 65.) Zellen von der Zellmembran konzentrisch umgeben, mit wandständigem Chromatophor. Fäden büschelig. Verbreitet in lebhaft fließenden Bächen. Dunkelgrün, oft samtartige Lager bildend.

U. subtilis. Freischwimmende Flocken, wie vorige verbreitet, hellgrün.

Conferva bombycina. (Fig. 66.) Unverzweigte Fäden, Membran aus H-förmigen, schachtelartig ineinander grei-



Fig. 65
Ulothrix sp.
 $\frac{150}{1}$

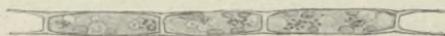


Fig. 66. *Conferva bombycina* $\frac{375}{1}$

fenden Stücken zusammengesetzt. Zellen an der Querwand eingeschnürt. Dunkelgrün, in stehenden Wässern sehr verbreitet, polysaprob.

Microspira floccosa und *amoena*.

Binuclearia *tatrana*.

Chaetophora *elegans*.

Draparnaldia *glomerata*.

Stigeoclonium tenue (Kg.). (Fig. 67.) Der Thallus sitzt durch eine Haftplatte fest; Verzweigung einfach; die Zweige sind pfriemenförmig zugespitzt. Zellen 9 bis 15 μ dick, etwa dreimal so lang. Die Chromatophoren sind wandständig. Verbreitet in Brunnen, Wasserbehältern, fließendem Wasser. Oligo- und β -mesosaprob.

Aphanochaete repens verbreitet.

Microthamnion Kuetzingianum. Verzweigter Thallus, Chromatophor bandförmig, Zweige etwas gekrümmt, Zellen 3 bis 5 μ dick, keulig verbreitert, lebhaft grün. Häufig in stehenden Gewässern.

Oedogonium. Geschlechtliche und ungeschlechtliche Vermehrung. Zahlreiche, schwer zu bestimmende Arten.

Oe. rivulare in Gräben.

Bulbochaete setigera. Die verästelten Zellreihen enden in eine am Grunde angeschwollene Borste. Oogonien viereckig-kugelig. Ziemlich häufig in sumpfigen Gewässern.

Cladophora crispata. (Fig. 68.) Reich

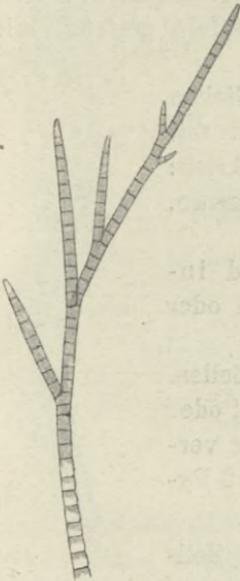


Fig. 67

Stigeoclonium tenue $\frac{150}{1}$

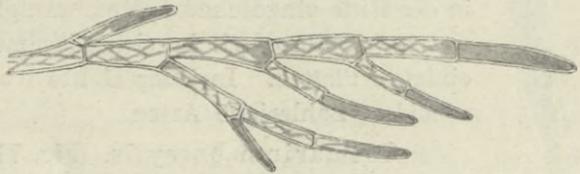


Fig. 68

Cladophora crispata $\frac{150}{1}$

verzweigte Zellfäden, in der Jugend festsitzend, später freischwimmend. Zellen zylindrisch. Mesosaprob.

Cl. glomerata. Büschel. Oligosaprob.

Vaucheria (zu den Schlauchalgen gehörig). Schlauchförmiger Thallus, oft verzweigt. Eier und Spermatozoiden entstehen in abgegliederten Seitenzweigen.

V. sessilis, repens, terrestris. Häufig in wenig verunreinigten Wässern.

Conjugatae

Chlorophyllgrüne, ein- oder mehrzellige Algen, sich nur in einer Richtung teilend. Zygosporenbildung durch Conjugation zweier Zellinhalte.

Sphaeroszoma excavatum. Zellen durch zapfenförmige Fortsätze vereint. Zellen schwach eingeschnürt.

Desmidium swartzii. Zellen deutlich eingeschnürt, häufig.

Closterium. Die meist zugespitzten Zellen gerade, gebogen, sichelförmig, in der Mitte nicht oder wenig bauchig. Im farblosen Stamm jeden Endes eine Vakuole mit Gipskriställchen. Membran glatt oder längsgestreift. Sehr artenreich.

Cl. acerorum. (Fig. 69.) Linealisch lanzettliche Zellen mit konischen Enden. Membran sehr fein gestreift mit Querlinie. Häufig.



Fig. 69
Closterium
acerorum
 $\frac{100}{1}$

Cl. parvulum (Fig. 70) mit deutlichen Chlorophyllbändern. Enden zugespitzt, mit 3 bis 6 Pyrenoiden. Häufig. Fernere Arten: *Cl. lunula*, *striolata*, *rostrata*, *Dianae*, *Ehrenbergi*.

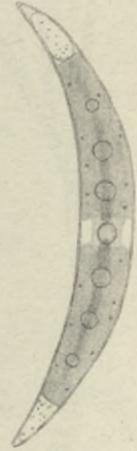


Fig. 70
Closterium
parvulum
 $\frac{375}{1}$

Arthrodesmus convergens und *incus.* Ovale oder runde Zellen, mit 4 oder 8 Stacheln. Scheitelansicht oval.

Cosmarium. Runde oder ovale Zellen, in der Mitte eingeschnürt, Membran glatt oder warzig. Chlorophyll in vier oder mehr vereinigten Platten. In jeder Hälfte 1 bis 2 Pyrenoide. Zahlreiche Arten.

Cosmarium botrytis. (Fig. 71.) Zellhälften nach der Spitze verschmälert, am Scheitel abgestutzt, mit Warzen besetzt, 25 bis 70 μ breit, 10 bis 100 μ lang. In verschmutzten Wässern.



Fig. 71
Cosmarium
botrytis
 $\frac{150}{1}$

C. margaritifera. (Fig. 72.) Zellhälften abgerundet, Scheitelansicht oval. Überall häufig.

Hierher gehörig noch: *Cosmocladium saxonicum.*

Euastrum verrucosum. Strahlig gelappte Zellen, einzelne Lappen wieder ausgebuchtet. Mit Warzen 75 bis 100 μ lang, häufig.



Fig. 72
Cosmarium
margaritifera
 $\frac{150}{1}$

Miscrasterias rotata. Sternförmige Zellen. Membran am Rande mit Zähnen.

Staurastrum. Zellen zu 2 oder 4 verbunden mit tiefer Mitteleinschnürung. Scheitelansicht drei- oder vieleckig; in jeder Zellhälfte ein Chromatophor.

St. dejectum, hirsutum, tetracerum, macrocerum.

Spirogyra. Chromatophoren in schraubig gewundenen Bändern. Gehören zu den schönsten Fadenalgen des Süßwassers. Conjugation seitlich, leiter- oder knieförmig. Bilden in Wasser schleimige grüne Matten.

Sp. crassa (Fig. 73), gracilis, rivularis, nitida, bellis.

Mougeotia genuflexa. (Fig. 74.) In stehenden Gewässern verbreitet.



Fig. 73
Spirogyra crassa
 $\frac{75}{1}$



Fig. 74. Mougeotia genuflexa $\frac{150}{1}$

Zygnema. Quadratische Zellen mit zwei sternförmigen Chromatophoren. Cruciatum und stellinum.

Diatomaceae (Bacillariaceae)

Kieselalgen

Zwei Kieselschalen schließen ein gelb oder braun gefärbtes Plasma ein. Einzelne oder zusammenlebende Individuen. Bei der Betrachtung ist zu beobachten, ob die Rücken- oder Gürtelseite vorliegt, welche gänzlich verschieden sind. Schalenansicht vielfach nadelförmig. Kommen meist nur in reinem Wasser vor.

Melosira varians. (Fig. 75.) Zylindrisch mit kreisrundem Querschnitt. Schalen wenig gewölbt. Auch in Abwässern.

M. arenaria. Große Form. Oligosaprob.

M. Binderiana. (Fig. 76.)

M. italica.

M. crenulata. (Fig. 77.) In Gräben und Flüssen.



Fig. 75
Melosira varians
 $\frac{375}{1}$



Fig. 76
Melosira Binderiana
 $\frac{375}{1}$



Fig. 77
Melosira crenulata
 $\frac{375}{1}$

Cyclotella *Kuetzingiana*. Schalen in der Mitte angeschwollen. Ferner comta.

Stephanodiscus *Hantschianus*. Schalendeckel am Rande mit Stacheln, welche sich oft sehr stark entwickeln, so daß ein spinnenförmiges Gebilde entsteht.

Fragilaria. Schalen linearisch, stabähnlich, bisweilen kreuzförmig, körnige oder plattenförmige Chromatophoren.

F. virescens. Sehr verbreitet, oligosaprob.

F. crotonensis. Planktonalge.

F. mutabilis. Planktonalge oligosaprob.

F. construens. Zellen in zickzackförmigen Ketten, oligosaprob.

F. capucina. (Fig. 78.) Sehr häufig, Zellen zu langen Bändern vereint.

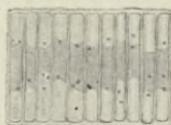


Fig. 78
Fragilaria capucina
 $\frac{375}{1}$

Synedra. Die meist an Algen angewachsenen Zellen häufig fächerförmig.

S. ulna. (Fig. 79.) Meist in Büscheln. Schalseite linear, Oligosaprob. mit vielen Varietäten.

S. acus, *lunaris*, *radians*, u. a.

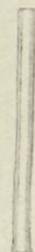


Fig. 79
Synedra ulna
 $\frac{150}{1}$

Asterionella, freischwimmende Alge mit linearischen Zellen mit verdickten Polenden, fein gestreift, meist zu sternförmigen Kolonien verwachsen.

A. formosa. Plaktonalge, oligosaprob.

A. gracillima. (Fig. 80.) Die Zellen berühren sich nur an einem Punkte. Oft Hauptbestandteil des Planktons.

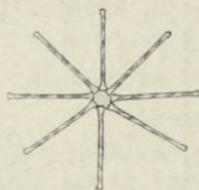


Fig. 80
Asterionella gracillima $\frac{150}{1}$

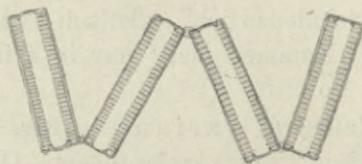


Fig. 81. *Diatoma vulgare* $\frac{375}{1}$

Diatoma. Elliptische Schalen, Gürtelansicht rechteckig.

D. vulgare. (Fig. 81.) In Gräben. Mesosaprob.

D. hiemale, *tenue*.

Tabellaria *fenestrata*. Tafelförmige Zellen, oft zickzackförmig. Oft massenhaft im Seenplankton, welches das Wasser bisweilen trübe macht. In kettenförmigen Verbänden oder Sternen.

T. flocculosa. (Fig. 82.) Noch häufiger als vorige Art. Zellen in breiten Bändern. Oligosaprob.

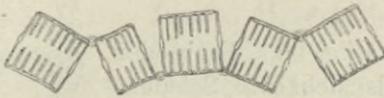


Fig. 82. *Tabellaria flocculosa*
 $\frac{375}{1}$



Fig. 83
Meridion circulare
 $\frac{375}{1}$



Fig. 84
Cocconeis communis
 $\frac{375}{1}$

Meridion *circulare*. (Fig. 83.) Zellen meist zu kreisförmigen Bändern vereint, Schalenansicht keulenförmig. Oligosaprob.

M. constrictum. Seltener.

Cocconeis. Gebogen, blattartig.

C. placentula. Verbreitet.

C. pediculus. Auf Algen festsitzend.

C. communis. (Fig. 84.) Sehr verbreitet.

Navicula. Sehr artenreich. Gerade oder wenig gebogen, gestreift oder gerippt. Unterabteilungen: *Pinnularia*, *Navicula* und *Stauroneis*.

Von den für das Süßwasser in Betracht kommenden etwa 50 Arten seien hier hervorgehoben:

Navicula (*Pinnularia*) *viridis* (Fig. 85), *major*, *mesolepta*, *brevissoni*, *borealis*, *gibba*.

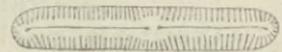


Fig. 85. *Pinnularia viridis* $\frac{375}{1}$

Navicula cuspidata (Fig. 86), *radiosa*, *gastrum*, *amphisbaena* (Fig. 87), *rheinhardtii*, *cryptocephala*, *limosa*, *inflata*, *acuta*.



Fig. 86
Navicula cuspidata
 $\frac{150}{1}$

Stauroneis phoenicenteron.

Pleurosigma. Schalenseite S-förmig gebogen. Feine Quer- und Längsstreifungen.

Pl. accuminatum stark gekrümmt. Häufig in reinem und unreinem Wasser.

Pl. attenuatum. (Fig. 88.) Wenig gekrümmt, deutlich längsgestreift. Trockene Schale purpurbraun. Oligosaprob.

Amphiprora *ornata*. Schiffchenförmig. Mittlere Längslinie S-förmig.



Fig. 88
Pleurosigma attenuatum
 $\frac{150}{1}$

Gomphonema. Schalenseite wie bei *Navicula*, Querstreifen granuliert. Auf Gallertstielen oder frei.



Fig. 87
Navicula amphisbaena
 $\frac{200}{1}$

G. acuminatum. (Fig. 89.) Keulenförmig, bauchig in einen Fuß verlängert. Sehr häufig. Oligosaprob.



Fig. 89
Gomphonema
acuminatum
 $\frac{375}{1}$

Ferner: *austriacum*, *angustatum*, *constrictum*, *gracile*.

Amphora ovalis. (Fig. 90.) Frei oder auf Algen sitzend. Gürtelansicht oval, Schalenansicht halbmondförmig. Verbreitet. Oligosaprob.



Fig. 90
Amphora ovalis
 $\frac{375}{1}$

Eunotia pectinalis, *triodon*, *arcus*.

Bacillaria paradoxa. In Brakwasser und salzigen Binnenseen.

Nitzschia. Meist freie Zellen, Gürtelband und Schalenfläche im spitzen Winkel zueinander. Schalen mit Kiel.

N. communis in Gräben. *N. parvula*. Mesosaprob.

N. linearis var. *tenuis* sehr verbreitet. *N. acicularis*. (Fig. 91.) Gürtelansicht linear, Enden zugespitzt. Häufig.



Fig. 91
Nitzschia
acicularis
 $\frac{300}{1}$

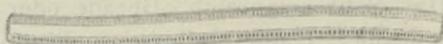


Fig. 92. Nitzschia sigmoidea $\frac{150}{1}$

N. sigmoidea (Fig. 92) mit einigen Varietäten.

N. (Hantzschia) amphioxys, *N. dissipata*.

Cymatopleura elliptica und *solea*.

(Fig. 93.) Schalen elliptisch zur Längs- und Querachse symmetrisch. Gürtelansicht stabförmig. Häufig. Oligosaprob.



Fig. 93. Cymatopleura solea $\frac{150}{1}$

Surirella. Keilförmig, elliptisch oder linear, starke Querrippen und deutlich seitliche Kiele.

S. splendida. (Fig. 94.) Oval-keilförmig mit flachen Querrippen, häufig.

Fernere Arten: *elegans*, *ovalis*, *biseriata* var. *linearis*.

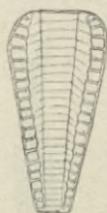


Fig. 94
Surirella
splendida
 $\frac{150}{1}$

Peridiniaceae

Dinoflagellaten

Meist einzelne Zellen, kugelig, ei- oder kreiselförmig, bisweilen mit hornartigen Fortsätzen. Statt Chlorophyll findet sich häufig ein brauner Farbstoff. Im Zellinhalt bisweilen Stärke und rote Farbstoffflecke, Zellwand aus zwei oder mehreren Platten bestehend, an der Öffnung der Membranteile treten Geißeln hervor. Vermehrung in der Regel durch Teilung.

Gymnodinium palustre. (Fig. 95.) Ungleiche Körperhälften, gelb bis dunkelbraun, ohne Augenfleck. Oligosaprob.



Fig. 95
Gymnodinium
palustre
 $\frac{250}{1}$

Ferner: *G. aeruginosum*, *pusillum*.

Glenodinium cinctum. Fast gleiche Körperhälften. Sehr verbreitet.

Ceratium hirundinella. (Fig. 96.) Mit Hörnern, unsymmetrisch, gelbbraun. Im Plankton von Seen, meist im Sommer.



Fig. 96
Ceratium
hirundinella
 $\frac{150}{1}$

C. tetraceros meist mit drei Hörnern, in Sümpfen, Teichen.

Peridinium. Symmetrisch, auf der Scheitelansicht nierenförmig. *P. berlinense*, *minium*, *umbonatum*, *cinctum*, *tabulatum*.

Rhodophyceae

Florideae, Rotalgen

Nur wenige Arten im Süßwasser, Fortpflanzung durch Eier und Spermarien oder durch Sporen.

Hildenbrandia rivularis. Purpurrot.

Lemanea torulosa. Olivenbraun.

Chantransia chalybea. (Fig. 97.) Blau oder bräunlich, Rasenbildend, an Steinen festsitzend.

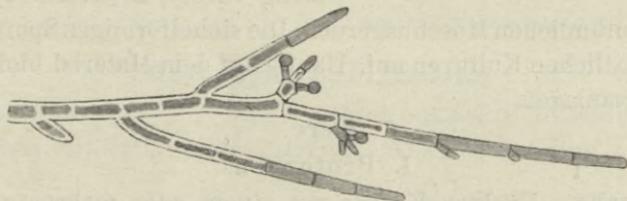


Fig. 97. *Chantransia chalybea* $\frac{225}{1}$

Batrachospermum moniliforme (Froschlaichkraut). Violett oder blaugrüne, schlüpfrige, büschelige Fäden. In Quell- und Flußwässern.

Fungi

Saprolegnia kommt in verschiedenen Arten auf toten Insekten, Fischen usw. vor, siedelt sich aber auch auf lebenden Organismen an (Fischschimmel).

Leptomitus lacteus (Fig. 98) gehört zu den wichtigsten Abwasserorganismen. Genaue Beschreibung und Biologie bei Kolkwitz,

Mitt. d. Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorg. u. Abwässerbes., Heft 2, 1903. Die Fäden eingeschnürt, vor der Einschnürung ein Zellulinkorn, wodurch er leicht von dem makroskopisch mit ihm

zu verwechselnden Sphaerotilus zu unterscheiden ist. Bildet in stark verunreinigten Wässern, Abzugsgräben u. dgl. weiße bis bräunliche Felle. Makroskopische Abbildungen in Larar. Techn. Mykologie, Bd. 3, Tafel 10

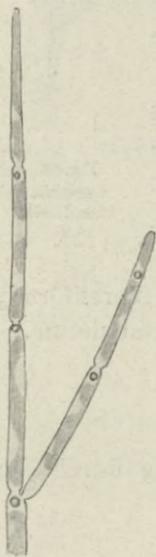


Fig. 98
Leptomitius
lacteus
 $\frac{150}{1}$



Fig. 99
Selenosporium
aquaeductuum
 $\frac{150}{1}$

Mucor. Kugelschimmel, racemosus, mucedo, stolonifer.

Penicillium. Pinselschimmel, glaucum u. A.

Selenosporium (*Fusarium*) *aquaeductuum* (*moschatum*). (Fig. 99.) Das verzweigte Mycel tritt oft auf der Oberfläche von Wässern als gallertige, farblose oder rötlich gefärbte Masse auf, welches bei massenhaftem Vorkommen auf Mühlrädern u. dgl. lästig wird. Bisweilen besitzt es

einen eigentümlichen Moschusgeruch. Die sichelförmigen Sporen treten nur in künstlichen Kulturen auf. Häufig auf dem Material biologischer Reinigungsanlagen.

Tiere

I. Protozoen

Amoeba. Nackter Körper mit einem oder mehreren Kernen und zusammenziehbaren Vakuolen. Pseudopodien lappig.

A. limax (Fig. 100), *radiosa* (Fig. 101), *proteus*. Schwer zu unterscheidende Arten.



Fig. 101
Amoeba
limax
 $\frac{375}{1}$

Hyalodiscus *guttula*, *rubicundus*. Ohne Pseudopodien sich fließend fortbewegend.

Diffugia bildet ein aus Quarzkörnern, Diatomeenschalen usw. zusammenge kittetes Gehäuse; mit etwa 6 Pseudopodien.

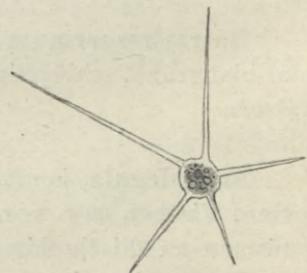


Fig. 100
Amoeba radiosa
 $\frac{375}{1}$

Diffugia globulosa, pyriformis, acuminata in Sümpfen und Teichen.

Arcella mit urglasförmiger Schale. vulgaris zwischen Wasserpflanzen.

Pamphagus hyalinus. Kugelig mit halsartigem Ansatz.

Euglypha alveolata, ciliata, deren leere Schalen man oft findet; hyalin, oft birnförmig, mit einer Öffnung am engeren Ende.

Trinema enchelys in torfigen Wässern häufig.

Actinophrys sol (Sonnentierchen). (Fig. 102.) Körper rund, Ektoplasma mit zahlreichen Hohlräumen und pulsierender Vakuole. Durchmesser ca. 50μ ; häufig in Schmutzwässern.

Actinosphaerium eichhorni mit zahlreichen pulsierenden Vakuolen. Durchmesser bis 1000μ .

Rhaphidiophrys pallida.

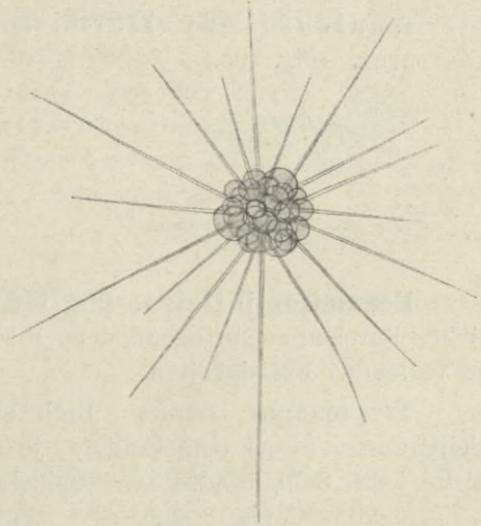


Fig. 102. *Actinophrys sol* $\frac{375}{1}$

Mastigophora (Flagellata)

Oikomonas, häufig *O. termo* und *mutabilis* in Sumpfwässern.

Monas eiförmig oder kugelig, *M. vivipara* und *guttula* in Sumpfwässern.

Anthophysa vegetans. (Fig. 103.) Birnförmig bis 30μ lang. Vorderende abgestutzt, daran mehrere Geißeln; bildet Kolonien, welche auf dicken, meist mit Eisenoxyd inkrustierten, verzweigten Stielen sitzen. Letztere findet man häufig bei Wasseruntersuchungen. In längere Zeit aufbewahrten Wasserproben überziehen sie oft die Glaswände als brauner Belag. In Sumpf- und schwach verunreinigten Abwässern.



Fig. 103

Anthophysa vegetans
 $\frac{150}{1}$

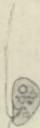


Fig. 104

Bodo saltans
 $\frac{375}{1}$

Bodo saltans. (Fig. 104.) Eiförmig 8 bis 15μ lang. Geißelgrube in eine auf

der Bauchseite schraubige Furche übergehend. Oft mit der längeren Geißel angeheftet. Mesosaprob.

Ferner *B. globosus*, *caudatus*, *minimus*.

Amphimonas globosa. Rund auf peitschenähnlichem Stiel, Geißeln doppelt so lang als der Körper. In Sumpfwasser.

Tetramitus. Breiter Körper mit 4 ungleichen Geißeln am Vorderende.

T. sulcatus, *pyriformis*, *rostratus*. (Fig. 105.)



Fig. 105. *Tetramitus rostratus* $\frac{1000}{1}$
(nach Blochmann)

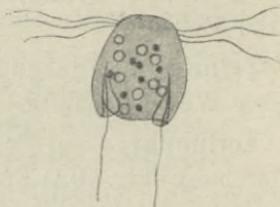


Fig. 106. *Hexamitus inflatus* $\frac{650}{1}$
(nach Blochmann)

Hexamitus inflatus. (Fig. 106.) Oval, Schleppeißeln seitlichen Furchen entspringend, doppelt so lang als der Körper. Häufig in faulenden Flüssigkeiten.

Trepomonas rotans. Breit abgerundet 10 bis 13 μ lang. Seitenränder etwas eingekrümmt, je eine Tasche bildend. In der Mitte jedes Seitenrandes zwei Geißeln, in jeder Mundtasche zwei Cilien. Dreht sich langsam auf einer Seite. In stark verschmutzten Wässern.



Fig. 107
Synura uvella
 $\frac{250}{1}$

Synura uvella. (Fig. 107.) Eiförmig ohne Augenfleck, zu freischwimmenden, an den Hinterenden fest-sitzenden Kolonien vereinigt. Bis 30 μ lang; Kolonien doppelt so groß. Häufig in mäßig verunreinigten Wässern.

Dinobryon sertularia. Die hinten spitz ausgezogenen und mit Augenfleck versehenen Körper in einem becherförmigen Gehäuse steckend, welches mit kurzer Spitze versehen ist. Kolonien freischwimmend, besenartig. Häufig im Plankton von Seen.

Uroglena volvox. Länge der Tiere 15 μ , der Kolonie 40 bis 290 μ . Oligosaprob.

Chromulina Rasanoffii. Mit zwei gelbbraunen Chromatophoren. Oft auf Wasser staubartige Überzüge bildend.

Englena. Zahlreiche Arten. Spindelförmig oder abgeplattet mit grünen Chromatophoren. Am Vorderende der Mund mit Geißel. Roter Augenfleck.

E. viridis. (Fig. 108.) Spindelförmig nach beiden Enden verschmälert, mit strahlig verlaufendem grünen Chromatophor. Mikroskopische Bilder sehr wechselnd. Sehr häufig in Schmutzwässern.

Ferner: *E. acus*, *spirogyra*, *tripteris*, *oxyuris*, *deses*, *velata*, *pisciformis*, *minima*, *geniculata*, *oblonga*.



Fig. 108. *Euglena viridis* $\frac{375}{1}$

Colacium vesiculosum. *Euglena* sehr ähnlich, meist auf Krebschen, Rotatorien usw. festgewachsen.

Trachelomonas volvocina. (Fig. 109.) Körper von einer meist mit Eisenoxyd inkrustierten Hülle umgeben, welche an einem Ende verdickt ist. Hier tritt die lange Geißel hervor. Sehr verbreitet. Oligosprob.



Fig. 109
Trachelomonas volvocina
 $\frac{375}{1}$

Ferner: *T. hispida*.

Phacus pleuronectes, *longicauda*, *pyrum*, *caudata*, *ovum*.

Cryptoglena pigra.

Paronema trichophorum.

Heteronema nebulosum.

Polytoma uvella. (Fig. 110.) Körper eiförmig, mit zarter Hülle. Am Vorderende zwei gleichgroße Geißeln, welche so lang sind wie der Körper; am hinteren Ende zahlreiche Stärkekörner. Häufig in Sumpf- und Abwässern.



Fig. 110
Polytoma uvella
 $\frac{375}{1}$

Ciliata

(Wimper-Infusorien)

Urotricha farcta. (Fig. 111.) Körper eiförmig, vorn zugespitzt; mit schiefstehender Borste; bis auf das Hinterende mit Wimpern bekleidet. Häufig zwischen Pflanzen, in faulenden Wässern.

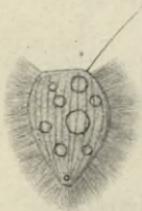


Fig. 111
Urotricha farcta
 $\frac{700}{1}$

(nach Blochmann)

Ferner *U. globosa*.

Coleps hirtus. (Fig. 112.) Körper tonnenförmig, Vorderende abgestutzt, Panzer aus zahlreichen Stücken bestehend. Im mikroskopischen Bilde oft fast schwarz erscheinend. Sehr verbreitet.

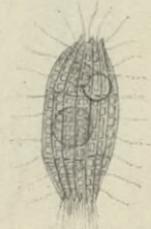


Fig. 112
Coleps hirtus
 $\frac{375}{1}$

Amphileptus claparedei.

Nassula ornata.

Chilodon cucullulus. (Fig. 113.) Körper oval mit vielen Vacuolen, die eine Seite fast geradlinig, die andere gekrümmt. Rücken kahl. Sehr häufig, besonders in stehenden Wässern, auch Abwässern. Ferner *Ch. uncinnatus*.



Fig. 113
Chilodon cucullulus $\frac{150}{1}$

Glaucoma scintillans. Eiförmig 20 bis 40 μ lang. Mund am Bauch. Gemein.

Colpidium colpoda. (Fig. 114.) Körper eiförmig, oben verjüngt. Mund mit zwei Membranen, deren eine sich in den Schlund hinabzieht. In der



Fig. 114
Colpidium colpoda $\frac{200}{1}$

Mitte eine zusammenziehbare Vakuole. Länge ca. 100 μ . Oft sehr häufig in Sumpf- und Abwässern auftretend zwischen Beggiatoen und Thiothrix.



Fig. 115
Paramecium caudatum $\frac{150}{1}$



Fig. 116
Paramecium putrinum $\frac{200}{1}$
(nach Roux)

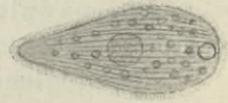


Fig. 117
Enchelys pupa $\frac{250}{1}$

Paramecium. Runder Körper, eiförmig, oder abgeplattet. Schlund röhrenförmig.

P. caudatum (Fig. 115), *Aurelia, bursaria*, *putrinum* (Fig. 116). Poly- oder mesosaprob.

Enchelys pupa. (Fig. 117.)

Bursaria truncatella seltener. Mesosaprob. Peristom taschenförmig.

Stentor. Drehrund, trichterförmig erweitert, mit dem Hinterende meist angeheftet. Form im Bild oft wechselnd.

St. coeruleus. Blau, bis 1000 μ lang, besonders auf schlammigem Grund. Mesosaprob.

Fernere Arten: *St. polymorphus* (Fig. 118), *roeseli*.

Halteria grandinella. Oligosaprob, in lange gestandenen Wasserproben.

Uroleptus piscis in klaren stagnierenden Wässern.



Fig. 118
Stentor polymorphus $\frac{50}{1}$



Fig. 119
Euploetes Charon
 $\frac{150}{1}$

Oxytricha ferruginea. Rostrot, in klaren Wässern.

Euploetes Charon. (Fig. 119.) Kurz oval, nach links bauchig erweitert, bis 80μ lang. Häufig in faulenden Infusionen. Können laufen und schwimmen. Mesosaprob.



Fig. 120
Vorticella
microstoma
 $\frac{300}{1}$



Fig. 121
Carchesium Lachmanni
 $\frac{75}{1}$

Vorticella (Glockentierchen). Körper glockenförmig, vorn meist verjüngt und mit Wimpernkranz versehen. Sie sitzen an Stielen an festen Gegenständen und erscheinen makroskopisch wie feine Wölkchen. Der Stiel ist mit zusammenziehbarem Muskelfaden versehen, mittels dessen ein spiralisches Zusammenziehen und plötzliches Ausdehnen ermöglicht wird. Bekannteste Arten: *V. nebulifera*, *microstoma* (Fig. 121), *convallaria*.

Carchesium Lachmanni.

(Fig. 121.) Glockenförmig, vorn nicht verjüngt, auf langen kontraktiellen Stielen, zu baumartigen Kolonien vereint, jede Kolonie auf einem Hauptstiel sitzend. Oft bis 1000μ lang. Charakteristisch für stark verschmutzte Wässer.

Rotatoria (Rädertiere)

Rotifer vulgaris u. **actinurus.** (Fig. 122.) Mesosaprobe resp. polysaprobe Rädertiere, ersterer bis 800μ , letzterer bis 1400μ lang. Von weiteren häufiger auftretenden Rotatorien seien genannt: *Conochilus unicornis*, *Calladina elegans*, *Asplanchna priodonta*, *Synchaeta pectinata*, *Polyarthra platypdera*, *Triarthra longiseta*, *Hydatina senta*, *Diglena catinella* u. *caudata*, *Colurus uncinatus*, *Brachionus pala*, *Notholca longispina*, *Anuraea cochlearia* und *aculeata* (Fig. 123). Letztere häufig besonders in der kälteren Jahreszeit in mäßig unreinigten Gewässern auftretend.



Fig. 122
Rotifer actinurus
 $\frac{50}{1}$

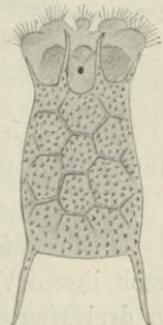


Fig. 123
Anuraea aculeata
 $\frac{150}{1}$

Crustacea (Krebstiere)

Gammarus pulex. Flohkrebs oft massenhaft auftretend.

Asellus aquaticus. Wasserassel.

Cyclops mit hüpfender Bewegung (Fig. 124).

Canthocamptus staphilinus (Fig. 125).

Daphnia pulex (Fig. 126) und longispina.

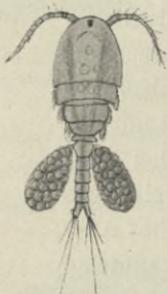


Fig. 124
Cyclops sp. $\frac{20}{1}$
(nach Hentschel)

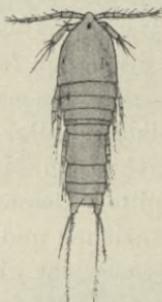


Fig. 125
Canthocamptus
 $\frac{35}{1}$



Fig. 126. Daphnia pulex
 $\frac{25}{1}$

Cariodaphnia pulchella. Oft massenhaft bei warmem Wetter.

Chydorus spaericus.

Diaptomus graciloides.

Lynceus rostratus und affinis.

Cypria ophtalmica.

Vermes (Würmer)

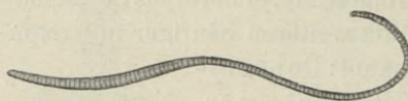


Fig. 127. Tubifex rivulorum (nat. Größe)

Nematoden, Nephelis vulgaris, Tubifex rivulorum
(Fig. 127).

Die Fliege **Ephydra riparia** wird von König, Kuhlmann und Thienemann als Leitorganismus für Salzwasser angesehen.

Die aufgeführten und andere Wasserorganismen kann man nach ihrem Vorkommen in Wässern verschiedenen Reinheitsgrades in drei Hauptgruppen einteilen.

I. Organismen, welche in reinen natürlichen Wässern vorkommen, d. h. in Zonen, wo keine Gärungserscheinungen auftreten,

wo die Stickstoffverbindungen fast vollständig mineralisiert, und reichliche Sauerstoffmengen vorhanden sind. Solche **Oligosaprobier** sind:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Chlamydotrix ochracea. | Staurastrum tetracerum. |
| Thiotrix nivea. | Mougeotia genuflexa. |
| Gallionella ferruginea. | Spirogyra gracilis. |
| Crenothrix polyspora. | Closterium lunula, striolatum, |
| Clonothrix fusca. | Dianae, Ehrenbergi. |
| Polycystis aeruginosa. | Tabellaria fenestrata, flocculosa. |
| Oscillatoria rubescens, anguina, | Meridium circulare. |
| Agardtii. | Fragillaria construens, virescens, |
| Phormidium inundatum, papyra- | mutabilis. |
| ceum. | Synedra acus. |
| Microcoleus subtorulosus. | Gomphonema acummatum, an- |
| Dactylococopsis raphidioides. | gustatum. |
| Coelosphaerium Kützingianum. | Navicula gastrum, viridis, meso- |
| Mikrocystis inertia. | lepta, major, gibba, inflata, |
| Clathrocystis aeruginosa. | limosa. |
| Merismopedia glauca, convoluta, | Surirella splendida. |
| elegans. | Encyonema caespitosa. |
| Anabaena flos aquae, spiroides. | Amphora ovalis. |
| Glaucothrix gracillima. | Melosira arenaria, ambigua, gra- |
| Calothrix parietina. | nulata, italica, Binderiana, cre- |
| Chlamydomonas angulosa, inter- | nulata. |
| media, longistigma, pisiformis, | Cyclotella comta. |
| variabilis. | Asterionella formosa. |
| Pediastrum duplex. | Achnantes minutissima. |
| Pandorina morum. | Pleurosigma attenuatum. |
| Eudorina elegans. | Nitzschia linearis, sigmoidea. |
| Volvox globator. | Cymatopleura elliptica. |
| Actinastrum Hantzschii. | Bacillaria paradoxa. |
| Coelastrum sphaericum, micro- | Peridinium minimum, quadridens, |
| sporum, reticulatum. | berolinense, cinctum, tabula- |
| Carteria cordiformis, obtusa. | tum, bipes. |
| Tetraspora explanata. | Gymnodinium palustre. |
| Dimorphococcus lunatus. | Ceratium hirundinella. |
| Hydrodictyon utriculatum. | Chantransia chalybea. |
| Draparnaldia glomerata. | Lemanea torulosa. |
| Ulothrix variabilis. | Batrachospermum moniliforme. |
| Bulbochaete setigera. | Arcella vulgaris. |
| Chaetophora elegans. | Raphidiophrys pallida. |

Diffugia globulosa, acuminata.	Vorticella nebulifera.
Euglena minima, geniculata, oblonga.	Ophrydium versatile.
Phacus pleuronectes, parvula, longicauda.	Notholca longispina.
Synura uvella.	Cyclops viridis.
Dinobryon sertularia.	Gammarus pulex.
Uroglena volvox.	Diaptomus graciloides.
	Bosmina coregoni.
	Lynceus rostratus, affinis.

Mesosaprobier

Organismen, welche in Wässern leben, in denen keine genuinen Eiweißstoffe, sondern deren Abbauprodukte, Aminosäuren u. dgl. vorkommen, eigentliche Fäulnis also nicht mehr eintreten kann, welche jedoch noch einen starken Kaliumpermanganatverbrauch aufweisen. Es ist dies die zweite Zone, welche Abwässer mit viel organischem Material auf dem Wege der Selbstreinigung durchlaufen. Je nachdem die Organismen in ihrem Vorkommen mehr nach der verschmutzteren oder der reineren Seite hin neigen, unterscheidet man α und β mesosaprob.

Thiotrix nivea α .	Conferva bombycina β .
Cladotrix dichotoma β .	Oedogonium β .
Oscillatoria formosa α , tenuis α , princeps α , putrida α , chlorina α , brevis α , limosa β .	Ulothrix subtilis $\alpha - \beta$.
Phormidium uncinatum α , autumnale α , faveolosum α , subfuscum β .	Stigeoclonium tenue $\alpha - \beta$.
Aphanizomenon flos aquae β .	Microthamnium Kützingian. β .
Chlamydomonas de Baryana α , Ehrenbergi β .	Vaucheria sessilis β .
Rhaphidium polymorphum β (auch oligosaprob).	Cladophora crispata β .
Dictyosphaerium pulchellum β .	Cosmarium β .
Gonium sociale β .	Spirogyra crassa β .
Scenedesmus sämtliche Arten β .	Closterium acerosum β .
Chlorella infusionum α .	Scenedesmus acutus β .
Spondylomorom quadernarium α .	Diatoma vulgare β .
Stichococcus β .	Synedra Ulna β .
Chlorococcus boryanus β .	Navicula cuspidata β , radiosa β , amphisbaena β , Bevissoni β , mesolepta β .
Chlorosphaera limicola β .	Suriella ovalis β .
	Cocconeis pediculus β .
	Stauroneis phoenicent. β , acuta α .
	Melosira varians β .

Nitzschia communis β , parvula β , acicularis β , stagnorum β , palea α .	Asplanchna priodonta β . Synchaete pectinata β . Polyarthra platyptera β . Triarthra lingiseta $\alpha - \beta$. Colurus uncinatus α . Hydatina senta α . Brachionus pala β . Chilodon cucullulus β . Coleps hirtus β . Glaucoma scintillans β . Nassula ornata β , elegans β . Vorticella convallaria α . Bursaria truncatella β . Stentor coeruleus α , roeseli β . Carchesium epistylis β , lach- manni α . Amphileptus claparedi α . Halteria grandinella β . Cyclops leukarti $\alpha - \beta$. Canthocamptus staphilinus β . Daphnia pulex $\alpha - \beta$, longispina β . Chydorus sphaericus β . Cypria ophtalmica β . Asellus aquaticus $\alpha - \beta$. Nematoden. Nephelys vulgaris $\alpha - \beta$.
Stephanodiscus Hantzschianus β .	
Hildenbrandia rivularis β .	
Actinophrys sol $\alpha - \beta$.	
Actinosphaerium eichhorn. β .	
Arella vulgaris β .	
Amoeba proteus β , radiosa β .	
Euglypha alveolata β .	
Trichonema enchelys α .	
Leptomitus lacteus α .	
Anthophysa vegetans α .	
Spirochaete plicatilis α .	
Bodo saltans m u. polysaprob. globosus α .	
Monas vulgaris α .	
Paranema trichophorum α .	
Amphimonas globosa α .	
Tetramitus rostratus, sulcatus, pyriformis α .	
Euglena.	
Rotifer vulgaris $\alpha - \beta$.	
Diglena caudata β .	
Anuraea aculeata β , cochlearis β .	
Callidina elegans α .	

Polysaprobier

Die Wässer sind ausgezeichnet durch die Menge der Spaltpilze, Flagellaten und Ciliaten. Charakteristisch ist Sphaerotilus natans, Schwefelbakterien. Die Wässer zeigen geringen Gehalt an Sauerstoff, viel Kohlensäure, Gärungs- und Fäulnisprozesse, einen hohen Permanganatverbrauch. Im Schlamm Schwefeleisen.

Beggiatoa leptomidiform., alba, arachnoidea.	Sphaerotilus natans, roseus. Streptococcus margaritaceus. Sarcina paludosa.
Zooglea ramigera.	Thiopolycoccus ruber.
Lamprocystis roseo-persicina.	Chromatium Okenii, minutis- simum.
Spirillum tenue, rugula, undula, volutans.	

Thiospirillum sanguineum.
Arthrospira Jenneri.
Euglena viridis
Polytoma uvella
Vorticella microstoma.
Paramecium.
Colpidium colpoda.
Hyalodiscus limax.
Bodo saltans.

Hexamitus inflatus.
Tubifex rivulorum.
Rotifer actinurus.
Bacterium coli.
Bacillus subtilis.
Verschiedene Buttersäurebakterien.
Pseudomonas fluorescens.
Mucorineen.

Ausführung der biologischen Untersuchung

Die Untersuchung von offenen Gewässern hat sich auf das Wasser selbst, das Ufer und den Boden resp. Schlamm, sowie auf die mit dem Wasser in Berührung stehenden Gegenstände, wie Pflanzen, Steine, Pfähle, Wehre zu erstrecken. Die Proben sind sofort nach der Entnahme zu untersuchen; sollte dies nicht angehen, so sind sie durch Konservierungsmittel vor tieferer Veränderung zu schützen. Als Konservierungsmittel ist besonders das Formalin zu empfehlen.

Man schöpft zunächst mittels eines reinen Gefäßes etwas Wasser und füllt damit, bevor etwaige Suspensionen sich absetzen können, eine Planktonkammer, oder aber man benutzt letztere direkt zum Schöpfen. Die Planktonkammer (Fig. 128) besteht aus einer dicken Glasscheibe, in welche eine Vertiefung eingbohrt ist, deren Inhalt meist einen Kubikzentimeter beträgt. Dieselbe wird nach dem Füllen mit einer dünnen Glasplatte

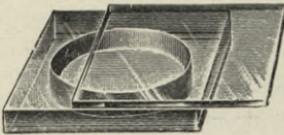


Fig. 128. Planktonkammer

bedeckt, so daß Luftblasen nicht zurückbleiben. Infolge der Adhäsion haftet diese Platte von selbst, sie kann eventuell mittels Feder, welche an einer Metallfassung angebracht ist, festgehalten werden.

Die Planktonkammer gestattet, die im Wasser suspendierten Organismen im frischen und lebenden Zustande mittels Lupe oder unter dem Mikroskop zu untersuchen, ja deren Zahl bei nicht zu großer Menge quantitativ zu bestimmen. Ist die Menge des Planktons nur gering und wünscht man zu irgendwelchen Zwecken ein größeres Quantum davon zu sammeln, eventuell zur gewichtsanalytischen Bestimmung, so reichert man es durch einen Filtrationsprozeß an. Als Filter dienen die Planktonnetze (Fig. 129) oder Planktonsiebe. Erstere sind Spitzbeutel aus feinsten Seidengaze —

Müllergaze Nr. 20 —, an deren weiter Öffnung ein Metallbügel angebracht ist, und an deren engen Öffnung ein durch Quetschhahn verschließbarer Gummischlauch sitzt. Man befestigt den Bügel an einer Schnur oder einem Stabe und zieht das Netz bei geschlossenem Quetschhahn längere Zeit durch das Wasser, wobei das Plankton zum großen Teile im Netze zurückbleibt und nach Ablauf des meisten Wassers durch den Schlauch in ein Gefäß entleert werden kann. Oder aber, und dies gilt besonders für quantitative Bestimmungen, man gießt ein größeres Quantum Wasser (50 bis 100 Liter) durch das Netz und läßt den Rückstand in ein graduiertes Zylinderchen ablaufen.

Zur bequemen Befestigung und Handhabung der Netze und zahlreicher anderer Gegenstände sind die ausziehbaren Metallstöcke (Fig. 130) zu empfehlen.

Den Netzen sind vielfach Metallsiebe vorzuziehen. Einen zweckmäßigen derartigen Apparat hat Kolkwitz angegeben (Fig. 131). Er besitzt den Vorzug, leichter als die Seidennetze gereinigt, eventuell sterilisiert werden zu können. Das kupferne Gefäß besitzt an der einen breiteren Seite ein etwa 50 qcm großes Sieb aus Phosphorbronzedraht. Man sammelt das Plankton mittels Durchgießen des Wassers. Die Weite der Maschen ist wie beim Planktonnetz so bemessen, daß ca. 10000 Maschen auf 1 qcm kommen.

Soweit dies nicht in der Planktonkammer möglich ist, ermittelt man das Plankton quantitativ in der Weise, daß man eine be-



Fig. 129. Planktonnetz



Fig. 130. Ausziehbarer Metallstab

stimmte Menge Wasser durch Netz oder Sieb laufen läßt und den Rückstand unter Nachspülen mit reinem Wasser in einen graduierten Zylinder laufen und sich daselbst absetzen läßt. Man erhält so die Menge dem Volumen nach. Das Gewicht des Planktons wechselt natürlich außerordentlich je nach seinen Komponenten, im Durchschnitt hat man festgestellt, daß 1 ccm Plankton 14 bis 20 mg wiegt, doch ist der Wert derartiger Bestimmungen von

Durchschnittszahlen ein sehr problematischer. Um die an Stengeln, Pfählen u. dgl. festsitzenden Organismen zu gewinnen, bedient man sich des Pfahlkratzers, d. h. eines an einem Stabe sitzenden Netzes mit Kratzeisen, welches man von unten nach oben die Gegenstände entlang zieht, wobei die gelösten Überzüge sich im Netze sammeln. Schilf wird mit dem Schilfmesser abgeschnitten, Schlämme sammelt man durch Schöpfen mit dem Schlammbecher (Fig. 132, 133 u. 134).

Nachdem man sich durch Lupenbetrachtung, Zählen in der Planktonkammer usw. im allgemeinen orientiert hat, schreitet man zur eingehenderen mikroskopischen Untersuchung. Mittels Pipette oder Glasröhrchens bringt man von dem zu untersuchenden Material

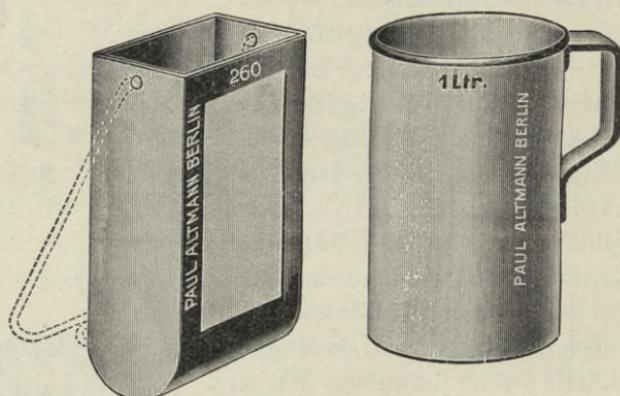


Fig. 131. Planktonsieb und Litermaß

eine sehr kleine Menge auf einen reinen Objektträger, verdünnt erforderlichenfalls noch mit etwas reinem Wasser und bedeckt mit einem Deckgläschen so, daß möglichst keine Luftblasen eingeschlossen bleiben. Stärkeres Andrücken des Deckglases ist zu vermeiden, da sonst manche Organismen, wie Krustaceen, Rotatorien und andere größere Individuen zerplatzen. Sollte die Oberseite des Deckglases durch hervorquellendes Wasser beschmutzt werden, so sauge man dies mittels etwas Fließpapier vorsichtig ab. Von festem Material, wie Pilzflocken, Schlamm u. dgl. verteile man etwas in einem Schälchen mit Wasser und bringe Teilchen davon in ein Tröpfchen Wasser auf den Objektträger. Von derartigen Präparaten stellt man sich eine Anzahl her. Zunächst wird das Präparat zur allgemeinen Orientierung mit schwacher Vergrößerung systematisch durchgemustert, Einzelheiten und feinere Strukturen z. B. bei

Diatomeen mit stärkeren Systemen, eventuell mit Immersion untersucht. Sollten starke Bewegungen einzelner Organismen die Untersuchung erschweren, so kann man sie zur Ruhe bringen, indem man den Objektträger von unten vorsichtig etwas erwärmt, oder indem man dem Präparat von der Seite her eine kleine Menge Kokainlösung zufließen läßt. Bei Diatomeen unterlasse man nicht, sowohl die Schalen- wie die Gürtelseite zu betrachten, bei Beobachtung mehrerer Präparate wird man meist beide auffinden. Man durchmustere besonders dichtere Partien von Algen und organischem und anorganischem Detritus, denn manche bewegliche Organismen, Ciliaten, Flagellaten u. a. suchen sich mit Vorliebe darunter zu verstecken; besonderes Augenmerk richte man auch auf die Ränder



Fig. 132. Pfahlkratzer



Fig. 133. Schilfmesser

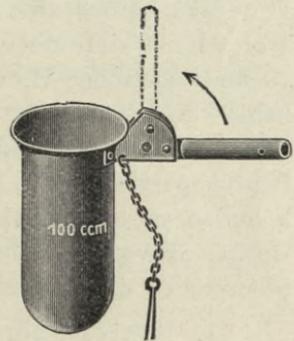


Fig. 134. Schlammbecher

des Deckglases, wohin sauerstoffliebende Wasserbewohner zu wandern pflegen.

Bei stark eisenhaltigem Material, Eisenbakterien, schwefel-eisenhaltigem Schlamm und ähnlichem ist es oft nicht möglich, ohne weiteres genauere Strukturen vorkommender Organismen zu erkennen. Wenn man in solchen Fällen keine Vorbehandlung mit Säure vornehmen will, läßt man zu dem Präparat von der Seite her etwas Salzsäure zufließen, wobei jede Beschmutzung des Objektivs zu vermeiden ist. Die Säure löst schneller oder langsamer die Inkrustationen der Bakterien, Eisenoxyd sowie das Schwefeleisen, letzteres unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff, welcher eventuell an der Seite des Deckgläschens austritt. Auf diese Weise werden die Details klarer und die spezifischen Strukturen mancher Organismen erkennbar.

Man versäume nicht, jede Beobachtung sofort zu notieren.

Bei solchen biologischen Untersuchungen wird auf die meisten Bakterien in der Regel keine Rücksicht genommen, höchstens fallen größere Arten, wie gewisse Sarcinen und Spirillen ins Auge. Auch manche höhere Pilze sind durch die einfache mikroskopische Methode nicht zu erkennen oder doch nicht genauer zu definieren; es gilt dies besonders von Schimmelpilzen und Hefen. Sollen diese genauer bestimmt werden, so muß ein Kulturverfahren vorgenommen werden, welches gestattet, sie in Reinkultur zu gewinnen und ihre Fruktifikationsorgane zu beobachten. Obschon solche Kulturverfahren später bei Besprechung der Bakterien ausführlicher angegeben werden, soll doch schon hier, weil in mancher Beziehung abweichend, die Methode Platz finden, Schimmelpilze und Hefen aus Wässern in Reinzucht zu erhalten.

Man bereitet sich Abkochungen von Rüben, Pflaumen, Johannisbrot oder Weintrauben und stellt daraus in der Weise wie unter „bakteriologischer Untersuchung“ besprochen, gelatine- oder agarhaltige Nährböden her. In Petrischalen ausgegossen, werden dieselben mit dem Impfmateriale versetzt, worauf bei gewöhnlicher oder Bruttemperatur nach einiger Zeit die Schimmelpilz- resp. Hefekolonien zu erscheinen pflegen. Hefen wachsen besonders gut in steriler Bierwürze. Zur Erkennung der verschiedenen Schimmelpilzfamilien diene folgende allgemeine Charakteristik.

1. *Penicillium*arten (*P. glaucum*). Aus dem verzweigten Myzel erheben sich lange Hyphen, an deren Ende die wirtelig verzweigten Konidienträger sitzen. Diese schnüren an flaschenförmigen Sterigmen kugelige Sporen ab, welche meist zu Ketten vereint bleiben. Die Kolonien sehen meist grün, in älterem Zustande rotbraun aus.

2. *Aspergillus*arten (*A. flavus*, *niger*, *fumigatus*). Die Hyphen tragen keine verzweigten, sondern kolbig angeschwollene Konidienträger. Auf dem Kolben sitzen die sporentragenden Sterigmen, welche ebenfalls kettenartig aneinandergereiht sind. Das Ganze hat Ähnlichkeit mit dem aus einer Brause der Gießkanne herausströmenden Wasserstrahl. (Daher *Aspergillus* von *aspergere* = besprengen.)

3. *Mucor*arten (*Mucor mucedo*, *racemosus*, *stolonifer*, *corymbifer* usw.). Das Ende der Hyphe trägt eine Kapsel, das Sporangium, in welcher die Sporen gebildet werden. Das Myzel ist in der Jugend meist nicht geteilt.

Was die Hefen betrifft, so bestehen diese aus einzelligen, runden, ovalen oder langgestreckten Gebilden, welche sich durch Sprossung vermehren. Sie wachsen auf den Nährböden zu Kolonien von grobkörniger Struktur aus. Die Unterscheidung der außerordentlich großen Anzahl von Hefearten erfordert ein besonderes Studium und ist ohne eingehende Berücksichtigung der biologischen Eigenschaften oft nicht möglich. Es sei auf „Lindner, Mikroskopische Betriebskontrolle“ verwiesen.

Auf Gelatineplatten erscheinen vielfach gefärbte Hefekolonien, welche aus dem Wasser, aber auch aus der Luft stammen können. Diese Hefen gehören nicht zu den eigentlichen Saccharomyceten, sondern sind meist sogenannte Torulaarten.

Außer den Schimmelpilzen, Hefen und Bakterien ist es auch vielfach gelungen, andere Wasserbewohner, wie Algen, Diatomeen u. a. in Reinzucht zu erhalten und weiter zu züchten. Wer sich für solche für das eingehende Studium wichtige Methoden interessiert, sei auf „Küster, Kultur der Mikroorganismen, Leipzig und Berlin 1913“ verwiesen.

III. Die bakteriologische Wasseruntersuchung

Es kann sich bei der bakteriologischen Untersuchung um den Nachweis von Bakterien überhaupt, um die Bestimmung ihrer Anzahl und um die Auffindung bestimmter Arten handeln. Da alle Oberflächenwässer mehr oder weniger Bakterien enthalten, so hat der Nachweis von Bakterien in ihnen keine Bedeutung, eine solche kommt vielmehr lediglich der Untersuchung solcher Wässer zu, welche unter normalen Verhältnissen entweder ganz bakterienfrei oder doch bakterienarm sind, und bei denen die Anwesenheit größerer Bakterienmengen auf Verunreinigungen, mangelnde Bodenbeschaffenheit und dgl. schließen läßt. Solche Wässer sind Grundwässer und frisch zutage tretende Quellwässer.

Der Hauptwert der bakteriologischen Untersuchung liegt demnach nicht sowohl im Nachweis von Bakterien überhaupt, als vielmehr in der Bestimmung ihrer Anzahl; und ihre größte Bedeutung hat sie gewonnen für die Kontrolle von größeren Wasserversorgungsanlagen, wo es sich darum handelt festzustellen, ob die Reinigungs- besonders Filteranlagen genügend gut funktionieren. Da durch tadellose Filter, z. B. Sandfilter, nach genügendem Einarbeiten von den im Rohwasser vorhandenen bakteriellen Keimen nur eine geringe Anzahl durchzugehen pflegt, so ist die Zählung derselben als ein wertvoller Indikator für die Beschaffenheit dieser Filteranlagen anzusehen, welche in kurzer Zeit festgestellt werden kann.

Keimzählungen in gewöhnlichen Brunnenwässern vorzunehmen, hat selten einen praktischen Zweck, da sie vielfach ein ganz falsches Bild von der Beschaffenheit des Wassers geben würden, denn es findet sich in den Brunnenrohren z. B. für Bakterien reichlich Gelegenheit sich massenhaft zu vermehren, während das Wasser verhältnismäßig bakterienarm sein kann.

Was die Anzahl der in verschiedenen Wässern vorkommenden Bakterien betrifft, so sind zwar verschiedenfach Annährungswerte

angegeben worden, doch sind dieselben außerordentlich wechselnd und verdienen nur dort einigermaßen Berücksichtigung, wo es sich um gleichbleibende äußere Bedingungen chemischer und physikalischer Natur handelt. Solche Annäherungswerte sind:

Für Grundwasser . . .	keine oder sehr wenige Keime	pro cem.
„ gute Flußwässer . .	einige hundert Keime	„ „
„ schlechte Flußwässer	hunderttausend und mehr Keime	„ „
„ Abwässer	bis viele Millionen Keime	„ „

Es spielen hier nicht nur die chemischen Faktoren, besonders die Menge und Beschaffenheit der organischen Bestandteile eine große Rolle, sondern auch biologische Momente, besonders die An- oder Abwesenheit größerer Mengen von Bakterien verzehrenden Wasserbewohnern, ferner Sedimentationsprozesse, bei denen, wie z. B. bei verschiedenen großen Landseen, Bakterien mit in die Tiefe gerissen werden. Daß sich die Bakterien besonders an den suspendierten Substanzen ansetzen und daselbst richtige Brutstätten bilden, weiß man aus den Untersuchungen O. Spittas.¹⁾

Wie die Anzahl, so kann auch der Artenreichtum der in natürlichen Wässern sich findenden Bakterien außerordentlich wechseln. Es gibt Bakterien, welche häufig, fast regelmäßig auftreten, andere, welche nur gelegentlich oder in Wässern bestimmter Qualität gefunden werden, durch zufällige Verhältnisse können schließlich alle möglichen Arten einmal in das Wasser, besonders in Oberflächenwasser, gelangen.

Den gewöhnlichen Wasserbewohnern bakterieller Natur kommt eine Bedeutung in hygienischer oder wirtschaftlicher Beziehung meist nicht zu, wenn sie nicht durch ihr massenhaftes Auftreten etwa bedenklich werden können. Aus diesem Grunde ist auch der Bestimmung der Arten unter gewöhnlichen Bedingungen nicht der Wert zuzumessen, wie früher zu geschehen pflegte, auch hat die Unterscheidung zwischen die Gelatine verflüssigenden und nicht verflüssigenden Arten ihre Bedeutung verloren, seitdem man weiß, daß sehr unschuldige regelmäßige Wasserbewohner zu den verflüssigenden Bakterien gehören, während gewissen pathogenen Arten diese Eigenschaft nicht zukommt.

Damit soll aber nicht gesagt sein, daß die Bestimmung der Arten bei Wasseruntersuchungen ein für allemal ausgeschlossen sei.

1) Arch. f. Hygiene 46 (1903) 64.

Ganz abgesehen von dem Nachweis pathogener Bakterien kann recht wohl der Fall eintreten, daß es erwünscht oder erforderlich erscheint, die An- oder Abwesenheit gewisser Keime in Wässern, welche bestimmten Zwecken dienen sollen, zu konstatieren, z. B. der Fäulnis- oder Gärungserreger in Wässern der Brennereien, Brauereien, Zuckerfabriken und anderer Gewerbe, in denen solche Keime Störungen hervorzurufen imstande sind, besonders, wenn sie massenhaft auftreten. Jeder derartige Zweig der industriellen Beschäftigungen bildet sich eben seine eigenen bakteriologischen Methoden je nach seinen Bedürfnissen aus.

Neben den gewöhnlichen Wasserbakterien können aber natürlich vorübergehend auch solche Arten vorkommen, welche für den menschlichen und tierischen Organismus pathogen sind, und deren Nachweis eine ganz hervorragende Bedeutung hat und einen wesentlichen Zweig der Wasserbakteriologie und Hygiene bildet. Ferner gibt es Bakterienarten, welche, weil sie in bestimmten Materialien regelmäßig vorkommen, als Leitorganismen für Verunreinigungen durch derartige Substanzen anzusehen sind. So ist beispielsweise das an und für sich nicht pathogene Bakterium coli ein charakteristischer Bewohner des tierischen Darmkanals und stets in Fäkalien anzutreffen, und der Nachweis dieses Mikroben gilt daher mit Recht, soweit nicht etwa besondere Verhältnisse eine andere Deutung gebieten, als Anzeichen von Verunreinigung durch menschliche oder tierische Abfallstoffe fäkaler Natur.

Dem vorliegenden Zweck und den praktischen Bedürfnissen entsprechend, wird im nachstehenden auf die Besprechung der nicht pathogenen Bakterienarten, bis auf wenige Ausnahmen, ihren Nachweis und ihre Charakterisierung verzichtet werden. Diejenigen, welche die erforderlichen bakteriologischen Kenntnisse und Erfahrungen haben, werden vorkommendenfalls an Hand der zahlreichen Literatur entsprechende Untersuchungen auszuführen imstande sein. Außer den größeren Kompendien der Bakterienkunde seien hier als Spezialwerke erwähnt: Fuller u Johnson, Journ. of exper. med. Vol. 4 (1899), p. 609; G. C. u. P. E. Frankland, Zeitschr. f. Hyg. Bd. 6 (1889); Tils ebenda Bd. 9 (1890); Migula, Kompendium der bakteriologischen Wasseruntersuchung; Metz, Mikroskopische Wasseruntersuchung; Zimmermann, Die Bakterien der Chemnitzer Wasserleitung; Lustig, Diagnostik der Bakterien des Wassers, 2. Aufl., Jena und Turin 1893.

Allgemeine Regeln für die bakteriologische Untersuchung

Da Bakterien überall auf der Erdoberfläche verbreitet sind, an allen Gefäßen, an den Händen haften, in allen nicht gerade baktericiden Lösungen vorhanden sein können, so ist es unbedingtes Erfordernis, wenn man in einer Substanz, also hier in Wasser, Bakterien nachweisen will, die Anwesenheit derselben in den verwendeten Materialien auszuschließen. Man arbeitet daher nur mit bakterienfreien Gerätschaften und bakterienfreien Substanzen jeder Art und schließt das Eindringen fremder Keime aus. Zu dem Zweck

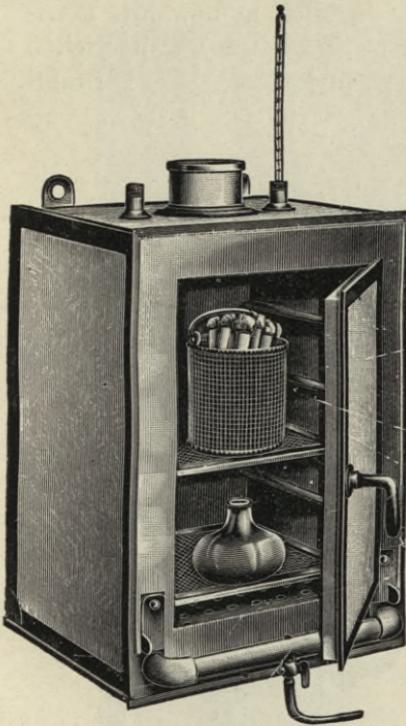


Fig. 135



Fig. 136

„sterilisiert“ man seine Geräte, welche hohe Temperaturen vertragen, wie Glas- und Metallgeräte, durch längeres Erhitzen, soweit man nicht ein direktes Ausglühen vornehmen kann. Das Erhitzen geschieht in Heißluftschränken bei Temperaturen von 150 bis 160° während wenigstens einer Stunde, wobei alle lebenden Keime zugrunde gehen. Geeignete Formen des Heißluftschranke ersieht man aus Fig. 135 und 136.

Flüssigkeiten werden durch ein- oder mehrmaliges Erhitzen in strömendem Wasserdampf keimfrei gemacht. Für die Temperatur von 100° dient der sogenannte Kochsche Dampftopf (Fig. 137), für

eine höhere Temperatur verwendet man Autoklaven (Fig. 138). Für das Züchten von Bakterien bei konstanten Temperaturen dienen Brutschränke, deren genaue Einstellung mittels Termoregulators geschieht. Ein kleines Modell stellt Fig. 139 vor.

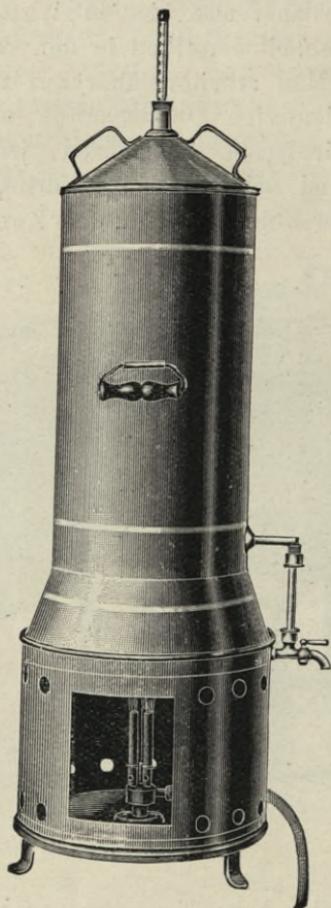


Fig. 137. Dampftopf

Pipetten, wie man sie zum Abmessen von Wasser gebraucht, sterilisiert man in Blechhülsen, in denen man sie zugleich aufbewahrt, Petrischalen in geeigneten Metallgestellen oder -kapseln, Reagensgläser in Drahtkörben (Fig. 140, 141 u. 142).

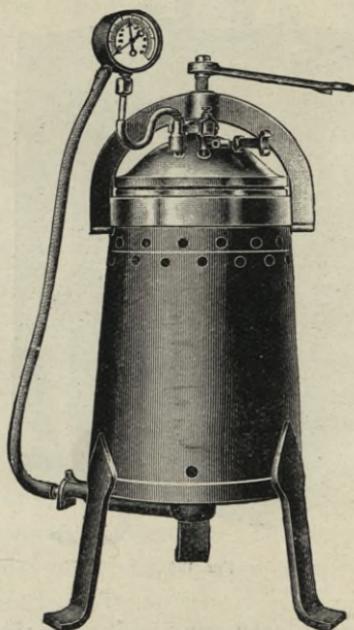


Fig. 138. Autoklave

Nährböden, Kulturflüssigkeiten, steriles Wasser u. dgl. hebt man in Reagensgläsern oder größeren Glaskolben auf, welche mit steriler Watte verschlossen sind. Das Sterilisieren der Watte geschieht am einfachsten gleichzeitig mit dem Gefäß im Dampfsterilisator oder im Heißluftschrank; in letzterem färbt sie sich schwach bräunlich. Vor jedesmaligem Herausziehen aus dem Halse des Gefäßes ist sie in einer Gas- oder Spiritusflamme abzubrennen.

Verbandwatte ist nicht zu verwenden, sondern die im Handel vorkommende, nicht vollkommen fettfreie, schwach gelblich gefärbte Ware.

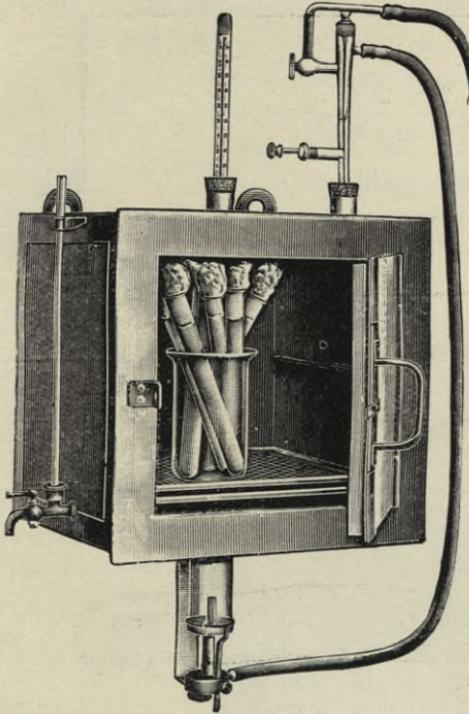


Fig. 139

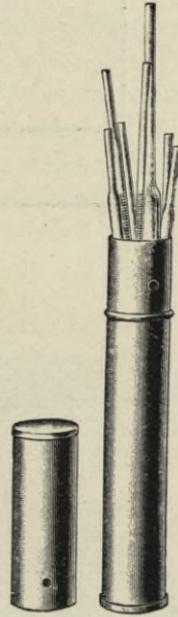


Fig. 140

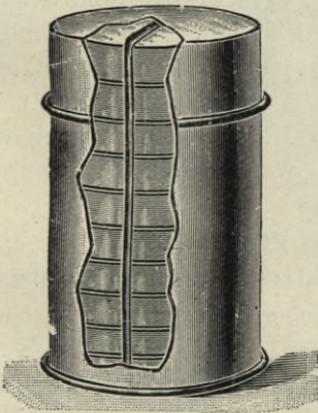


Fig. 141

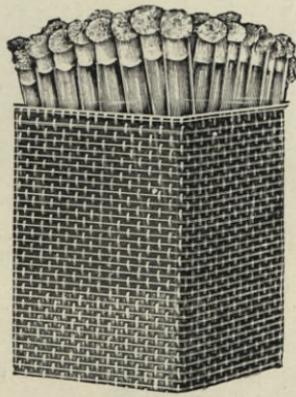


Fig. 142

Glaskolben, Pipetten, Objektträger mit und ohne Vertiefung (Fig. 143 u. 144), Deckgläser (Fig. 145), gewöhnliche und sogenannte

Cornetsche Pinzetten (Fig. 146) zum Halten der Deckgläser, in Glasstäbe eingeschmolzene oder in besonderen Metallhaltern sitzende

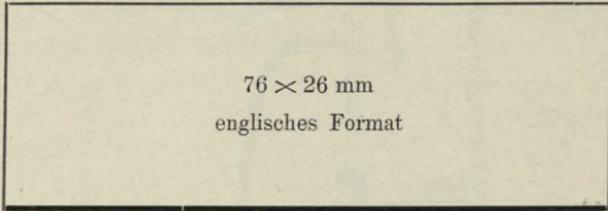


Fig. 143. Gewöhnlicher Objektträger

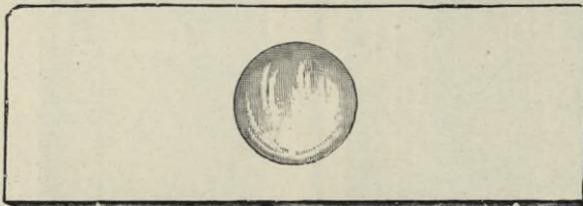


Fig. 144. Hohlgeschliffener Objektträger

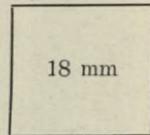


Fig. 145
Deckglas 18 mm

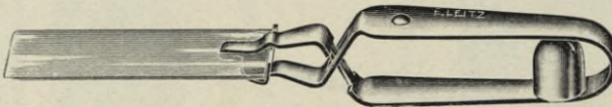


Fig. 146. Cornetsche Pinzette

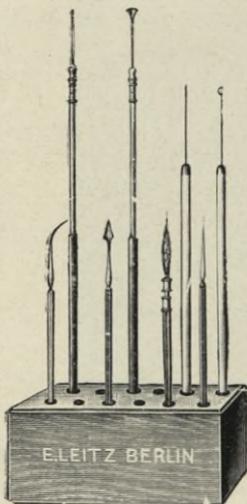


Fig. 147
Gestell für Drähte usw.

Platindrähte (Fig. 147), Messer und Scheren, verschiedene Chemikalien, Farbstofflösungen, Nährböden u. a. vervollständigen das bakteriologische Werkzeug, welches bezüglich seiner Anwendung resp. Herstellung am geeigneten Orte beschrieben werden soll.

Die Probenahme für die bakteriologische Prüfung

Auf die Probenahme ist ganz besondere Sorgfalt zu verwenden, sie richtet sich ganz nach der Entnahmestelle und dem Zweck der Untersuchung. Bei Pumpbrunnen und Leitungen läßt man das Wasser vor dem Sammeln längere Zeit ablaufen, um nach Möglichkeit die in den Rohren sitzenden und dort zur

Vermehrung gelangten Bakterien auszuschließen. Man öffnet sodann vorsichtig den Wattebausch des sterilen Gefäßes, indem man ihn mit zwei Fingern faßt und aus der nach unten gekehrten Öffnung herauszieht. Man füllt dann möglichst rasch unter Vermeidung jeder Verunreinigung des Wassers und Gefäßes, worauf der durch eine Flamme gezogene Wattebausch wieder aufgesetzt wird.

Aus offenen Brunnen, Quellen, Wasserläufen entnimmt man zweckmäßig die Proben mittels besonderer Apparate, welche Verunreinigungen ausschließen und gleichzeitig gestatten, Proben aus beliebiger Tiefe zu entnehmen. Denn es ist nicht gleichgültig, ob die Probe



PAUL ALTMANN
BERLIN N.W.

Fig. 148. Apparat
nach Slavo-Czaplewski

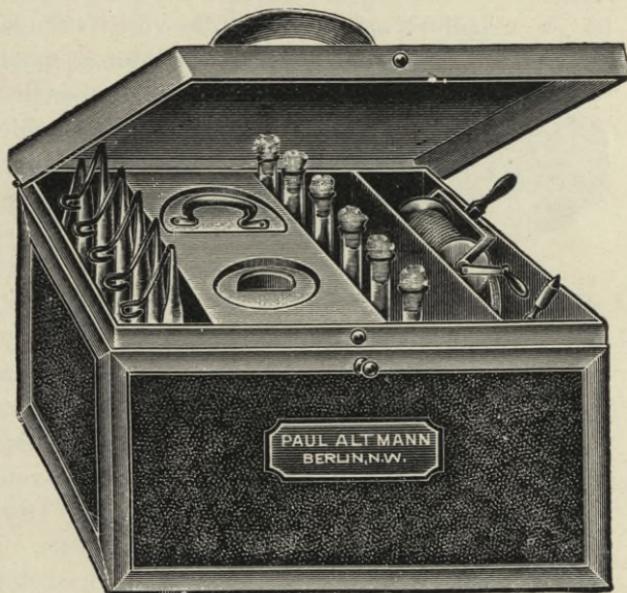


Fig. 149. Kasten für die bakteriologischen Proben
nebst den erforderlichen Gerätschaften

von der Oberfläche oder aus einer tieferen Stelle kommt, da die Zahl der Bakterien hier sehr wechselnd ist, meist von der Oberfläche nach unten abnimmt. Sehr geeignet für solche Probenahmen ist der von Slavo-Czaplewski angegebene kleine Apparat (Fig. 148), bestehend aus einem Senklot, welches an einer über eine Rolle gehenden Schnur hinabgelassen wird, wonach mittels Ab-

schlagvorrichtung die Spitze eines sterilen, zu einer Kapillare ausgezogenen, evakuierten und dann zugeschmolzenen Röhrchens abgeschlagen wird, wobei letzteres sich mit Wasser füllt. Beim Herausziehen kann Wasser aus den oberen Schichten wegen des im Röhrchen herrschenden Überdruckes nicht eindringen; die Spitze wird sogleich wieder zugeschmolzen. Mehrere solcher Röhrchen finden in geeigneten Transportkästen (Fig. 149) Platz, soweit nicht sofortige Verarbeitung stattfindet. Auch die früher für die chemische Probenahme empfohlenen Apparate sind vielfach mit Einrichtungen für die bakteriologische versehen.

Das Anlegen der Zählplatten

Da die Zahl der vorhandenen Keime sich je nach den herrschenden Bedingungen sehr rasch vermehren oder vermindern kann, ist es unbedingt erforderlich, die vorbereitenden Arbeiten für die

Zählung möglichst rasch nach der Probenahme auszuführen, am besten geschieht dies sofort an Ort und Stelle, wofür man in dem Transportkasten die erforderlichen Gerätschaften mit sich führt. An Stelle der früher üblichen flachen Glasplatten verwendet man



Fig. 150. Petrischale

weit zweckmäßiger und bequemer für das Plattengießen die Petrischen Doppelschälchen (Fig. 150), deren Durchmesser 9 cm beträgt, welche man möglichst horizontal, eventuell mittels Nivellier Vorrichtung aufstellt. Sodann erwärmt man drei bis vier Röhrchen mit Nährgelatine (siehe Reagentien) in Wasser von 40° bis zum Verflüssigen des Nährbodens, entnimmt mittels steriler Pipette aus dem geöffneten Probegefäß ein Quantum Wasser und läßt eine genau abgemessene Menge davon in das wenig gelüftete Petrischälchen laufen, worauf man den flüssigen Inhalt eines Reagensglases zufließen läßt. Nach möglichst inniger, durch Bewegen der Schälchen vorgenommener Mischung läßt man erstarren. Bei normalen Wässern verwendet man 1 ccm Wasser, für ein zweites Schälchen 0,25 ccm, für ein drittes 0,1, für ein viertes 0,05 ccm Wasser.

Bei bakterienreichen Wässern, z. B. Abwässern, sind auch diese kleinen Quantitäten noch viel zu groß; man würde Platten erhalten, welche so dicht mit Bakterienkolonien besät wären, daß ein Zählen nicht vorgenommen werden könnte. In solchen Fällen vermischt

man ein oder mehrere ccm Wasser mit 100 ccm bis ein Liter sterilen destillierten Wassers, mischt gehörig und verwendet diese Verdünnungen zum Plattenanlegen; natürlich sind beim Berechnen diese Verdünnungskoeffizienten zu berücksichtigen. Die Art der Vermischung des Wassers mit der Nährgelatine in der Petrischale selbst hat gewisse Vorteile vor dem sonst auch üblichen Vermischen im Reagensrohr vor dem Ausgießen, weil in letzterem Falle stets ein gewisser Anteil der Gelatine und mit ihm eine Anzahl Keime im Rohr verbleiben und somit der Zählung entgehen.

Nach dem Erstarren des Nährbodens bringt man die Schälchen in eine größere mit Wasser befeuchtete Glasdoppelschale und setzt diese in einen Thermostaten von 20°.

Für gewisse Zwecke kann es angezeigt erscheinen, sogenannte Esmarch'sche Rollkulturen anzulegen. Zu dem Zwecke mischt man das Wasser mit der Nährgelatine im Reagensglase, verteilt durch sanftes Schwenken gleichmäßig — Schütteln ist zu vermeiden —, brennt die vorstehende Watte ab, zieht eine Gummikappe darüber und legt das Röhrchen horizontal in Eiswasser, wo man unter fortwährendem Drehen um die Längsachse die Gelatine in der Weise zum Erstarren bringt, daß sie an der Innenfläche des Reagensglases gleichmäßig anliegt.

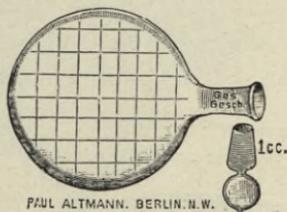


Fig. 151

Schälchen, welche an Ort und Stelle gegossen sind und transportiert werden müssen, stellt man während des Transportes auf Eis. Zum Zweck des schnelleren Erstarrens hat man auch, wenn Eis fehlt oder bei sehr heißer Temperatur, kleine Kühlapparate konstruiert, bei denen die Kälte durch Verdunsten von Äther erzeugt wird.

Theoretisch wird sich jeder in die Nährgelatine gelangte Keim entwickeln, und da er in der Bewegung gehemmt ist, eine Kolonie erzeugen, welche anfangs sehr klein und nur bei Vergrößerung sichtbar, später größer mit bloßem Auge zu erkennen ist. In Wirklichkeit jedoch entspricht die Anzahl der Kolonien durchaus nicht der Zahl der ursprünglich vorhandenen Keime, da die Zusammensetzung der üblichen Nährböden entweder der Entwicklung gewisser Bakterienarten hinderlich ist, oder weil Temperatur und andere physikalische und chemische Bedingungen ihnen nicht zusagen. Diesen Übelstand muß man mit in den Kauf nehmen, wenn man

nicht durch zahlreiche Versuche die günstigsten Verhältnisse in jedem einzelnen Falle erst erproben will. Wenn es sich lediglich um vergleichende Untersuchungen derselben Wässer handelt, fällt der erwähnte Übelstand auch nicht weiter in Betracht. Die Zusammensetzung der Nährgelatine wird verschieden gewählt, die vom Reichsgesundheitsamte empfohlene hat sich als günstig erwiesen und wird in Deutschland fast durchgehends gewählt. Über ihre Bereitung ist das Nähere unter ‚Reagentien‘ angegeben. Für manchen Zweck, auch für den Transport, sind statt der Petrischalen wohl auch flache Kolben im Gebrauch, welche auf der einen Fläche gleich eine Quadrateinteilung haben (Flaschen nach Rozsahegyi Fig. 151).

Methode des Plattenverfahrens nach Spitta und Müller¹⁾

Der Umstand, daß eine ganze Anzahl der in der Gelatine verteilten Keime nicht an die Oberfläche gelangen, wegen Mangels an Sauerstoff nicht wachsen und daher der Zählung entgehen, weiter der Zweck bei keimreichen Wässern keine Verdünnung vornehmen zu müssen, hat Spitta und Müller veranlaßt, einen Apparat zu konstruieren, bei welchem das Wasser in Form eines feinen Staubes auf die erstarrte Oberfläche des Nährbodens gelangt. Die Beschreibung ist dem Original entnommen.



Fig. 152

In einen Porzellantrichter (Fig. 152) mit eingelassener poröser Filterplatte, wie er zur Erzielung keimfreier Filtrate benutzt wird, werden 100 ccm des zu untersuchenden Wassers gegeben. Der Hals des Trichters wird mittels dickwandigen Gummischlauchs mit dem Schlauchansatz des Regulierventils eines Stahlzylinders mit komprimierter Luft verbunden und nun ein Druck von etwa $1\frac{1}{2}$ Atmosphären gegeben, welchen man nach einigen Minuten auf 1,25 bis 1 Atmosphäre ermäßigt. Das Gas drängt sich in feinen Bläschen durch die poröse Filterplatte nach oben und reißt eine gleichmäßige Wolke von Wassertropfchen mit sich, die sich auf einer darüber gehaltenen, mit Nährgelatine beschickten Petrischale als feiner Tau niederschlagen. Bei dem Druck einer Atmosphäre werden die Tröpfchen 10—12 cm hoch geschleudert.

1) Spitta u. Müller, Quantitative Bestimmung von Bakterien. Arbeiten a. d. Reichs-Ges.-Amt 1909; Bd. 33, 145 ff.

Die verwandten Porzellantrichter haben einen lichten Durchmesser von durchschnittlich 10 cm und eine innere Tiefe von etwa 5 cm. Man legt auf den oberen Rand des Trichters einen metallenen Blendenring von 8,9 cm lichten Durchmesser und stellt auf diesen mit der offenen Seite nach unten die untere Hälfte einer Petrischale von 9 cm lichten Durchmesser, welche mit 10 ccm steriler und wiedererstarrender Nährgelatine beschickt war.

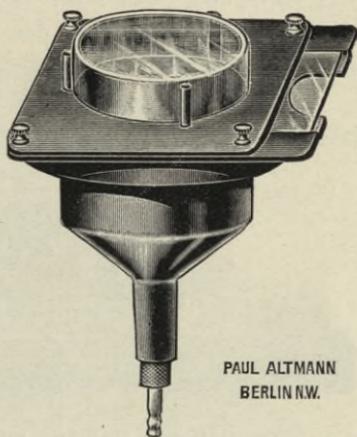
Gibt man nun Druckluft von unten in den Trichter, so wird die Gelatineschicht gleichmäßig mit Tröpfchen besät. War das Wasser bakterienhaltig, so findet man nach verhältnismäßig kurzer Aufbewahrung der besprühten Platten die Oberfläche der Gelatine mit Bakterienkolonien in regelmäßiger Verteilung bedeckt. Zweckmäßig ist es, die Schale während der Besprühung langsam horizontal zu drehen.

Die Trichter werden vor jedesmaligem Gebrauch in strömendem Dampf sterilisiert. Um jedoch auch ein Arbeiten mit infektiösen Keimen zu ermöglichen, ist eine sterilisierbare Vorrichtung angebracht, welche durch Herausziehen bzw. Einschieben einer Glasscheibe gestattet, die vorher aufgelegte Kulturplatte eine bestimmte Zeit dem Spray auszusetzen, ohne daß man Gefahr läuft, beim Auflegen und Abnehmen der Platten mit dem infektiösen Material in Berührung zu kommen. Die Anordnung des ganzen Apparates stellt Fig. 153 dar.

Hält man Druck, Entfernung der Gelatineschicht vom Flüssigkeitsspiegel und Höhe der Flüssigkeitsschicht annähernd konstant, so wird in derselben Zeit auch annähernd die gleiche Menge Wasser verstäubt. Vorheriges und nachheriges Wägen der Petrischale ergibt das Gewicht des auf die Gelatine zerstäubten Wassers.

Die so erzielten Sprühplatten fallen weit gleichmäßiger aus als die sonst gebräuchlichen Mischplatten, und die Kolonien liegen alle an der Oberfläche, so daß sie ungehindert in der ihnen charakteristischen Form auswachsen können, ein Umstand, der für die Differentialdiagnose der Bakterien nicht unwichtig ist.

Bei der Anlage von Sprühplatten aus Trinkwasser, Flußwasser u. dgl. pflegt das Auswachsen der Keime zu Kolonien an



PAUL ALTMANN
BERLIN N.W.

Fig. 153

der Oberfläche so schnell vor sich zu gehen, daß diese Entwicklung nach 24 Stunden im wesentlichen abgeschlossen und so weit vorgeschritten ist, daß eine Zählung der Kolonien bereits zu brauchbaren Ergebnissen führt. Endlich erhält man nach diesem Verfahren aus ein und derselben Bakterienaufschwemmung in der Regel höhere Keimzahlen als mit der üblichen Gußplattenmethode.

Das Zählen der Kolonien

Meist wird die erste Zählung der entstandenen Kolonien nach 48 Stunden vorgenommen. Man bedient sich hierzu eines von Wolffshügel angegebenen Zählapparates (Fig. 154) und der Lupe (Fig. 155) oder des Mikroskops. Die erstere wird man meist bei Vorhandensein weniger, das zweite bei Gegenwart zahlreicher Kolonien auf der Platte verwenden.

Der Zählapparat nach Wolffshügel besteht aus einer in Holzfassung befestigten schwarzen matten Glasscheibe, über welcher auf

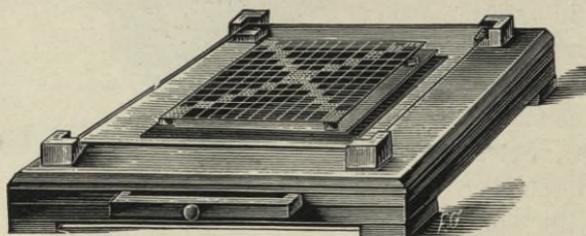


Fig. 154. Zählapparat nach Wolffshügel



Fig. 155. Lupe

vier Holzfüßchen eine Glasplatte ruht, welche durch eingezätzte Linien in Quadratcentimeter geteilt ist. Die vier mittleren und die nach den Ecken laufenden Quadrate sind weiter in neun kleine Felder eingeteilt. Die zu untersuchende Petrischale wird nach Entfernung des Deckels unter die Zähltafel gebracht. Beträgt der Durchmesser der Schale 9 cm, so liegen die vier inneren Quadrate und an den Enden noch zwei untergeteilte Quadrate innerhalb des Schalenrandes. Diese betragen zusammen 12 qcm, und es genügt in gewissen Fällen, die innerhalb derselben liegenden Kolonien mit der auf die Zählplatte gestellten Lupe zu zählen. Der Flächeninhalt einer Petrischale von 9 cm Durchmesser beträgt 63,6 qcm. Die in den zwölf Quadraten gezählten Kolonien sind daher mit $\frac{63,6}{12} = 5,3$ zu multiplizieren, um die Anzahl der auf der ganzen Schale verteilten Kolonien zu erhalten. Man berechnet die Keim-

zahl stets auf 1 ccm Wasser. Für mikroskopische Zählung der Kolonien ist es erforderlich, verhältnismäßig dicht besäte Platten zu verwenden, man kann daher bei bakterienarmen Wässern größere Mengen als 1 ccm verimpfen. Am besten lassen sich Platten zählen, auf denen sich wenigstens 1500 Kolonien befinden. Sehr gleich-

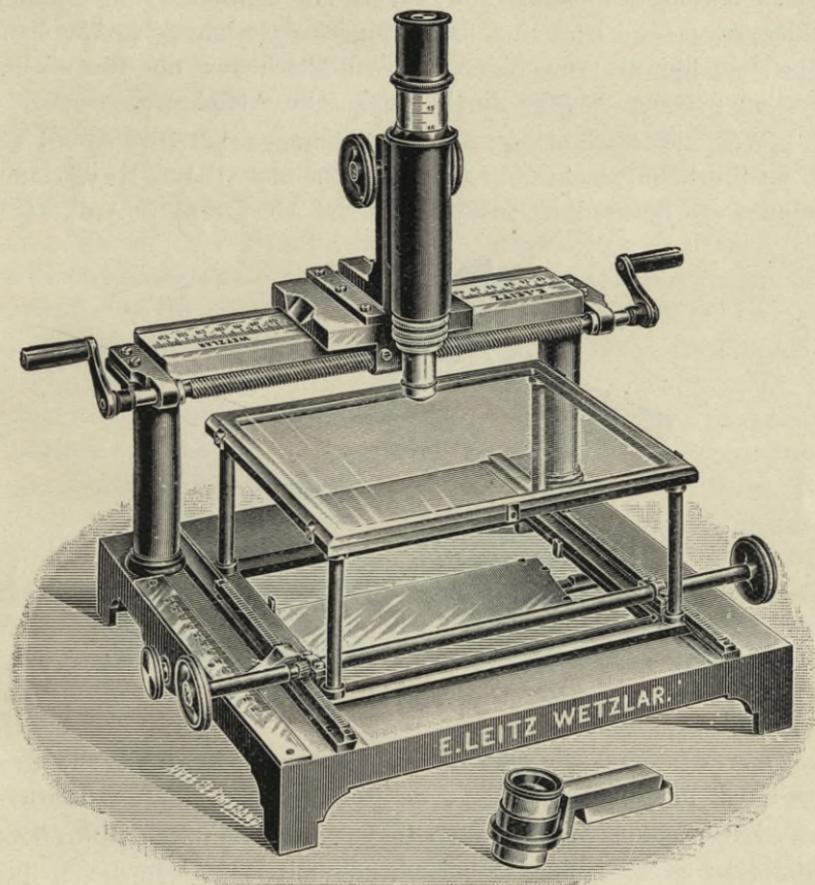


Fig. 156. Schlittenmikroskop nach Dr. E. Nebelthau

mäßiges Verteilen der Keime in der Gelatine und ganz horizontales Erstarren der letzteren sind wesentliche Vorbedingungen. Ferner bedarf man eines Mikroskops, welches gestattet, jede Stelle der 9 cm im Durchmesser betragenden Petrischale unter das Objektiv zu bringen. Als Vergrößerungen sind 60—100fache am geeignetsten. Schlittenmikroskope (Fig. 156) mit beweglichem Objektisch werden mit Vorteil bei häufig ausgeführten mikroskopischen

Zählungen verwendet. Für sehr dicht besäte Platten wird das stärkere Okular benutzt, und zwar, nachdem man auf die Blende desselben ein in 25 kleine Quadrate geteiltes Okularnetzmikrometer gelegt hat. Zum Ausmessen der Größe des Gesichtsfeldes ist schließlich noch ein Objektmikrometer notwendig, auf welchem ein Zentimeter in Millimeter und davon ein Millimeter in Zehntelmillimeter geteilt ist. Für die gefundene Gesichtsfeldgröße kann man sich für die verschiedenen Vergrößerungen ein für allemal Tabellen anlegen, welche die Zählung sehr erleichtern.

Was die Ausführung solcher Zählungen betrifft, so sei auf die ausführliche Beschreibung bei Spitta und Ohlmüller, ²/₅ Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers, 3. Aufl. 1910,

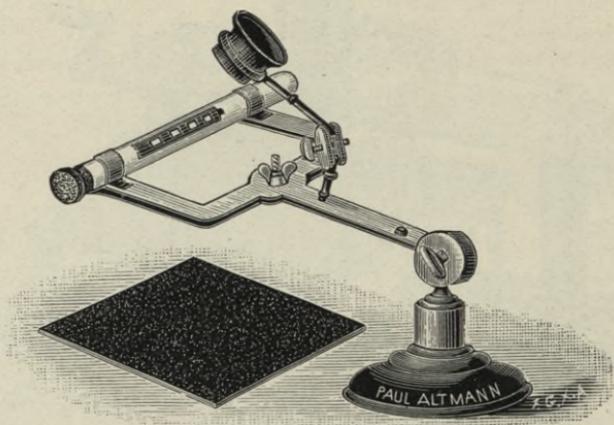


Fig. 157

S. 267 verwiesen. Dieselbe findet sich auch in Abderhalden, Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Bd. VI, S. 329 ff.

Zum Zählen von Kolonien in Esmarchschen Rollkulturen benutzt man zweckmäßig das beistehende mit Lupe versehene Statif (Fig. 157). Wo es erforderlich erscheinen sollte, können nach beendeter Zählung die einzelnen Kolonien nach den üblichen, hier nicht weiter zu erörternden Methoden untersucht und studiert werden. Bereits die Beobachtung der Kolonien bezüglich ihrer Form, ihrer Struktur, ihres eventuellen Verflüssigungsvermögens, ihrer Farbe wird manche beachtenswerte Winke geben, weitere diagnostische Momente bieten die morphologischen und biologischen Eigenschaften, Beweglichkeit, Sporenbildung, Gramfärbung und andere dem Bakteriologen geläufige Erscheinungen.

Die mikroskopische Betrachtung der Kolonien geschieht mit 60- bis 100facher Vergrößerung bei kleiner Blende, um die Struktur zu erkennen. Behufs weiteren Studiums und zwecks Aufbewahrung in Form von Reinkulturen werden die einzelnen verschiedenen Kolonien, weil die Platten in kurzer Zeit in der Regel durch Verflüssigung verderben, auf geeignete Nährböden abgeimpft, indem man mittels ausgeglühten Platindrahts eine Spur einer Kolonie entnimmt und auf oder in die in Reagensgläsern befindlichen Nährböden streicht oder sticht. Für verflüssigende Arten wählt man zur Weiterkultur zweckmäßig Agarnährböden, Kartoffelkeile u. dgl.

Die Reinkulturen beobachtet man im ungefärbten und im gefärbten Zustande. Im ersteren Falle bringt man ein Tröpfchen reines Wasser oder Bouillon auf ein Deckgläschen, impft eine Spur des Bakterienmaterials hinein und bedeckt dasselbe mit einem hohlgeschliffenen Objektträger, dessen Ausschiff mit Vaseline umzogen ist. Dreht man jetzt den Objektträger um, so hängt das Tröpfchen frei in der Höhlung, und die Beobachtung geschieht somit im „hängenden Tropfen“. Hier zeigen sich Beweglichkeit, Sauerstoffbedürfnis und manche andere wichtige Momente; die Beobachtung findet unter Anwendung der stärkeren Vergrößerungen statt. Das Färben der Bakterien geschieht, um feinere Strukturen zu erkennen, auch, um Bakterien von anderem nicht färbbarem Material unterscheiden zu können. Auf ein frisch über einer Flamme erhitztes Deckgläschen bringt man ein kleines Tröpfchen Wasser, impft möglichst wenig Bakterienmaterial ein und verteilt mittels Platindrahts gleichmäßig über die ganze Fläche, was, wenn das Glas wirklich fettfrei ist, leicht zu erreichen ist. Sodann läßt man trocknen, faßt das Deckglas mit einer Cornetschen Pinzette und gießt es dreimal nicht zu schnell durch eine Flamme. Sodann tropft man so viel einer möglichst frisch filtrierten Farbstofflösung darauf, daß es vollkommen bedeckt ist, läßt nach einiger Zeit (1 bis 5 Minuten) zur Beseitigung der Farbstofflösung einen sanften Wasserstrahl über das Präparat laufen, trocknet und bringt das Deckglas mit dem in Wasser oder Kanadabalsam gebetteten Präparat auf einen Objektträger. Als Farbstofflösungen sind Anilinfarbstoffe die geeignetsten (ihre Herstellung unter Reagentien).

Zur Differentialdiagnose ist die Färbung oder besser gesagt die Entfärbung nach Gram oft nicht zu entbehren, welche auf dem Entziehen des Farbstoffes in gefärbten Präparaten durch Jodjodkalium beruht. Demnach unterscheidet man zwischen Bakterien,

welche sich grampositiv und gramnegativ verhalten. Für die Färbung eignet sich am besten die Ehrlichsche Anilinwasser-Violettlösung, welche etwa einen Tag alt sein muß. Nach Abgießen der Farbstofflösung wird das Präparat mit Gramscher Lösung übergossen und bleibt eine Minute damit bedeckt. Dann wird die Jodlösung abgegossen und das Präparat so lange in absolutem Alkohol bewegt, bis keine Farbstoffschlieren mehr sichtbar sind. Nach Abspülen mit Wasser wird getrocknet und weiter wie oben verfahren. Bei der mikroskopischen Betrachtung findet man, je nach Wirkung der Gramschen Lösung, die Bakterien entweder sehr stark violett oder sehr wenig gefärbt, wenn sie den Farbstoff nicht ganz verloren haben.

Wichtige Momente für die Erkennung mancher Bakterienarten sind ihre Fähigkeit, gewisse Kohlehydrate oder mehrwertige Alkohole unter Bildung von Gas oder Säure zu vergären und bei der Zersetzung von Eiweißkörpern Indol zu bilden. Erstere Eigenschaft prüft man in der Weise, daß man in geeignete Lösungen, z. B. 1prozentige Lösung von Traubenzucker in Bouillon, welche sich steril in U-förmigen Gasröhrchen befindet, mit dem Bakterienmaterial impft und das Röhrchen bei Temperaturen, die sich nach der Art der Bakterien richten, meist bei 37°, aufbewahrt. Gasbildung ist leicht an dem Verdrängen eines Teils der Flüssigkeit aus dem geschlossenen Schenkel zu bemerken, auch kann das Gas weiter untersucht werden (CO_2 ; H). Säurebildung wird mit Lakmuspapier konstatiert.

Für den Nachweis der Indolbildung wird Bouillon oder Peptonwasser in denselben Gasröhrchen oder in anderen Glasgefäßen verwendet. Nach genügender Einwirkung der Bakterien setzt man zu je 10 ccm der Kultur 1 ccm einer $\frac{1}{50}$ prozentigen wäßrigen Lösung von Kaliumnitrit und einige Tropfen konzentrierte Schwefelsäure. Sollte die eintretende Rotfärbung durch Nitrosoindol sehr schwach sein, so setzt man einige ccm Amylalkohol zu und schüttelt tüchtig durch. Bei Anwesenheit von Indol nimmt der Alkohol eine mehr oder weniger deutliche Rosafärbung an. Oder man säuert an und läßt tropfenweise, wenn nicht schon durch die Säure eine Rotfärbung eintrat, eine einprozentige Nitritlösung zufließen.

Häufiger in Wasser vorkommende Bakterienarten

Von den nicht pathogenen Arten, denen man bei Wasseruntersuchungen, also auf Platten, wiederholt begegnet, seien außer

den bereits früher bei der biologischen Untersuchung aufgeführten Eisen-, Schwefel- und anderen größeren Vertretern folgende genannt:

Micrococcus candidans (Flügge). Beschreibung bei Flügge: Mikroorganismen, 3. Aufl. 1896, Bd. II, S. 177. Häufiger Wasserbewohner, den man sehr oft auf Platten als Verunreinigung findet.

M. flavus liquefaciens (Flügge). Schnell verflüssigende gelbe Kolonien.

M. aquatilis (Bolton). Beschreibung: Zeitschr. f. Hygiene 1886, Bd. 1, S. 94. Porzellanweiße Kolonien bildend. Kommt selbst in destilliertem Wasser fort.

M. ureae (Cohn). Bei Flügge S. 172. Starker Harnvergärer; kommt in mit gärendem Urin verunreinigtem Wasser vor.

Streptococcus margaritaceus (Schröter). Häufig in städtischen Abwässern, besonders im Bodensatz.

St. mesenterioides (*Leuconostoc mes.*) (Cienkowski). Beschreibung bei Flügge S. 174. Tritt bisweilen als Schädling in Zuckerraffinerien auf und wird in deren Abwässern angetroffen. Über seine Morphologie und Biologie bei Lafar, Mykologie Bd. 2 (1905—8), S. 455.

Lamprospira hyalina (Schröter). Tafelartige Kokken, welche in verschiedenen Flüssen gefunden wurden.

Sarcina candida (Lindner). Beschreibung bei Migula, System der Bakterien, S. 223. Häufig in den Wässern der Brauereien.

S. lutea (Schröder). Findet sich häufig als Plattenverunreinigung aus der Luft.

S. paludosa (Schröter). In Schlämmen und Abwässern.

Azotobacter agilis (Beijerinck). Zentralbl. f. Bakt., II. Abt. 1901, Bd. 7, 561. In Gartenerde und bisweilen in Kanalwässern.

Bacillus mesentericus fuscus (Flügge). Häufig in Wasser.

B. mycoides (Flügge). Die Kolonien erinnern an Schimmelpilzmyzel, schnell verflüssigend. Sehr häufig in Wasser.

B. subtilis (Ehrenberg). Heubazillus. Sehr widerstandsfähige Sporen bildend. Häufig in reinen und Abwässern. Sehr starkes Vorkommen soll einen unangenehmen Geruch des Wassers bedingen.

B. fuscus (Zimmermann). Häufig.

B. macerans (Schardinger). C. Bakt. II, 1905, Bd. 14, und 1907, Bd. 19. Bildet aus Kohlehydraten Azeton und findet sich gelegentlich in Wässern, in denen Flachs geröstet wird.

B. mesentericus vulgatus (Flügge). Kartoffelbazillus. Häufig im Erdboden und in Abwässern.

B. cellulosa (Omelianski). In zwei Arten (*methanicus* und *hydrogenius*) im Schlamm der Flüsse und Teiche vorkommend, wo er die Zersetzung der Zellulose zu Kohlensäure und Sumpfgas bzw. Wasserstoff bewirkt. Streng anaerobe Arten, denen man auf gewöhnlichen Platten nie begegnet.

Urobacillus Pasteurii (Miquel). Einer der kräftigsten Harnstoffzersetzer. In Kanal- und Abortwässern.

Bacillus butyricus, *Granulobacter*, *Amylobacter* (van Tiegham). Anaerobe Buttersäurebildner sehr häufigen Vorkommens, bewirken die Buttersäuregärung in Zuckerfabriks- und ähnlichen Abwässern. Näheres bei Bredemann *C. Bact. II*, 1909, Bd. 23.

Bacterium aceti (Hansen) mit zahlreichen ähnlichen Arten, welche in den Essigfabrikwässern und Abwässern gefunden werden können.

Bact. coli siehe weiter unten.

Bact. aërogenes (Beijerinck) syn. *B. lactis aërogenes* Escherich. Bildet aus Eiweiß Schwefelwasserstoff. Findet sich in Abwässern.

Bact. aquatile (Migula). Gelegentlich gefunden.

Bact. vulgare (Hauser) syn. *Proteus vulgaris*. Häufigster Fäulnispilz. Die verflüssigenden Gelatinekolonien stinken. In faulenden Wässern. Von mancher Seite wird ihm toxische Eigenschaft zugeschrieben.

Bact. cloacae (Jordan). Gelatineverflüssigende, Nitrate zu Nitriten reduzierende Art. In Abwässern gefunden.

Farbstoffbildende Arten

Bact. berolinense (Kruse). Bei Flügge II, S. 303. Die Kolonien sind gelb, Kartoffelkulturen rostrot oder orange gelb. In reinen Wässern.

Bact. cyanofuscum (Beijerinck). *C. Bact. I*, 1892, Bd. 12, S. 862. Erzeugt einen in die Umgebung diffundierenden indigo-blauen Farbstoff. In faulenden Wässern gefunden.

Bact. prodigiosum (Ehrenberg). Wächst in fuchsienroten Kolonien, kommt gelegentlich zu Versuchszwecken ins Wasser.

Pseudomonas fluorescens liquefaciens (Flügge). Rasch verflüssigend und den verflüssigten Teilen grüne Fluoreszenz erteilend. Er bewirkt hauptsächlich die rasche Verflüssigung der Gelatineplatten.

Ps. fluorescens non liquef. Dem vorigen sehr ähnlich und vielleicht nur eine Varietät desselben.

Ps. berolinensis (Claessen). C. Bact. 1890, Bd. 7, S. 13. Erzeugt einen blauen Farbstoff.

Ps. violacea (Schröter) syn. *Bacillus violaceus*. Rasch verflüssigend und sich in der Tiefe der Verflüssigung mit blauvioletter Farbstoff ablagernd.

Ps. indigofera (Voges). Blaugefärbte Zellen bildend.

Microspira berolinensis (Neisser). Dem *Cholera vibrio* ähnlich, aber nicht pathogen. Ähnlich ist *M. aquatilis* (Günther).

M. desulfuricans (Beijerinck). Reduziert Sulfate zu Sulfiden, z. T. die Schwefeleisenbildung in Schlämmen herbeiführend.

Spirillum volutans, *undula*, *tenue*, *serpens*, *rugula* sind z. T. bereits unter dem biologischen Teil besprochen.

Von pathogenen Arten finden sich gelegentlich in Wässern bzw. Abwässern gewisse Vertreter der Staphylokokken und Streptokokken, doch wird sich die bakteriologische Untersuchung im wesentlichen auf den Nachweis der Erreger gewisser Infektionskrankheiten, des Typhus, der Cholera und des Milzbrandes beschränken.

Der Nachweis des *Bacterium coli* in Wässern¹⁾

Wie bereits oben erwähnt, ist das *Bacterium coli* ein ständiger Bewohner des Darmkanals und findet sich daher regelmäßig in fäkalen Dejektionen. Sein Vorkommen im Wasser, namentlich in größerer Menge, gilt daher als Zeichen von Verunreinigungen des Wassers mit tierischen Auswurfstoffen, einzelne Keime können natürlich auch gelegentlich in reinen Wässern angetroffen werden, die sonstigen Eigenschaften des Wassers und lokale Inspektion werden dann den Wert eines solchen Befundes richtig stellen. Unter allen Umständen bleibt der Nachweis des *Bacterium coli* ein wichtiges Moment für die Beurteilung.

Das *Bacterium coli* bildet kurze, mäßig bewegte Stäbchen, welche keine Sporen erzeugen. Die Bewegung wird durch Geißeln hervorgerufen. Es wächst sowohl bei Anwesenheit wie Abwesenheit von Sauerstoff bei gewöhnlicher und Bruttemperatur, gedeiht aber auch noch im Gegensatz zu vielen anderen Bakterien bei 46°. Auf Gelatineplatten bilden sich innerhalb der Gelatine weißliche, stecknadelkopfgroße Kolonien, welche sich auf der Oberfläche häutchen-

1) Siehe auch: Günther, Einführung in die Bakteriologie; Abel, Bakteriologisches Taschenbuch u. a.

artig zu weinblattähnlichen Gebilden ausbreiten, deren eigenartige Fältelung an die Blattnerven eines Weinblattes erinnern. Hierin besteht eine große Ähnlichkeit mit den Kolonien des *Bacillus typhi*, doch wächst das *Bacterium coli* weit rascher. Gelatine wird nicht verflüssigt. In Bouillon tritt allgemeine Trübung ein, oft bildet sich an der Oberfläche ein Häutchen. Trauben- und Milchezucker werden vom *Bacterium coli* unter Säure- und Gasbildung vergoren. Das Gas besteht aus einem Gemisch von Kohlensäure und Wasserstoff. In peptonhaltigen, zuckerfreien Nährflüssigkeiten wird Indol gebildet, gleichzeitig tritt eine Reduktion vorhandener Nitrate zu Nitriten ein. Das *Bacterium coli* verhält sich gegen Gramsche Lösung negativ.

Nachweis nach Eijkmann. Die Eijkmannsche Methode, welche unter Einhaltung der genauen Vorschriften sehr befriedigende Resultate ergibt, ist die am meisten angewandte. Allerdings wachsen bei Temperaturen von 46° auch andere, höhere Temperaturen ertragende Bakterien, andererseits erweisen sich nicht alle coliartigen Faecesbakterien als thermotolerant, aber es ist sicher, daß Wasser unverdächtigen Ursprungs nicht reagiert, aber alle Wässer, in denen Fäkalien enthalten sind. Die Eijkmannsche Probe weist also nicht eigentlich das *Bacterium coli*, sondern fäkale Verunreinigung überhaupt nach, und das ist ja gerade die Hauptsache. Die Empfindlichkeit hängt sehr von den Kautelen ab, mit denen man operiert, besonders ist darauf zu achten, daß bei der Inkubation die Temperatur von 46° auch nicht um ein Geringes überschritten wird, und daß die beim Sterilisieren oft schwach sauer werdende zuckerhaltige Nährlösung vor dem Impfen neutralisiert wird.

Ausführung: Ein Quantum des zu untersuchenden Wassers (etwa 50—100 cm) wird mit $\frac{1}{8}$ seines Volums einer Nährlösung gemischt, welche durch Lösen von 10 g Pepton, 5 g NaCl, 10 g Traubenzucker in 100 Wasser bereitet worden war, damit ein großes Gärrohr gefüllt, so daß sich im geschlossenen Schenkel keine Luftblasen befinden, und genau bei 46° gehalten. Bei Anwesenheit des *Bacterium coli* ist nach einigen Tagen oder bereits früher die schwach alkalische Reaktion sauer geworden, und im geschlossenen Schenkel hat sich Gas angesammelt, welches man einfach so untersucht, daß man — wenn die Lösung nicht weiter gebraucht werden soll — in die Öffnung des Rohrs etwas Natronlauge gießt, mit Wasser bis zum Rand füllt, mit dem Daumen ver-

schließt und durch Schütteln das Gas mit der alkalischen Flüssigkeit in Berührung bringt. Nun läßt man alles Gas wieder in den geschlossenen Schenkel steigen und entfernt den Daumen. Das Gasvolumen wird sich infolge der absorbierten Kohlensäure verringert haben. (In der Regel ist das Verhältnis der Kohlensäure zum Wasserstoff 1:2.) Man füllt das Rohr nun abermals bis zum Rand mit Wasser, verschließt mit dem Finger und läßt den Rest des Gases in den offenen Schenkel steigen. Entfernt man nun den Finger, während man zugleich eine Flamme an die Öffnung hält, so bemerkt man, daß das Gas unter schwacher Verpuffung brennt (Wasserstoff).

Nach Bulin wendet man eine Mannitbouillon an, welche mit 2 Proz. einer 0,1prozentigen Neutralrotlösung versetzt ist. Bei Anwesenheit von *Bacterium coli* ist bei 46° das Gärröhr (Fig. 158) mit Gas gefüllt und die rote Farbe ist in eine gelblich grün fluoreszierende übergegangen. Diese Methode beruht auf der Eigenschaft gewisser Farbstoffe, Bakterien in ihrem Wachstum zu schädigen. Auf das *Bacterium coli* ist Neutralrot ohne Wirkung; ähnlich wirkt auch Malachitgrün.

Von anderer Seite ist der Zusatz von geringen Mengen von Phenol (0,1 Proz.) zu den zuckerhaltigen Nährflüssigkeiten empfohlen worden, um das Gedeihen anderer Wasserbewohner zu hemmen. Niemals soll man sich mit dem positiven Ausfall der Eijkmannschen oder ähnlicher Proben begnügen, sondern zunächst das *Bacterium coli* in Reinkultur zu erlangen suchen. Zu dem Zweck stellt man sich aus dem Gärmaterial Platten her, und zwar dient für diesen Fall das von Wurtz empfohlene Milchsückerlaktmusagar (siehe Reagentien). Die entstandenen Kolonien des *Bacterium coli* sehen hellrot aus. Von solchen Kolonien impft man ab, untersucht unter dem Mikroskop und prüft auf Indolbildung, wie a. a. O. angegeben. *Bacterium coli* bildet reichlich Indol.

Bezüglich der Eigenschaften des *Bacterium coli* aus verschiedenen Kohlehydraten und unter verschiedenen Bedingungen bald Rechts- bald Linksmilchsäure zu bilden, ameisensaure Salze zu vergären u. a sei auf die Literatur verwiesen. (Zusammengestellt bei Emmerling, Die Zersetzung stickstoffreier Substanzen durch Bakterien 1902, S. 43 ff.).

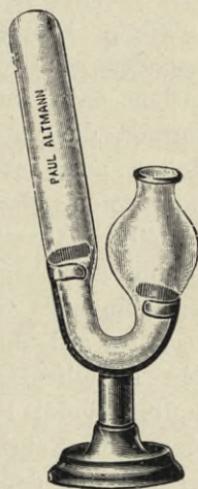


Fig. 158
Eijkmannsches Gärrohr

Nachweis des Typhuserregers

Die Eigenschaften des *Bacillus typhi* sind nach Günther (Bakteriologie 1906) folgende: Er bildet kurze, plumpe Stäbchen mit abgerundeten Enden, welche in künstlichen Kulturen häufig zu langen Fäden verbunden auswachsen. Er hat lebhafte Eigenbewegung, welche durch Geißelfäden bewirkt wird, welche sowohl an den Enden wie an den Seiten sitzen. Der Typhusbazillus färbt sich nicht nach Gram, nimmt überhaupt Anilinfarbstoffe schwieriger auf als andere Bakterienarten. Sporenbildung ist nicht vorhanden. Er gedeiht bei Sauerstoffanwesenheit sowohl wie Sauerstoffabschluß und wächst auf den gewöhnlichen bakteriologischen Nährböden, selbst bei leicht saurer Reaktion derselben, langsam bei Zimmer-, viel rascher aber bei Bruttemperatur. Gelatine wird nicht verflüssigt. Die Kolonien haben ganz verschiedenes Aussehen, je nachdem sie sich in der Tiefe oder an der Oberfläche des Nährbodens entwickeln. Die tiefliegenden sind klein, weißgrau, kugelförmig, die an der Oberfläche liegenden breiten sich nach allen Seiten aus, indem sie einen dünnen, häutchenförmigen, buchtig begrenzten, blattartig gezeichneten Überzug bilden, welcher unter günstigen Umständen in fünf Tagen einen Durchmesser von ca. 5 mm. erreichen kann. Diese Kolonien zeigen ein kleines, dunkler erscheinendes Gebilde, eine Art Nabel. Impft man den Typhusbazillus strichförmig auf eine Gelatineoberfläche, so bildet sich ein häutchenförmiger Oberflächenbelag. In der Gelatine-Stichkultur findet längs des ganzen Impfstiches Wachstum statt. In dünneren Nährböden (solchen mit etwa 3 bis 4 Prozent Gelatine) gehen von den Kolonien Fäden in die Umgebung aus, was als Differentialdiagnose gegenüber dem *Bacterium coli* benutzt worden ist.

In Nährbouillon tritt bei 37° eine allgemeine Trübung, später Sedimentierung ein. Auf Kartoffeln bildet der Typhusbazillus dünne, makroskopisch kaum wahrnehmbare Überzüge.

In Bouillon oder Peptonlösungen tritt Indolbildung nicht ein, doch darf diese Reaktion nicht mit alten Kulturen angestellt werden. Charakteristisch und den Typhusbazillus von *Bacterium coli* unterscheidend ist die Nichtvergärung von Milchsücker. Traubenzucker wird unter Säurebildung aber ohne Gasproduktion angegriffen. Auch diese letztere Reaktion ist sehr wertvoll zur Unterscheidung des *Bacterium typhi* und des *Bacterium coli*. „Eine Bakterienart, welche auf der Gelatineplatte

in ihren oberflächlichen Kolonien häutchenförmig wächst, sich bei der Untersuchung der bei 37° gewachsenen Kultur im hängenden Tropfen als eigenbewegliches Stäbchen erweist, und bei der Kultur in Gärungskölbchen mit luftfreier Traubenzuckerbouillon bei 37° C. innerhalb von 24 Stunden die gesamte Kulturflüssigkeit unter Säuerung und ohne Gasbildung trübt, ist bis jetzt nur in dem Typhusbazillus gefunden worden“ (Günther).

Die Eigenschaft des Typhusbazillus, Milchzucker nicht zu vergären und durch gewisse Farbstoffe nicht gehemmt zu werden, ist von Conrad und v. Drigalski zur Isolierung auf einem besonderen Nährboden benutzt worden, auf welchem zwar Typhusbazillen und *Bacterium coli* gleich gut gedeihen, aber andere Bakterien schlecht oder nicht wachsen, und auf dem die Kolonien der beiden ganz verschiedene Farbe zeigen, hervorgerufen durch die Reaktion gegen gleichzeitig vorhandenen Lakmusfarbstoff. (Die Herstellung siehe unter Reagentien.)

Um Typhusbazillen im Wasser nachzuweisen, benutzt man zweckmäßig das Fickersche Verfahren.

Ein größeres Quantum des zu untersuchenden Wassers (2—3 l) werden nach Ficker¹⁾ in einem möglichst schmalen sterilen Glaszylinder mit 8 ccm 10prozentiger Sodalösung alkalisiert, danach mit 7 ccm 10prozentiger Ferrisulfatlösung versetzt und mit Glasstab gut umgerührt. Nun läßt man im Eisschrank gut absetzen. Die Fällung vollzieht sich in 2 bis 3 Stunden. Nach dieser noch suspendiert gebliebene Flöckchen enthalten nachweisbar nur minimale Mengen von Bakterien. Etwa an der Glaswand oder an der Oberfläche befindliche größere Flocken setzen sich bei leichter Erschütterung des Glases schnell ab. Das überstehende Wasser wird abgesaugt oder abgehebert, der Niederschlag oder Teile desselben werden in sterile Reagensgläser gegossen. Nun fügt man von einer 25prozentigen Lösung von neutralem weinsauren Kali zunächst zirka die Hälfte des Volumens des im Glase befindlichen Niederschlages zu, setzt einen ausgekochten Kork- oder Gummistopfen auf und schüttelt kräftig. Man kann den Niederschlag völlig lösen, wenn man weitere Lösung des weinsauren Kalis tropfenweise zugibt und gut schüttelt. Da man jedoch zur nachfolgenden Aussaat nicht die ganze Menge des gelösten Niederschlages verwenden kann, so wartet

1) Ficker, Hyg. Rundschau Nr. 1 (1904).

man die völlige Lösung nicht ab — überhaupt ist schnelles Arbeiten zu empfehlen —, sondern läßt die restierenden Flocken im Reagensglase sich absetzen, entnimmt mit steriler Pipette einen Teil des überstehenden und verdünnt in sterilem Glase mit zwei Teilen steriler Bouillon. Von dieser Mischung streicht man große Drigalskischalen aus (bei Flußwässern etwa 0,3 ccm auf eine Schale).

Bei weitem zuverlässigere Resultate erhält man, wenn man sich einer größeren Zentrifuge bedient. Man setzt dann den auf sterile Zentrifugengläser gefüllten Wasserquanten entsprechende Menge Soda und Eisensulfat zu, rührt um und zentrifugiert. Das Lösen des Niederschlages wird gleich im Zentrifugenglase vorgenommen.

Die Drigalskischen Schalen sind 18 bis 20 cm Durchmesser besitzende Glasdoppelschalen. Sie werden sterilisiert und mit Drigalski-Conradschem Nährboden beschickt, welcher mindestens 2 mm hohe Schicht bilden muß. Um die störenden Einflüsse des Kondenswassers auszuschließen, gießt man den Nährboden 1 bis 2 Tage vor der Weiterverarbeitung aus und kehrt bei der Bebrütung den Deckel nach unten.

Nach Aufstreichen der eventuell Typhusbazillen enthaltenden Eisenbouillonlösung stellt man die Schalen 20 bis 24 Stunden in den Brutschrank bei 37°, Kolibakterien bilden dann rote Kolonien, während Typhusbazillen zu blauen glasigen Kolonien wachsen.

Weitere geeignete Nährböden sind die von Scheffler und Oldekop, welche Neutralrot verwenden, während Löffler Malachitgrün empfiehlt. Der Endosche Nährboden enthält Milchzucker, Fuchsin und Natriumsulfit. Ficker und Hoffmann empfehlen zur Anreicherung Koffeinbouillon. Über die Zusammensetzung und Herstellung derselben siehe Reagentien.

Ein sehr wichtiges diagnostisches Mittel für die Identifizierung des Typhusbazillus ist endlich die spezifische Reaktion gegen Typhusimmunserum, wodurch bei den Typhusbazillen sofort eine Verklumpung (Agglutination) eintritt (Widalsche Reaktion, Pfeiffersches Phänomen).

Nachweis des Cholera vibrio

Eigenschaften: Kommaförmig gekrümmte Stäbchen mit lebhafter Eigenbewegung, welche durch eine endständige Geißel bewirkt wird. In älteren Kulturen kommen gelegentlich spirillenförmige Gebilde vor. Nach Gram ist der Vibrio nicht färbbar. Er

wächst auf den gewöhnlichen Nährböden bei Zimmer- und Bruttemperatur. Bemerkenswert ist sein Sauerstoffbedürfnis. Die Kolonien auf Gelatineplatten sind rundlich, an den Rändern höckerig, grobkörnig und erscheinen bei schwacher Vergrößerung „wie mit Glassplittern übersät“. Die Gelatine wird langsam verflüssigt. Auf Agar wächst der Cholera vibrio als grauweißer, saftiger, transparenter Überzug. In Bouillon und Pepton entstehen vielfach Häute an der Oberfläche, dabei wird Indol gebildet. Der Nachweis in Wasser ist mit recht erheblichen Schwierigkeiten verbunden und sollte nur von sehr erfahrenen Bakteriologen vorgenommen werden, da mancherlei in guten Wässern vorkommende meist nicht pathogene Vibrionen dem Erreger der Cholera sehr ähnlich sind und zu ihrer Auseinanderhaltung viele Erfahrung gehört.

Im allgemeinen wird so verfahren, daß 500 ccm Wasser mit soviel reiner Peptonkochsalzlösung versetzt werden, daß eine 1prozentige Peptonlösung entsteht, womit gefüllt eine Anzahl Kolben bei 37° im Brutschrank gehalten werden. Die Choleravibrionen, welche sauerstoffbedürftig sind, gelangen an die Oberfläche, wo sie Häute bilden. Nach 24 Stunden legt man davon Gelatineplatten an und prüft die Kolonien. Daneben stellt man die Indolreaktion an. Auch hier gibt es eine spezifische Immunserumdiagnose.

Nachweis des Milzbrandbazillus

Milzbrandbazillen bzw. ihre Sporen können gelegentlich in den Abwässern von Gerbereien vorkommen, wenn daselbst Häute milzbrandkranker Tiere verarbeitet werden; die Bazillen sind besonders im Schlamm anzutreffen. Eigenschaften: unbewegliche Stäbchen mit im ungefärbten Zustande abgerundeten Enden, welche sehr widerstandsfähige Sporen bilden, die Kochtemperatur mehrere Minuten ohne Schädigung ertragen können. Die Kolonien auf Gelatineplatten sind am Rande eigentümlich gelockt oder mit faltigen Ausläufern versehen und verflüssigen mäßig schnell. Der Milzbrandbazillus ist grampositiv.

Soll in Wasser oder Schlamm Milzbrand nachgewiesen werden, so nimmt man in ersterem zweckmäßig ein Fällungsverfahren wie bei Typhusbazillen vor, den Bodensatz oder den Wasserschlamm direkt verteilt man in Bouillon, erhitzt 10 Minuten auf 90°, kühlt ab, macht Anreicherungen in Peptonwasser und legt sodann von den entstandenen Häutchen Platten an. Mit den verdächtigen Kolonien werden Mäuse geimpft.

Kultur anaërober Bakterien

Streng anaëroben Bakterien wird man auf den gewöhnlichen Gelatineplatten natürlich nicht begegnen, da solche sauerstoffeindliche Organismen entweder im Wasser überhaupt nicht vorkommen oder auf den Kulturplatten nicht gedeihen können. Wohl aber trifft man

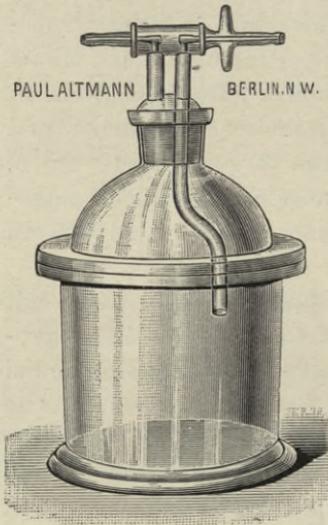


Fig. 159



Fig. 160



Fig. 161

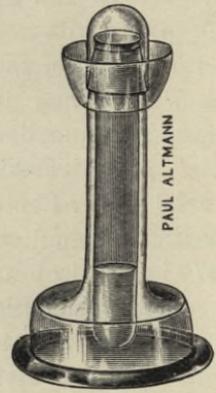


Fig. 162

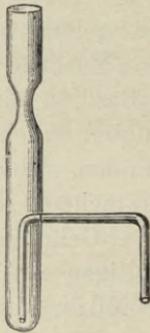


Fig. 163

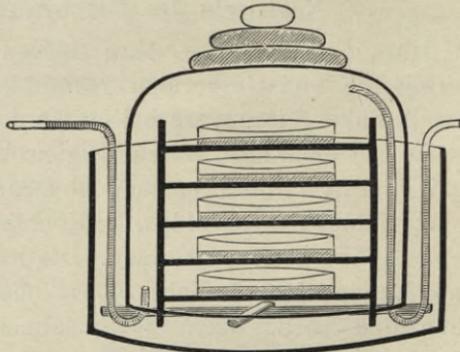


Fig. 164

Vertreter dieser Klasse in Schlämmen und überall da, wo der Sauerstoffgehalt infolge chemischer oder biologischer Absorption auf ein Minimum gesunken ist. So kommen die streng anaëroben Erreger der Zellulosegärung in Fluß- und Teichschlämmen, gewisse Vertreter der Buttersäurepilze in sauerstoffarmen Abwässern, z. B. der Zuckerfabriken und den Schlämmen derselben vor.

Hat es nun auch nur in seltenen Fällen ein Interesse, solche Anaerobier zu isolieren, so sollen doch, wenn auch nur ganz kurz, die üblichsten Methoden ihrer Züchtung angegeben werden. Dieselben beruhen im wesentlichen auf zwei Prinzipien. Entweder entfernt man den Sauerstoff durch Auspumpen bzw. durch Absorption, oder man ersetzt ihn durch ein anderes indifferentes Gas.

Von den zahlreichen hierzu dienenden Apparaten seien hier folgende angeführt:

Prinzip des Evakuierens bzw. der Absorption

1. Exsikkatorähnliches Gefäß, aus dem die Luft nach Einstellung der Schalen bzw. Kulturen ausgepumpt wird (Fig. 159).

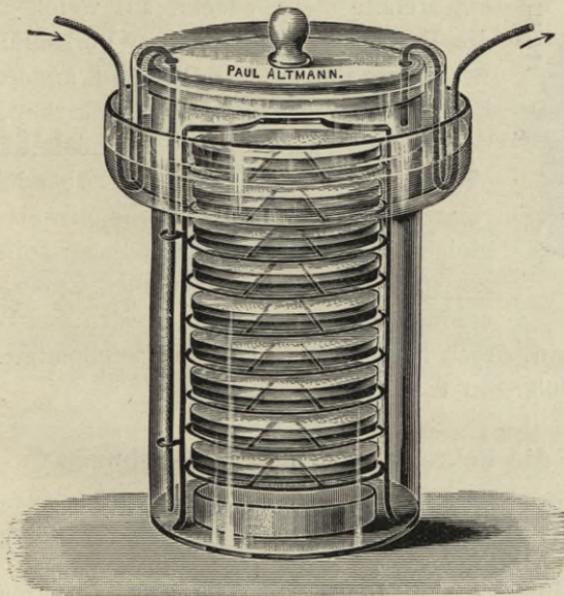


Fig. 165

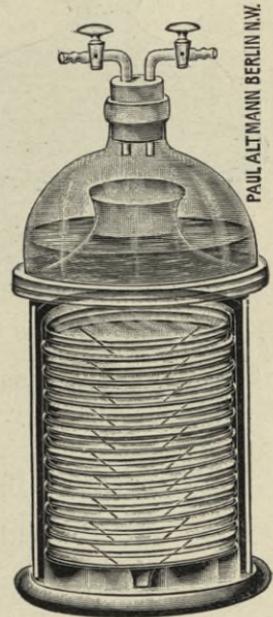


Fig. 166

2. Starkes Reagensglas, welches nach Einbringen des Nährbodens oder der Nährflüssigkeit und Impfen an einer Stelle ausgezogen wird. Man evakuiert und schmilzt an der dünnen Stelle zu (Fig. 160).

3. Weites Reagensglas am Boden mit einer absorbierenden Substanz, z. B. alkalischer Pyrogalllösung; auf einem Drahtgestell die Kultur. Der Verschluss wird durch guten Gummipfropfen hergestellt (Fig. 161).

4. Anaërobenapparat nach Omeliansky, auf demselben Prinzip beruhend, der Verschuß geschieht durch Glaskappe, und das Eindringen von Luft wird durch in den Kropf gegossenes Quecksilber, Glycerin, Paraffinöl oder dergleichen verhindert (Fig. 162).

Prinzip der Verdrängung von Luft durch indifferente Gase

Den einfachsten Apparat stellt Fig. 163 dar, bei welchem das Gas, meist Wasserstoff, durch das seitliche Rohr eingeführt wird.

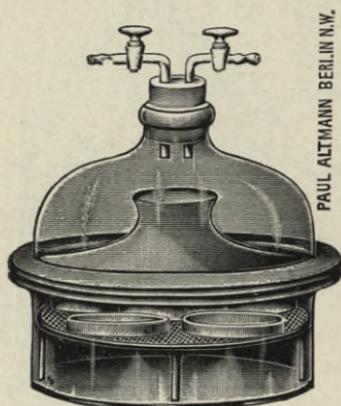


Fig. 167

Sehr zweckmäßig ist der Botkinische Apparat (Fig. 164), bestehend aus einer in einer weiten Schale auf einem Metallkreuz stehenden Glasglocke, welche ein Metallgestell bedeckt, auf welchem die Petrischalen stehen. Der Verschuß wird durch Wasser oder eine andere Flüssigkeit hergestellt. Nach Beschickung der Glocke wird durch eingeleiteten Wasserstoff die Luft verdrängt. Abänderungen dieses Prinzips, welche teilweise gleichzeitige Absorption des Sauerstoffs gestatten, sind von zahlreichen Experimentatoren angegeben worden, z. B.

Apparate nach Maassen, deren Konstruktion aus den Zeichnungen ersichtlich sind (Fig. 165, 166 u. 167).

Reagentien für die bakteriologische Untersuchung

Sterile Kulturflüssigkeiten und Nährböden

Wasser

Gewöhnliches Leitungs- oder destilliertes Wasser wird in mit Watte verschlossenen größeren oder kleineren Kolben eine Stunde bis zum Kochen erhitzt.

Peptonwasser

100 g Wasser, 1 g Pepton (Wittes Pepton) 0,5 g Kochsalz werden erhitzt, filtriert und nach dem Umfüllen in Kölbchen oder Reagensgläser sterilisiert.

Peptonwasser für Choleravibrionen: 100 g Wasser, 10 g Pepton, 5 g Kochsalz, 1 g Kaliumnitrat, 0,2 g Soda, erhitzt, filtriert, sterilisiert.

Peptonwasser für *Bact. coli*: 100 g Wasser, 10 g Pepton, 5 g Kochsalz, 10 g Traubenzucker, erhitzt, filtriert, sterilisiert.

Nährbouillon

500 g möglichst fettfreies, feingehacktes Rindfleisch übergießt man mit 1 Liter Leitungswasser; läßt unter bisweiligem Umrühren über Nacht an einem recht kühlen Orte stehen, gießt sodann die rote Flüssigkeit durch einen Leinenbeutel oder Gase und preßt den Rückstand so lange, bis die abgelaufene Flüssigkeit 1 Liter beträgt. Dieser setzt man 10 g Pepton und 5 g Kochsalz zu, erhitzt im Wassertopf bis zum Ausfällen der Eiweißstoffe und stellt durch vorsichtiges Zusetzen einer Sodalösung eine gegen Lackmuspapier neutrale oder schwach alkalische Reaktion her. Hierauf erhitzt man noch 1 Stunde weiter, prüft nochmals die Reaktion, welche eventuell richtig zu stellen ist, und filtriert durch ein gutes Faltenfilter. Die Bouillon muß fast farblos und ganz klar sein. Man füllt sie in Kolben oder Reagensgläser, welche mit Watte verschlossen an drei aufeinander folgenden Tagen je 30 Minuten im Dampftopf erhitzt werden.

Mannitbouillon nach Bulir

1 kg Rindfleisch, feingehackt, wird mit 2 Liter Wasser 24 Stunden mazeriert, durch Leinwand filtriert und ausgepreßt. Pro Liter setzt man 25 g Pepton, 15 g Kochsalz und 30 g Mannit zu, neutralisiert und verfährt im übrigen wie unter Nährbouillon angegeben.

Lackmusmolke nach Petruschky

1 Liter Magermilch wird mit 1 Liter Wasser verdünnt, auf 40° erwärmt und mit so viel verdünnter Salzsäure versetzt, bis das Kasein ausgefällt ist. Man filtriert, neutralisiert mit Soda, läßt zwei Stunden im Dampftopf stehen, filtriert wieder, kocht und prüft die Reaktion nochmals. Dieselbe soll neutral sein. Die Lösung wird darauf mit steriler Lakmustinktur bis zur violetten Färbung versetzt.

Gelatinenährboden

1. Vorschrift von R. Koch. Das unter Nährbouillon angegebene Fleischwasser wird vor dem Erhitzen mit 1% Pepton, 0,5% Kochsalz und 10% guter, weißer Gelatine versetzt, welche bei mäßiger Temperatur darin aufweichen und sich lösen muß. Darauf erfolgt Erhitzen im Wassertopf, Neutralisieren, Filtrieren usw. wie angegeben. Die fertige absolut klare Gelatine wird am besten gleich

zu je 10 cem in Reagensgläser gefüllt und an drei aufeinander folgenden Tagen im Dampftopf je 15 Minuten sterilisiert.

2. Vorschrift des Kaiserlichen Gesundheitsamtes. 2 Teile Liebigsches Fleischextrakt, 2 Teile Wittes Pepton und 1 Teil Kochsalz werden in 200 Teilen Wasser gelöst, eine halbe Stunde im Dampftopf erhitzt und nach dem Erkalten filtriert. Zu 900 Teilen des Filtrats werden 100 Teile weiße Speisegelatine gefügt, nach dem Erweichen eine halbe Stunde im Dampf erhitzt, zu der heißen Flüssigkeit 30 Teile Normalnatronlauge und dann tropfenweise so viel Natronlauge gegeben, bis auf glattem blauvioletten Lackmuspapier neutrale Reaktion sichtbar wird. Man erhitzt dann wieder eine Viertelstunde im Dampftopf und fügt $1\frac{1}{2}$ Teile kristallisierte nicht verwitterte Soda zu. Hierauf erfolgt dreistündiges Erhitzen im Dampf und Filtrieren durch feinporiges Papier. Die Gelatine wird dann sofort in Gläser gefüllt, welche nochmals etwa 20 Minuten im Dampf sterilisiert werden. Solche Gelatine soll unter 26° nicht erweichen.

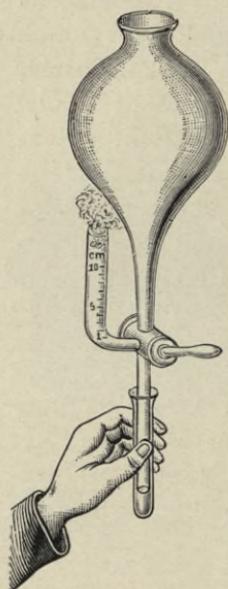


Fig. 168

Kartoffelgelatine nach Holz

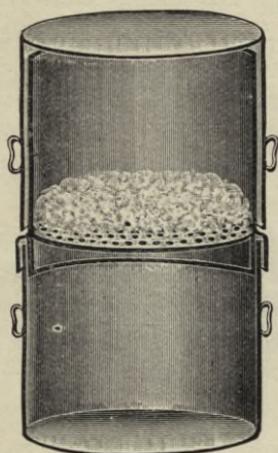
500 g gewaschener, geschälter und zerriebener roher Kartoffeln — man vermeide kranke und angefaulte — werden durch ein Tuch gepreßt. Den trüben Saft kann man entweder 24 Stunden absetzen lassen und dann filtrieren oder durch reine Tierkohle sofort filtrieren. Nach einstündigem Erhitzen im Dampftopf setzt man der klaren Flüssigkeit 10 % Gelatine zu, erhitzt nochmals im Dampftopf, füllt in Röhrchen ab und sterilisiert an drei aufeinander folgenden Tagen. Zur fertigen Gelatine gibt man 1 % Jodkalium und zwar am besten so, daß man eine starke, sterile Lösung in erforderlicher Menge der eben zum Gebrauch fertigen Gelatine zusetzt.

Um Gelatine oder überhaupt Nährböden in gleichen Mengen in die Reagensgläser zu verteilen, benutzt man mit Vorteil den in Fig. 168 abgebildeten Abfülltrichter.

Nähragar

Dem Fleischwasser oder Bouillon setzt man außer Pepton und Kochsalz 2 % in feine Stückchen geschnittenes Agar-Agar zu, erhitzt

bis zur Lösung, fügt das Weiße eines Hühnereis, welches mit etwas Wasser verquirlt war, zu und erhitzt bis zum völligen Klarwerden. Herstellung der neutralen Reaktion usw. genau wie bei Nährgelatine. Auch das im Handel zu habende Agar-Agarpulver ist gut zu verwenden. Da Nähragar langsam filtriert und rasch fest wird, nimmt man die Filtration am besten im Dampftopf vor, oder man klärt in einer Zentrifuge. Im ersteren Falle kann man sich des aus drei ineinander passenden Emailtöpfen mit siebförmig gelochtem Boden bestehenden Apparats nach von Drigalski bedienen (Fig. 169).



PAUL ALTMANN BERLIN N.W.

Fig. 169

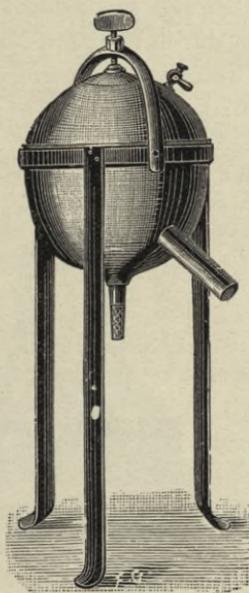


Fig. 170

Auch Dampftrichter nach Unna, in denen die Flüssigkeit gleichzeitig filtriert und sterilisiert wird, sind vielfach in Gebrauch (Fig. 170).

Nährboden nach Drigalski und Conradi

1½ kg fettfreies Pferdefleisch werden fein gehackt, mit 2 Liter Wasser übergossen und bis zum nächsten Tage im Eisschrank stehen gelassen. Man preßt mittelst Presse ab und fügt 1 % Pepton (Witte), 1 % Nutrose und 0,5 % Kochsalz zu, worauf man 1 Stunde lang kocht. Man filtriert, versetzt mit 3 % Agar und kocht 3 Stunden im Dampftopf. Hierauf wird eine Milchzucker-Lackmuslösung zugesetzt, die man erhält, wenn man 300 ccm Lackmuslösung (Kahlbaum) 10 Minuten kocht, mit 30 g reinem Milchzucker versetzt und wieder 15 Minuten kocht. Die Agarlösung wird dadurch rot gefärbt, weshalb man mittels 10prozentiger Sodalösung schwach alkalisch

macht. Dazu kommen endlich 6 ccm reiner 10prozentiger Soda-
lösung und 20 ccm einer frischen Lösung von 0,1 g Kristallviolett
(O chemisch rein) in 100 ccm destilliertem Wasser, welches steri-
lisiert war.

Neutralrotagar

In 500 ccm destillierten Wassers werden 5 g Liebigsches
Fleischextrakt, 2,5 g Kochsalz und 10 g Pepton gelöst. Nach dem
Neutralisieren mit Soda kocht man eine Stunde, setzt 0,3 % Agar
zu, löst durch Erhitzen im Dampftopf, filtriert und gibt pro 100 ccm
1 ccm reiner konzentrierter Neutralrotlösung und 0,15 g Trauben-
zucker zu.

Farbstofflösungen

Karbolfuchsin. 10 ccm kalt gesättigter alkoholischer Fuchsin-
lösung mischt man mit 10 ccm einer 5 prozentigen Karbolsäure-



Fig. 171

lösung. Bei Verwendung verdünnt man diese Lösung mit 5 bis
10 Teilen Wasser.

Ehrlichsche Anilin-Farbstofflösung. 4 ccm Anilin
werden mit 100 ccm destilliertem Wasser geschüttelt und durch ein
angefeuchtetes Filter filtriert. Zu dem Filtrat setzt man 11 ccm
gesättigte alkoholische Fuchsin-Gentianaviolett- oder Methylviolett-
lösung. Das Reagens muß 24 Stunden vor seiner Verwendung her-
gestellt sein.

Löfflersche Lösung. 100 ccm der beschriebenen wässrigen
Anilinlösung werden mit 1 ccm einer 1prozentigen Natronlauge und
sodann mit 4 bis 5 g festen Farbstoff versetzt und durchgeschüttelt.

Methylenblau. Gesättigte wäßrige Methylenblaulösung. Zum
Gebrauch verdünnt man mit Wasser bis in der Schicht eines Reagens-
glases die Flüssigkeit eben beginnt durchsichtig zu werden.

Gramsche Lösung. Man löst 2 g Jodkalium in einigen
Kubikzentimeter Wasser, fügt 1 g Jod zu und füllt nach erfolgter

Lösung auf 300 ccm mit Wasser auf. Die vorherige Färbung geschieht mit Gentianaviolett.

Die Farbstofflösungen bewahrt man am zweckmäßigsten in mit Pipetten versehenen Fläschchen auf (Fig. 171).

Die Beurteilung der Wässer und die Deutung der Analysenresultate

Um die bei der chemischen, bakteriologischen und mikroskopisch-biologischen Untersuchung erhaltenen Werte und Resultate für die Beurteilung richtig deuten zu können, ist es erforderlich zu erörtern, welche Anforderungen im allgemeinen an Wässer verschiedener Provenienz und für die verschiedenen Zwecke gestellt werden müssen, denn es ist ja ganz klar, daß man ein Trinkwasser anders bewertet als ein zum Kesselspeisen zu verwendendes, oder als ein der Fischzucht dienendes Oberflächenwasser; ganz abgesehen von Drain- und Abwässern.

Schon hier tritt uns eine erhebliche Schwierigkeit entgegen, welche darin beruht, daß die Zusammensetzung verschiedener einwandfreier Wässer eine ganz verschiedene sein kann, und hieraus ergibt sich wieder, daß sich genaue Normen für die Beurteilung nach der Menge der einzelnen Bestandteile nicht aufstellen lassen, und daß eine rein schablonenhafte Anwendung der bei Wasseruntersuchungen gemachten Erfahrungen zu ganz verkehrter Bewertung führen muß. Nur ein Gesamtbild aller Eigenschaften verbunden mit genauer Kenntnis der örtlichen Verhältnisse kann hier, wenn nicht gerade gewisse Befunde typische Eigenschaften verraten, zu befriedigendem Ziele führen.

Die Ansichten über das zulässige Maß der einzelnen Wasserbestandteile sind einerseits auch bei Trink- und Gebrauchswässern noch sehr auseinandergehend, geschweige bei anderen Zwecken dienenden Wässern, andererseits können durch Faktoren verschiedener Art die Mengen der gelösten Substanzen, besonders auch der, welchen ein hervorragender Wert für die Beurteilung beigemessen wird, stark verschoben werden. Wenn z. B. in einem Brunnenwasser viel Chlor gefunden wird, so wäre es durchaus verwerflich, nun sofort auf Verunreinigungen mit chlorhaltigen Abfallstoffen zu schließen. Eine solche Verunreinigung kann vorliegen, und man hat von vornherein damit zu rechnen, sie braucht es aber nicht, weil das Chlor auch eine ganz harmlose Herkunft besitzen kann, z. B. aus kochsalzhaltigem Erdreich. Hier haben Vergleiche und

genaue örtliche Untersuchungen einzusetzen. Der Gehalt eines Wassers an Chlor soll von dem durchschnittlichen Gehalt natürlicher, nicht verunreinigter Wässer derselben Gegend und derselben Formation nicht wesentlich abweichen.

Was hier vom Chlor als Beispiel gesagt ist, gilt von vielen anderen Substanzen, welche unter bestimmten Umständen als Verunreinigungen angesehen werden müssen, unter anderen nicht.

Wenn nun aber auch aus der Ermittlung einzelner Bestandteile vielfach ein schiefes Bild entsteht, und wenn es nicht angeht, die früher so beliebten Grenzwerte der chemischen Beurteilung zugrunde zu legen, so haben sich doch für die Praxis gewisse Normen herausgebildet; man rechnet mit Durchschnittswerten, über oder unter welche die gelösten Stoffe in Wässern bestimmter Qualität nicht zu steigen oder zu fallen pflegen, ohne ihre Verwendbarkeit zu beschränken. Solche Vergleichswerte sind vielfach für Wässer größerer Länderstrecken, z. B. die norddeutsche Tiefebene aufgestellt worden, mit ihnen kann man recht wohl bei Wasserbeurteilungen rechnen. Es handelt sich hier zunächst immer nur um die chemische Beurteilung.

Allgemeine Anforderungen an Trink- und Wirtschaftswässer

Jedes solches Wasser soll klar, geruchlos, wohlschmeckend und erfrischend sein und sich beim Aufbewahren nicht in seinem Äußeren auffallend verändern. Wo Oberflächenwässer, z. B. die Wässer von Talsperren als Trinkwässer verwendet werden, dürfte von einer absoluten Klarheit und Durchsichtigkeit abgesehen werden müssen. Für solche Wässer stellen neuerdings Bruns, Kolkwitz und Schreiber¹⁾ die Forderung auf, daß sie in 10 Meter Dicke das Licht einer Flamme von bestimmter Lichtstärke durchdringen lassen. (Das Wasser befindet sich in einem Rohr, welches in das Wasserbecken eingelassen ist.)

Die Gesamtmenge der gelösten Stoffe wechselt mit der geologischen Formation und ist von mehreren anderen Faktoren abhängig. Sie pflegt bei guten Wässern zwischen 100 und 300 mg pro Liter zu schwanken und steht meist mit der Härte in Zusammenhang, so daß ein hoher Abdampfrückstand in der Regel ein hartes Wasser anzeigt.

1) Mitteil. der Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene Heft 17, 1913.

Ein erheblicher Glühverlust zeigt meist einen hohen Gehalt an organischen Stoffen an, welche sich durch Schwärzen des Rückstandes beim Glühen geltend machen; reine Wässer pflegen nur vorübergehende schwache Schwärzung oder Bräunung zu zeigen.

Die Härte. Eine gewisse Härte ist für den Wohlgeschmack des Wassers erforderlich, sehr weiches Wasser mit etwa 4 bis 5 deutschen Härtegraden schmeckt fade. Es steht fest, daß weiche Wässer bleilösende Eigenschaften besitzen, sie sollten daher speziell für Leitungen möglichst ausgeschlossen werden. Auf der anderen Seite sind zwar sehr harte Wässer mit 30 und mehr Härtegraden hygienisch nicht zu beanstanden, sie erweisen sich aber für manche Zwecke als ungeeignet, z. B. zum Kesselspeisen, zum Waschen und die meisten sonstigen technischen Betriebe. Solche Wässer setzen in Töpfen und Kesseln reichlich Kesselstein ab, erhöhen den Bedarf an Heizmaterial, erfordern beim Waschen große Mengen Seife und bringen andere Nachteile mit sich. Ein hoher Magnesiumgehalt kann dem Wasser einen bitteren Geschmack erteilen. Besonders nachteilig erscheint eine hohe vorübergehende, d. h. durch Karbonate bedingte Härte.

Freie Kohlensäure. Sie findet sich besonders in weichen Wässern, ist in geringer Menge für den Geschmack erwünscht und hat eine hygienische Bedeutung nur dann, wenn das Wasser mit Metallen, besonders Blei, Zink, Eisen, aber auch Mörtel in Berührung kommt, welche sie allmählich angreift; ein hoher Gehalt an freier Kohlensäure ist stets unerwünscht.

Schwefelsäure. Sie kommt meist in der Form von Gips vor. Hygienisch einwandfrei, wenn er der Formation entstammt, gibt ein höherer Schwefelsäuregehalt zu Bedenken Veranlassung, sobald er durch Zersetzung und nachherige Oxydation von organischen Schwefelverbindungen bedingt ist. Stark gipshaltige Wässer eignen sich nicht zum Kesselspeisen und für eine Reihe technischer Betriebe. Im Durchschnitt soll die Menge 50 mg pro Liter nicht übersteigen, kommt aber in sonst hygienisch einwandfreien Wässern bis über 200 mg vor.

Schwefelwasserstoff. Gute Wässer sind frei von Schwefelwasserstoff, welcher aber ein konstanter Bestandteil gewisser Mineralwässer ist. Vielfach findet er sich in Gegenwart von Eisen in Grundwässern, verliert sich aber nach der Enteisenung. Diesen Fall ausgenommen, deutet Schwefelwasserstoff auf Verunreinigungen mit faulenden organischen Substanzen oder auf Reduktionsprozesse mit Hilfe reduzierender Organismen. In Wässern, in denen Schwefel-

wasserstoff enthalten, wird man meist Schwefelbakterien (siehe diese) finden.

Salpetrige Säure. Obschon Nitrite in den hier in Betracht kommenden Mengen absolut unschädlich sind, so macht ihre Anwesenheit ein Wasser doch insofern verdächtig, als salpetrige Säure ein Produkt der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Materie ist. Sie kann sowohl durch Reduktion von Nitraten durch Bakterien, als durch Oxydation von Ammoniak durch nitrifizierende Organismen entstanden sein und ist besonders im letzteren Falle bedenklich. In Oberflächenwässern kann ihre Anwesenheit auch auf atmosphärische Niederschläge zurückzuführen sein. Gelegentlich sind kleine Mengen in enteiseneten Wässern nachzuweisen. Im allgemeinen aber soll salpetrige Säure in guten Wässern fehlen, und bei ihrer Anwesenheit ist besonders auf gleichzeitige Anwesenheit von Ammoniak Rücksicht zu nehmen, weil ihr gemeinsames Vorkommen auf recente Verunreinigung schließen läßt.

Salpetersäure. Salpetersäure findet sich auch in reinen Wässern und ist in kleinen Mengen ohne Bedeutung. Sie bedeutet den Endpunkt der Mineralisierung organischer Substanz und ist somit ein Indikator früherer Verunreinigungen; besonders Brunnenwässer in Ortschaften sind bisweilen reich an Salpetersäure. In guten Wässern sollte der Gehalt 25 bis 30 mg pro Liter nicht überschreiten. Ein hoher Salpetersäuregehalt macht Wasser für manche technischen Anwendungen ungeeignet, so hat man in Brauereien, Zuckerfabriken u. a. vielfach Störungen bemerken können. Die Bleilöslichkeit wird durch einen hohen Nitratgehalt befördert.

Ammoniak. Gutes Trinkwasser soll Ammoniak nicht oder nur in Spuren enthalten. Es indiziert Reduktions- und Zersetzungsprozesse, ohne daß es an sich hygienisch zu Bedenken Veranlassung geben kann. Moorwässer und Wässer mit hohem Eisengehalt zeigen oft eine bedeutende Ammoniakmenge.

Chlor. Gute Wässer sollten nicht mehr als etwa 40 mg pro Liter enthalten, es sei denn, daß das Chlor einem Kochsalzgehalt der Bodenformation entstammt. Eine erhebliche Menge desselben ist daher nur dann ein Indikator für Verunreinigungen mit kochsalzhaltigen Substanzen wie Urin, Küchenabgängen u. dgl., wenn benachbarte gute Wässer einen erheblich niedrigeren Chlorgehalt zeigen. Der Geschmack des Wassers wird erst durch sehr reichliche Kochsalzmengen beeinflußt, auch auf die Pflanzenwelt üben erst erheblichere Konzentrationen eine ungünstige Wirkung aus.

Phosphorsäure findet sich in guten Wässern nicht. Ihre Anwesenheit deutet auf Verunreinigungen mit pflanzlichen und tierischen Abfallstoffen.

Eisen. Ein Eisengehalt, selbst ein größerer, ist hygienisch bedeutungslos, er stellt aber einen Schönheitsfehler dar, indem das Eisen sich allmählich ausscheidet und das Wasser trübt; auch der Geschmack kann durch größere Eisenmengen ungünstig beeinflusst werden. Daher sind stark eisenhaltige Wässer vor den meisten Verwendungen einem Enteisungsverfahren zu unterwerfen. Für technische Zwecke ist fast stets ein hoher Eisengehalt zu beanstanden, so für Wäschereien, Bleichereien, Papierfabriken. In Eisenwässern treten besonders Eisenbakterien auf, welche übrigens auch ohne Eisen leben können. Als obere Grenze ist für gute Wässer ein Eisengehalt von 0,1 bis 0,15 mg pro Liter anzusetzen.

Mangan. Für Mangan gilt dasselbe wie für Eisen, doch erscheinen hier die unangenehmen Wirkungen noch verstärkt. In seltenen Fällen tritt ein höherer Mangangehalt auf und macht das Wasser dann für die meisten Zwecke ungeeignet.

Blei, Kupfer, Zink, Arsen sind als direkte gefährliche Verunreinigungen anzusehen.

Kaliumpermanganatverbrauch. Gute Trinkwässer weisen selten einen höheren Permanganatverbrauch als 10 mg pro Liter auf. Eine hohe Oxydierbarkeit zeigt stets die Anwesenheit von viel organischer Substanz an und ist bedenklich, es sei denn, daß diese aus unschädlichen Huminstoffen bestehe, welche aber die Farbe beeinflussen. Daß stark eisenoxydulhaltige Wässer viel Permanganat verbrauchen, versteht sich von selber.

Organischer Stickstoff findet sich in irgend erwähnenswerten Mengen nur in verunreinigten Wässern.

Freier Sauerstoff ist in kleinen Mengen bis etwa 2 ccm in guten Wässern stets vorhanden. Erst größere Quantitäten wirken zerstörend auf Metalle, wie Blei und Eisen. Sauerstoffmangel deutet auf absorbierende biologische oder chemische Prozesse.

Was die Bedeutung der einzelnen Wasserorganismen für die Qualität des Wassers betrifft, so ist hierauf schon bei Besprechung derselben Bezug genommen worden. Jedes Wasser, das Genußzwecken dienen soll, muß verworfen werden, sobald sich darin solche Dinge finden, welche durch Zufluß von Abfällen irgendwelcher Art hineingelangt sein müssen oder können. Kaffeesatz,

Ultramarin, Gewebfasern, Stärkekörner u. dgl. entstammen stets häuslichen Abgängen, ebenso wie Essig-, Milchsäure-, Buttersäurebakterien, Schimmelpilze, Hefen. Eingeweidewürmer und ihre Eier deuten auf fäkale Verunreinigung, ebenso wie *Bacterium coli*. Außer letzterem werden noch eine ganze Anzahl von Mikroorganismen als Verunreinigungsindikatoren für Zuflüsse von Abwässern angesehen, und sei der Vollständigkeit wegen nachstehend eine Liste solcher Organismen, wie sie Mez in seiner mikroskopischen Wasseranalyse aufgestellt hat, angeführt.

<i>Acremonium erectum.</i>	<i>Bacterium Güntheri.</i>
" <i>spicatum.</i>	" <i>Hessii.</i>
<i>Amoeba brachiata.</i>	" <i>Kützingianum.</i>
<i>Bacillus araneitela.</i>	" <i>limbatum.</i>
" <i>araneosus.</i>	" <i>minutissimum.</i>
" <i>aureus.</i>	" <i>murisepticum.</i>
" <i>brachysporus.</i>	" <i>Pasteurianum.</i>
" <i>butyricus.</i>	" <i>pateriforme.</i>
" <i>centrovirens.</i>	" <i>pituitosum.</i>
" <i>collogloea.</i>	" <i>Pneumoniae.</i>
" <i>flexilis.</i>	" <i>pyocyaneum.</i>
" <i>Flüggeanus.</i>	" <i>saponaceum.</i>
" <i>geniculatus.</i>	" <i>smaragdinum.</i>
" <i>laevis.</i>	" <i>syncyaneum.</i>
" <i>myxodeus</i>	" <i>Termo.</i>
" <i>Pausianus.</i>	" <i>vernicosum.</i>
" <i>paucicutis.</i>	" <i>viscolactis.</i>
" <i>perittomanicus.</i>	<i>Clonostachys candida.</i>
" <i>pittuitans.</i>	<i>Fusarium Solani.</i>
" <i>plurisporus.</i>	" <i>lactis.</i>
" <i>saprogenes.</i>	<i>Glycophila versicolor.</i>
" <i>turdifluus.</i>	<i>Illosporium heterosporum</i>
" <i>tenuis.</i>	<i>Micrococcus albescens.</i>
" <i>viridificans.</i>	" <i>albicans.</i>
<i>Bacterium aceti.</i>	" <i>albidus.</i>
" <i>cadaveris.</i>	" <i>aureus.</i>
" <i>citreum.</i>	" <i>crenulatus.</i>
" <i>erythrogenes.</i>	" <i>flavescens.</i>
" <i>graveolens.</i>	" <i>flavidus.</i>
" <i>Grotenfeldti.</i>	" <i>flavovirens.</i>

Micrococcus flavus.	Oscillatoria Froelichii.
„ galbanatus.	„ tenerrima.
„ helvolus.	„ tenuis.
„ lactacidi.	Platoum stercoreum.
„ lacteus.	Saccharomyces cerevisiae.
„ Marpmanni.	„ galacticola.
„ ochraceus.	„ lactis.
„ ochroleucus.	„ Mycoderma.
„ pyoalbus.	Sarcina — alle Arten außer
„ pyocitreus.	flava, lutea, aurantiaca.
„ rosellus.	Spicaria nivea.
„ Sphaerococcus.	Spirulina Jenneri.
„ subflavus.	„ aoscillarioides.
Microspira lingualis.	Sporotrichum flavissimum.
„ nasalis.	„ lactis.
Monilia sitophila.	Stemphylium aemoenum.
Mucor racemosus.	„ verruculosum.
Oospora crustacea.	Streptococcus acidi lactici.
„ friata.	„ granulatus.
„ lactis.	„ magnus.
„ ochracea.	„ palleus.
„ rosella.	„ pallidus.
„ roseola.	„ stramineus.
„ rubeoalba.	„ tyrogenus.
„ sulfurea.	Torula epizoa.
Oscillatoria antliaria.	Trichothecium domesticum.
„ brevis.	

Gelegentlich mögen alle die vorstehenden Organismen einmal in das Wasser gelangen können und es könnten noch viele andere hier aufgeführt werden, in den seltensten Fällen wird sich die Wasseruntersuchung auf sie erstrecken.

Die Beurteilung von Fluß-, Teich- und anderen Oberflächenwässern, soweit sie nicht Genußzwecken dienen sollen, hat natürlich nach besonderen Grundsätzen zu erfolgen. Solche Wässer sind reicher an suspendierten und organischen gelösten Stoffen, vielfach ärmer an Härte bedingenden Faktoren. Bei der Beurteilung hat man sich zunächst die Frage vorzulegen, welchen Zwecken das Wasser dienen soll. Am geeignetsten sind für alle Zwecke möglichst klare Wässer, besonders auch für die Fischzucht,

welche noch die besonderen Anforderungen stellt, daß der Sauerstoffgehalt nicht unter ein gewisses Maß sinken darf (etwa 1 cem pro Liter) und daß Eisen und andere zur Ausscheidung geneigte Stoffe in nicht zu großer Menge vorhanden sind. Im übrigen sind gerade die Verhältnisse auf diesem Gebiete wenig geklärt und die Ansichten über die zu stellenden Anforderungen sehr auseinandergehend.

Der Reinheitsgrad solcher Wässer wird im allgemeinen nach der Menge und der Art des Planktons beurteilt werden müssen.

Abwässer. Was ihre Beurteilung betrifft, so gilt in der Regel der Satz: Abwässer sollen keine über das Gemeinübliche hinausgehende Belästigung herbeiführen. Dieser etwas dehnbare Grundsatz will nichts anderes sagen, als daß Abwässer keine Schädigung berechtigter Interessenten entweder direkt herbeiführen oder durch Verunreinigung gemeinschaftlich zu benutzender Flußläufe, Teiche, Seen usw. bewirken dürfen. Wenn also ein Interessent an die Benutzung eines Wasserlaufes — des Vorfluters — gebunden ist, so dürfen die von einem Zweiten in diesen Vorfluter eingeleiteten Abwässer nicht solche Veränderungen hervorbringen, daß der Vorfluter unbrauchbar wird. Meist entsteht dann die Frage, ob das Wasser vor Einleiten gereinigt oder soweit verdünnt werden muß, daß Schädigungen ausgeschlossen sind. Es ist bereits früher hervorgehoben worden, welche Bedeutung gerade für die Beurteilung der Abwässer die biologische Untersuchung hat.

Als Unterlage für die Beurteilung können vielfach die nachstehenden ministeriellen Erlasse dienen.

**Ministerieller Erlaß vom 23. April 1907,
betr. die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren,
hygienisch einwandfreien Wassers**

(Ministerial-Blatt für Medizinal- und medizinische Unterrichts-Angelegenheiten,
Jahrg. 7 (1907) 164)

Der Erlaß sagt in den Erläuterungen folgendes (auszugsweise):

Zur Würdigung der Beschaffenheit der zur Verfügung stehenden Wässer ist es erforderlich, die Eigenschaften zu kennen, welche ein zu Trink- und Hausgebrauchszwecken dienendes Wasser haben muß.

Die erste Anforderung ist die Fernhaltung von Schädigungen. Schädigungen können eintreten durch Krankheitserreger und durch andere der Gesundheit nachteilige Stoffe. Daß sie in einem Trinkwasser nicht enthalten sein dürfen, ist selbstverständlich, und zwar ist nicht nur das zeitweilige Fehlen gesundheitsschädlicher Lebewesen und Stoffe, sondern vielmehr ihre dauernde Abwesenheit zu fordern.

Ein Wasser, welches diese Gewähr nicht gibt, muß für die Heranziehung als Trink- und Hausgebrauchswasser außer Betracht bleiben.

Ist die Gefahr einer Infektion ausgeschlossen, so ist weiter von einem Wasser zu fordern, daß es für den Hausgebrauch geeignet und von solcher Beschaffenheit ist, daß es gern genossen wird.

Gefärbtes oder unklares Wasser erweckt den Verdacht der Verschmutzung und wird von vielen Personen als ungenießbar oder wenigstens als unappetitlich zurückgewiesen. Außerdem wird von jedem Nahrungsmittel verlangt, daß es rein sei; gefärbtes oder trübes Wasser ist aber nicht rein, es ist ein ungehöriger Stoff darin. Ungleichmäßig temperiertes, d. h. im Winter kühles, im Sommer warmes Wasser wird zum direkten Genuß wenig oder gar nicht benutzt.

Leider ist ein großer Teil der kleinen Wasserversorgungsanlagen, der Brunnen, in der Nähe von Jauchestätten, Ställen, Abortgruben und ähnlichem gelegen. Wenn in einem solchen Falle auch der Boden gut filtriert, so daß die in den Schmutzstätten enthaltenen

Krankheitskeime abgefangen werden, so ist das Wasser doch unappetitlich.

Seitdem Kleinlebewesen als Erreger von Krankheiten erkannt worden sind, ist die Beurteilung des Wassers in gesundheitlicher Beziehung wesentlich erleichtert worden. Daß Typhus und Cholera durch Wasser häufig verbreitet werden, ist eine Tatsache, über welche kein Zweifel mehr besteht. Auch bezüglich der Weylschen Krankheit darf man das Wasser als einen nicht seltenen Vermittler ansprechen. Betreffs der Ruhr muß man annehmen, daß die Infektion vom Darne aus stattfindet; es ist also eine Infektion durch Wasser, in welches Ruhrbazillen gelangt sind, nicht ausgeschlossen. Schwieriger ist die Frage zu entscheiden, wie weit Schmarotzerkrankheiten vermittelt werden; daß aber ab und zu das Wasser der Träger sein kann, darüber bestehen Meinungsverschiedenheiten nicht. Beobachtungen liegen vor, wonach die Eier und Larven der gewöhnlichen Eingeweidewürmer durch Wasser übertragen werden.

Früher glaubte man, ein Wasser, welches viel Bakterien enthalte, sei schlecht, ein solches, welches wenig enthalte, sei gut. Diese Auffassung hat man in ihrer Allgemeinheit fallen lassen müssen, seitdem man weiß, daß Bakterien, welche zufällig oder beim Mauern des Brunnens, Einsetzen der Pumpe usw. in ruhiges oder langsam sich erneuerndes Wasser gelangen, sich dort, unter Umständen sogar sehr stark, vermehren, wenn sie auch nach einiger Zeit wieder an Zahl abzunehmen pflegen. Die Zahl der Bakterien in einem solchen Wasser sagt daher für gewöhnlich über die Infektionsfähigkeit nichts aus. Dahingegen gibt die bakteriologische Untersuchung dann einen sicheren Anhalt, wenn sich ein zuströmendes Quell- oder Grundwasser als dauernd bakterienfrei oder doch sehr bakterienarm erweist; führt aber das zufließende Quell- oder Grundwasser dauernd oder zuzeiten, z. B. nach Regen, mehr als vereinzelte Bakterien, so ist dies ein Zeichen, daß die Bodenfiltration an einzelnen Stellen oder im ganzen nicht genügt.

Der Gehalt an Bakterien ist an sich von geringem Belang, sofern sich keine krankheitserregenden darunter befinden; letztere sind aber an den Menschen und seine Abgänge gebunden; wo also von Menschen stammende Schmutzstoffe auf einen schlecht filtrierenden Boden — oder auch in Oberflächenwasser — gelangen, da liegt die Gefahr vor, denn man weiß nicht, ob die Schmutzstoffe nicht Infektionserreger enthalten. Unter Umständen können auch von Tieren stammende Schmutzstoffe ein Wasser infizieren.

Nicht selten treten im Quellwasser, zuweilen auch im Grundwasser Trübungen auf, welche auf kleinen Erdteilchen beruhen. An sich ungefährlich, deuten sie dann auf eine ungenügende Filtration hin, wenn sie aus den oberen Bodenschichten stammen. Kommen Pflanzen, Tiere und deren Trümmer in einem unterirdisch fließenden Wasser vor, so weisen sie auf weitere Kanäle und Verbindungen mit der Erdoberfläche hin.

Für die Art und Menge der im Wasser gelösten Substanzen ist in erster Linie die Beschaffenheit des Bodens maßgebend, in oder auf welchem das Wasser steht oder fließt, und in welchem es gestanden hat oder geflossen ist. Ist die natürliche Zusammensetzung des Bodens durch Aufbringung fremder Stoffe, z. B. durch Schutthalden oder Schmutzstoffe des menschlichen Haushalts usw. geändert, oder gelangt verunreinigtes Wasser auf den Boden, so kann sich das in der Zusammensetzung des Wassers im Boden ebenfalls bemerkbar machen.

Da es oft schwierig ist, ohne weiteres festzustellen, aus welchen Richtungen das Grund- oder Quellwasser der Entnahmestelle zuströmt, in welchen Mengen das Grundwasser vorhanden ist, in welchem Maße die Entnahme der erforderlichen Wassermengen den Abfließvorgang des Grundwassers im Boden beeinflussen wird, ist es nicht selten notwendig, darüber Versuche (Einbringen von leicht nachweisbaren Stoffen in den Erdboden oder in die Oberflächen-gewässer der Nachbarschaft, Schöpfversuche usw.) anzustellen.

Der Gehalt des Wassers an gelösten Substanzen ist dem Wechsel unterworfen; im allgemeinen ist bei reichlichem Wasserzuflusse die Konzentration geringer. Starke Schwankungen legen den Verdacht nahe, daß ungehörige Zuflüsse, Oberflächenwasser, zu dem Wasser hinzutreten.

Unter denjenigen Substanzen, welche sich regelmäßig im Wasser finden, sind die Chloride zu nennen; doch ist ihre Menge sehr verschieden; in nicht verunreinigtem Wasser finden sich gewöhnlich nur wenige Milligramm im Liter Wasser, aber es gibt auch weite Bezirke, die sehr viel Kochsalz im Boden und somit im Wasser enthalten. Die durchschnittlich vom Menschen täglich aufgenommene Menge Kochsalz liegt über 10 g. Es ist somit gesundheitlich unbedenklich, wenn im Liter Trinkwasser selbst viel Kochsalz vorhanden ist; etwa 250 mg Chlor resp. 412 mg Kochsalz, oder, wenn das Chlor als Kaliumchlorid vorhanden sein sollte, 525 mg Kaliumchlorid im Liter werden noch nicht geschmeckt.

Die Härte des Wassers beruht auf der Anwesenheit von Verbindungen des Kalziums und Magnesiums. Wenn man die Wahl hat, ist weicherer Wasser für den Hausgebrauch vorzuziehen. Beim Gebrauche harten Wassers werden die Hülsenfrüchte schwerer weich, und ist zum Waschen mehr Seife notwendig. Daß der Geschmack durch die Erdalkalimetalle beeinflußt wird, ist nicht häufig, kann aber vorkommen. Für den Geschmack macht sich das Kalziumsulfat frühestens bei Anwesenheit von etwa 500 mg im Liter bemerkbar. In fast gleicher Konzentration macht sich das Magnesiumsulfat für den Geschmack bemerkbar. Bei Gegenwart von Chlormagnesium macht sich ein Nachgeschmack bereits bei 28 mg geltend, während ein eigentlicher Geschmack erst bei etwa 100 mg des Salzes auftritt.

Wenn in einem Boden, der verhältnismäßig arm an Chloriden, kohlen- und schwefelsauren Alkali- und Erdalkalisalzen, organischen Verbindungen und ihren Zerfallprodukten ist, lokale Anhäufungen größerer Mengen der erwähnten Stoffe sich finden, so kann dies auf das Vorhandensein einer Verschmutzung hinweisen. Örtliche Untersuchungen werden darüber Auskunft geben.

Manche Wässer haben die Eigenschaft, die zu ihrer Fassung und Fortleitung verwendeten Materialien anzugreifen. Wasser, welches freie Kohlensäure und Sauerstoff enthält, greift Eisen und Blei an, wobei noch der Gehalt an gewissen Salzen eine Rolle spielt. Die Bleilösung wird durch zeitweiligen Wassermangel, wobei Luft in die Hausleitungen tritt, gefördert. Zement wird besonders von sauer reagierenden Wässern angegriffen.

Oberflächenwasser, das zur Wasserversorgung herangezogen wird, ist in den seltensten Fällen einwandfrei. Die Gewinnungsanlage muß dann zugleich eine Verbesserungsanlage sein insofern, als sie mindestens die suspendierten Teilchen, in erster Linie die Krankheitserreger aus dem Wasser entfernen soll. Das in Deutschland übliche Verfahren ist zurzeit noch die Sandfiltration. In den „Grundsätzen zur Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration vom 13. Januar 1899“ ist die Forderung aufgestellt, daß ein Reinwasser nur dann als gesundheitlich genügend angesehen werden könne, wenn es im Kubikzentimeter einer sachgemäß entnommenen Probe nicht mehr als 100 Keime enthalte.

Auszug aus der „Anleitung für die Einrichtung, den Betrieb und die Überwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen, welche nicht ausschließlich technischen Zwecken dienen“

Zum Nachweis ungehöriger Zuflüsse zu Quell- und Grundwasser kann, abgesehen von der bakteriologischen Untersuchung, vielfach auch die mikroskopische Untersuchung der Wasserproben wertvoll sein und den Zusammenhang mit benachbarten Flüssen oder die ungenügende Filtration des Bodens ohne weiteres zweifelsfrei dartun, wenn dasselbe Plankton, die gleiche Flora und Fauna mikroskopisch ermittelt werden.¹⁾

Ist es geboten, zur Feststellung der Verbindung eines Brunnens mit verdächtigen Flüssen, Bächen oder Gruben oder zur Feststellung der Richtung des Grundwasserstroms leicht nachweisbare Stoffe in den Erdboden oder benachbarte Gewässer einzuführen, so kommt an erster Stelle hierfür Kochsalz in Betracht. Unter Umständen kann auch eine Untersuchung auf den elektrischen Leitungswiderstand von Wert für die Klarstellung der Verhältnisse sein. Bei Verwendung von Fluoreszin ist zu berücksichtigen, daß dieses, da es in saurem Boden unlöslich wird, nur in alkalischem Boden mit Erfolg verwendet werden kann, und daß durch seine Einbringung in Brunnen das Wasser längere Zeit fluoreszierend gefärbt wird. Beim Gebrauche von riechenden Stoffen, wie Saprol und Trimethylamin, ist zu beachten, daß das Trinkwasser dadurch auf Tage, selbst Wochen hin genußunfähig gemacht wird. Bei Versagen vorbeannter Methoden kann weiterhin die Verwendung von solchen farbstoffbildenden Bakterien, welche in der Regel im Wasser nicht vorkommen (Prodigiosus-Kulturen) in Betracht gezogen werden.

Abwässer

Bezüglich der Abwässer ist in Preußen eine allgemeine Verfügung vom 20. Februar 1901²⁾ erlassen, aus welcher einige wichtige Abschnitte mitgeteilt sein mögen.

Das Gesetz untersagt die Verunreinigung der Wässer, insoweit sie durch gewerbliche Anlagen herbeigeführt wird und dadurch

1) Die chemische Untersuchung wird meist natürlich ebenso zum Ziele führen. (Verf.)

2) L. Holtz, Die Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer auf Grund der allgemeinen Verfügung vom 20. Februar 1901. Berlin 1902.

der Bedarf der Umgegend an reinem Wasser beeinträchtigt oder eine erhebliche Belästigung des Publikums verursacht wird.

Bei den zur Reinhaltung der Gewässer zu ergreifenden Maßnahmen sind vornehmlich folgende Ziele ins Auge zu fassen, und zwar ohne Unterschied, ob es sich um öffentliche oder Privatflüsse, stehende oder fließende, unterirdische oder oberirdische, geschlossene oder nichtgeschlossene Gewässer handelt:

1. Vermeidung der Verbreitung ansteckender Krankheiten oder sonstiger gesundheitsschädlicher Folgen auch in Hinblick auf die schiffahrttreibende Bevölkerung.

2. Reinhaltung des für eine Gegend oder Ortschaft zum Trinken, zum Haus- oder Wirtschaftsgebrauch oder zum Tränken des Viehes sowie zum Betreiben der Landwirtschaft oder zum Gewerbebetrieb erforderlichen Wassers.

3. Schutz gegen erhebliche Belästigung des Publikums.

4. Schutz des Fischbestandes.

Bei den für die Reinigung von Abwässern zu stellenden Forderungen sind die praktischen Erfahrungen und der jeweilige Stand von Wissenschaft und Technik zu berücksichtigen.

Bei der Beurteilung der Zulässigkeit oder Unzulässigkeit der Einführung von Abwässern in die Vorfluter sind an erster Stelle maßgebend die Menge und die Beschaffenheit der Abwässer einerseits und die Wasserführung und die Beschaffenheit des Vorfluters anderseits. Allgemein gültige feste Verhältniszahlen für die Mengen gibt es nicht. Ferner ist zu beachten, daß der Vorfluter für die Aufnahme des Abwassers günstige oder ungünstige Verhältnisse bieten kann. Günstig sind im allgemeinen große Wassermengen, hohe Geschwindigkeit, kiesiges Bett, glatte, feste Ufer und Zuflüsse von Grundwasser oder anderen reinen Wässern; ungünstig dagegen geringe Wassermenge, fehlende Wasserbewegung, geringe oder wechselnde Stromgeschwindigkeit, Stauungen, schlammiges Bett, buchtenreiches Ufer, bereits vorhandene Verunreinigungen und unreine Zuflüsse. Die Selbstreinigung tritt am schnellsten in großen Wassermengen des Vorfluters, also bei großer Verdünnung der Abwässer ein.

Literaturverzeichnis¹⁾

- Abderhalden, Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden [158].
- Abel, R., Bakteriologisches Taschenbuch. Würzburg.
- Abel und Ficker, Über einfache Hilfsmethoden zur Ausführung bakteriologischer Untersuchungen. Würzburg 1909.
- Adametz, Die Bakterien der Trink- und Nutzwässer. Mitt. der österr. Versuchstation für Brennerei und Mälzerei in Wien. 1888.
- Apstein, C., Das Süßwasserplankton. Methoden und Resultate der quantitativen Untersuchung. Kiel und Leipzig 1896.
- Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde.
- Artmann, P., Chemiker-Zeitung 1913, 501 [48].
- Beijerinck, Schwefelwasserstoffbildung in den Stadtgräben und Aufstellung der Gattung Aerobakter. Centralbl. Bact. II. 1900, 193.
- Bischoff, Bericht über die chemische und mikroskopische Untersuchung der Wässer der Tegeler Anlagen. 1879.
- Blecher, Chemiker-Zeitung 1912, Nr. 6 [34].
- Blochmann, F., „Protozoen“ in Kirchner und Blochmann, Die mikroskopische Pflanzen- und Tierwelt des Süßwassers. Hamburg 1891.
- Bolton, Über das Verhalten verschiedener Bakterien im Trinkwasser. Zeitschr. für Hygiene I. 76.
- Bornard, Quelques recherches sur l'isolement de Bact. coli dans les eaux par le procédé de Eijkmann. Centralbl. Bact. II, 38 (1913) 516.
- Braß und Heller, Die tierischen Parasiten des Menschen. 1884.
- Brouardel, Intoxication chronique par le plomb. Ann. d'hygiène publique 1904.
- Brunck, Schwefelwasserstoffbestimmung. Zeitschr. analyt. Chemie 1906 [81].
- Bruns, H., Leitfaden für die Ausführung bakteriolog. Wasseruntersuchungen. Berlin 1906.
- Bruns, Kolkwitz und Schreiber, Mitteil. der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene, Heft 17 (1913) [178].
- Bulin [165].
- Bunsen, R., Gasometrische Methoden.
- Cohn, F., Beiträge zur Biologie der Pflanzen.
- Gutachten über die Abwässer verschiedener Zuckerfabriken im Winter 1881 und 1884/85.
- Cronheim, W., Die Bedeutung der pflanzlichen Schwebeorganismen für den Sauerstoffhaushalt des Wassers. Plöner Forschungsber. 1904, 282.

1) Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die Seiten des Textes.

- Di Donna, Zeitschr. f. analyt. Chemie **46** (1907) 516 [60].
- Drigalski und Conradi, Zeitschr. f. Hygiene **39** (1902) [167].
- Dunbar, Über Enteisenung von Trinkwasser. Zeitschr. f. Hygiene 1896, 105.
- Eifferth, B., Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreichs. Braunschweig 1909 [110].
- Eijkmann, Die Gärungsprobe bei 46° als Hilfsmittel bei der Trinkwasseruntersuchung. Centralbl. Bact. I, 370 (1904) 742 und II, 39 (1913) 75.
- Eisenberg, Bakteriologische Diagnostik. Hamburg und Wien 1890.
- Elster und Geitel [72].
- Emmerich und Trillich, Anleitung zu hygienischen Untersuchungen. 3. Aufl. München 1902 [23].
- Emmerling, O., Die Zersetzung stickstofffreier Substanzen durch Bakterien. Braunschweig 1902.
- Über Ammoniakbestimmung in Wässern. Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. **35** (1902) 2291.
- Engler und Siebeking [68].
- v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch. Berlin 1902.
- Zeitschr. für Hygiene I, 293.
- Ficker, Über den Nachweis von Typhusbazillen im Wasser durch Fäulen mit Eisensulfat. Hygien. Rundschau 1904 [167].
- Ficker und Hoffmann, Hygien. Rundschau 1904, 229 [168].
- Fischer, F., Chemische Technologie des Wassers. Braunschweig 1902.
- Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurteilung. Berlin 1902.
- Flügge, Die Mikroorganismen. 3. Aufl. Leipzig 1896.
- Frank, Die Veränderung des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bakteriologischer und chemischer Hinsicht. Zeitschr. f. Hygiene **3**, 355.
- Fränkel, Grundriß der Bakterienkunde. Berlin 1887.
- Frankland, Mikroorganisms in water. London 1894.
- G. C. und P. E., Zeitschr. f. Hygiene **6** (1889) [146].
- Franzen und Löhmann, Journ. f. prakt. Chemie **79** (1909) 330 [56].
- Fresenius, R., Quantitative Analyse.
- Fuller und Johnson, Journ. of experim. med. Vol. **4** (1899) 609 [146].
- Gärtner, A., Die Quellen in Beziehung zum Grundwasser und Typhus. Jena 1902.
Siehe auch Tiemann.
- Griß, P., Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. **21**, 1830 [57].
- Große-Bohle, H., Beiträge zur Frage der Selbstreinigung der Gewässer. Arnberg 1900.
- Prüfung und Beurteilung des Reinheitszustandes der Gewässer. Zeitschr. für Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel **12**, 1906.
- Gruber, Die Grundlagen der hygienischen Beurteilung des Wassers. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Ges.-Pfleger **25**, 428.
- Grünhut, Zeitschr. f. analyt. Chemie **52**, 36 [60].
- Günther, C., Einführung in das Studium der Bakteriologie 1906.
- Hager-Mez, Das Mikroskop. Berlin 1904.
- Hegner, O., Chemical News **23** (1876) 184 [7].
- Heyroth, Arb. a. d. Kaiserl. Ges.-Amt. VIII, 381 [4].
- Hilgermann, R., Über die Verwendung des Bac. prodigiosus als Indikator bei Wasseruntersuchungen. Arch. f. Hygiene **59**.

- Hirt, L., Über die Prinzipien der Methoden der mikroskop. Untersuchung des Wassers. Zeitschr. f. Biologie 15 (1879).
- Hofer, B., Über die Mittel und Wege zum Nachweis von Fischwasserverunreinigungen durch Industrie- und Städteabwässer. Allgem. Fischerei-Zeitung, München 1901. Bd. 26.
- Holtz, Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer auf Grund der allgemeinen Verfügung vom 20. Febr. 1901. Berlin 1902.
- Hulwa, F., Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau.
- Die Selbstreinigung der Flüsse. Vortrag 1894.
 - Die Selbstreinigung der Flüsse. Zeitschr. f. Fischerei 1905.
- Hüppe, Die hygienische Beurteilung des Wassers. Centralbl. Bact. I, 3, 1888.
- Die Formen der Bakterien, 1888.
- Kirchner, O., Schizophyceae in Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien I. Leipzig 1898.
- Kiskalt, Hygien. Rundschau 21 (1904) [10].
- Kjeldahl, Zeitschr. f. analyt. Chemie 22, 366 [86].
- Klut, H., Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Berlin 1908.
- Knaut, von, Tabelle zur Bestimmung der Trinkwasserbakterien. Straßburg und Leipzig 1912.
- Knauthe, Das Süßwasser. Neudamm 1907.
- Koch, R., Über den Bakteriengehalt des Wassers. Mitteil. a. d. Kaiserl. Ges.-Amt 1881. Bd. I, 36.
- Kolkwitz, R., Über die Bedeutung der Biologie für die Beurteilung des Wassers. Ber. d. deutsch. pharm. Ges. 1902. Bd. 12.
- Gibt es Leitorganismen für verschiedene Grade der Verschmutzung des Wassers? Verhandl. d. Ges. deutsch. Naturforscher und Ärzte 1902.
 - Beiträge zur biologischen Wasserbeurteilung und Trinkwasseruntersuchung. Mitteil. d. Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene. Heft 2 (1903).
 - Über Bau und Leben des Abwasserpilzes *Leptomitus lacteus*. Mitteil. d. Königl. Landesanstalt, Heft 3 (1903).
 - Die Beurteilung der Talsperrenwässer vom biolog. Standpunkte. München 1905.
 - Biologische Probeentnahme und Untersuchungsinstrumente. Mitteil. der Königl. Landesanstalt. Heft 9 (1907) [101. 139].
 - Biologie der Sickerhöhlen, Quellen und Brunnen. Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1907.
 - Die biologische Selbstreinigung im Dienste der Abwässerbeseitigung. Breslau 1907.
 - Schizomycetes. Spaltpilze. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. 5. 1909 [115].
 - Über die Planktonproduktion der Gewässer, erläutert an *Oscillatoria Agardhi*. Landw. Jahresb. 1909. Erg.-Bd. 5.
 - Biologie des Trinkwassers, Abwassers und der Vorfluter. Rubners Handbuch der Hygiene. 2. Band 1911 [110].
 - Das Planktonsieb aus Metall. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 29 (1911), Heft 8.
 - Zur Biologie der Talsperren. Mitteil. der Königl. Landesanstalt. Heft 15. 1911.
 - Über den Reichtum der Gewässer an Kleinlebewesen. Med. Klinik, Nr. 5, 1912.
 - Plankton und Seston. Ber. der deutsch. bot. Ges. 1912. Heft 6.

- Kolkwitz, R. und Marsson, M., Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. *Mitteil. der Königl. Landesanstalt.* Heft 1 (1902).
- Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Ber. der deutsch. bot. Ges.* Heft 7, 1908.
- Ökologie der tierischen Saprobien. *Intern. Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie.* Bd. II.
- Kolkwitz und Thiessing, Chemische und biologische Untersuchungen über die Verwendung der Rieselwiesen für Reinigung der Talsperrenwässer für Genußzwecke. *Mitteil. der Königl. Landesanstalt.* Heft 5, 1904.
- König, J., Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. Berlin 1906.
- Die Verunreinigung der Gewässer. Berlin 1899.
- König, Kuhlmann und Thienemann, Die chemische Zusammensetzung und das biologische Verhalten der Gewässer. *Zeitschr. f. Unters. der Nahrungs- und Genußmittel*, 22 (1911) 137.
- Kossowicz, Mykologie der Gebrauchs- und Abwässer. Berlin 1913.
- Kowalski, Über bakteriologische Wasseruntersuchung. *Wiener klin. Wochenschrift* 1888, Nr. 10, 11, 14, 15, 16.
- Küster, E., Kultur der Mikroorganismen. Leipzig und Berlin 1913 [143].
- Lafar, Handbuch der technischen Mykologie. Bd. 3.
- Lauterborn, R., Die Verunreinigung der Gewässer und die biologische Methode ihrer Untersuchung, 1908.
- Lemmermann, E., Algen. Kryptogamenflora der Provinz Brandenburg, 1910.
- Lindner, P., Mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben, 1909.
- Löffler, F., *Deutsche med. Wochenschr.* 1903. Vereinsbeil. 286 [168].
- Lunge, Berichte der deutsch. chem. Ges. 11, 434 [54].
- Lustig, Diagnostik der Bakterien des Wassers. Jena und Turin 1843 [146].
- Macé, *Traité pratique de Bactériologie*, 2. ed. Paris 1891.
- Marx-Trommsdorff, *Zeitschr. für analyt. Chemie* 7 (1868) 412 und 9 (1870) 171 [54].
- Marsson, M., Zur Kenntnis der Planktonverhältnisse einiger Gewässer der Umgebung von Berlin. *Plöner Berichte* 8 (1910).
- Die Bedeutung der Flora und Fauna für die Reinhaltung der natürlichen Gewässer. *Mitteil. der Königl. Landesanstalt*, Heft 14 (1910).
- Siehe auch unter Kolkwitz.
- Marsson und Schiemenz, Die Schädigung der Fischerei. *Zeitschrift für Fischerei* 1900, 1/2.
- Meyer, A., *Praktikum der botanischen Bakterienkunde*. Jena 1903.
- Mez, *Die mikroskopische Wasseranalyse*. Berlin 1898 [110].
- Miehe, A., *Die Bakterien in ihrer Bedeutung im praktischen Leben*. Leipzig 1907.
- Migula, *Compendium der bakteriologischen Wasseruntersuchung*. Wiesbaden 1901 [146].
- „Schizomycetes“ in Engler-Prantls natürl. Pflanzenfamilien. Leipzig 1895.
- *System der Bakterien*, 1897.
- Ministerialerlasse [185ff.].
- Miquel, *Manuel pratique de l'analyse bactériologique des eaux*. Paris 1891.
- Molisch, *Die Eisenbakterien*. Jena 1910.
- *Die Purpurbakterien*. Jena 1907.

- Müller, C. G., Zeitschr. f. angew. Chemie, 1899, Nr. 11 [20].
Oltmanns, F., Morphologie und Biologie der Algen. Jena 1904.
Pascher, Süßwasserflora. Bei G. Fischer.
Petruschky, Bakteriologisch-chemische Untersuchungen. Centralbl. Bact. I, **6**, 657.
Pflanz, W., Mitteil. der Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene **17** (1913) [34].
Pleißner, M., Über die Löslichkeit einiger Bleiverbindungen im Wasser. Arb. a. d. Kais. Ges.-Amt. Bd. 26, Heft 3 (1907) [39].
— Über die Messung und Registrierung des elektrischen Leitvermögens von Wässern mit Hilfe von Gleichstrom [15].
Prescott und Winslow, Elements of water-bacteriology. New York 1908.
Proskauer, Beschaffenheit von Tiefbrunnenwässern. Zeitschr. f. Hyg. **9** (1890).
Rabenhorst, L., Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae. Leipzig 1868.
— Kryptogamenflora. 2. Aufl., 1884.
Radlkofer, Mikroskopische Untersuchung der organischen Substanzen im Wasser. Zeitschr. f. Biologie I (1865).
Reichardt, E., Grundlagen zur Beurteilung des Trinkwassers. Halle 1880.
Reinsch, Über die Entnahme von Wasserproben. Centralbl. Bact. I, **14**, 278.
Rubner, Beitrag zur Lehre von den Wasserbakterien. Arch. f. Hygiene **11** (1890).
Salomon, H., Über bakteriologische, chemische und physikalische Rheinwasseruntersuchungen. Vierteljahrsschr. für gerichtl. Med. **21** (1901). Suppl.-Heft.
Savage, W., The bacteriological examination of watersupplies. London 1906.
Scheffler, W., Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung. Berlin 1914.
Schiemenz, P., Beurteilung des Reinheitsverhältnisses der Oberflächenwässer nach makroskopischen Tieren und Pflanzen. Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1906.
Schiemenz und Cronheim, Zeitschr. für Fischerei 1901.
Schreiber, K., Die chemische Untersuchung von Trinkwasser an der Entnahmestelle. Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1908.
Schulze-Tiemann in Tiemann-Gärtner [49].
Seligo-Danzig, Tiere und Pflanzen des Seenplanktons. Mikrolog. Bibliothek. Band III.
Senft, E., Mikroskopische Untersuchung des Wassers. Wien 1905.
Seyler, Zeitschr. f. analyt. Chemie **39** (1900) 731 [25].
Spitta, O., Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hygiene 1900, **38**, 160, 215; 1903, **46**, 64 [145].
Spitta und Imhoff, Mitteil. der Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene, Heft **6**, 1906 [4 u. 5].
Spitta und Pleißner, Arb. a. d. Kaiserl. Ges.-Amt **30** (1909) [15].
Spitta und Ohlmüller, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers. 3. Aufl. 1910.
Spitta und Müller, Quantitative Bestimmung von Bakterien. Arb. a. d. Kaiserl. Ges.-Amt 1909, Bd. 33, 145 [154].
Steuer, A., Planktonkunde. Leipzig und Berlin 1910.
Szydlowski, Beiträge zur Mikroskopie der Faeces. Dorpat 1879.
Täuber, Die Bakterien und Kleintiere des Süßwassers. Stuttgart 1912.
Tiemann-Gärtner, Handbuch der Wasseranalyse 1895.
Tiemann und Preuß, Ber. der deutsch. chem. Ges. **11** (1878) 627 [47].

- Tillmanns und Heublin, Zeitschr. für Unters. von Nahrungs- und Genußmitteln **26** (1910) 617 [24].
- Tils, Zeitschr. für Hygiene. Bd. 9 (1890) [146].
- Ulsch, Zeitschr. für analyt. Chemie **30**, 175 [55].
- Volhard, Liebigs Annalen **190**, 24 [45].
- Weigelt, C., Die chemische Industrie 1904, Nr. 14—19 [10].
- Weldert und Röhlich, Mitteil. der Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene, Heft 10 (1907) [80].
- Winkler, L. W., Zeitschr. f. analyt. Chemie **52**, 641 [11].
- Ber. der deutsch. chem. Ges. **21**, 2843. **22**, 1764. **24**, 3602 [18].
- Zeitschr. für analyt. Chemie **52**, 628 [63].
- Zeitschr. für angew. Chemie **26**, 231 [89].
- Zimmermann, Die Bakterien unserer Trink- und Nutzwässer. Chemnitz 1891. 1893.
- Zopfs Morphologie der Spaltpilze 1882.



Sachregister

- Abwässer** 76. 91. 92. 189
Achnantes 135
Acidität 82
Acremonium 182
Actinastrum 119. 135
Actinophrys 129. 137
Actinosphaerium 129. 137
Albuminoidammoniak 88
Algen 118
Alkalien 61
Alkalinität 82
Ammoniak 41. 180
Ammoniumchlorid 96
Ammoniummolybdat 94
Amoeba 128. 137
Amphileptus 131. 137
Amphimonas 130. 137
Amphiprora 125
Amphora 126. 135
Anabaena 118. 135
Anaerobenkultur 170
Anforderungen an Wasser
 178
Anthophysa 129. 139
Anuraea 133. 137
Aphanizomenon 118. 136
Aphanochaete 131
Arcella 129. 135. 137
Arsen 90
Arthrodesmus 122
Arthospira 117. 138
Asellus 134. 137
Aspergillus 142
Asterionella 124. 135
Autoklave 148
Azotobacter 161

Bacillaria 126. 135
Bacillariaceae 109. 123
Bacillus anthracis 169
Bacillus berolinensis 111
 " **butyricus** 162
 " **cellulosae** 162
 " **fuscus** 161
 " **macerans** 161
 " **mesentericus** 161
 " **mycoides** 112. 161
 " **subtilis** 112. 138.
 161
 " **typhi** 166
 " **vulgaris** 112
Bacteriaceae 111
Bacterium aceti 162
 " **aerogenes** 162
 " **aquatile** 162
 " **berolinense** 162
 " **cloacae** 162
 " **coli** 138. 163
 " **cyanofuscum**
 162
 " **prodigiosum**
 162
 " **vulgare** 162
Bakteriologische Unter-
 suchung 144
Batrochospermum 127. 135
Bebrütungsprobe 84
Beggiatoa 110. 116. 137
Beurteilung der Wässer
 177
Binuclearia 120
Biocoenose 106
Blausäure 91
Blei 39
Bleilösungsvermögen 40
Bleipapier 93
Bodo 129. 130. 137. 138
Bosmina 136
Brachionus 133. 137
Brom 62

Bulbochaete 121. 135
Bursaria 132. 137
Bythinia 106

Calladina 133. 137
Calothrix 135
Canthocamptus 134. 137
Carchesium 133. 137
Cariodaphnia 134
Carteria 118. 135
Ceratium 127. 135
Chilodon 106. 132. 137
Chironomuslarve 107
Chaetophora 120. 135
Chantransia 127. 135
Chlamydothrix 109. 113.
 135
Chlorbestimmung 44. 83
Chlorella 119. 136
Chloride 44. 45. 180
Chlorococcus 136
Chlorophyceae 109
Chlorosphaea 136
Cholera virio 168
Chromatium 116. 137
Chromulina 130
Chroococcus 117
Ciliaten 109. 131
Cladophora 121. 136
Cladothrix 114
Clathrocystis 117. 135
Clonothrix 114. 135
Closterium 122. 135. 136
Coccosphaerium 135
Cocconeis 125. 136
Coelastrum 119. 135
Colacium 131
Coleps 131. 137
Colpidium 106. 132. 138
Colurus 133. 137

- Conferva 120. 136
 Conjugatae 121
 Cosmarium 122. 136
 Cosmocladium 122
 Crenothrix 109. 113. 135
 Crustaceen 134
 Cryptoglana 131
 Cyanide 91
 Cyclops 134. 136. 137
 Cyclotella 124. 135
 Cymatopleura 126. 135

Dactylis 135
 Dampftopf, Kochscher 147
 Daphnia 134. 137
 Deckgläschen 150
 Desmidium 122
 Diatoma 124. 136
 Diatomaceen 123
 Diaptomus 134. 136
 Dictiosphaerium 119. 120.
 136
 Diffugia 128. 136
 Diglena 133. 136
 Dimorphococcus 135
 Dinobryon 107. 130. 136
 Dinoflagellaten 126
 Doppelschalen nach Petri
 152
 Draparnaldia 120. 135
 Dreiminutenprobe 84
 Durchsichtigkeit 8
 Durchsichtigkeitsmesser 9

Eisen 181
 Eisenbestimmung 35
 Eisenlösung 97
 Eisenoxyd 104
 Elektrische Leitfähigkeit
 12. 68. 72
 Enchelys 132
 Encyonema 135
 Ephydra 134
 Euastrum 122
 Eudorina 118. 135
 Euglena 131. 136. 137.
 138
 Eunotia 129. 137

 Euphyceae 118
 Euplotes 106. 133

Farbe 6
 Farbenmaß 8
 Farbstofflösungen 176
 Färben der Bakterien 159
 Färben nach Gram 159
 Fäulnisfähigkeit 82
 Fett 89
 Flagellaten 129
 Florideae 127
 Fontanoskop 68
 Four hours test 84
 Fragillaria 124. 135
 Fungi 127
 Fusarium 110. 128

Gallionella 109. 113. 135
 Gammarus 134. 136
 Gärprobe nach Eijkmann
 165
 Gelatinenährboden 143
 Gelöste Stoffe 178
 Genuß- und Gebrauchswasser 16
 Geruch 11
 Geschmack 11
 Glaucoma 106. 132. 137
 Glaucothrix 135
 Glenodinium 127
 Glührückstand 28
 Glühverlust 28. 179
 Golenkinia 119
 Gomphonema 125. 135
 Gonium 118. 136
 Gymnodinium 107. 127.
 135

Halteria 132. 137
 Härte 30. 31. 33. 34. 179
 Hefen 143
 Hehnersche Zylinder 7
 Heißluftschranke 147
 Heteronema 131
 Hexamitus 130. 138
 Hildenbrandia 127. 137
 Hyalodiscus 128. 138

 Hydatina 133. 137
 Hydrodictyon 135
 Hydrotimeter 33

Incubator test 84
 Indigolösung 97
 Indolbildung 160

Jod 94
 Jodlösung 95
 Jodzinkstärkelösung 94

Kaliumjodid-Natronlauge
 94
 Kaliumpermanganat 95
 Kalkbestimmung 28
 Karamellösung 7. 93
 Kartoffelgelatine 174
 Katarobier 108
 Kieselsäure 61
 Kohle 104
 Kohlensäure, freie 22.
 179
 Kohlensäure, freie und
 halbgebundene 25
 Kohlensäure, Gesamt- 25
 Kohlensaurer Kalk 104
 Kohlenstoff 84. 86
 Kolonien, Zählen der —
 156
 Krebstiere 134

Lackmusmolke 173
 Lackmustinktur und -papier 93
 Lamprocystis 111. 137
 Lampropedia 111. 161
 Lebende Organismen 104
 Leitfähigkeit 12
 Lemanea 127. 128
 Leptomitus 106. 109. 127.
 137
 Leptothrix 113
 Limnaea 106
 Lithium 62. 63
 Lupen 102
 Lynceus 134. 136
 Lyngbaea 118

- Magnesiabestimmung** 28.
 35
Mangan 38. 181
Manganchlorür 94
Mannitbouillon 173
Mastigophora 129
Melosira 123. 135. 136
Meridion 125. 135
Merismopedia 117. 135
Mesosaprobier 108. 136
Metalle in Abwässern 89
Methylorange 93
Micrasterias 122
Micrococcus 111. 135. 161
Microcystis 135
Microspira 112. 120. 163
Microthamnion 121. 136
Mikrometer 103
Mikroskop 99
Mikroskopische Untersuchung 98. 103
Mikroskopierlampe 100
Milchzuckerlackmusagar
 165
Milzbrandbazillen 169
Mineralwässer 60
Monas 129. 137
Mougeotia 123. 135
Mucor 128. 138

Nähragar 174
Nährböden 174. 175
Nährbouillon 173
Natron, Normal- 95
Nassula 131. 137
Navicula 131. 137
Nematoden 134. 137
Nephele 134. 137
Neßlersches Reagens 94
Neutralrotagar 176
Nitritlösung 96
Nitschia 126. 135. 137
Notholca 133. 136

Objektträger 150
Oedogonium 121. 136
Oikomonas 129
Oligosaprobier 135

Ophrydium 136
Organische Substanzen 56
Oscillatoria 117. 135. 136
Oxalsäure 94
Oxydierbarkeit 83
Oxytricha 133

Paludina 106
Pamphagus 129
Pandorina 118. 135
Paramaecium 109. 132.
 138
Paronema 131. 137
Pediastrum 120. 135
Penicillium 128. 142
Peptonwasser 172
Peridiniaceae 126
Peridinium 127. 135
Permanganatverbrauch 56.
 59. 60. 181
Pfahlkratzer 140
Phacus 131. 136
Phenole 91
Phenolphthalein 93
Phenolschwefelsäure 97
Phormidium 118. 135.
 136
Phosphorsäure 83. 181
Pinzette, Cornetsche 150
Plankton 107
Planktonkammer 138
Planktonnetz 138
Planktonsieb 138
Plattenkultur 153
Plattensprühverfahren 154
Pleißnerscher Apparat 13
Pleurosigma 125. 135
Polyarthra 123. 137
Polycystis 135
Polysaprobier 108. 137
Polytoma 131. 138
Probenahme 2. 150
Probenahmeapparate 4. 5
Protozoen 128
Pseudomonas 112. 138.
 162. 163

Quarz 104

Rädertiere 133
Radioaktivität 67
Reaktion 16
Reagentien 92. 172
Reisemikroskop 101
Rhaphidiophrys 129. 135
Rhaphidium 119. 136
Rhizopoden 109
Rhodanverbindungen 91
Rhodanammmonium 96
Rhodobazillus 116
Rhodococcus 116
Rhodocystis 116
Rhodonostoc 116
Rhodophyceae 127
Rhodospirillum 116
Rivularia 118
Rollkulturen 153
Rosolsäure 93
Rotatoria 133
Rotifer 133. 137. 138
Rückstand 26

Salpetersäure 48. 49. 54.
 55. 56. 180
Salpetrige Säure 46. 180
Saprolegnia 127
Sarcina 111. 137. 161
Sauerstoff 18. 79. 181
Sauerstoffdefizit 21
Sauerstoffzehrung 20. 22
Scenedesmus 119. 136
Scheidenbakterien 115
Schizomyceten 111
Schizophyceae 111. 117
Schizophyten 110
Schlammebecher 141
Schlammuntersuchung 89
Schlittenmikroskop 157
Schwefelbakterien 116
Schwefeleisen 104
Schwefelsäure 46. 179
Schwefelwasserstoff 79.
 80. 179
Seifenlösung 96
Selenosporium 110. 128
Senkscheibe 9
Seston 107

- Silberlösung 95
 Snellensche Schriftprobe 9
 Spaltalgen 177
 Spezifisches Gewicht 65
 Sphaerotilus 106. 110. 114.
 137
 Sphaerosoma 122
 Spirillum 112. 137. 163
 Spirochaete 137
 Spirogyra 123. 135.
 136
 Spondylorum 136
 Sprühplatten 155
 Staurastrum 123. 135
 Stauroneis 125. 136
 Stentor 132. 137
 Stephanodiscus 124. 137
 Stephanopleura 118
 Stichococcus 119. 136
 Stickstoff, organischer 86.
 88. 181
 Stigeoclonium 121. 136
 Streptococcus 111. 137.
 161
 Sulfide 79
 Surirella 126. 135. 136
 Suspendierte Stoffe 17
 Synchaete 133. 137
- Synedra 124. 135
 Synura 107. 130. 136
- Tabellaria 124. 135
 Temperatur 10
 Tenaxapparat 20
 Tetramitus 130. 137
 Tetraspora 119. 135
 Thermometer 10
 Thiocapsa 116
 Thiocystis 116
 Thiodictyon 116
 Thiopedia 116
 Thioploca 116
 Thiopolycoccus 116. 137
 Thiosarcina 116
 Thiospirillum 116. 138
 Thiosulfat 95
 Thiothece 116
 Thiothrix 110. 116. 135
 Three minutes test 84
 Tiefseethermometer 10
 Trachelomonas 131
 Transportkasten 3
 Trepomonas 130
 Triathra 133. 137
 Trichonema 129. 137
 Tubifex 134. 138
- Typhusbazillen 166
 Typhusimmenserum 168
- Ulothrix 120. 135. 136
 Ultramarin 104
 Untersuchung an der
 Quelle 6
 Urobacillus 162
 Uroglena 130. 136
 Uroleptus 132
 Urotricha 131
- Vaucheria 121. 136
 Vergrößerungstabelle 99
 Vermes 134
 Vierstundenprobe 84
 Volvox 119. 135
 Vorticella 109. 133. 136.
 137. 138
- Wolffshügelscher Zähl-
 apparat 156
 Würmer 134
- Zählplatten 152
 Zeichenapparat 102
 Zoogloea 114. 137
 Zygnuma 123

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299313