

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

2712

...chung  
des **Wassers**  
an Ort und Stelle  
von Dr. Hartwig Klut



**Dritte Auflage**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297492





47 2/3 14

4.60

# Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle

Von

**Dr. Hartwig Klut**

Mitglied der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem

Dritte, umgearbeitete Auflage

Mit 33 Textfiguren

*J. N. 31279*



Berlin

Verlag von Julius Springer

1916

XXX  
1056

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

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

Π 2712

Akc. Nr.

1984/49

## Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Dem Wunsche des Herrn Redakteur G. Arends entsprechend, habe ich für den Pharmazeutischen Kalender 1908 (Verlag von Julius Springer, Berlin) eine kleine Zusammenstellung über die Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle<sup>1)</sup> gebracht. Hierbei wurden in erster Linie die physikalische und chemische Untersuchung von Trink- und Oberflächenwasser am Orte der Entnahme berücksichtigt und nur das Allernotwendigste, was zur Kenntnis des in Rede stehenden Gegenstandes erforderlich ist, gebracht. Von größeren, insbesondere wissenschaftlichen Darlegungen sowie einer kurzen historischen Entwicklung des Themas wurde mit Rücksicht auf den Zweck der geplanten Zusammenstellung sowie auf den Raum, der mir für meine Ausführungen zu Gebote gestellt werden konnte, Abstand genommen.

Zahlreichen mir gegenüber geäußerten Wünschen Folge leistend, bin ich seitdem an eine wesentlich erweiterte Bearbeitung des Gegenstandes herangetreten. Die vorliegende Arbeit soll bis zu einem gewissen Grade für die Untersuchung des Wassers das bieten, was seitens des Hamburger Hygienischen Institutes in so schätzenswerter Weise für das Abwassergebiet<sup>2)</sup> zusammengestellt wurde. Wie für die Untersuchung des Abwassers, so liegt auch für die Untersuchung des Wassers für Trink- und Brauchzwecke im weitesten Sinne zurzeit ein erhöhtes Interesse vor. Viele sind von Berufs wegen gehalten, im Nebenamte Wasseruntersuchungen auszuführen, und eine alles Wissenswerte enthaltende orientierende Schrift, welche nicht nur die Methoden

---

<sup>1)</sup> Klut, Die Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Originalarbeit im Pharm. Kalender 1908. Teil 2. Pharm. Jahrbuch. S. 1—53. Berlin 1908.

<sup>2)</sup> Leitfaden f. d. chem. Untersuchung von Abwasser von K. Farnsteiner, P. Buttenberg, O. Korn. München u. Berlin 1902.

beschreibt, auf deren Fehlergrenzen hinweist, die Bewertung der gewonnenen Befunde kritisch erörtert, sondern auch den Weg erkennen läßt, der zur Wahl der Methode geführt hat, ist ein dringendes Bedürfnis.

Die für die Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle erforderlichen Apparate und Geräte usw. sind zur besseren Erklärung des Textes abgebildet. Von verschiedenen Seiten wurde ich aufgefordert, die Prüfung des Wassers an der Entnahmestelle auch auf Eisen, Mangan, Härte und organische Substanzen auszudehnen; ferner auch die bakteriologische (Eijkmansche Methode des Nachweises von Fäkalverunreinigungen des Wassers) und die biologische Untersuchung des Wassers, besonders des Oberflächenwassers, ausführlicher zu behandeln. Dem Wunsche bin ich gern nachgekommen. Man hat nunmehr auf Grund der Voruntersuchungen ein ungefähres Gesamtbild von der Beschaffenheit des in Frage stehenden Wassers<sup>1)</sup>. Im Verein mit einer eingehenden örtlichen Besichtigung z. B. der Brunnen usw. wird man häufig sogleich feststellen können, ob ein zu Trink- und Brauchzwecken dienendes Wasser verunreinigt ist oder nicht. Liegt eine nachteilige Beeinflussung eines Wassers vor, so wird es sich in vielen Fällen erübrigen, noch eine weitere genauere Untersuchung des betreffenden Wassers ausführen zu lassen.

Friedrichshagen-Berlin, im September 1908.

Hartwig Klut.

---

<sup>1)</sup> Die für die Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle erforderlichen Apparate und Utensilien nebst Reagenzien liefert in sachgemäßer Zusammenstellung die Firma Paul Altmann, Berlin NW 6, Luisenstr. 47.



## Vorwort zur zweiten Auflage.

Die vorliegende zweite Auflage schließt sich im wesentlichen der ersten Auflage an. Neu bearbeitet sind die Abschnitte über Blei und elektrische Leitfähigkeit. Dem Buche ist ferner eine Geschmackstabelle beigegeben. Den von verschiedenen Seiten mir geäußerten Wünschen betreffend Ergänzungen usw. einzelner Abschnitte bin ich bei der Neuauflage nach Möglichkeit nachgekommen. Im übrigen ist entsprechend dem heutigen Stande der Wissenschaft das Buch in den verschiedenen Teilen erweitert und die Literatur bis in die jüngste Zeit berücksichtigt worden.

Friedrichshagen-Berlin, im September 1911.

Hartwig Klut.

## Vorwort zur dritten Auflage.

Die dritte Auflage hat eine teilweise Umarbeitung und auch Erweiterung erfahren. Die Abschnitte über Härte des Wassers, Feststellung der Reaktion, Kohlensäure, Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit mußten neu geschrieben werden, da inzwischen auf diesen Gebieten nicht unwesentliche Fortschritte gemacht wurden. Auch die übrigen Teile meines Buches weisen viele Veränderungen auf. Die neueste Literatur ist, soweit wie mir möglich, kritisch berücksichtigt worden. Neu hinzugekommen sind auf Anregung von verschiedenen Seiten aus der Praxis die Abschnitte über den Wert der Ortsbesichtigung bei der Prüfung von Wassergewinnungsanlagen, über Metalle und Mörtelmaterial angreifende Wässer, über die Prüfung des Wassers mit dem Interferometer. Zum Schluß ist noch eine Tabelle über die Wasserlöslichkeit einiger wichtiger chemischer Verbindungen beigegeben.

Für weitere Vorschläge bin ich stets dankbar.

Berlin-Dahlem, im Januar 1916.

Hartwig Klut.

## Inhaltsverzeichnis.

|   | Seite |
|---|-------|
| Einleitung . . . . .  | 1     |
| Über den Wert der Ortsbesichtigung . . . . .  | 2     |
| Entnahme von Wasserproben . . . . .   | 4     |
| Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle . . . . .  | 9     |
| Reihenfolge der Untersuchungen . . . . .  | 9     |
| Temperaturbestimmung . . . . .  | 9     |
| Klarheit und Durchsichtigkeit . . . . .   | 10    |
| Prüfung auf Farbe . . . . .   | 14    |
| Nachweis der organischen Substanzen . . . . .   | 18    |
| Bestimmung des Geruches . . . . .   | 23    |
| Bestimmung des Geschmackes . . . . .  | 25    |
| Prüfung auf salpetrige Säure . . . . .  | 29    |
| Prüfung auf Salpetersäure . . . . .   | 35    |
| Prüfung auf Ammoniakverbindungen und Härte . . . . .  | 42    |
| Prüfung auf Reaktion des Wassers . . . . .  | 56    |
| Bakteriologische Untersuchung . . . . .   | 61    |
| Prüfung auf Eisen . . . . .   | 70    |
| Prüfung auf Kohlensäure . . . . .   | 79    |
| Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes . . . . .  | 87    |
| Prüfung auf Blei . . . . .  | 99    |
| Biologische Untersuchung des Wassers . . . . .  | 101   |
| Prüfung auf Mangan . . . . .  | 107   |
| Physikalische Untersuchungsmethoden . . . . .   | 114   |
| 1. Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit natürlicher Wässer   | 114   |
| 2. Prüfung mit dem Wasser-Interferometer . . . . .  | 117   |
| Schemata für die Untersuchung von Grund- und Oberflächenwasser  | 118   |
| Über normale chemische Zusammensetzung von Grund- und Oberflächenwasser . . . . .                             | 121   |
| Metalle und Mörtelmaterial angreifende Wässer . . . . .   | 130   |
| Tabelle über die Wasserlöslichkeit einiger wichtiger chemischer Verbindungen (bei Zimmertemperatur) . . . . . | 167   |
| Literatur . . . . .   | 169   |
| Register . . . . .  | 178   |
| Snellensche Schriftprobe 1,0 . . . . .  | 187   |

## Einleitung.

Bei der Entnahme von Wasserproben aus Brunnen, Zapfstellen bei Wasserwerken, aus Quellen, Flüssen, Teichen usw. ist es von großem Wert, daß gewisse Untersuchungen sogleich von dem zugezogenen Sachverständigen an Ort und Stelle selbst ausgeführt und eingeleitet werden, da bei der späteren Untersuchung im Laboratorium bereits einige Veränderungen an der betreffenden Wasserprobe stattgefunden haben können. Verschiedene Bestimmungen lassen sich an eingesandten Wasserproben nicht mehr genau machen, wie z. B. die äußere Beschaffenheit, Temperaturbestimmung, Menge des gelösten Sauerstoffes und vor allen Dingen die bakteriologische Prüfung. Zur Erzielung einwandfreier Resultate sind daher einige Untersuchungen an Ort und Stelle nicht zu umgehen. Vielfach kann man neben der eingehenden örtlichen Besichtigung der Wassergewinnungsanlage schon auf Grund dieser Voruntersuchungen entscheiden, ob ein Wasser verunreinigt ist oder nicht. — Bei dieser Art der Untersuchung ist zu berücksichtigen, daß es häufig nicht leicht ist, ausführliche und genaue Prüfungen von Wasser an der Entnahmestelle auszuführen, da man teils alle hierzu erforderlichen Reagenzien und Apparate nicht immer bei sich tragen kann, teils auch ein geeigneter Platz zur Vornahme der Untersuchungen oft nicht zur Verfügung steht.

Für die bakteriologische, biologische und physikalisch-chemische Untersuchung eines Wassers kommt natürlich in erster Linie immer der jeweilige Spezialsachverständige in Betracht. So wünschenswert diese Forderung auch ist, so wird sie sich in der Praxis doch meist nicht verwirklichen lassen. Dann muß z. B. vielfach der Kreisarzt oder ein anderer Sachverständiger die Wasserproben entnehmen, der sie dann gewöhnlich einem Laboratorium zur weiteren Untersuchung übergibt. Diese Sachverständigen müssen daher auch in der Lage sein, gewisse Prü-

fungen an der geschöpften Wasserprobe sogleich vornehmen und einleiten zu können, wenn die gefundenen Resultate später für die Beurteilung Wert haben sollen. Es war infolgedessen wichtig, die in Frage kommenden Prüfungsmethoden so zu wählen, daß sie, abgesehen natürlich von ihrer Zuverlässigkeit, auch verhältnismäßig einfach sind und ohne besondere Schwierigkeiten bei einiger Übung und Erfahrung auch von einem nicht Spezial-sachverständigen sich gebrauchen lassen. Hervorgehoben muß an dieser Stelle gleich werden, daß es sich empfiehlt, soweit wie eben noch möglich, die Ergebnisse der Prüfung an Ort und Stelle im Laboratorium später zu kontrollieren.

In den nachstehenden Abschnitten finden sich die Arbeiten und Untersuchungen angegeben, die nach meinem Dafürhalten an der Wasserentnahmestelle für gewöhnlich auszuführen sind.

### Über den Wert der Ortsbesichtigung.

Für eine abschließende hygienische Beurteilung eines zu Trink- und Wirtschaftszwecken dienenden Wassers ist die genaue Kenntnis der örtlichen Verhältnisse der Gewinnungsanlagen, z. B. des Brunnens, der Quelle, erforderlich. Wasserentnahmestellen müssen stets so angelegt sein, daß nachteilige äußere Beeinflussungen des Wassers, z. B. durch menschliche oder tierische Abfallstoffe, dauernd ausgeschlossen sind. Durch Trinkwasser können neben anderen Krankheiten<sup>1)</sup> in erster Linie Cholera und Typhus übertragen werden. Da diese Krankheitserreger besonders durch die menschlichen Entleerungen ausgeschieden werden, können sie bei hygienisch nicht einwandfreien Wassergewinnungsanlagen<sup>2)</sup>, die z. B. in der Nähe von Abortgruben sich befinden, in das Trinkwasser gelangen und zur Verbreitung der genannten Krankheiten Anlaß geben. Das Wasser, das zum Baden, zur Reinigung der Wäsche usw. von Personen mit diesen ansteckenden Krankheiten gedient hat, ist infiziert; gelangt nun solches Wasser in die Nähe nicht einwandfrei angelegter Brunnen, so ist eine Übertragung der Krankheitserreger ohne weiteres

<sup>1)</sup> R. Abel, Bakteriologisches Taschenbuch. 18. Aufl. Würzburg 1914. S. 129. C. Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie. 6. Aufl. Leipzig 1906. S. 279. L. Heim, Lehrbuch der Bakteriologie. 4. Aufl. Stuttgart 1911. S. 417.

<sup>2)</sup> Vgl. auch H. Klut „Das Wasser“ 1915. Bd. 11. Nr. 26. S. 410.

gegeben. Ähnlich verhält es sich auch, wenn Eier<sup>1)</sup> von Eingeweidewürmern in das Trinkwasser hineingeraten. Nachstehende Abbildung möge die Verunreinigung eines Kesselbrunnens durch äußere schädliche Einwirkungen näher erläutern.

Auch in ästhetischer Hinsicht muß verlangt werden, daß eine Wasserentnahmestelle gegen nachteilige äußere Einflüsse, wie Hineingelangen von kleinen Tieren, Staub, Schmutz, dauernd geschützt ist. Auf dem Lande namentlich lassen die Wasser-

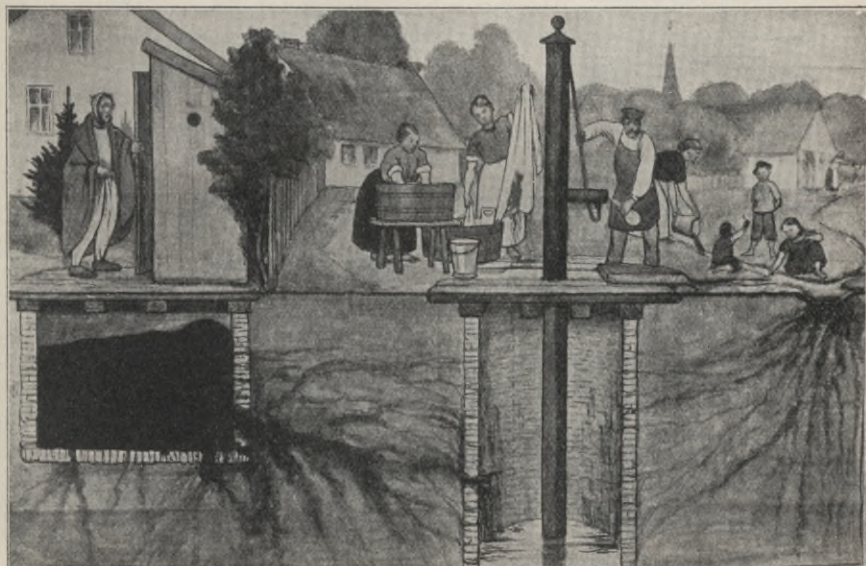


Fig. 1.

Verunreinigung eines Kesselbrunnens.

versorgungsverhältnisse<sup>2)</sup> nicht selten noch viel zu wünschen übrig. Bei der vielfach ungünstigen Lage der Brunnen in der

<sup>1)</sup> Vgl. bei R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911. S. 12; ferner O. Spitta, Die Wasserversorgung Leipzig 1911. S. 34. — Vgl. die aufgeführte Literatur (vgl. auch denselben Verf. auf folgender Seite).

<sup>2)</sup> Vgl. die Jahresberichte über das Gesundheitswesen des Preußischen Staates, bearbeitet in der Medizinalabteilung des Ministeriums des Innern. Berlin 1909—1914.

Nähe von Abortgruben und Dungstätten sowie der meist mangelhaften Brunnenabdeckung ist das Trinkwasser häufig merklich verunreinigt. Zeigt die örtliche Besichtigung schon ohne weiteres die nachteilige Beeinflussung eines Trinkwassers<sup>1)</sup> durch menschliche oder tierische Abgänge an, so erübrigt sich in der Mehrzahl der Fälle eine eingehendere Untersuchung solchen Wassers.

Über die hygienisch einwandfreie Einrichtung von kleinen sowie großen Wasserversorgungsanlagen vgl. u. a. die nachstehende Literatur:

- R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911.
- Christian, Trinkwasserversorgung im Felde. „Das Wasser“. 1915. Bd. 11. Nr. 9.
- Finger, Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade. Klinisches Jahrbuch Bd. 19. Jena 1908.
- C. Flügge, Grundriß der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig 1915.
- R. Fried, Die Wasserversorgung der Ortschaften, besonders für Feuerlöschzwecke. München 1903.
- A. Gärtner, Leitfaden der Hygiene. 6. Aufl. Berlin 1914.
- C. Günther, Wasser und Wasserversorgung in A. Eulenburgs Real-Enzyklopädie der gesamten Heilkunde. 4. Aufl. Berlin u. Wien 1914.
- W. Lösener, Die Trinkwasserversorgung der Truppe. Berlin 1909.
- K. Opitz, Brunnenhygiene. Berlin 1910.
- W. Pengel, Der praktische Brunnenbauer. Berlin 1910.
- H. Salomon, Hygiene der Wasserversorgung in R. Abels Handbuch der praktischen Hygiene. Bd. 1. Jena 1913.
- A. Schacht, Die Einzelhaus-Wasserversorgung. Berlin 1914.
- O. Smreker, Die Wasserversorgung der Städte. 5. Aufl. Leipzig u. Berlin 1914. Aus dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 3. Teil. Bd. 3.
- O. Spitta, Die Wasserversorgung im Handbuch der Hygiene von M. Rubner, M. v. Gruber und M. Ficker. II. Bd. 2. Abtlg. Wasser und Abwasser. Leipzig 1911.
- Th. Weyl, Die Betriebsführung von Wasserwerken. Leipzig 1909.
- R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Leipzig 1914/15. Derselbe, Wasserversorgung der Ortschaften. Sammlung Göschen. Leipzig 1910.

Über die

### Entnahme von Wasserproben

gebe ich nachstehend die genaue Anweisung des Fragebogens der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem mit einigen kleinen Anmerkungen wieder:

<sup>1)</sup> Vgl. auch Wasser und Abwasser. 1914. Bd. 9. S. 55. Nr. 98.

„Allgemeine Vorschriften. Von jeder zu untersuchenden Probe sind mindestens drei Liter zu senden. Zur Versendung sind vollkommen reine, mit dem zu untersuchenden Wasser wiederholt (mindestens dreimal) vorgespülte Glasflaschen zu verwenden, möglichst solche mit Glasstopfen. In Ermangelung derartiger Flaschen sind die Flaschen mit neuen Korken zu verschließen. Im allgemeinen sind die Flaschen nicht zu versiegeln. Ist eine Versiegelung der Flasche angezeigt, so ist der Kork zu verschnüren und das Siegel nicht auf dem Kork, sondern an der Verschnürung anzubringen. Ort und Zeit der Entnahme sind auf den Flaschen anzugeben. Auf dem Begleitschein muß angegeben sein, wer den Auftrag zur Untersuchung erteilt, wie die Flasche bezeichnet ist, und wohin das Untersuchungsergebnis zu senden ist.

Bevor das Wasser zur Untersuchung aufgefangen wird, muß der Brunnen unmittelbar vorher mindestens 20 Minuten hindurch langsam und gleichmäßig abgepumpt werden, wobei bei Kesselbrunnen<sup>1)</sup> darauf zu achten ist, daß das ausgepumpte Wasser nicht wieder in den Brunnenkessel zurückläuft.

Hat der Brunnen nur wenig Wasser, oder ist kurz vor der Entnahme zu irgendwelchen anderen Zwecken schon eine größere

---

<sup>1)</sup> Man vermeide jedoch das Abpumpen von Kesselbrunnen bis zur Erschöpfung, da sonst leicht der auf dem Boden des Kessels befindliche Schlamm aufgewirbelt wird und in die Probe gelangt.

Anmerkungen. Für die mikroskopische (biologische) Untersuchung kann es unter Umständen vorteilhaft sein, Planktonfänge auch vor dem Abpumpen zu machen.

Über die Entnahme von bakteriologischen sowie Sauerstoffproben usw. vergleiche die betreffenden Artikel. Über die geeignete Entnahme von Wasserproben aus Bohrlöchern, Schürfgräben usw. hat Renk im Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1907. Nr. 44 eingehend berichtet. Einiges sei aus dem Vortrage kurz wiedergegeben. Entnahme aus Bohrlöchern: Das Wasser darf nicht im Bohrloche längere Zeit gestanden haben, ferner muß die obere Öffnung des Bohrloches verschlossen gewesen sein.

Bei neuangelegten Brunnen sollte eine Wasseruntersuchung und hygienische Begutachtung erst dann veranlaßt werden, nachdem eine gründliche Reinigung durch wiederholtes Abpumpen des angesammelten Wassers und Ausheben des beim Bau eingedrungenen Schmutzes erfolgt ist.

Entnahme aus Schürfgräben ist in einfachster Weise dadurch zu erreichen, daß man am obersten Ende jedes Schürfgrabens ein ca. 1 m langes Eisen- oder Tonrohr derart einlegt, daß wenigstens ein Teil des dort aus dem Erdboden austretenden Wassers durch das Rohr abfließen muß.

Wassermenge abgepumpt worden, so kann die Zeitdauer des oben geforderten Abpumpens entsprechend beschränkt werden.

Bei Wasserleitungen muß das Wasser unmittelbar vor der Entnahme mindestens 20 Minuten lang ablaufen gelassen werden.

Bei Brunnen ohne Pumprohr wird ein vorher sorgfältig innen und außen gereinigter, zweckmäßig unmittelbar vor der Benutzung mit heißem Wasser ausgespülter Eimer in den Brunnenkessel hinabgelassen und so zum Schöpfen des Wassers benutzt.

Quell-, Fluß-, Teichwässer werden ohne weiteres in die oben näher beschriebenen Flaschen gefüllt.“

Für die Entnahme von Wasserproben sind zahlreiche Apparate konstruiert worden. Man vergleiche beispielsweise nur einmal die illustrierten Kataloge der verschiedenen Firmen. Beim Abschnitt „Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes“ sind zwei recht brauchbare Apparate von mir beschrieben.

Von den vielen sei nebenstehend eine Vorrichtung für Wasserprobe-Entnahme zwecks chemischer Untersuchung nach Heyroth<sup>1)</sup> abgebildet (Fig. 2). Er besteht aus einem Drahtkorb mit Deckel zur Aufnahme der Flaschen für Wasserproben: Innen ist er mit Gummipolster versehen, trägt einen Bleiboden und wird mit der Flasche an einem Karabinerhaken und einer festen Schnur hinuntergelassen, um aus beliebigen Tiefen die Wasserprobe zu entnehmen. Auf dem Deckel befindet sich ein Ventil, das den Flaschenhals verschließt und durch Zug an einer zweiten Schnur von oben geöffnet werden kann, sobald sich der Flaschenhals in der gewünschten Entnahmetiefe befindet. Preis 38 M.

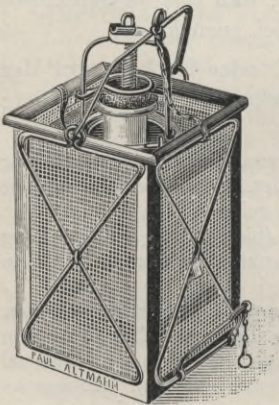


Fig. 2.

Wasserentnahmeapparat  
nach Heyroth.

Für die zur Aufnahme der Wasserproben erforderlichen Gefäße verwendet die Anstalt viereckige Flaschen mit eingeschliffenem Glasstopfen und 1,5 l Inhalt, mit Nummern auf Stopfen

<sup>1)</sup> A. Heyroth, Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt. Bd. 7. 1891. S. 384.



und Flasche. Eine Seite des Gefäßes ist matt abgeschliffen für Bleistiftnotizen (Fig. 3). Preis 3 M.

Als Sicherheitsverschluß dient eine federnde Metallklammer zum Festhalten des Glasstöpsels (Fig. 4). Preis pro Stück 0,60 M.

Zum Transport der entnommenen Wasserproben verwendet die Anstalt den nebenstehend abgebildeten Kasten, der völlig aus Metall hergestellt ist.

Innen ist er zum sicheren Transport der Glasgefäße mit einer



Fig. 3.  
Glasflasche für  
Wasserproben.



Fig. 4.  
Sicherheitsverschluß.

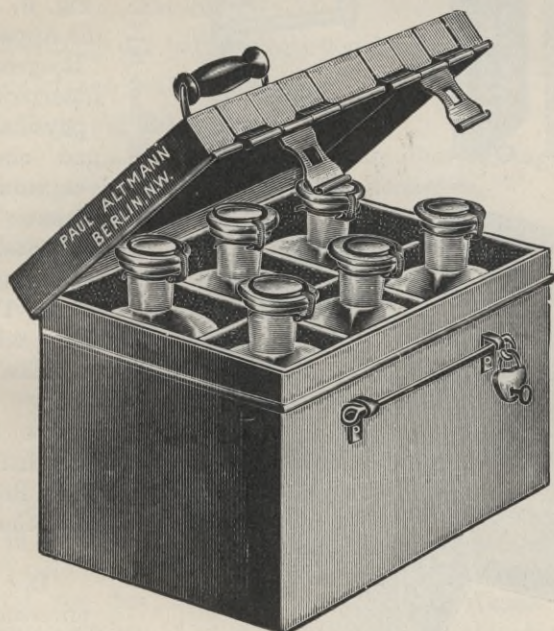


Fig. 5.  
Transportkasten für Wasserproben.

starken Filzauskleidung versehen. Der aufklappbare Scharnierdeckel besitzt ein Vorriegeschloß aus Messing (Fig. 5).

Preis für 4 Flaschen etwa 24 M.

„ „ 6 „ „ 27 „

Von verschiedenen Seiten wurde ich aufgefordert, für die Untersuchung des Wassers am Orte der Entnahme einen einfachen und handlichen Untersuchungskasten zusammenzustellen. Diesem Wunsche bin ich nachgekommen.

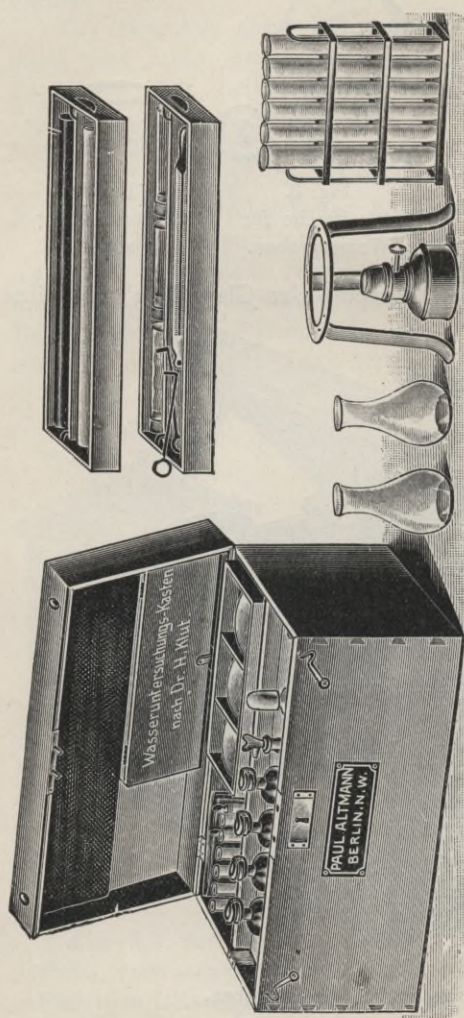


Fig. 6.  
Wasseruntersuchungskasten nach Klut.

Der abgebildete „Wasser-  
kasten“, vergl.  
Fig. 6, enthält  
die Apparate und  
Reagenzien in  
flüssiger Form zur  
physikalischen  
und chemischen  
Vorprüfung eines  
Wassers an Ort  
und Stelle. Aus  
den Ergebnissen  
dieser Unters-  
uchung erhält man  
in vielen Fällen  
schon Anhalts-  
punkte über die  
Beschaffenheit  
und Brauchbar-  
keit eines Was-  
sers.

Der Wasser-  
untersuchungs-  
kasten ist bei der  
Firma Paul Alt-  
mann, Berlin

NW 6, Luisenstr. 47, erhältlich. Preis vollständig 40 M.

## Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle.

### Reihenfolge der Untersuchungen.

Es würde sich empfehlen, die Untersuchungen allgemein in nachstehender Reihenfolge auszuführen:

- Bestimmung der Temperatur,
- „ „ Klarheit und Durchsichtigkeit,
- „ „ Farbe, Nachweis der organischen Substanzen,
- „ des Geruches,
- „ „ Geschmackes,
- Prüfung auf salpetrige Säure,
- „ „ Salpetersäure,
- „ „ Ammoniak und Härte,
- „ „ Reaktion,

Einleitung der bakteriologischen Untersuchung.

In gewissen Fällen noch:

- Prüfung auf Eisen,
- „ „ Kohlensäure und ihre Bestimmung,
- Bestimmung des gelösten Luftsauerstoffes,
- Prüfung auf Blei,
- Mikroskopische Prüfung und Probenahme für die biologische Untersuchung,
- Prüfung auf Mangan,
- Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit,
- Prüfung mit dem Interferometer auf die chemische Zusammensetzung des Wassers.

### Temperaturbestimmung.

Die Temperatur eines Trinkwassers liegt, wenn es ein Genußmittel sein soll, am besten zwischen 7° und 11° Celsius<sup>1)</sup>. Reines kühles Wasser ist bekanntlich wohlschmeckend und erfrischend. Doch wird von den meisten Menschen auch Wasser mit einer Temperatur zwischen 5° bis 7° und 12° bis 15° Celsius<sup>2)</sup> noch nicht

<sup>1)</sup> C. Flügge, Grundriß der Hygiene. 7. Aufl. Leipzig 1912. S. 130.

<sup>2)</sup> 7–11° C nennt A. Gärtner in Leitf. d. Hyg. 5. Aufl. Berlin 1909. S. 58, die angenehmste Temperatur.

unangenehm empfunden. Dagegen erfrischen Wässer mit höheren Wärmegraden nicht mehr, und es ist dies ein Hindernis für ihre Verwendung<sup>1)</sup>. Trinkwässer unter 5<sup>o</sup> Celsius sind für viele Personen geradezu gesundheitsschädlich<sup>2)</sup>.

Die Temperatur ist für den Geschmack eines Trinkwassers von nicht zu unterschätzendem Wert. Wässer über 15<sup>o</sup> Celsius kann man in der Regel als unschmackhaft erklären. Dieser Temperatureinfluß auf den Geschmack des Wassers macht sich nach den Untersuchungen von W. Marzahn<sup>3)</sup> besonders bei salzhaltigen Wässern recht bemerkbar.

Zur Bestimmung der Temperatur eines Wassers verwende man ein geprüftes und in halbe Grade eingeteiltes Thermometer. Die zur Zeit der Entnahme des Wassers herrschende Lufttemperatur muß gleichfalls berücksichtigt werden.

Die Bestimmung der Temperatur bei Wässern gibt zuweilen wertvolle Aufschlüsse über ihre Herkunft. Auffällig hohe oder niedere Temperaturen sind oft ein Indikator dafür, daß das betreffende Wasser aus geringer Tiefe unter der Oberfläche stammt und somit vielleicht eine ungenügende Filtration im Boden erfahren hat. Vgl. auch den Erlaß vom 23. April 1907 betr. Leitsätze für die Beschaffung hygienisch einwandfreien Wassers. In § 6 heißt es: „Größere Temperaturschwankungen weisen beim Grund- und Quellwasser darauf hin, daß Oberflächenwasser rasch und in erheblicher Menge dem unterirdischen Wasser zufließt. Das Gleichbleiben der Temperatur aber schließt das Vorhandensein solcher Zuflüsse noch nicht mit Sicherheit aus.“

## Klarheit und Durchsichtigkeit.

Trinkwasser soll klar und durchsichtig sein. Schwebestoffe dürfen nicht oder nur in äußerst geringer Menge darin enthalten sein. Selbst leicht getrübe Wässer stören schon beim Genuß. Wenngleich die suspendierten Bestandteile häufig keine gesundheitlichen Schädigungen bedingen, z. B. Sand-, Lehm-, Ton-

---

<sup>1)</sup> K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. 1901. S. 236.

<sup>2)</sup> M. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig u. Wien 1907. S. 352.

<sup>3)</sup> Mitteilungen a. d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene. Berlin 1915. Heft 20. S. 56.

partikelchen, Eisenhydroxyd, Karbonate usw., so machen sie doch ein solches Wasser zum mindesten unappetitlich. Vielfach werden aber Trübungen des Wassers auch durch andere Stoffe, z. B. organischen Detritus, Stoff- und Holzfasern, Pilzfäden, Strohreste usw. hervorgerufen, die in der Regel dann Indikatoren der Verunreinigung des fraglichen Wassers durch äußere Einflüsse, zurückgebliebene Verschmutzungen vom Bau des Brunnens — schlechte Brunnenabdeckung, Nähe von Wohnstätten usw. — sind.

In dem gemeinsamen Erlaß des Ministers der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten sowie des Innern vom 23. April 1907 betreffend die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Wassers heißt es in § 5: „Trübungen in einem Quell- oder Grundwasser, die auf Erdteilchen beruhen, sind an sich ungefährlich; aber sie können, ähnlich wie die Bakterien, andeuten, daß ungenügend filtriertes Wasser eindringt. Feste Gesteine geben trübende Teilchen in der Regel nicht ab. Ebenso können kleine Wasserpflanzen und -tiere oder Luftblasen ein Anzeichen für ungenügende Bodenfiltration sein.“

Die Bestimmung der Klarheit und Durchsichtigkeit eines Wassers an Ort und Stelle selbst ist meist von gewisser Bedeutung; so sind beispielsweise eisenhaltige Grundwässer frisch geschöpft fast durchweg klar, aber schon nach kurzer Zeit beobachtet man im allgemeinen eine stetig zunehmende Opaleszenz, und schließlich erfolgt Ausscheidung feiner gelbbrauner Flöckchen von Eisenoxydhydrat<sup>1)</sup>. Das in dem Wasser anfangs gelöste Eisenbikarbonat wird durch den Zutritt von Luftsauerstoff in unlösliches Ferrihydroxyd verwandelt. Ferner kann bei Wässern mit hohem Gehalte an Kalziumbikarbonat durch Abspaltung der halbgebundenen Kohlensäure kohlensaurer Kalk ausgeschieden und hierdurch eine Trübung des Wassers bedingt werden. Auch bei Oberflächenwässern — wie Talsperren, Seen, Flüssen — kann einwandfrei die ursprüngliche äußere Beschaffenheit oft nur an der frisch entnommenen Probe festgestellt werden, da beim Transport und bei der späteren Prüfung durch biologische Vorgänge usw. bereits Veränderungen eingetreten sein können.

---

<sup>1)</sup> Es ist daher wichtig, anzugeben, ob die frisch geschöpfte Probe nach ganz kurzem Stehen einen Bodensatz zeigt, und ob dieser bedeutend oder gering, fein oder flockig, gefärbt usw. ist.

Zur Bestimmung der Klarheit eines Wassers hält man am einfachsten die frisch geschöpfte Probe in einem farblosen Glasgefäße von etwa 1–2 l Inhalt gegen das Licht und beobachtet. Besser aber verwendet man ca. 30 cm hohe und 3–5 cm weite farblose Glaszylinder mit ebenem Boden, die mit dem zu prüfenden Wasser bis zum Rande gefüllt werden; hierbei läßt sich eine etwaige Trübung des Wassers leicht feststellen, besonders bei auffallendem Licht. Durch Vorhalten einiger Finger gegen das Licht kann man auch eine partielle Dunkelfeldbeleuchtung

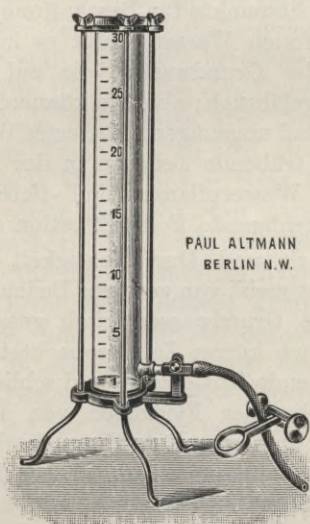


Fig. 7.  
Durchsichtigkeitszylinder.

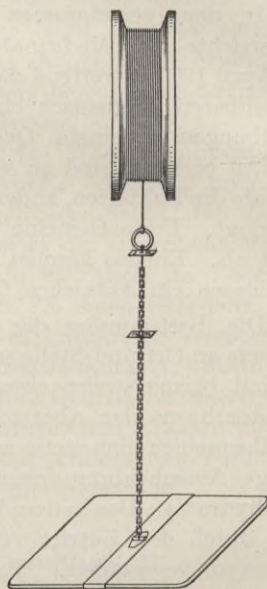


Fig. 8.  
Sichtscheibe.

schaffen und auf diese Weise eine feinere Untersuchung der suspendierten Bestandteile, eventuell unter Zuhilfenahme einer Lupe, ermöglichen. Für diese Zwecke empfiehlt sich eine 10–15 mal vergrößernde Lupe.

Als Grade der Klarheit wählt man zweckmäßig folgende Bezeichnungen: klar, schwach opalisierend, opalisierend, schwach trübe, trübe und stark trübe.

Enthält ein Wasser — z. B. aus einem Fluß — ziemlich viele Schwebestoffe, und soll seine Durchsichtigkeit gemessen werden,

so wird am besten das unfiltrierte, gut durchgeschüttelte Wasser in einen mit ebenem Boden versehenen aus farblosem Glase hergestellten, mit Zentimereinteilung und seitlichem, verschließbarem Bodenabflußrohr ausgestatteten Zylinder — Durchsichtigkeitszylinder (Fig. 7) — gegossen, und der letztere über die beigegebene Snellensche Schriftprobe<sup>1)</sup> Nr. I

1,0.

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

5 4 1 7 8 3 0 9

gehalten. Durch Öffnen des Verschlusses des Abflußrohres läßt man schnell so lange Wasser abfließen, bis man die einzelnen Buchstaben der Leseprobe deutlich zu erkennen vermag. Die Höhe der in dem Zylinder zurückgebliebenen Flüssigkeitsschicht, in Zentimetern ausgedrückt, wird als Durchsichtigkeitsgrad des Wassers betrachtet. Man muß besonders darauf achten, daß das fragliche Wasser in dem Zylinder sich nur ganz kurze Zeit aufhält, um ein Festsetzen der suspendierten Bestandteile an den Wandungen und am Boden des Gefäßes möglichst zu vermeiden.

Um die Durchsichtigkeit<sup>2)</sup> bei Oberflächenwässern zu bestimmen, genügt oftmals für die Praxis folgende einfache Methode:

Man versenkt eine reine weiße Scheibe (Fig. 8), am besten aus Porzellan, in das Wasser. Diejenige Tiefe, gemessen von der Wasseroberfläche an, bei der die Scheibe eben für das Auge

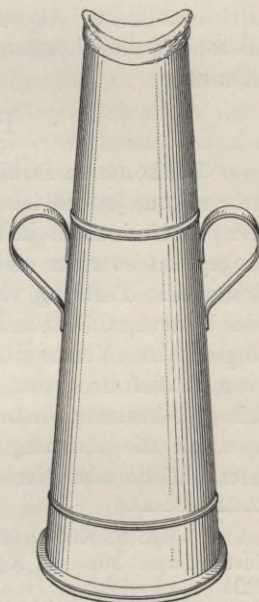


Fig. 9.  
Wassergucker.

<sup>1)</sup> Die betr. Schriftprobe ist bei der Firma Paul Altmann, Berlin NW 6, erhältlich.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Kurpjuweit, Über die Durchsichtigkeitsbestimmung von Vorflutern mit Hilfe einer Sehscheibe. Offiz. Bericht d. Preuß. Medizinalbeamten-Vereins f. 1910.

verschwindet, ist der Maßstab für die Durchsichtigkeit. Bei starker Wellenbewegung unterbleibt diese Art der Bestimmung besser, falls man nicht für diese Untersuchung mit einem Wassergucker<sup>1)</sup> (Fig. 9) ausgerüstet ist. Um hier einige Werte zu nennen, sei bemerkt, daß die Scheibe bei starker Trübung des Wassers bei etwa 25 bis 50 cm Tiefe verschwindet; in klaren Gewässern dagegen erst bei einigen Metern unter der Wasseroberfläche. Die Farbe des Wassers spielt hierbei im allgemeinen eine untergeordnete Rolle.

Für genauere Bestimmungen der Klarheit von Wässern ist das von J. König-Münster konstruierte Diaphonometer<sup>2)</sup> sehr zu empfehlen, dessen Einrichtung auf der Anwendung von Tauchröhren und der Vergleichung durch ein Lummer-Brodhunsches Prisma beruht. Als einheitliches Maß für den Ausdruck der trüben Beschaffenheit können die mit diesem Apparate ermittelten Werte dienen.

### Prüfung auf Farbe.

Vollkommen farbloses Grundwasser findet man in der Natur nur selten, jedoch ist im allgemeinen die Färbung so gering, daß sie praktisch nicht in Betracht<sup>3)</sup> kommt. Oberflächenwasser<sup>4)</sup> ist dagegen fast stets mehr oder weniger deutlich gefärbt. Bedingt kann eine Färbung von Wasser sein durch Auslaugungsprodukte des Bodens, z. B. Huminstoffe, oder auch durch Zuführung mancher organischer Verunreinigungen. Findet eine direkte Zuführung von Farbstoffen statt, so zeigt sich für gewöhnlich ein gelblicher bis gelb-brauner Farbenton des Wassers. Hygienische Bedeutung gewinnt die Färbung eines Wassers nur dann, wenn sie durch menschliche oder tierische Abfallstoffe hervorgerufen wird<sup>5)</sup>. Ein

<sup>1)</sup> Vgl. R. Kolkwitz, Biologische Probeentnahme- u. Untersuchungsinstrumente. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt Berlin 1907. Heft 9. Ferner Pflanzenphysiologie. Jena 1914. Taf. X.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- u. Genußmittel. 1904. S. 129 u. 587 und J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin 1911. S. 1018.

<sup>3)</sup> Vgl. auch A. F. Holleman, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 22.

<sup>4)</sup> K. Mulsow, Die Farbe der Gewässer. Allg. Fischerei-Ztg. 1913. Bd. 38. S. 194.

<sup>5)</sup> Vgl. K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901. S. 197 u. 236.



durch natürliche Beeinflussung gefärbtes Wasser, z. B. aus Moor-  
gegenden, ist zwar an sich gesundheitlich unbedenklich, regt jedoch  
zum Genusse nicht gerade an<sup>1)</sup>).

In dem gemeinsamen Erlaß der Minister der geistlichen,  
Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten sowie des Innern  
vom 23. April 1907 betreffend die Gesichtspunkte für Beschaffung  
eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Wassers<sup>2)</sup> heißt es  
in § 3 bei der Wahl des Wassers:

„Das Wasser soll möglichst farblos, klar, gleichmäßig kühl,  
frei von fremdartigem Geruch oder Geschmack, kurz von solcher  
Beschaffenheit sein, daß es gern genossen wird.“

Da eine Färbung in einem ursprünglich farblosen Wasser  
auch nachträglich durch bestimmte Veränderungen wie beispiels-  
weise Ausscheiden von Eisenhydroxyd erfolgen kann, so emp-  
fiehlt es sich, zur Erlangung einwandfreier Resultate die Farbe  
möglichst sogleich nach der Entnahme festzustellen. Läßt sich  
eine Färbung des Wassers nicht ohne weiteres schon in dem  
Schöpfgefäße erkennen, so prüft man am einfachsten auf die  
Weise, daß man einen farblosen Glaszylinder von 20 bis 25 mm  
l. W., nicht unter 40 cm Länge und plattem Boden mit dem zu  
prüfenden Wasser anfüllt. Zur Fernhaltung der seitlich ein-  
fallenden, störenden Lichtstrahlen ist ein Überzug von schwarzem  
Papier, Lack oder Metallhülse usw. erforderlich. Die Beobachtung  
der Wassersäule geschieht am besten von oben her über einer dem  
freien Tageslichte ausgesetzten weißen Unterlage (Porzellanplatte).  
Zum Vergleiche kann man sich eines gleichgroßen mit destilliertem  
Wasser gefüllten Zylinders bedienen. In den meisten Fällen wird  
man hierbei eine Färbung des Wassers beobachten können.

Wasser, das durch suspendierte Stoffe wie Sand-, Ton- und  
Lehmpartikelchen usw. gefärbt erscheint, muß vorher filtriert  
werden. Man beobachtet diese Erscheinung häufig bei neuen  
Bohrbrunnen. Das Filtrat ist dann meist farblos.

Will man diese Methode in eine quantitative umgestalten,  
d. h. die beobachtete Färbung eines Wassers für etwa später aus-  
zuführende Vergleichszwecke festlegen, so verfährt man nach den

---

<sup>1)</sup> Wettstein, Über die Farbe des Wassers. Dinglers polytechn.  
Journ. 1862. Bd. 162. S. 320ff.

<sup>2)</sup> Ministerialblatt für Medizinal- und medizinische Unterrichts-An-  
gelegenheiten. Bd. 7. Nr. 11. S. 158. 1907.

Angaben von Ohlmüller<sup>1)</sup>, indem man eine Karamellösung von bestimmtem Gehalte als Vergleichslösung benutzt.

Bereitung der Karamellösung. 1 g chemisch reiner Rohrzucker wird in 50 ccm destillierten Wassers gelöst, hierzu 1 ccm verdünnter Schwefelsäure (1 + 2) getan und das Gemisch genau 10 Minuten lang im schwachen Sieden erhalten; darauf wird 1 ccm 33proz. Natronlauge hinzugefügt und wiederum 10 Minuten lang gelinde kochen gelassen. Nach dem Erkalten wird die Flüssigkeit auf 1 l gebracht. Von dieser Lösung entspricht alsdann jedes Kubikzentimeter 1 mg Karamel. Die Lösung ist gut verschlossen und vor Licht geschützt aufbewahrt haltbar.

Ausführung der Bestimmung. Das eventuell filtrierte Wasser bringt man in den oben beschriebenen Zylinder bis zu einer Höhe von 40 cm. In dem zweiten gleichgroßen Zylinder wird zu dem destillierten Wasser so lange — ebenfalls in 40 cm Höhe — vorsichtig von der Karamellösung kubikzentimeterweise zugesetzt, bis beide Farbtöne gleich oder fast gleich sind. Die angewandte Menge Farblösung wird notiert. Sie gibt den Grad der Färbung des betreffenden Wassers an.

Nach neueren Beobachtungen hat sich die alte Karamel-Methode vielfach als praktisch wenig brauchbar erwiesen. Bessere Resultate erzielt man mit dem folgenden Verfahren.

In Amerika<sup>2)</sup> bedient man sich zur Farbbestimmung der Wasser einer Vergleichslösung, die durch Mischung einer Kaliumplatinchloridlösung mit Kobaltchloridlösung hergestellt wird. Die Vergleichslösung, welche die Farbe 500 hat, wird dadurch erhalten, daß man 1,246 g Kaliumplatinchlorid = 0,5 g Pt und 1 g Kobaltchlorid krist. = 0,25 g Co in 100 ccm Salzsäure (d: 1,19) löst und mit destilliertem Wasser zu 1 l auffüllt. Durch Verdünnen dieser Lösung werden Vergleichslösungen hergestellt, deren Farbe mit 5 — 10 — 15 — 20 — 25 — 30 — 35 — 40 — 50 — 60 — 70 bezeichnet wird. Die Zahlen entsprechen Milligramm Platin pro Liter.

1) W. Ohlmüller, Die Untersuchung des Wassers. 1896. 2. Aufl. S. 16.

2) Vgl. Field Assay of Water by Marshal O. Leighton. Washington 1905. S. 41ff. Ferner: Report of Committee on Standard Methods of Water Analysis to the American Public Health Association (Chicago 1905). Ferner: Gärtner, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung. Bd. 49. 1906. S. 464ff.; W. Ohlmüller und O. Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 3. Aufl. Berlin 1910. S. 14.

An Ort und Stelle der Wasserentnahme verwendet man statt der Lösungen Kobalt-Kaliumplatinchloridglasplatten, die entsprechend gefärbt sind und am Ende von Aluminiumröhren als Verschuß angebracht werden können. Mit diesem Apparat<sup>1)</sup> hat man vielfach günstige Resultate erhalten.

Für die Bestimmung der Farbe von Oberflächenwässern versenkt man gleichfalls, wie bei der Bestimmung der Klarheit angegeben, eine weiße Scheibe. Dabei wird es im allgemeinen genügen, wenn diese einige dm bis einige m tief unter die Wasseroberfläche versenkt wird. Die hierbei eintretende oft bedeutende Farbenveränderung der weißen Scheibe gibt eine für die Praxis ausreichende Bestimmung der Farbe des Wassers. Eine genaue Präzisierung des Farbentons ist nur erreichbar durch Vergleichung mit bestimmt getönten Flüssigkeiten oder Glasscheiben<sup>2)</sup>.

Mit Hilfe des von J. König - Münster neuerdings konstruierten Diaphanometers läßt sich auch die Farbe der Wässer leicht und genau feststellen. Der Apparat kann als Kolorimeter für Farbstofflösungen verschiedenster Art benutzt werden<sup>3)</sup>.

Die Eigenfarbe des nicht getrübbten Wassers im durchfallenden Lichte ist blau, blaugrün, grün, gelb oder braun je nach dem Gehalte an färbenden organischen Substanzen. Durch die Vegetationsfarbe infolge Anwesenheit zahlreicher gefärbter Organismen kann die Eigenfarbe verdeckt werden, z. B. in „Blutseen“ durch *Euglena sanguinea*. Farbige Abbildungen, die die vorstehenden Darlegungen wiedergeben, finden sich bei R. Kolkwitz<sup>4)</sup>. In dieser Arbeit ist auch darauf hingewiesen, daß der Kaliumpermanganat-Verbrauch in blauen Seen etwa

1) Näher beschrieben und mit Abbildungen versehen ist der Apparat bei Ohlmüller und Spitta, a. a. O. S. 16. Der Apparat kann von der Firma Paul Altmann, Berlin, bezogen werden; vollständig Preis: rund 200 M.

2) F. A. Forel, *Le Léman*, Monographie limnologique. Tome second. p. 464 et 469. Lausanne 1895. Ferner C. B. Klunzinger, *Über die physikalischen, chemischen und biologischen Ursachen der Farben unserer Gewässer*. Stuttgart 1901.

3) J. König, *Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel*. Bd. 3. Teil 1. Allgemeine Untersuchungsverfahren. 4. Aufl. Berlin 1910. S. 131.

4) *Die Farbe der Seen und Meere*. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. 1910. Bd. 42. Heft 2. Vgl. auch R. Kolkwitz, *Pflanzenphysiologie*. Jena 1914. Taf. IX.

1—3 mg pro 1 l beträgt; in großen grünen Seen weniger als 14 mg; in gelben Seen gegen 30 mg und in braunen (moorigen) Seen meist über 50 mg  $\text{KMnO}_4$  pro 1 l.

Danach darf ein natürliches Oberflächenwasser, welches in einer größeren Flasche von ca. 1,5 l einen gelblichen Farbenton zeigt, nicht viel weniger als etwa 14 mg  $\text{KMnO}_4$  pro 1 l zur Oxydation verbrauchen.

Für klare Grundwässer ergeben sich ähnliche Farbenabstufungen wie für klare, natürliche Oberflächenwässer.

### Nachweis der organischen Substanzen.

Die Bestimmung der organischen Stoffe eines Wassers führt man fast durchweg durch Kochen einer bestimmten Wassermenge mit einer Kaliumpermanganatlösung von genau bekanntem Gehalt aus (Oxydierbarkeitsbestimmung). Der Verbrauch eines Wassers an Kaliumpermanganat ist ein Maßstab für die Menge der oxydierbaren Substanzen. Man drückt die Menge der organischen Stoffe in einem Wasser am besten durch Angabe der verbrauchten Milligramm Kaliumpermanganat pro 1 l aus. Üblich ist auch der Sauerstoffverbrauch in Milligramm. Die Angabe als organische Substanzen, wie dies mitunter noch geschieht, ist wissenschaftlich nicht richtig, da die organischen Stoffe sehr abweichende Werte bei der Oxydation mit Kaliumpermanganat liefern. Es werden durch gleiche Mengen verschiedener organischer Substanzen unter denselben Bedingungen ganz wechselnde Mengen von Kaliumpermanganat reduziert<sup>1)</sup>. Aus dem Ausfall der Kaliumpermanganatprobe lassen sich nur bedingt allgemeine Schlüsse auf die Menge der in einem Wasser vorhandenen organischen Substanzen ziehen. Nach Tiemann-Gärtner<sup>2)</sup> läßt die Kaliumpermanganatmethode nur einen allgemeinen Rückschluß zu, da gleiche Gewichtsmengen verschiedener organischer bzw. stickstoffhaltiger organischer Substanzen wechselnde Mengen von Kohlenstoff oder Kohlenstoff und Stickstoff enthalten. Dennoch ist diese Bestimmung bei der Wasseruntersuchung und Beur-

<sup>1)</sup> Beispielsweise sind zur Oxydation von 1 g Fett und 1 g Zucker ganz verschiedene Mengen von Kaliumpermanganat erforderlich.

<sup>2)</sup> Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 4. Aufl. Braunschweig 1895. S. 4, 251 u. 754.

teilung von gewisser Bedeutung. Um vergleichbare Werte zu erhalten, hat man nach J. König<sup>1)</sup> folgende Vereinbarung getroffen:  $40 \text{ ccm } \frac{1}{100}$  Normal-Kaliumpermanganatlösung = 12 mg Kaliumpermanganat = 3 mg Sauerstoff = 63 mg organische Stoffe. Zu berücksichtigen<sup>2)</sup> ist, daß Kaliumpermanganat auch auf anorganische Verbindungen einwirkt. Bei Wasser kommt für gewöhnlich Eisenoxydul, salpetrige Säure und Schwefelwasserstoff in Betracht:

|   |            |                   |   |  |
|---|------------|-------------------|---|--|
| 1 Teil FeO verbraucht zur Oxydation     | 0,44 Teile | KMnO <sub>4</sub> |   |  |
| 1 „ N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> „ „ „ | 1,66       | „                 | „ |  |
| 1 „ H <sub>2</sub> S „ „ „              | 1,86       | „                 | „ |  |

Für die Praxis ist jedoch meist eine Korrektur nicht nötig, da die hierdurch bedingten geringen Mengen Mehr-Kaliumpermanganat-Verbrauch für die Beurteilung nur selten von größerer Bedeutung sind.

Reine Trinkwässer haben für gewöhnlich einen Kaliumpermanganatverbrauch unter 12 mg KMnO<sub>4</sub> pro 1 l. Es gibt jedoch viele Trinkwässer, die hygienisch ganz einwandfrei sind und einen oft nicht unwesentlich höheren Kaliumpermanganatverbrauch<sup>3)</sup> aufweisen, z. B. die der Grundwasserversorgung der Stadt Berlin. Verunreinigtes Wasser hat fast immer einen höheren Kaliumpermanganatverbrauch. Man darf aber umgekehrt nicht jedes Wasser mit viel organischen Stoffen ohne weiteres als verunreinigt ansehen, wie dies noch leider manchmal geschieht. Die meisten Wässer aus moorigem Untergrunde usw. haben einen höheren Gehalt an organischen Substanzen, der nur selten eine sanitäre Bedeutung erlangt (Humussubstanzen). Letztere stellen schwer völlig zu oxydierende Verbindungen vor. Nach E. Wollny<sup>4)</sup> enthalten die Humusstoffe dieselben Be-

<sup>1)</sup> Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen, sowie die Reinigung von Trink- und Schmutzwasser. 2. Aufl. Berlin 1899. Bd. I. S. 54.

<sup>2)</sup> Vgl. auch L. W. Winkler, Beitrag zur Bestimmung des Reduktionsvermögens natürlicher Wässer. Zeitschr. f. analyt. Chemie. 1914. S. 561.

<sup>3)</sup> Vgl. u. a. Finger, Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade. Klinisches Jahrbuch 1908. Bd. 19.

<sup>4)</sup> Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg 1897. S. 214; ferner H. Potonié, Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe. 5. Aufl. Berlin 1910; P. Ehrenberg, Die Bodenkolloide. Dresden u. Leipzig 1915.

standteile wie die Pflanzen- und Tierreste, aus denen sie entstanden sind, aber in einem teilweise anderen Mengenverhältnis, je nach dem Grade und den äußeren Faktoren der Zersetzung. Indem der Humus fortwährend Umwandlungen unterliegt, bildet er eine Substanz, die keine bestimmte chemische Zusammensetzung hat und auch kein Gemisch von bestimmten chemischen Verbindungen darstellt, sondern aus einem Komplex veränderlicher und noch unzulänglich definierter Zersetzungsprodukte besteht. Alle Bemühungen, die darauf gerichtet waren, aus dem Humus Verbindungen von konstanter Zusammensetzung zu isolieren, müssen als mehr oder weniger verfehlt angesehen werden. Die aus dem Humus isolierten Bestandteile wie Ulmin, Ulminsäure, Humin, Huminsäure<sup>1)</sup>, Quellsäure, Quellsäure usw. usw. haben fast ausschließlich wissenschaftliches Interesse.

Sind Verunreinigungen des Grundwassers durch tierische und pflanzliche Stoffwechsel- oder Umsetzungsprodukte ausgeschlossen, so zeigt der Kaliumpermanganatverbrauch in der Mehrzahl der Fälle sogenannte Humusstoffe an.

Bestimmte Reaktionen auf Humusstoffe<sup>2)</sup> sind, wie auch nach vorstehendem anzunehmen ist, nicht bekannt, dürften auch wohl kaum bei der sehr heterogenen Zusammensetzung dieser Substanzen gefunden werden. Als allgemeine Merkmale können angesehen werden je nach dem Gehalte der Wässer an Huminstoffen:

Farbe: gelblich bis gelbbraun,

Geruch: schwach bis stark dumpfig-moorig,

Geschmack: eigenartig, fade,

Reaktion: vielfach schwach bis deutlich sauer gegen Lackmus.

„In gesundheitlicher Hinsicht sind Huminstoffe<sup>3)</sup> im Wasser belanglos, stellen aber einen Schönheits-, zuweilen auch

<sup>1)</sup> Über Humussäuren (Huminsäuren) vgl. u. a. H. Stremme, Zeitschr. f. prakt. Geologie 1909. S. 353 u. 528; 1910. S. 389. R. Albert, diese Zeitschrift 1911. S. 72. Ferner A. Baumann und E. Gully, Mitteilungen der Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt. Heft 4. 1910. S. 31. Ferner Wasser und Abwasser. 1914. Bd. 8. S. 480. Nr. 877 und 1915. Bd. 9. S. 434. Nr. 806.

<sup>2)</sup> Klut, Nachweis von Humussubst. im Wasser. Pharm. Ztg. 1906. Nr. 51. S. 777. — C. Blacher, Chem.-Ztg. 1910. Nr. 148.

<sup>3)</sup> Gemeinsamer Erlaß der Minister der geistl., Unterrichts- u. Medizinalangelegenheiten u. des Innern v. 23. April 1907, be-

einen Geschmacksfehler dar, der durch Filtration des Wassers wohl gebessert, aber nicht immer beseitigt werden kann.“ Nach Tiemann-Gärtners Handbuch sind die Humussubstanzen nicht giftig; selbst Wasser, die relativ größere Mengen davon enthalten, wirken, auch wenn sie andauernd genossen werden, nicht gesundheitsschädlich. Wasser mit größerem Gehalt an Huminstoffen beeinträchtigen das gute Aussehen und den Geschmack und sind daher, wenn angängig, als Genuß- und Gebrauchswasser zu vermeiden.

Für technische Betriebe, wie Bleichereien, Färbereien, Papierfabrikation usw. ist gelbes Wasser störend. Zu Kesselspeisezwecken sind Torf- und Moorwässer<sup>1)</sup> mit viel Humussubstanzen nicht geeignet, da sie die Kessel stark angreifen.

Zur Entfärbung solcher Wässer werden häufig mit Erfolg Chemikalien, wie Aluminiumsulfat (z. B. in Hamburg und Bremen), Eisenverbindungen, Kaliumpermanganat (z. B. in Senftenberg-Lausitz), Ozon usw. verwendet. Vgl. u. a. die nachstehende Literatur:

- H. Bitter und E. Gotschlich, Über Anwendung chemischer Fällungsmittel bei der Sandfiltration, mit besonderer Berücksichtigung der amerikanischen Schnellfilter. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten. Bd. 59. Flügge-Band. 1908. S. 379.
- G. Erlwein, Trinkwasserreinigung durch Ozon in E. Abderhalden-Halle a. S., Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung. Bd. 10. Heft 5. S. 157. Berlin u. Wien 1914.
- F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914. S. 137.
- E. Götze, Klärung mit Aluminiumsulfat, in Th. Weyl, Die Betriebsführung von Wasserwerken. Leipzig 1909. S. 51.
- K. Kißkalt, Die Brauchbarkeit des Ozonverfahrens zur Reinigung von Flußwasser. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1915. Bd. 58. Nr. 13. S. 155.
- J. König, Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen sowie die Reinigung von Trink- und Schmutzwasser. 2. Aufl. Berlin 1899. Bd. 1. S. 191.
- O. Kröhnke, Die Reinigung des Wassers. Stuttgart 1900. S. 49 und 77.

treffend die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Wassers, zu Nr. 7, Erläuterungen. Ministerialblatt f. Medizinal- u. medicin. Unterrichts-Angelegenh. 1907. Nr. 11. S. 169.

<sup>1)</sup> Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1896. S. 609; ferner G. Frantz, Dampfkesselschäden. Kattowitz O.-S. 1915. S. 68.

- K. Lemberg, Trinkwasserreinigung durch Schnellsandfiltration. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1912. Bd. 55. S. 981.
- F. Schütz, Die Reinigung von Flußwasser mit Ozon. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten. 1915. Bd. 79. S. 359. Vgl. auch Wasser und Abwasser. 1911. Bd. 4. S. 317. Nr. 393.
- O. Spitta, Die Wasserversorgung, in „Wasser und Abwasser“ aus dem Handbuch der Hygiene von M. Rubner, M. v. Gruber u. M. Ficker. Bd. 2. Leipzig 1911. S. 74 u. 86.
- J. Tillmans, Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung. Halle a. S. 1912. S. 10.

Die Oxydierbarkeitsbestimmung eines Wassers durch Kaliumpermanganat ist am Orte der Entnahme infolge des Kochens der Probe usw. mehr oder weniger unbequem und zeitraubend. Nach meinen Untersuchungen kann diese Bestimmung bei Trinkwässern sowie bei nicht durch organische Stoffe allzu stark verunreinigten Oberflächenwässern später im Laboratorium noch gut ausgeführt werden. Die erhaltenen Differenzen sind fast stets praktisch ohne Belang, sofern dafür Sorge getragen wird, daß die betreffenden Wasserproben in möglichst gefüllten und gut verschlossenen, reinen Flaschen der betreffenden Untersuchungsstelle unverzüglich zugesandt werden. Daß die Proben auf dem Transport kühl aufzubewahren sind, darf wohl als selbstverständlich angesehen werden.

Wässer mit einem höheren Gehalt an organischen Stoffen<sup>1)</sup> kann man oft schon daran leicht erkennen, daß die frisch geschöpfte Probe — etwa 1 l Wasser — schwach bis deutlich gelblich gefärbt aussieht. Sehr häufig kann man beobachten, daß Wasser mit einem Verbrauch von 14 mg  $\text{KMnO}_4$  pro 1 l aufwärts in dem bei dem Artikel Farbe angegebenen Glaszylinder — frisch geschöpft — schwach gelblich bis gelb, je nach dem  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauch<sup>2)</sup>, erscheinen. Somit kann man am Orte der Entnahme aus der Stärke der Färbung vielfach ungefähr auf den Gehalt eines natürlichen Wassers an organischen Stoffen schließen.

---

<sup>1)</sup> Vgl. auch K. Mulsow in Wasser und Abwasser. 1913/14. Bd. 7. S. 351. Nr. 617.

<sup>2)</sup> Vgl. auch R. Kolkwitz, l. c., Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1910. Bd. 42. Heft 2 und Pflanzenphysiologie 1914. S. 184.



## Bestimmung des Geruches.

Zu den Anforderungen, die man an die hygienische Trinkwasseruntersuchung zu stellen hat, gehört auch die Geruchsbestimmung. Von einem zu Genußzwecken dienenden Wasser verlangt man mit Recht, daß es geruchlos oder so gut wie geruchlos ist; insbesondere ist das Fehlen jedes Fäulnisgeruches ohne weiteres Bedingung. Fremdartiger Geruch macht ein Wasser widerlich und zum Genuß ungeeignet. Bei Ziehbrunnen und alten Kesselbrunnen wird das Wasser nicht selten durch morsches Holz der Abdeckung, Wandbekleidung oder des Pumpenkolbens usw. nachteilig beeinflusst. In nicht gefaßten oder mangelhaft gefaßten Quellen, in offenen oder schlecht abgedeckten Schachtbrunnen kann durch Absterben der von außen in das Wasser gelangten und dort weiter entwickelten Flora und Fauna häufig ein dumpfiger, muffiger Geruch wahrgenommen werden. Auch durch Auslaugungsprodukte des umgebenden Erdreiches kann Wasser riechende Stoffe aufnehmen. Bei Oberflächenwässern wie Bächen, Flüssen, Seen usw. kann unangenehmer Geruch auf Verunreinigung durch menschliche Abfallstoffe, in Zersetzung befindliche Pflanzen und Tierreste, Teerprodukte, Petroleum<sup>1)</sup>, Chlor, Moder usw. hinweisen. Grundwässer mit relativ viel organischen Stoffen — namentlich mit Huminstoffen — lassen häufig einen typischen moorigen Geruch erkennen. Stark eisenhaltige Wässer verraten sich ebenfalls durch den Geruch. In Wässern aus tiefen Bodenschichten beobachtet man neben hohem Eisengehalt sehr oft auch Schwefelwasserstoff, der, wie wir später noch zeigen werden (vgl. Ammoniaknachweis), durch Umsetzung von Schwefeleisen und Kohlensäure entstehen kann. Bei Berührung eines solchen Wassers mit Luft verschwindet er in der Regel sehr schnell, da diese Verbindung sich bei Sauerstoffzutritt leicht in elementaren Schwefel und Wasser verwandelt:  $\text{H}_2\text{S} + \text{O} = \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ . Der Geruch nach diesem Gase ist für Enteisungsanlagen im allgemeinen charakteristisch. Bei Flachbrunnen bemerkt man bisweilen einen deutlichen Geruch des Wassers nach Leuchtgas, der darauf zurückzuführen ist, daß die in der Nähe befindlichen Gasröhren nicht ganz dicht sind. Der chemische Nachweis dieser Verunreinigung ist sehr schwer

<sup>1)</sup> K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. 1901. S. 257.

zu erbringen, wie überhaupt flüchtige Stoffe im Wasser, abgesehen von der Geruchsprüfung, vielfach chemisch nicht leicht festzustellen sind.

Zur Ermittlung, ob ein Wasser riechende Bestandteile aufweist, prüfe man den Geruch zuerst an der frisch geschöpften — im Winter bei Zimmertemperatur, darauf an der auf 40 bis 50° erwärmten — Probe; bei der letzteren Temperatur läßt sich das Glasgefäß gerade noch mit der Hand halten. Man verwende nicht zu geringe Mengen von dem in Frage stehenden Wasser. Tiemann-Gärtner<sup>1)</sup> empfehlen, nicht unter 200 ccm zu nehmen. Als Gefäße eignen sich hierzu mit Glasstopfen versehene Glaskolben oder Flaschen mit weitem, kurzem Halse am besten, die aber höchstens bis zur Hälfte angefüllt sein dürfen. Am deutlichsten ist ein etwaiger Geruch des Wassers in der Wärme beim Umschütteln zu bemerken. Überhaupt ist bei erhöhter Temperatur diese Prüfung des Wassers ganz erheblich schärfer als in der Kälte. Um in schwefelwasserstoffhaltigen Wässern<sup>2)</sup> gleichzeitig noch vielleicht vorhandene andere Gerüche erkennen zu können, muß man den H<sub>2</sub>S durch Hinzufügen einiger Kriställchen Kupfersulfat zu dem betreffenden Wasser entfernen, wobei Bildung von geruchlosem Schwefelkupfer — CuS — vor sich geht. Bei empfindlichem Geruchssinn können manche Personen noch  $\frac{1}{5000}$  mg H<sub>2</sub>S riechen, aber die Schärfe des Geruchs schwankt bei verschiedenen Personen in weiten Grenzen. Wir besitzen in dieser Prüfung ein wichtiges Hilfsmittel für die Beurteilung eines Wassers.

Bei Ermittlung des Geruches beachte man ferner, daß derselbe unter Umständen auf die in dem Wasser befindlichen Organismen<sup>3)</sup> zurückgeführt werden kann; so kann z. B. *Asterionella* zu einem fischigen, *Synura* zu einem nach frischen Gurken<sup>4)</sup> ähnlichen Geruche Veranlassung geben. Die Geruchsprüfung

---

1) Tiemann-Gärtners Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 4. Aufl. 1895. S. 45.

2) Über Schwefelwasserstoff-Bildung in Wässern auf biologischem Wege vgl. am besten W. Omelianski in F. Lafars, Handbuch der technischen Mykologie. Bd. 3. S. 214—244. Jena 1904—1906; ferner Ph. Stock in Wasser und Abwasser 1915. Bd. 9. S. 284.

3) Vgl. auch R. Kolkwitz und F. Ehrlich, Chem.-biolog. Untersuchungen der Elbe u. Saale. Mittl. d. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasserv. usw. Heft 9. 1907. S. 22, 51 u. 107.

4) R. Kolkwitz, Pflanzenphysiologie. Jena 1914. S. 144.

gibt in solchen Fällen wertvolle Fingerzeige für die mikroskopische Untersuchung.

Will man Schwefelwasserstoff chemisch nachweisen, so genügt für die Praxis gewöhnlich folgendes Verfahren:

Etwa 100 ccm des betreffenden Wassers werden in einem Glaskolben erwärmt, und ein angefeuchteter Bleiazetatpapierstreifen wird über die Mündung des Kölbchens gehalten. Eine Braun- oder Schwarzfärbung des Streifens zeigt die Gegenwart von freiem Schwefelwasserstoff an<sup>1)</sup>. Noch empfindlicher gestaltet sich der Nachweis durch Hinzufügen einer alkalischen Bleisalzlösung zu dem in Frage kommenden Wasser. In diesem Falle muß aber die Ausscheidung von Kalzium- und Magnesiumverbindungen verhindert, bzw. müssen diese Substanzen aus dem Wasser vorher entfernt werden<sup>2)</sup>.

### Bestimmung des Geschmackes.

Daß ein zu Genußzwecken dienendes Wasser frei von jedem unangenehmen Beigeschmack<sup>3)</sup> sein muß, darf wohl als selbstverständlich vorausgesetzt werden. Was man im Einzelfalle unter einem nicht angenehmen Geschmacke eines Trinkwassers versteht, ist häufig schwer zu sagen; denn hier gehen die Ansichten weit auseinander. Bekanntlich wird ja die Feinheit des menschlichen Geschmackssinnes durch verschiedene Momente, wie Trockenheit der Zunge, kalte und höhere Wärmegrade usw., nicht unwesentlich beeinflusst. Man wird bei der Entscheidung der Frage, ob ein Wasser als wohlschmeckend anzusehen ist oder nicht, in erster Linie das Urteil Ortsangehöriger berücksichtigen müssen, da die Geschmacksempfindung im allgemeinen auch durch die Gewohnheit beeinträchtigt wird.

Die Geschmacksprüfung ist am besten bei einer Wassertemperatur von 10 bis 12° vorzunehmen. Soll auf die Geschmacksprüfung eines Wassers ein besonderes Gewicht gelegt werden, so erwärme man es auch noch auf 25 bis 35°. Hierdurch tritt

---

<sup>1)</sup> Bildung von Schwefelblei PbS.

<sup>2)</sup> Vgl. G. Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 5. Aufl. Bd. 1. Berlin 1904. S. 822, und Tiemann-Gärtner, l. c. S. 49.

<sup>3)</sup> Vgl. den Erlaß v. 23. April 1907, betreffend die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Wassers. Ministerialblatt f. Medizinal- u. medizinische Unterrichtsangelegenheiten. Bd. 7. 1907. Nr. 11. S. 158.

der Geschmack wesentlich schärfer hervor. Liegt auch nur die Möglichkeit der Verseuchung eines Wassers vor, so ist natürlich von der Geschmacksprobe abzusehen.

Freie Kohlensäure ist im Wasser erst schmeckbar, wenn sie in größerer Menge vorhanden ist, wobei sie dem Wasser einen angenehmen, erfrischenden Geschmack verleiht. Nach den interessanten Untersuchungen von A. Friedmann<sup>1)</sup> kann freie Kohlensäure in hartem Wasser schon in wesentlich geringerer Menge geschmeckt werden, als in destilliertem Wasser. Bei einem Versuchswasser von 36,4 deutschen Härtegraden und 14,2° C wurde die freie Kohlensäure bei einem Gehalt von 52,5 mg CO<sub>2</sub> im Liter bereits geschmeckt, während beim destillierten Wasser Mengen unter 125 mg CO<sub>2</sub> im Liter nicht wahrzunehmen waren.

Ein unangenehmer Geschmack des Wassers wird hervorgerufen z. B. durch Leuchtgas, Fäulnisprodukte — von Pflanzen und Tieren herrührend —, Moder usw. Von Zink konnte ich in künstlicher Lösung im Berliner Leitungswasser noch 5 mg Zn — als ZnSO<sub>4</sub> gelöst — durch den Geschmack wahrnehmen. Ein hoher Salzgehalt, besonders von Magnesiasalzen, bedingt einen bitteren, Chlornatrium einen salzigen Geschmack. Die sich hierüber in der Literatur<sup>2)</sup> findenden Angaben sind jedoch schwer untereinander zu vergleichen. Während Rubner schon 28 mg Magnesiumchlorid in 1 l Wasser schmeckt, genügen für Landolt noch 1600 mg dieses Salzes nicht, um es zu schmecken<sup>3)</sup>. Es ist eben das Schmecken von Salzen etwas sehr Individuelles. Bei diesbezüglichen Versuchen im Laboratorium hierüber ist die übrige chemische Zusammensetzung des zu verwendenden Wassers ohne Zweifel von großer Bedeutung. Ich konnte beispielsweise 0,6 g Kochsalz, in 1 l destillierten Wassers gelöst, ohne weiteres als salzhaltig herauschmecken, während ich die gleiche Menge in Berliner Leitungswasser gelöst mit Bestimmtheit nicht fest-

<sup>1)</sup> A. Friedmann, Über den Geschmack des harten Wassers. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh. 1914. Bd. 77. S. 125.

<sup>2)</sup> Breit, Dissertation Würzburg 1894, und C. Th. Becker und R. O. Herzog, Zur Kenntnis des Geschmackes. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. 1907. Bd. 52. Heft 5 u. 6.

<sup>3)</sup> F. Fischer, Das Wasser. 3. Aufl. 1902. S. 23—27. Ferner Klostermann, Hygienische Rundschau 1908. Nr. 10. S. 588 und Wasser und Abwasser 1913. Bd. 7. S. 326 u. 381 und 1912. Bd. 6. S. 127.

stellen konnte. Rubner<sup>1)</sup> hat für einige Salze Grenzzahlen angegeben, über die hinaus ein Wasser salzig schmecken würde.

Nach ihm leidet der Geschmack eines Wassers stark, wenn es enthält im Liter:

|  |             |
|--|-------------|
| Kochsalz . . . . .                     | 300— 400 mg |
| Gips . . . . .                         | 500— 600 „  |
| Magnesiumsulfat . . . . .              | 500—1000 „  |
| Chlormagnesium <sup>2)</sup> . . . . . | 60— 100 „   |
| Mischung dieser Salze . . . . .        | 300— 400 „  |

Über die Schmeckbarkeit der gewöhnlichsten Wasserverunreinigungen hat Glotzbach<sup>3)</sup> interessante Untersuchungen ausgeführt, die im nachstehenden mitgeteilt werden sollen:

Das zu den Versuchen dienende Quellwasser war sehr weich. Die Gesamthärte betrug nur 0,5 deutsche Härtegrade. Der Abdampfdruckstand von 1 l dieses Wassers belief sich auf 27 mg.

Es wurden nachstehende Ergebnisse erhalten (s. Tab. S. 28).

Sehr schwer ist nach meiner Wahrnehmung die Härte eines Wassers auf diese Weise zu schätzen. Wiederholt habe ich gefunden, daß harte, sogar sehr harte Wässer — über 70 deutsche Härtegrade — als weich angesprochen wurden und umgekehrt. K. B. Lehmann<sup>4)</sup> hat übrigens die gleichen Beobachtungen

<sup>1)</sup> M. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 7. Aufl. 1903. S. 328, 334, 357. Ferner Rubner, Die hygienische Beurteilung der anorganischen Bestandteile des Trink- und Nutzwassers. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. Bd. 24. 1902. Suppl.-Heft. — Und auch E. von Esmarch, Hygienisches Taschenbuch. 4. Aufl. 1908. S. 15 u. 18. Ferner Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Bd. 25. 1907. S. 334.

<sup>2)</sup> Neuere Untersuchungen haben die Geschmacksgrenze für Chlormagnesium bis auf 168 mg  $MgCl_2$  in 1 l — gleich etwa 10 deutschen Härtegraden — hinaufgelegt. Vergl. u. a. bei Tjaden, die Beseitigung der bei der Kaligewinnung im Wasserstromgebiet entstehenden Abwässer und die Wasserversorgung der Stadt Bremen. Bremen 1912; I. H. Vogel, die Abwässer aus der Kaliindustrie Berlin 1913 und W. Marzahn, Beiträge zur Beurteilung der Frage über die Geschmacksgrenze für die Beimischung von Kaliendlaugen zu Trinkwasser. Mitteil. a. d. Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene Berlin 1915. Heft 20. S. 56. In dieser letzten Arbeit ist auch die einschlägige Literatur mitgeteilt.

<sup>3)</sup> J. Glotzbach, Über die Schmeckbarkeit der gewöhnlichsten Wasserverunreinigungen. Inaugural-Dissert. Würzburg 1908.

<sup>4)</sup> K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. 1901. S. 196, 237, 241 u. 265.

gemacht. Die Geschmacksgrenze verschiebt sich besonders bei Gegenwart verschiedener Salze nicht unerheblich und wird ferner die Temperatur des Wassers — vergl. oben — beeinflußt. Allgemein kann man sagen, daß harte Wässer<sup>1)</sup> besser schmecken als weiche. Letztere haben meist einen faden Geschmack.

Längere Zeit hindurch in der Landesanstalt<sup>2)</sup> angestellte Geschmacksprüfungen mit den verschiedensten Wässern haben folgendes ergeben: „Der Härtegrad eines Wassers ist durch den Geschmack nicht festzustellen.

Das Schmecken ist etwas rein Individuelles. Jüngere Personen zeigten bei unseren Versuchen schärfere Geschmacksempfindungen als ältere. Bei starken Rauchern zeigten sich die Empfindungen ziemlich abgestumpft.“

| Stoffe                        | Als Trinkwasser                       |   |   |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|---|
|                               | deutlich<br>schmeckbar<br>noch in 1 l | sehr schwach<br>schmeckbar<br>noch in 1 l | vollkommen<br>unmerklich<br>noch in 1 l |
|                               | mg                                    | mg  | mg                                      |
| Rohrzucker . . . . .          | 1200                                  | 600                                       | 300                                     |
| Chlornatrium . . . . .        | 600                                   | 300                                       | 150                                     |
| Kalziumnitrat . . . . .       | 1200                                  | 600                                       | 300                                     |
| Natriumnitrat . . . . .       | 1200                                  | 600                                       | 300                                     |
| Natriumnitrit . . . . .       | 1200                                  | 600                                       | 300                                     |
| Kaliumnitrat . . . . .        | 1200                                  | 600                                       | 300                                     |
| Magnesiumsulfat . . . . .     | 1200                                  | 600                                       | 300                                     |
| Natriumsulfat . . . . .       | 1200                                  | 600                                       | 300                                     |
| Kalziumsulfat . . . . .       | 205                                   | 102,5                                     | 51,25                                   |
| Schwefelsäure . . . . .       | 3,92                                  | 1,96                                      | 0,98                                    |
| Ferrosulfat . . . . .         | 7                                     | 3,5                                       | 1,75                                    |
| Eisengehalt . . . . .         | (1,4)                                 | (0,7)                                     | (0,35)                                  |
| Ferrichlorid . . . . .        | 30                                    | 15  | 7,5                                     |
| Eisengehalt . . . . .         | (7,35)                                | (3,67)                                    | (1,8)                                   |
| Kuprisulfat . . . . .         | 7                                     | 3,5                                       | 1,75                                    |
| Kupfergehalt . . . . .        | (1,77)                                | (0,88)                                    | (0,44)                                  |
| Schwefelwasserstoff . . . . . | 1,15                                  | 0,57                                      | 0,28                                    |

<sup>1)</sup> Vgl. auch A. Friedmann, Über den Geschmack des harten Wassers. a. a. O. S. 141; ferner J. Ginzburg, Die Verwendung mit Permutit behandelten Wassers zum Genusse. Dissert. Königsberg i. Pr. 1913.

<sup>2)</sup> W. Marzahn, Beiträge zur Beurteilung der Frage über die Geschmacksgrenze für die Beimischung von Kaliendlaugen zu Trinkwasser. Mitteilungen a. d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene. Berlin 1915 Heft 20, S. 37.

In Amerika wird den Trinkwässern zur Desinfektion häufig Chlorkalk zugesetzt. In Herne<sup>1)</sup> hat man hierüber Versuche angestellt, und zwar wurde dem Wasser Chlorkalk in einer Verdünnung von 0,5 mg in 1 l zugesetzt. Diese Menge wurde von den nicht unterrichteten Verbrauchern des Wassers bereits als ein unangenehmer Beigeschmack empfunden.

Nach neueren von mir<sup>2)</sup> angestellten Versuchen liegt die Geschmacksgrenze der mit Chlorkalk behandelten Wässer bei etwa 0,5 mg aktivem Chlor im Liter.

### Prüfung auf salpetrige Säure.

Salpetrige Säure ist häufig ein Indikator für Verunreinigungen. An sich sind Nitrite, selbst in den Mengen, in denen sie bei stark verunreinigten Wässern angetroffen werden, nicht gesundheitsschädlich. Sie sind vielmehr als Anzeichen einer ungünstigen Beeinflussung des Wassers durch menschliche oder tierische Abfallstoffe anzusehen und haben daher nur einen diagnostischen Wert.

Salpetrige Säure entsteht im Wasser im allgemeinen durch die Tätigkeit von Kleinlebewesen<sup>3)</sup>, und zwar entweder durch teilweise Reduktion von Nitraten oder durch Oxydation von Ammoniakverbindungen.

Allerdings wird mitunter in eisenhaltigen Grundwässern aus hygienisch und technisch einwandfrei angelegten Tiefbrunnen salpetrige Säure spurenweise gefunden<sup>4)</sup>. Dieses Vorkommen läßt sich aber nach meiner Auffassung durch unvollständige Reduktion der Nitrate auf rein anorganischem Wege erklären. (Vgl. die betreffenden Ausführungen beim Ammoniaknachweis.) Natürlich ist ein solches Wasser vom gesundheitlichen Stand-

1) Das Wasser. Bd. 7. 1911. Nr. 4. S. 138.

2) H. Klut, Chemisch-physikalische Untersuchungen zur Frage der Behandlung von Trinkwasser mit Chlorkalk. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. Berlin 1913. Heft 17. S. 109.

3) C. Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie. 6. Aufl. 1906. S. 82 u. 827.

4) Vgl. auch B. Proskauer, Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 9. S. 148; und ferner: The sanitary value of a water analysis by Leonard P. Kinnicutt, Science, N. S. Vol. XXIII. Nr. 576. pages 56—66. 1906. Ferner Dienert, Revue d'Hygiene. Avril 1903.

punkte aus deshalb noch nicht zu beanstanden. Bei hygienisch einwandfreien Grundwässern findet man zuweilen Spuren von salpetriger Säure, wenn die Wasserproben gleich hinter der Enteisungsanlage genommen werden, während aus den Zapfstellen des Leitungsnetzes nur noch selten salpetrige Säure nachweisbar ist. Die in Frage kommenden Rohwässer sind stets etwas ammoniakhaltig. Die salpetrige Säure ist in diesen Fällen durch teilweise Oxydation aus dem Ammoniak entstanden und alsdann gesundheitlich ebenfalls bedeutungslos<sup>1)</sup>. Wässer, die freie Kohlensäure und Nitrate gelöst enthalten, reduzieren die salpetersauren Salze bei längerem Verweilen in zinkhaltigem Leitungsmaterial teilweise zu Nitriten<sup>2)</sup>. Die Anwesenheit von salpetriger Säure in solchen Leitungswässern ist natürlich ebenfalls gesundheitlich belanglos. Von praktischer Bedeutung ist hierbei aber, daß selbst schon sehr geringe Mengen von Nitriten im Wasser die Eigenschaft besitzen, Fleisch, in erster Linie Rindfleisch, beim Kochen rot zu färben. Diese Fleischfärbung ist ziemlich beständig, gesundheitlich aber unbedenklich. In den Fällen, wo bei Vorhandensein von zinkhaltigem Rohrmaterial die geschilderten Fleischverfärbungen beim Kochen beobachtet werden, empfiehlt es sich, das Leitungswasser zunächst einige Zeit ablaufen zu lassen, also für den Haushalt nur das Wasser zu verwenden, welches nicht längere Zeit im Rohr gestanden hat. In allen übrigen Fällen wird man jedoch das Auftreten von salpetriger Säure im Wasser, wie oben erwähnt, auf biologische Vorgänge zurückführen müssen; und man wird, da die Nitrite sich in einem sehr labilen Zustande befinden, die Prüfung auf salpetrige Säure sofort an Ort und Stelle auszuführen haben.

Zum Nachweis der salpetrigen Säure im Wasser besitzen wir nun eine ganze Reihe von teilweise äußerst scharfen Reagenzien, wie z. B. 1. F. Grieb<sup>3)</sup>,  $\alpha$ -Naphthylamin-Sulfanilsäurelösung<sup>4)</sup>; 2. E. Riegler<sup>5)</sup>,  $\beta$ -Naphtholreagens; 3. H. Erd-

<sup>1)</sup> Klut, Berichte d. Deutsch. Pharm. Ges. Bd. 19. 1909. S. 149.

<sup>2)</sup> Klut, Über Rotfärbung von Fleisch durch Wasser beim Kochen. Mitteilungen a. d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene. Berlin 1913. Heft 17. S. 36; ferner K. Kißkalt, Archiv f. Hygiene. 1899. Bd. 35. S. 11.

<sup>3)</sup> Ber. d. Deutsch. chem. Ges. Bd. 12. S. 427 und A. Classen, Ausgew. Methoden der analyt. Chemie. Bd. 2. S. 95. 1903.

<sup>4)</sup> G. Lunge, Zeitschr. f. angew. Chemie 1906. S. 283 und 1894. S. 348.

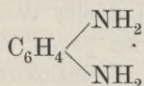
<sup>5)</sup> Zeitschr. f. analyt. Chemie 1896. S. 677 und 1897. S. 377. Ferner: Vereinbarungen z. einheitl. Unters. u. Beurteilg. v. Nahrungs- und Genußmitteln usw. 1899. Heft 2. S. 155.



mann<sup>1)</sup>, p-Amidobenzoessäureester usw. Sie sind aber an Ort und Stelle mehr oder weniger umständlich anzuwenden und können auch vor allen Dingen infolge ihrer teilweise zu großen Empfindlichkeit unter Umständen in nicht ganz sachverständiger Hand leicht zu Fehlschlüssen Veranlassung geben. Schon der Nitritgehalt der atmosphärischen Luft kann störend wirken. Diese empfindlichen Methoden wendet man deshalb allgemein auch nur selten an. Wenn man berücksichtigt, welche Bedeutung die Gegenwart von salpetriger Säure in einem Trinkwasser häufig hat, so ist es erklärlich, daß nur zuverlässige und nicht allzu empfindliche Reagenzien für die Wasseruntersuchung am Platze sind. Ich glaube, daß salpetrige Säure ( $N_2O_3$ ) unter 0,02 mg in 1 l Wasser für die hygienische Bewertung eines Trinkwassers wohl stets belanglos ist.

Zum Nachweise der salpetrigen Säure im Wasser sind an Ort und Stelle die nachstehenden Methoden im allgemeinen zu empfehlen:

### I. Nachweis mit Metaphenyldiamin<sup>2)</sup>.



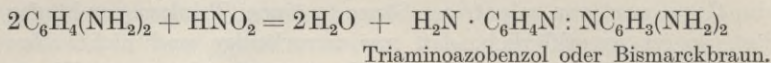
Bereitung der Lösung. 1 g chemisch reines bei 63° C schmelzendes Metaphenyldiamin wird zu ca. 150 ccm destillierten Wassers gefügt. Das Gemisch wird mit 3 ccm konzentrierter Schwefelsäure versetzt und die durch Umschütteln erhaltene Lösung bei Zimmertemperatur auf 200 ccm gebracht. Die farblose Flüssigkeit ist vor Licht und Luftzutritt möglichst geschützt aufzubewahren. Braune Tropfgläser sind hierfür sehr geeignet. Selbst bei dieser Art der Aufbewahrung ist das Reagens nicht lange haltbar. Es bräunt sich leicht. Zur Anwendung darf aber nur die farblose Lösung gelangen. Falls sie nicht diesen Anforderungen entspricht, muß sie vorher erst mit ausgeglühter Tierkohle zur Entfärbung einige Zeit erwärmt werden.

Zur Prüfung auf salpetrige Säure wird ein Reagenzglas mit dem betreffenden Wasser bis zu  $\frac{3}{4}$  seines Inhalts gefüllt. Zum

<sup>1)</sup> Hauptversammlung d. Vereins deutsch. Chemiker in Hannover, Pfingsten 1900; und H. Erdmann, Lehrbuch d. anorg. Chemie. 4. Aufl. 1906. S. 191.

<sup>2)</sup> P. Grieb, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 1878. Bd. 11. S. 624.

Freimachen der etwa vorhandenen salpetrigen Säure werden 3 bis 5 Tropfen konzentrierter Schwefelsäure und darauf 5 bis 10 Tropfen von dieser Diaminlösung hinzugefügt. Ist salpetrige Säure zugegen, so färbt sich das Gemisch je nach ihrer Menge goldgelb, braun bis rötlich. Ist nur sehr wenig Nitrit im Wasser zugegen, so tritt eine Gelbfärbung der Flüssigkeit erst innerhalb 5 Minuten ein. Die chemischen Vorgänge spielen sich hierbei im Sinne folgender Gleichung ab:



Selbst geringe Mengen von salpetriger Säure lassen sich mit diesem Reagens erkennen. Ich konnte in destilliertem Wasser hiermit noch 0,05 mg  $\text{N}_2\text{O}_3$  in 1 l bequem nachweisen.

Bei an sich gelblich gefärbten Grundwässern, z. B. aus Moorboden, und den meisten Oberflächenwässern sind Spuren dieser Säure häufig schlecht erkennbar. Man hilft sich in solchen Fällen am einfachsten dadurch, daß man ein zweites Probierglas mit dem fraglichen Wasser bis zur gleichen Höhe füllt und dasselbe gleichzeitig mitbehandelte Wasser zur Feststellung eines etwaigen Farbenunterschiedes gegen eine weiße Unterlage hält. Stark eisenhaltige Wässer beeinflussen die Reaktion ebenfalls etwas.

## II. Nachweis mit Jodzinkstärkelösung <sup>1)</sup>.

Bereitung der Lösung. 4 g lösliche Stärke und 20 g Zinkchlorid werden in 100 g siedendem Wasser gelöst. Der erkalteten Flüssigkeit wird die farblose, durch Erwärmen frisch bereitete Lösung von 1 g Zinkfeile und 2 g Jod in 10 g Wasser hinzugefügt, hierauf die Flüssigkeit zu 1 l verdünnt und filtriert.

Prüfung der Lösung. Das Reagens ist farblos, nur wenig opalisierend. Ein Gemisch von 1 ccm Jodzinkstärkelösung und 20 ccm Wasser muß durch 1 Tropfen  $\frac{1}{10}$  Normal-Jodlösung stark blau gefärbt werden, darf sich aber auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure nicht blau färben.

In braunen Glasgefäßen mit dicht schließenden Glasstopfen ist die Jodzinkstärkelösung gut haltbar.

<sup>1)</sup> Trommsdorff, Zeitschr. f. analyt. Chem. 1869. S. 358; und 1870. S. 168; ferner F. Fischer, Dinglers Polytechn. Journal 1874. Nr. 212. S. 404 und Deutsches Arzneibuch. 5. Ausgabe. Berlin 1910. S. 584.

Zur Prüfung auf salpetrige Säure wird ein Reagenzglas bis zu  $\frac{3}{4}$  seines Inhaltes mit dem Wasser angefüllt. Zum Freiwerden etwaiger salpetriger Säure aus ihren Salzen werden ebenfalls 3 bis 5 Tropfen Phosphorsäure<sup>1)</sup> von 25% hinzugefügt und darauf 10 bis 12 Tropfen Jodzinkstärkelösung. Ist salpetrige Säure zugegen, so tritt Blaufärbung des Gemisches, und zwar innerhalb 5 Minuten ein.

Die Reaktion beruht darauf, daß salpetrige Säure unter Reduktion zu Stickoxyd aus dem Zinkjodid Jod frei macht, welches die Stärke bläut.

Die Reaktion ist sehr schön sichtbar und äußerst scharf. Ich konnte noch 0,02 mg  $N_2O_3$  in 1 l Wasser leicht feststellen<sup>2)</sup>. Noch empfindlichere Methoden zum Nachweise von Nitriten im Trinkwasser anzuwenden, dürfte meines Erachtens für die Praxis nicht ratsam sein. Im allgemeinen geben wir in der Landesanstalt der Jodzinkstärkelösung gegenüber dem m-Phenyldiamin den Vorzug. Sind, wie das wohl meistens der Fall sein dürfte, nur Spuren von salpetriger Säure in einem Wasser vorhanden, so ist für den weniger geübten Sachverständigen mit dem Phenyldiaminreagens dieser Nachweis in der Regel schwieriger als mit Jodzinkstärkelösung zu erbringen, ganz besonders aber, wenn das zu untersuchende Wasser an sich schon etwas gelblich gefärbt ist. Bei Ausführung dieser Untersuchung ist aber zu berücksichtigen, daß Sonnenlicht die Jodzinkstärkereaktion nachteilig beeinflußt. Es erfolgt hierdurch ebenfalls Jodabspaltung. Diffuses Tageslicht ist dagegen nach unseren Beobachtungen ohne merklichen Einfluß. Tritt nach Zusatz dieses Reagens zu dem betreffenden Wasser sogleich eine tiefblaue Färbung ein, so bezeichnen wir diesen Gehalt an salpetriger Säure als starke Reaktion. Beobachtet man die Blaufärbung erst nach ca. 1 Minute, so sagen wir, salpetrige Säure im Wasser ist von deutlicher Reaktion vorhanden. Eine nach 2 bis 5 Minuten eintretende Färbung zeigt uns nur Spuren dieser Säure an. Die nach 5 Minuten etwa erfolgende Bläuung der

<sup>1)</sup> L. W. Winkler, Nachweis und jodometrische Bestimmung der salpetrigen Säure in damit verunreinigten Wässern. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- u. Genußmittel 1915. Bd. 29. Heft 1. S. 11.

<sup>2)</sup> H. Mennicke, Zeitschr. f. angew. Chemie 1900. S. 235 und 711, hat ebenfalls Untersuchungen über die Empfindlichkeit der verschiedenen Nitritreagenzien angestellt. Er fand die Grenze hier bei 1 : 200 Millionen.

Flüssigkeit vernachlässigt man am besten für die Praxis, da bekanntlich unter dem Einfluß von Licht und Luft allmählich aus dem Reagens durch Oxydation fast immer etwas Jod frei wird, das dann ebenfalls die Stärke bläut<sup>1)</sup>. Nachstehende von L. W. Winkler<sup>2)</sup> aufgestellte Tabelle diene dazu, den ungefähren Gehalt eines Wassers an salpetriger Säure anzugeben.

| Die Flüssigkeit bläut sich: | 1 Liter enthält $N_2O_3$ : |
|-----------------------------|----------------------------|
| sofort                      | 0,50 mg oder mehr          |
| nach 10 Sekunden            | etwa 0,30 „                |
| „  30      „                | „  0,20 „                  |
| „  1 Minute                 | „  0,15 „                  |
| „  3 Minuten                | „  0,10 „                  |
| „  10      „                | „  0,05 „                  |

Nachteile dieser Methode. In einigen Fällen ist jedoch Jodzinkstärkelösung zum Nachweise von Nitriten im Wasser ohne weiteres nicht anwendbar. Wie bereits erwähnt, scheiden oxydierende Stoffe wie Hypochlorite, Ozon, Wasserstoffsperoxyd usw. aus Jodiden elementares Jod aus, das Stärkelösung bläut. Dieses Reagens ist daher bei Wässern, die mit Ozon behandelt werden — Ozonwasserwerke —, zweckmäßig durch m-Phenylendiamin zu ersetzen<sup>3)</sup>. Letzteres wird — praktisch gesprochen — durch Ozon und Wasserstoffsperoxyd in der Verdünnung nicht oder kaum beeinflußt. Eisenoxydverbindungen stören die Reaktion nicht, wenn man zum Ansäuern des Wassers statt wie bisher Schwefelsäure Phosphorsäure verwendet.

Oberflächenwässer können, zumal nach atmosphärischen Niederschlägen, Gewittern usw., infolge ihres Gehaltes an Wasserstoffsperoxyd auch auf Jodzinkstärkelösung störend einwirken — Regenwasser enthält in 1 l gewöhnlich bis zu 1 mg  $H_2O_2$ . In-

1) Über die geringe Beständigkeit der Jodwasserstoffsäure vgl. A. F. Holleman, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 71.

2) Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1915. Bd. 29. Heft 1. S. 13.

3) Wässer, die der Einwirkung von Ozon ausgesetzt waren, dürften wohl nur selten noch salpetrige Säure enthalten. Letztere wird, falls im ursprünglichen Wasser vorhanden, hierbei zu Salpetersäure oxydiert. Höchstens bei nicht ausreichender Ozonisierung des Wassers wären Nitrite noch nachweisbar.

dessen enthält ja Meteorwasser stets auch geringe Mengen von Ammoniumnitrit. Spuren von salpetriger Säure in Oberflächenwässern haben daher in der Regel keine größere Bedeutung. Zur genauen Feststellung empfiehlt es sich in solchen Fällen, die Prüfung später im Laboratorium zu kontrollieren. Mit m-Phenylendiamin kann man häufig auch nicht viel ausrichten, wie bereits oben mitgeteilt, da die meisten Oberflächenwässer mehr oder weniger gefärbt sind. Welche anderen Methoden zum Nachweise von Nitriten hier in Frage kommen, ist Sache des betreffenden Analytikers und ist von Fall zu Fall zu entscheiden. Vielfach wird Rieglers Naphtholreagens<sup>1)</sup> für diese Zwecke sich gut eignen.

Zum Nachweise von salpetriger Säure in gefärbten oder trüben Wässern<sup>2)</sup> empfiehlt es sich, die störenden Bestandteile durch Aluminiumsulfat und gegebenenfalls auch noch durch Sodanatronlauge zu entfernen. Bei schwefelwasserstoffhaltigen Wässern ist ferner ein Zusatz von Zinkacetat — Bildung von unlöslichem Schwefelzink,  $ZnS$  — nötig. Vgl. den Nachweis von Ammoniak. Zur Untersuchung darf nur die über dem abgeschiedenen Bodensatze stehende klare, farblose, vorsichtig abgossene Flüssigkeit verwendet werden.

In technischer Hinsicht sei noch erwähnt, daß nitrit-haltige Wässer in der Textilindustrie<sup>3)</sup> infolge Bildung von Diazverbindungen ungeeignet sind.

### Prüfung auf Salpetersäure.

Die Prüfung eines Wassers auf Nitrate am Orte der Probenahme ist nach dem Vorhergehenden ebenfalls zweckmäßig, da es vorkommt, daß infolge der Tätigkeit von Bakterien im Wasser Veränderungen vor sich gehen, die bei der späteren Untersuchung im Laboratorium einen anderen Befund bedingen, zumal wenn es sich nur um Spuren von Salpetersäure handelt. Die Salpetersäure stellt das Endprodukt der Oxydation aller stickstoffhaltigen

<sup>1)</sup> Vgl. auch: Ausgew. Methoden d. analyt. Chemie von A. Classen. Bd. 2. S. 463. 1903 und L. Rosenthaler u. V. Jahn, Über den Nachweis salpetriger Säure im Trinkwasser. Apoth.-Ztg. 1915. Nr. 40. S. 265.

<sup>2)</sup> J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin 1911. S. 969.

<sup>3)</sup> E. Ristenpart, Zeitschr. f. Farben-Industrie. Bd. 6. 1907. Heft 6. S. 94.

organischen Substanzen im Boden dar (Mineralisierungsprozeß). In reinen Grundwässern findet man sie im allgemeinen nicht oder doch nur in sehr geringer Menge. Frisch geschöpfte, eisenhaltige (Ferrobikarbonat) Grundwässer der norddeutschen Tiefebene sind fast stets nitratfrei. Nach der Enteisenung solcher Wässer durch Rieselung verwandelt sich das in ihnen enthaltene Ammoniak in Nitrat — intermediär in Nitrit<sup>1)</sup>. Gleichwohl kommen auch Brunnenwässer mit einem Gehalt von 10 bis 30 mg Salpetersäure im Liter und auch mehr vor, ohne daß dieser Befund zu Bedenken Veranlassung geben könnte, weil die sonstige Beschaffenheit des betreffenden Wassers und die örtliche Lage der Brunnen hygienisch einwandfrei sind. Selbst ein noch höherer Gehalt an Nitraten im Wasser kann unter Umständen bei einem im übrigen guten Wasser in gesundheitlicher Hinsicht ohne Bedeutung sein. So haben z. B. die Leitungswässer von nachstehend aufgeführten Städten<sup>2)</sup> einen verhältnismäßig hohen Gehalt an Nitraten:

|                         |    |    |                               |    |       |
|-------------------------|----|----|-------------------------------|----|-------|
| Aschaffenburg . . . . . | 33 | mg | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | im | Liter |
| Emden . . . . .         | 48 | „  | „                             | „  | „     |
| Goch . . . . .          | 37 | „  | „                             | „  | „     |
| Hamborn . . . . .       | 30 | „  | „                             | „  | „     |
| Hamm . . . . .          | 40 | „  | „                             | „  | „     |
| Rastatt . . . . .       | 44 | „  | „                             | „  | „     |

Daß der Gehalt an Nitraten im Wasser so groß ist, daß er Störungen der Verdauung hervorrufen könnte<sup>3)</sup>, wird wohl nur selten vorkommen. Die salpetersauren Salze sind an sich unbedenklich, sie stellen, wie auch die anderen Stickstoffverbindungen, lediglich einen Indikator für eine stattgefundenen Verschmutzung des in Frage stehenden Wassers dar. Ihr Vorhandensein ist also, zumal wenn sie in größerer Menge in einem Wasser festgestellt wird, und wenn sie nicht auf die geologische Beschaffenheit des Untergrundes zurückgeführt werden kann, als ungünstiges Zeichen von Verunreinigung des betreffenden Bodens durch orga-

<sup>1)</sup> Vgl. auch L. Darapsky, Das Gesetz der Eisenabscheidung aus Grundwässern. Leipzig 1906. S. 34.

<sup>2)</sup> Vgl. Bunte, Chemische Beschaffenheit des Wassers deutscher Städte über 10000 Einwohner. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1915. Bd. 58. Nr. 7. S. 76.

<sup>3)</sup> M. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 7. Aufl. 1903. S. 328.

nische Stoffe anzusehen. Gewöhnlich geben dann aber auch die übrigen in einem solchen Wasser ermittelten Befunde Anhaltspunkte für die Annahme einer nachteiligen Beeinflussung des Wassers durch menschliche oder tierische Abfallstoffe. K. B. Lehmann<sup>1)</sup> hält einen hohen Gehalt eines Wassers an Salpetersäure für ein Anzeichen „starker, aber alter Bodenverunreinigung“.

An dieser Stelle mag noch beiläufig erwähnt werden, daß nitrat-haltige Wässer die Bleilöslichkeit<sup>2)</sup> im allgemeinen begünstigen.

Wässer mit hohem Nitratgehalt sind nach J. König<sup>3)</sup> für Brauereien, Gärungsgewerbe und Zuckerfabriken nicht besonders geeignet.

Zum Nachweise der Salpetersäure<sup>4)</sup> im Wasser genügen für die Praxis die nachstehenden Methoden:

### I. Nachweis mit Diphenylamin.

Diphenylamin,  $\text{NH}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$ , bildet farblose, monokline, bei  $54^\circ\text{C}$  schmelzende Kristalle von schwach aromatischem, blumenähnlichem Geruche. Es wird am besten in einem braunen Glasstöpselgefäße vorrätig gehalten. Ein auch nur schwach gefärbtes Präparat ist unbedingt zu verwerfen. Diphenylamin ist ein empfindliches Reagens auf Salpeter- wie salpetrige Säure.

Zur Prüfung eines Wassers auf Salpetersäure verfährt man meines Erachtens am besten nach den Angaben von E. Kopp<sup>5)</sup>: In eine mit konzentrierter Schwefelsäure sorgfältig gereinigte und mehrere Male mit dem zu untersuchenden Wasser ausgespülte kleine weiße Porzellanschale bringt man etwa 1 ccm des zu untersuchenden Wassers, setzt einige Kriställchen Diphenylamin hinzu und darauf in kurzen Zwischenräumen zweimal je 0,5 ccm reine konzentrierte Schwefelsäure. Tritt Blaufärbung des Gemisches ein, so ist Salpetersäure zugegen, vorausgesetzt,

1) Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. 1901. S. 242.

2) P. Carles, Blei- und Trinkwasser. Journ. Pharm. Chim. 1900. S. 517; und ferner St. Ruzicka, Systematische Untersuchungen über die Angreifbarkeit des Bleies durch das Wasser. Archiv f. Hygiene. 1902. Bd. 41. S. 23 und Hygienische Rundschau 1902. S. 1255.

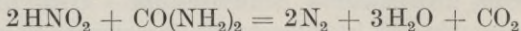
3) Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. Berlin 1899. Bd. 1. S. 96.

4) Vgl. auch J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Aufl. Berlin 1910. Bd. 3. Teil 1. Allgemeine Untersuchungsverfahren. S. 264.

5) Ber. d. Deutsch. chem. Ges. Bd. 5. S. 284.

daß salpetrige Säure in dem fraglichen Wasser fehlt. Bei Gegenwart von viel Salpetersäure tritt schon sogleich beim ersten Schwefelsäurezusatz starke Bläuung ein. Enthält ein Wasser nur wenig Nitrate, so tritt die Färbung erst nach dem zweiten Säurezusatz, und zwar, je nach der Menge sogleich oder innerhalb 2 bis 3 Minuten, ein. Bei einem Gehalte über 10 mg  $N_2O_5$  in einem Liter Wasser erfolgt die Blaufärbung nach dem ersten Säurezusatz, bei 7,5 mg  $N_2O_5$  dagegen erst nach dem zweiten. Aus dem Eintreten und der Intensität der Reaktion kann man somit einen ungefähren Maßstab über die in einem Wasser enthaltene Salpetersäuremenge ableiten. Unter 7 mg  $N_2O_5$  in einem Liter lassen sich in dieser Weise<sup>1)</sup> meist nicht mehr nachweisen.

Die zu diesem Zwecke zu verwendende konzentrierte Schwefelsäure muß chemisch rein und natürlich in erster Linie selbst völlig frei von den Oxyden des Stickstoffes sein. Die Reaktion mit Diphenylamin auf Nitrate ist ziemlich scharf und durch ihre prachtvolle blaue Färbung sehr gut und deutlich sichtbar. Daß auch andere oxydierende Agenzien, wie beispielsweise freies Chlor, unterchlorige Säure, Chlor-, Brom-, Jod-, Chrom-, Übermangansäure auf Diphenylamin reagieren, dürfte für Grund- und Oberflächenwasser kaum in Betracht kommen. Störend wirkt aber bei dieser Methode besonders die Gegenwart der salpetrigen Säure. Enthält ein Wasser z. B. vorwiegend Nitrite, so ist Diphenylamin schlecht zu gebrauchen, da bekanntlich die typische Blaufärbung durch Nitrite noch schneller und wesentlich schärfer als die von Salpetersäure geliefert wird. Man kann sich nun auch in der Weise helfen, daß man die Nitrite im Wasser durch Harnstoff, wie K. B. Lehmann<sup>2)</sup> es macht, in elementaren Stickstoff und Kohlendioxyd nach der Gleichung:



zerlegt. Wir haben die Methode nachgeprüft und sie als recht

<sup>1)</sup> Klut, Nachweis und Bestimmung der Salpetersäure im Wasser und Abwasser. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. Berlin 1908. Heft 10. S. 86.

<sup>2)</sup> A. a. O. S. 208. Im übrigen haben Liebig und Wöhler, Ann. chem. Pharm. Bd. 26. S. 261 zuerst auf die Zerstörung der salpetrigen Säure durch Harnstoff hingewiesen, und Picini, Gazz. chimica Ital. Bd. 9. S. 395, und Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 19. S. 354, benutzt diese Reaktion schon längst zum Nachweise von Nitraten neben Nitriten. Vgl. auch Emmerling, Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie und verwandter Teile anderer Wissenschaften 1886. S. 547.

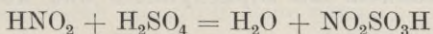


brauchbar gefunden. Am Orte der Entnahme der Probe würde sich dieses Verfahren aber im allgemeinen weniger empfehlen, da die salpetrige Säure durch Harnstoff nicht gleich, sondern erst allmählich — etwa in 1 bis 2 Stunden — völlig zerstört wird.

## II. Nachweis mit Bruzin.

Das Alkaloid Bruzin bildet kleine farblose, wasserhaltige, monokline Kristalltäfelchen. Es ist ein äußerst empfindliches Reagens auf Salpetersäure und schärfer als Diphenylamin. Versuche zeigten, daß 1 mg  $N_2O_5$  in 1 l destillierten Wassers mit Bruzin sich noch nachweisen läßt. Nebenbei sei noch bemerkt, daß dieses Pyridinderivat giftige Eigenschaften hat, weshalb bei der Handhabung von Bruzin etwas Vorsicht geboten ist. Für die Aufbewahrung gilt das gleiche wie das bei dem Diphenylamin Gesagte, also Luft- und Lichtschutz. Ein nicht schneeweiß aussehendes Präparat darf nicht verwendet werden.

Durch die interessanten Untersuchungen von G. Lunge und L. W. Winkler<sup>1)</sup> ist festgestellt, und wir sind bei der Nachprüfung zu dem gleichen Resultate bei den vielfachen Wasseruntersuchungen gelangt, daß Bruzin in schwefelsaurer Lösung bei großem Überschusse an Schwefelsäure nur Salpetersäure, dagegen nicht salpetrige Säure anzeigt. Letztere wird hierbei in Nitrosulfonsäure:



verwandelt, welche die Reaktion nicht beeinflußt. Es ist daher auch nach unseren Wahrnehmungen an Ort und Stelle dem Bruzin vor dem Diphenylamin der Vorzug zu geben. Im übrigen reagiert es sonst ebenfalls wie Diphenylamin mit den meisten oben angegebenen Oxydationsmitteln, die ja aber, wie schon gesagt, für die in Frage kommenden Zwecke nur höchst selten in Betracht kommen dürften.

Zur Ausführung der Prüfung empfehle ich auf Grund meiner Feststellungen die Winklersche Methode<sup>2)</sup>, die genau innzuhalten ist: Man mischt nach Augenmaß mindestens 3 ccm kon-

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. angew. Chem. 1902. S. 170 u. 241; ferner A. Classen, Ausgew. Methoden der analytischen Chemie. 1903. Bd. 2. S. 97 u. 288.

<sup>2)</sup> G. Lunge und E. Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. 1910. Bd. 2. S. 246.

zentrierte Schwefelsäure in einem Reagenzglase tropfenweise mit 1 ccm von dem zu untersuchenden Wasser. Die hierbei sich stark erwärmende Flüssigkeit kühlt man sorgfältig auf die ursprüngliche Wassertemperatur wieder ab, da die Reaktion nur in der Kälte in der obigen Weise verläuft. Jetzt werden unter Umschütteln einige Milligramm Bruzin hinzugesetzt. Enthält das Wasser Nitrate, so erfolgt sogleich oder nach ganz kurzer Zeit Rotfärbung des Gemisches. Aus der Intensität lassen sich ungefähre Schlüsse auf den Salpetersäuregehalt eines Wassers ziehen.

Beträgt nämlich die Salpetersäuremenge im Liter 100 mg  $N_2O_5$ , so entsteht kirschrote Färbung, die ziemlich schnell in Orange und schließlich in Gelb umschlägt; bei 10 mg  $N_2O_5$  färbt sich die Flüssigkeit schön rosenrot, nach längerem Stehen blaßgelb; bei 1 mg in 1 l schwach rosarot. Die Reaktion tritt hierbei, wie ich beobachtete, nicht sogleich, sondern erst nach einigen Augenblicken ein.

Diese Farbentöne sind bei Betrachtung der Proben gegen einen weißen Hintergrund sehr schön wahrnehmbar. Zu berücksichtigen ist hierbei aber stets, daß nur in dem kalten Säuregemisch diese Unterschiede erfolgen. In der heißen Flüssigkeit tritt fast sogleich der gelbe Farbenton ein.

### III. Nachweis mit Diphenylamin und Kochsalz.

Zum Nachweise sehr geringer Mengen von Salpetersäure im Wasser — bis zu 0,1 mg  $N_2O_5$  in einem Liter — haben neuerdings J. Tillmans und W. Sutthoff<sup>1)</sup> nachstehendes Verfahren veröffentlicht, das im wesentlichen darauf beruht, daß Diphenylamin bei Gegenwart von Natriumchlorid auf Nitrate weit schärfer reagiert:

Das Reagens für die Prüfung auf Salpetersäure wird wie folgt bereitet: 0,085 g Diphenylamin werden in einen 500 ccm-Meßkolben gebracht und 190 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 + 3) aufgegossen. Darauf wird konzentrierte Schwefelsäure zugegeben und umgeschüttelt. Dabei erwärmt sich die Flüssigkeit so stark, daß das Diphenylamin schmilzt und sich löst. Man füllt mit konzentrierter Schwefelsäure weiter auf, fast bis zur Marke; dann

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. analyt. Chemie 1911. Heft 8. S. 473.

wird abgekühlt, nach dem Abkühlen mit konzentrierter Schwefelsäure aufgefüllt und gemischt. Das Reagens ist, in einer geschlossenen Flasche aufbewahrt, unbegrenzte Zeit haltbar.

Zur Prüfung eines Wassers auf Anwesenheit von Salpetersäure setzt man zu 100 ccm Wasser zunächst 2 ccm einer kalt gesättigten, chemisch reinen Kochsalzlösung zu. Man mißt dann mit einer genauen, in  $\frac{1}{100}$  geteilten 1 ccm-Pipette 1 ccm des Wassers in ein Reagenzglas und läßt 4 ccm Reagens an der Wand des Reagenzglases langsam herunter fließen. Nach kurzem, kräftigem Durchschütteln kühlt man sofort ab und läßt unter mehrmaligem Umschütteln das Röhrchen eine Stunde lang stehen. Nach dieser Zeit ist in allen Fällen die stärkste Farbe erreicht. Bei Anwesenheit von Salpetersäure ist die Schwefelsäure auch bei den geringsten Salpetersäure-Gehalten schön blau gefärbt.

Die blaue Farbe ist nicht dauernd beständig. Nachdem nach einer Stunde die stärkste Blaufärbung erreicht ist, schlägt die Farbe etwa nach weiteren 1—2 Stunden nach und nach um. Sie nimmt einen mehr helleren blauen Ton an und geht dann nach längerer Zeit schließlich über grünlich in gelb über.

Salpetrige Säure reagiert in gleicher Weise mit dem Nitratreagens wie Salpetersäure, nur tritt die Reaktion schneller auf. Ein weiterer Unterschied ist der, daß für salpetrige Säure die Chloride überflüssig sind; die Reaktion tritt mit derselben Schärfe in völlig chloridfreiem Wasser auf. Über die Entfernung der salpetrigen Säure durch Harnstoff siehe oben.

Wie schon in der Einleitung hervorgehoben, ist es immer empfehlenswert, im Laboratorium später die Prüfung auch auf Nitrate zu kontrollieren. Notwendig erweist sie sich in allen denjenigen Fällen, bei denen es sich um stark eisenhaltige Wässer handelt, da letztere die Reaktion mit Diphenylamin wie die mit Bruzin mehr oder weniger nachteilig beeinflussen. Die störenden Eisenverbindungen müssen in solchen Wässern vorher zweckmäßig erst entfernt werden, z. B. durch Natriumhydroxyd, Ammoniak usw.

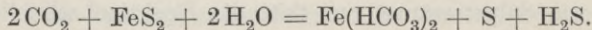
Man filtriere übrigens Wässer bei der Prüfung auf Nitrate nicht durch Filtrierpapier, da die meisten Papiere<sup>1)</sup> etwas Salpetersäure, auch Ammoniak enthalten.

---

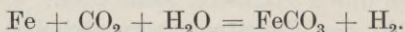
<sup>1)</sup> Vgl. auch P. Soltsien, Pharm. Ztg. 1906. Nr. 69.

## Ammoniakverbindungen und Härte.

Das Vorkommen von Ammoniakverbindungen im Wasser ist auf Reduktionsprozesse zurückzuführen, die teils rein chemisch-physikalisch, teils unter dem Einfluß von Kleinlebewesen<sup>1)</sup> vor sich gehen. Im ersteren Fall ist die Gegenwart von Ammoniak im Wasser im allgemeinen ohne gesundheitliche Bedeutung<sup>2)</sup>. Sehr häufig beobachtet man nämlich in eisenhaltigen Grundwässern Ammoniak<sup>3)</sup>, dessen Entstehung in folgender Weise zu erklären ist: Das Oberflächenwasser löst beim Durchfließen der oberen Erdschichten die darin enthaltenen Nitrate und Nitrite auf und absorbiert die im Boden auch stets vorhandene Kohlensäure. Dieses mit Kohlensäure und salpetersauren Salzen angereicherte Grundwasser sickert weiter in die Tiefe und kommt hier mit Schwefeleisen, das in der Natur als Schwefelkies ( $\text{FeS}_2$ ) sehr verbreitet ist, in Berührung, worauf sich etwa folgende chemisch-physikalischen Vorgänge abspielen: die Kohlensäure des Wassers verwandelt unter Mitwirkung des Druckes der über ihr lagernden, vielfach sehr hohen Bodenschicht das Schwefeleisen in Ferrobikarbonat und Schwefelwasserstoff nach der Gleichung:



Da Schwefelkies meistens auch noch wechselnde Mengen elementaren Eisens enthält, so entsteht hierbei sekundär Wasserstoff:

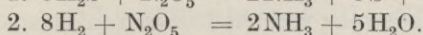
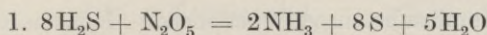


Schwefelwasserstoff, sowie Wasserstoff sind, zumal in statu nascendi, bekanntlich kräftige Reduktionsmittel, die den Nitraten und Nitriten den gesamten Sauerstoff entziehen und somit als Endprodukt Ammoniak bilden:

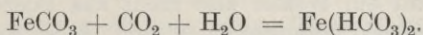
<sup>1)</sup> C. Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie. 6. Aufl. Leipzig 1906. S. 79.

<sup>2)</sup> J. Hug, Die Bedeutung des Ammoniakgehaltes bei der chemischen Beurteilung unserer Trinkwässer. Das Wasser. 1911. S. 887.

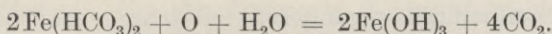
<sup>3)</sup> J. König, Die Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. 1899. Bd. 1. S. 53. Salzmann, Chem.-Ztg. Rep. 1895. S. 127. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 7. Aufl. 1903. S. 311 u. 313. Klut, Beitrag zur Frage der Entstehung von Ammoniak in eisen- und manganhaltigen Tiefenwässern, Mitteilg. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. usw. Berlin 1909. Heft 12. S. 225, und Zeitschr. f. angew. Chemie, Bd. 23. 1910. S. 689



Das entstehende Ammoniak vereinigt sich mit der freien Kohlensäure zu Ammoniumkarbonat, das im Wasser leicht löslich ist. Das Ferrokarbonat an sich ist im Wasser nicht löslich, verhält sich aber analog den Erdalkalibikarbonaten, d. h. es geht als Bikarbonat in Lösung:



Diese Eisenverbindung oxydiert sich sehr leicht bei Luftzutritt und erzeugt die bekannten typischen Eisenausscheidungen im Wasser (Eisenerocker):



Wird solch ein eisenhaltiges Wasser enteisent, so verschwindet das Ammoniak in der Regel fast quantitativ. Auf diese Tatsache hat zuerst Proskauer<sup>1)</sup> hingewiesen.

Einen manchmal erheblichen Gehalt an Ammoniakverbindungen trifft man ferner in Grundwässern an, die aus humusreichen Bodenschichten — Moorgegenden<sup>2)</sup> — stammen. Solche Wässer sind meist schon äußerlich durch ihre mehr oder weniger gelbliche Farbe, ihren moorigen Geruch, sowie durch ihre oftmals saure Reaktion gegen Lackmuspapier und Rosolsäurelösung charakterisiert. Zurückzuführen ist der Ammoniakgehalt in diesen Fällen auf Reduktionsvorgänge. Die Humusstoffe, vorwiegend Huminkörper — kohlenstoffreiche Verbindungen — reißen mit Begierde Sauerstoff an sich, um schließlich als Endpunkt ihrer Oxydation Kohlendioxyd zu bilden. Ist Sauerstoff im Boden anderweitig nicht vorhanden, so entziehen sie ihn den im Wasser gelösten Nitraten und Nitriten und reduzieren diese zu Ammoniak. Die Reduktion geht unter Umständen sogar so weit, daß selbst die Sulfate in Sulfide übergeführt werden. Der in moorigen Wässern oft beobachtete Geruch nach Schwefelwasserstoff dürfte auf diese Weise zu erklären sein. Die durch den Mineralisierungs-

<sup>1)</sup> B. Proskauer, Zeitschr. f. Hygiene 1890. Bd. 9. S. 148.

<sup>2)</sup> B. Fischer, Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 13. S. 251, 265 und 270. Ferner Tiemann-Gärtner, Wasser. 4. Aufl. S. 8, 17 u. 756. Wollny, Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg 1897. S. 185. H. Kurth, Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten. Bd. 19. 1895. S. 1—60. Finger, Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade. Klinisches Jahrbuch. Bd. 19. Jena 1908.

prozeß der Huminsubstanzen entstehende Kohlensäure verwandelt das in der Erde sehr verbreitete Eisen in Ferrokarbonat, und diese Eisenverbindung ist in kohlensäurehaltigem Wasser verhältnismäßig leicht löslich. Wir finden deshalb in Moorwässern im allgemeinen auch sehr oft Eisen, teils als Bikarbonat, teils in organischer Bindung gelöst.

Sonst wird in reinen Trinkwässern Ammoniak nicht gefunden. Stammt ein Wasser also nicht aus Boden, in welchem moorige Bestandteile vorauszusetzen sind, so ist das Vorkommen von Ammoniumverbindungen, besonders wenn es sich um mehr als nur Spuren davon handelt, als ein ungünstiges Anzeichen anzusehen; denn dann ist anzunehmen, daß sie bei der Fäulnis von stickstoffhaltigen, organischen Substanzen entstanden oder als Stoffwechselprodukte von Kleinlebewesen in das Wasser hineingekommen sind. Ein solches Wasser ist also wahrscheinlich durch menschliche oder tierische Abfallstoffe nachteilig beeinflusst worden und somit auch infektiösverdächtig.

### Prüfung auf Ammoniak.

Die Prüfung eines für den Genuß dienenden Wassers auf Ammoniak an Ort und Stelle ist daher wegen des häufigen Abspiels biologischer Vorgänge erforderlich.

Zur Nachweise von Ammoniak im Wasser kommt für die Praxis nach meinen Beobachtungen und Erfahrungen am besten das Neßlersche Reagens in Betracht, welches ein in konz. Alkalilauge gelöstes Doppelsalz von Kaliumjodid und Quecksilberjodid  $2KJ + HgJ_2$  vorstellt.

Mit Neßlers Reagens lassen sich, wie durch Versuche festgestellt wurde, in einem Wasser bequem 0,1 mg  $NH_3$ , ja bei einiger Übung noch 0,05 mg in einem Liter nachweisen. Demnach ein sehr empfindlicher Nachweis.

Neßlers Reagens. Zur Darstellung dieses Reagens sind verschiedene Vorschriften<sup>1)</sup> bekannt. Zu empfehlen ist die nachstehende Bereitungsweise: Frerichs und Mannheim haben Untersuchungen zur einwandfreien Bereitung von Neßlers Reagens<sup>2)</sup> angestellt, sie geben nachstehende Vorschrift:

<sup>1)</sup> Chem.-Ztg. 1899. S. 591, und G. Lunge und E. Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. Bd. 2. Berlin 1910. S. 263.

<sup>2)</sup> G. Frerichs und E. Mannheim, Neßlers Reagens. Apotheker-Ztg. 1914. Bd. 29. Nr. 102/103. S. 972.

2,5 g Kaliumjodid,  
3,5 g Quecksilberjodid und  
3,0 g destilliertes Wasser

werden in einem Kolben oder Arzneiglas von etwa 100 ccm Inhalt zusammengebracht. Nach der Auflösung des Quecksilberjodids, welche ohne Erwärmen in wenigen Augenblicken erfolgt, werden

100 g Kalilauge (15% KOH)

zugesezt, die Lösung alsdann einige Tage stehen gelassen bis zum Absetzen des geringen Niederschlages, der durch Spuren von Ammoniak hervorgerufen wird, welche in der Kalilauge meistens enthalten sind. Von dem Bodensatz wird die Lösung klar abgegossen. Um den Bodensatz dichter zu machen, kann man der Lösung etwas Talkum — etwa 0,5 g — zusetzen. Will man die Lösung sofort gebrauchsfertig machen, so filtriert man sie nach dem Zusatz von Talkum durch ein kleines Sandfilter. Letzteres erhält man, indem man in einen Trichter ein Bäschchen Glaswolle oder Asbest bringt, eine etwa 3 cm hohe Schicht reinen Sand aufschüttet und einige Male mit destilliertem Wasser auswäscht. Durch ein solches Filter erhält man die Lösung, wenn man die anfangs etwas trübe durchlaufenden Anteile wieder zurückgießt, in kurzer Zeit vollständig klar.

Neßlers Reagens bildet eine schwach gelbe, stark ätzende Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht 1,28. Vor Licht und Luft möglichst geschützt aufbewahrt, ist das Reagens gut haltbar. Die Lösung setzt trotzdem bei dieser Art der Aufbewahrung nach einiger Zeit einen geringen Bodensatz ab, wird dadurch aber im allgemeinen nicht unbrauchbar. Man verwende zur Wasseruntersuchung aber stets nur die klare Flüssigkeit. Zum etwaigen Filtrieren des Reagenses dient Asbest. Um das Einkitten der Glasstopfen bei dieser stark alkalischen Flüssigkeit zu verhüten, ist Einfetten derselben mit Paraffinsalbe sehr zu empfehlen.

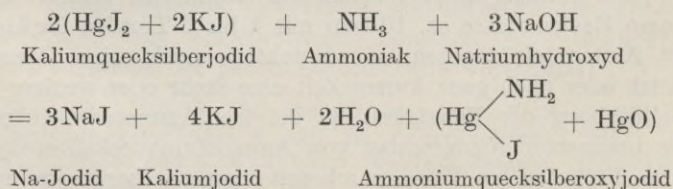
Zur Prüfung eines Wassers auf Ammoniak versetzt man in einem Reagenzglas ca. 10 ccm mit 4 bis 6 Tropfen Neßlers R. Ist Ammoniak zugegen, so entsteht je nach seiner Menge so gleich oder nach ganz kurzer Zeit eine mehr oder weniger starke Gelbfärbung der Flüssigkeit, ja bei viel Ammoniak ein orange- bis braunroter Niederschlag von Ammoniumquecksilberoxyjodid. Eine Färbung des Wassers erkennt man am besten, wenn man

das Reagenzglas schräg gegen eine weiße Unterlage hält und von oben durch die Flüssigkeitssäule blickt. Nach dem Grade der Färbung oder des Niederschlages hat man allgemein für die Gegenwart von Ammoniak folgende Bezeichnungen: Spuren, deutliche Reaktion, starke Reaktion, sehr starke Reaktion. Enthält ein Wasser mehr als Spuren Ammoniak — über 0,1 mg in 1 l —, so empfiehlt es sich, dieses später im Laboratorium quantitativ zu bestimmen.

Man halte sich übrigens ziemlich genau an die oben angegebene Tropfenzahl beim Zusatz des Neßlerschen Reagenses, da letzteres bekanntlich an sich gelblich gefärbt ist und somit unter Umständen im Überschuß zugesetzt leicht zu Täuschungen Anlaß geben kann. Bei schwach gelblich gefärbten Wässern, wie z. B. Moorwässern und Flußwässern, ist es mitunter nicht leicht, geringe Mengen Ammoniak mit Sicherheit nachzuweisen. Man hilft sich in solchen Fällen am einfachsten in der Weise, daß man zum Vergleich in ein zweites Probierglas die gleiche Menge des ursprünglichen, nicht mit Neßlers Reagens versetzten Wassers bringt und die beiden Gläser nebeneinander gegen einen weißen Untergrund hält, wodurch sich etwaige Farbenunterschiede meist ohne weiteres feststellen lassen.

Ist dennoch ein Unterschied schwer zu erkennen, oder ist ferner das zu untersuchende Wasser an sich trübe, z. B. durch Tonpartikelchen, so empfiehlt es sich, die störenden Bestandteile durch Aluminiumsulfat niederzuschlagen; und zwar werden 100 ccm von dem Wasser mit ca. 1 ccm einer 2proz. wässrigen Lösung von chemisch reinem, kristallisiertem Aluminiumsulfat versetzt und gut gemischt. Nach dem Absetzen wird die überstehende, klare, farblose Flüssigkeit von dem Bodensatze vorsichtig abgegossen und jetzt erst mit Neßlers Reagens geprüft.

Die durch die Einwirkung dieses Reagenses auf Ammoniumverbindungen vor sich gehenden chemischen Umsetzungen lassen sich durch nachstehende Gleichungen veranschaulichen:

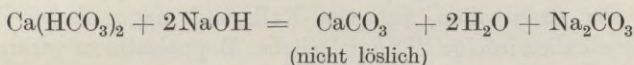




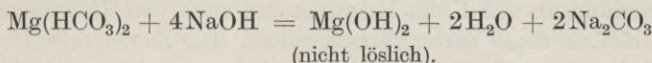
Dieses gebildete Ammoniumquecksilberoxyjodid oder Oxydimerkuriammoniumjodid kennzeichnet sich, wie bereits mitgeteilt, durch seine intensive Färbung. Das in einem Wasser vorhandene Ammoniak ist zumeist als Salz gelöst. Durch die überschüssige Lauge des Neßlerschen Reagens wird es in Freiheit gesetzt und reagiert dann in obiger Weise auf die Quecksilberverbindung selbst in der geringsten Menge.

Störend wirkt aber bei diesem Reagens zum Nachweise von Ammoniak ein höherer Härtegrad des Wassers, weil durch den großen Gehalt der Lösung an Alkalilauge die die Härte bedingenden Kalzium- und Magnesiumsalze ausgefällt werden, und zwar die Kalksalze als Karbonate und die letzteren als Hydroxyde, z. B.:

## I.



## II.



Die Folge hiervon ist, daß nur geringe Mengen von Ammoniak, wie sie häufig in Trinkwässern vorzukommen pflegen, sich der Beobachtung unter Umständen entziehen können, da die sich bildenden Niederschläge der Erdalkalien usw. die suspendierten feinen gelben Partikelchen der Quecksilberverbindung<sup>1)</sup> mechanisch umhüllen und mit ihnen zu Boden sinken. Ich habe beobachtet, daß Wasser mit einer Härte über 18 deutsche Grade diese Erscheinungen im allgemeinen zeigen. Man hat somit gleichzeitig an Ort und Stelle einen Anhaltspunkt dafür, ob ein Wasser hart ist. Es kommen nun hauptsächlich zwei Methoden in Frage, um die oben erwähnten Ausscheidungen beim Zusatze des Reagens zu verhindern. Die erstere und bekanntere ist folgende: 100 ccm des betreffenden Wassers<sup>2)</sup> werden mit 0,5 ccm 33proz.

<sup>1)</sup> Die durch wenig Ammoniak bedingte Gelbfärbung des Wassers mit Neßlers Reagens beruht natürlich auf einer Ausscheidung des Reaktionsproduktes, das in äußerst fein verteilter Form vom Wasser in Suspension gehalten wird und daher scheinbar wie gelöst aussieht.

<sup>2)</sup> Vereinbarungen z. einheitlichen Untersuchung u. Beurteilung von Nahrungs- u. Genußmitteln. Heft 2. Berlin 1899. S. 153.

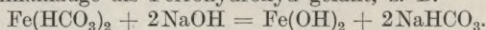
Natronlauge und 1 ccm Natriumkarbonatlösung (2,7 : 5) versetzt; den Niederschlag läßt man absetzen, gießt die überstehende, klare Flüssigkeit vorsichtig ab und prüft alsdann erst mit Neßlers Reagens. Man vergewissere sich vorher stets, daß auch diese Sodanatronlauge völlig ammoniakfrei<sup>1)</sup> ist. Von einem Filtrieren des so behandelten Wassers durch Papier muß aber entschieden abgeraten werden, da letzteres fast durchweg etwas ammoniakhaltig ist. Das Verfahren ist einwandfrei, allerdings etwas zeitraubend.

Die zweite und bei weitem bequemere Methode beruht auf folgenden Erfahrungen: Bekanntlich besitzt die Weinsäure und zumal ihr Alkalisalz, das Kaliumnatriumtartrat oder Seignettesalz, die Eigenschaft, die Fällung verschiedener Metalloxyde, wie Kupferoxyd — Fehlingsche Lösung —, Eisenoxydul und -oxyd, ferner der Erdalkalien, also von Kalk und Magnesia bei Zusatz von Ätzalkalien infolge Bildung löslicher Doppelsalze zu verhindern. Setzt man daher einem harten und auch stark eisenhaltigen<sup>2)</sup> Wasser dieses Salz hinzu, so treten durch Neßlers Reagens keine Ausscheidungen von Kalk, Magnesia und auch von Eisen ein, vielmehr bleiben diese Verbindungen gelöst. Die hierzu erforderliche

Seignettesalzlösung wird am besten nach Vorschrift von L. W. Winkler<sup>3)</sup> dargestellt: Eine filtrierte Lösung von 100 g chemisch reinem, kristallisiertem Seignettesalz<sup>4)</sup> in 200 g destilliertem Wasser wird, um sie vor Zersetzung durch Schimmelpilze zu schützen, mit 10 ccm klarem Neßlerschen Reagens gemischt. Man läßt einige Tage absetzen, filtriert durch Asbest und bewahrt diese fast farblose Lösung ebenfalls in braunen, gut schließenden Glasstöpselgefäßen<sup>5)</sup> auf.

<sup>1)</sup> Soda-Natronlauge ist häufig etwas ammoniakhaltig. Durch Erhitzen der Lösung läßt sich das Ammoniak leicht entfernen.

<sup>2)</sup> Eisen, das anfangs fast immer als Oxydulsalz im Wasser gelöst ist, wird durch Alkalilauge als Ferrohydroxyd gefällt, z. B.



Diese Eisenverbindung ist von weißlicher Farbe; sie wird aber durch Luft-sauerstoffaufnahme bald schmutziggrün und geht schließlich in braunrotes Ferrihydroxyd —  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  — über.

<sup>3)</sup> Vgl. Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 5. Aufl. Bd. 1. Berlin 1904. S. 802.

<sup>4)</sup> Dieses Salz ist vielfach etwas ammoniakhaltig. Wird es mit Natronlauge erwärmt, so darf sich kein Ammoniak entwickeln.

<sup>5)</sup> Einfetten der Glasstopfen mit Paraffinsalbe ist zu empfehlen.

Zwecks Anwendung mischt man in einem Reagenzglase ca. 10 ccm des betreffenden Wassers mit 8–10 Tropfen von dieser Lösung und setzt nun erst Neßlers Reagens hinzu.

Enthält das zu untersuchende Wasser Schwefelwasserstoff oder Schwefelalkali in größeren Mengen gelöst, was, abgesehen von einigen Mineralquellen, wohl selten der Fall ist, so wird mit Neßlers Reagens ebenfalls eine Gelbfärbung der Flüssigkeit durch entstandenes Schwefelquecksilber —  $\text{HgS}$  — erzeugt<sup>1)</sup>. Diese Färbung verschwindet aber, zum Unterschiede von der durch Ammoniak bewirkten, beim Ansäuern mit Schwefelsäure nicht.

Im übrigen empfiehlt es sich, zumal im letzteren Falle, auch hier die Prüfung auf Ammoniak später im Laboratorium zu kontrollieren.

### Härte.

Die Härte eines Wassers wird durch die in ihm enthaltenen Kalk- und Magnesiaverbindungen bedingt. Die Bi- und Monokarbonate dieser beiden Elemente bilden die vorübergehende, temporäre oder transitorische Härte, die man jetzt wissenschaftlich allgemein als Karbonathärte bezeichnet. Die Chloride, Nitrate, Sulfate, Phosphate und Silikate des Kalziums und Magnesiums stellen die bleibende = permanente Härte, Mineralsäure- oder Nichtkarbonathärte<sup>2)</sup> dar.

Man gibt die Härte eines Wassers in Graden an nach folgenden Einteilungen:

- 1 deutscher Härtegrad: 10 mg  $\text{CaO}$  in 1 l Wasser,
- 1 französischer Härtegrad: 10 mg  $\text{CaCO}_3$  in 1 l Wasser,
- 1 englischer Härtegrad: 10 mg  $\text{CaCO}_3$  in 0,7 l Wasser,

<sup>1)</sup>  $\text{H}_2\text{S}$  sowie die Sulfide entfernt man aus solchem Wasser am besten durch Versetzen von 100 ccm desselben mit etwa 0,5 ccm einer 10proz. wässerigen Zinkacetatlösung. Die über dem abgeschiedenen Bodensatze stehende klare, farblose Flüssigkeit wird vorsichtig abgegossen und mit Neßlers Reagens auf Ammoniak untersucht.

<sup>2)</sup> Unter Mineralsäuren versteht man bekanntlich solche, die keinen Kohlenstoff enthalten. Vgl. ferner: A. Beythien, C. Hartwich und M. Klimmer, Handbuch der Nahrungsmitteluntersuchung. Bd. 1. „Wasser“. Leipzig 1913. S. 877; J. König, Die Untersuchung landwirtschaftl. u. gewerbl. wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin 1911. S. 984 u. 986.

|                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1 deutscher Härtegrad    | = 1,25 englische Härtegrade     |
|                          | = 1,79 französische Härtegrade, |
| 0,8 deutsche Härtegrade  | = 1,00 englische Härtegrade     |
|                          | = 1,43 französische Härtegrade, |
| 0,56 deutsche Härtegrade | = 0,7 englische Härtegrade      |
|                          | = 1,00 französische Härtegrade. |

Die Magnesia muß hierbei auf den Kalkwert umgerechnet werden:

$$\text{MgO} : \text{CaO}$$

$$40 : 56 = 1 : 1,4.$$

Im allgemeinen überwiegen die Kalksalze im Wasser bei weitem die Magnesiumsalze.

Wässer mit viel Härtebildnern nennt man hart und solche mit wenigen weich.

Einen ungefähren Anhaltspunkt für die Bezeichnung der Härtestufen gibt folgende Skala:

| Gesamthärtegrad <sup>1)</sup> | Benennung     |
|-------------------------------|---------------|
| des Wassers                   |               |
| 0— 4                          | sehr weich    |
| 4— 8                          | weich         |
| 8—12                          | mittelhart    |
| 12—18                         | ziemlich hart |
| 18—30                         | hart          |
| über 30                       | sehr hart     |

In gesundheitlicher Beziehung hat die Härte eines Wassers im allgemeinen nur untergeordnete Bedeutung. Die Anstalt kennt eine Reihe von Orten, deren Wässer eine sehr hohe Gesamthärte aufweisen. Aus diesen Ortschaften sind durch den Genuß solch harter Wässer eigentliche Gesundheitsschädigungen bislang nicht bekannt geworden, wenn auch bei manchen besonders empfindlichen Menschen der Genuß von sehr harten Wässern gelegentlich, besonders im Anfang, Magen- und Darmstörungen erzeugt.

<sup>1)</sup> Deutsche Grade.

Nach C. Flügge<sup>1)</sup> ist weiches Wasser insofern nicht angenehm, als es häufig einen faden Geschmack hat; eine Beobachtung, die ich ebenfalls vielfach gemacht habe. Ob, wie neuerdings behauptet wird, weiches Wasser die Zahnkaries wesentlich befördert, muß als zweifelhaft angesehen werden, da die im Wasser in der Regel aufgenommenen 1,0 bis 2,0 g Salze einen zu winzigen Bruchteil der täglich mit der Nahrung erfolgenden Salzzufuhr (20,0 bis 70,0 g) ausmachen.

Die Erfahrung lehrt, daß harte Wässer, zumal wenn die Härte vorwiegend aus den Karbonaten<sup>2)</sup> des Kalziums besteht, auf die Dauer dem Wohlbefinden der Verbraucher keinen Abbruch tun.

Man hat gelegentlich harten Wässern kropfbildende Eigenschaften<sup>3)</sup> zugeschrieben. Diese Meinung ist heute wohl so gut wie geschwunden.

Nach M. Rubner<sup>4)</sup> erzeugt ein Wasser, das einen bedeutenden Gehalt an Gips oder an Magnesiumsalzen aufweist, leicht Durchfälle und übt auf viele Menschen einen nachteiligen Einfluß aus. Ein größerer Gehalt an Chlormagnesium<sup>5)</sup> — in der Regel über 100 mg im Liter — verleiht einem Wasser leicht einen bitteren Geschmack.

Über die Bewertung von Chlormagnesium im Trinkwasser<sup>6)</sup> äußert sich Tjaden, Bremen in folgender Weise:

„Zieht man das Ergebnis aus der neueren Literatur über die Einwirkung der Kaliabwässer auf die Trinkwasserversorgung

1) C. Flügge, Grundriß der Hygiene. 7. Aufl. Leipzig 1912. S. 132.

2) Vgl. auch „Wasser und Abwasser“ 1912. Bd. 5. S. 380. Nr. 488 und S. 556. Nr. 764; Bd. 9. 1915. S. 503. Nr. 951.

3) O. Spitta, Die Wasserversorgung, im Handbuch der Hygiene von M. Rubner, M. v. Gruber und M. Ficker. II. Bd. 2. Abtlg. Wasser und Abwasser. Leipzig 1911. S. 30; vgl. ferner „Wasser und Abwasser“ 1914. Bd. 8. S. 203. Nr. 349 u. 350; S. 374. Nr. 689 und Bd. 9. S. 54. Nr. 97 u. das Gesundheitswesen d. preuß. Staates im Jahre 1913. Berlin 1915. S. 228.

4) M. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig u. Wien 1907. S. 345 und Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen 1902. Bd. 24. Suppl.-Heft. S. 29 u. 66; ferner Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Berlin 1907. Bd. 25. S. 333.

5) R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911. S. 18. Vgl. ferner die Zusammenstellung von J. Tillmans und A. Splittgerber, in Wasser und Gas. Bd. 1912/13. Nr. 16. S. 353 und Tjaden, in Wasser und Abwasser. Bd. 6. 1912. S. 127.

6) Tjaden, Kaliabwässer und Oberflächenwasserversorgung der Großstädte. Gesundheits-Ingenieur 1915. Bd. 38. Nr. 24. S. 286.

der Großstädte, so liegt unseres Erachtens keinerlei Anlaß vor, über die alte Höchstbelastungsgrenze, d. h. 110 mg Chlormagnesium im Liter, hinauszugehen. Insbesondere haben die Gärtnerischen Untersuchungen über die Verhältnisse in Leopoldshall und Staßfurt nicht allein keinerlei Anhaltspunkte dafür geboten, daß es zulässig ist, mit der erwähnten Grenze hinaufzugehen, sie mahnen im Gegenteil zur Vorsicht. So wie sie vorliegen, sprechen sie eher dafür, daß ein Wasser von der Zusammensetzung, wie sie das Leopoldshaller hat, für die Verdauungsorgane der Säuglinge nicht gleichgültig ist“.

Für Wirtschaftszwecke, wie Kochen und Waschen, ferner für die meisten technischen Betriebe sind weiche und salzarme Wässer den harten und salzreichen entschieden vorzuziehen.

Es ist eine altbekannte Tatsache, daß Fleisch und Hülsenfrüchte in hartem Wasser schwer weich kochen, auch die Ausnutzung der letzteren wird herabgesetzt. Verschiedene Getränke, wie Kaffee, Tee<sup>1)</sup>, lassen sich mit hartem Wasser schlecht bereiten. Bei der Herstellung von Grog treten leicht Trübungen durch teilweises Ausscheiden der Härtebildner ein.

Kakao, mit weichem Wasser angerührt, ist angenehm seimig, während das mit hartem Wasser bereitete Getränk direkt Flocken bildet und das sonst fein verteilte Fett bald als Fetttropfen an der Oberfläche abscheidet. Das Getränk ist bei weitem nicht so wohlschmeckend wie mit weichem Wasser bereitetes. Ebenso werden Mehlsuppen (Hafer, Grünkernmehl) auch bei langem Kochen nicht „glatt“, sondern bleiben flockig<sup>2)</sup>.

Nach H. Paschkis<sup>3)</sup> ist hartes Wasser für die Hautpflege nur wenig geeignet, da es feine Haut, besonders des Gesichts und der Hände, leicht rauh und spröde macht, außerdem verstopft die unlösliche Kalkseife die Poren der Haut und setzt sich in den

<sup>1)</sup> J. Ginzburg, Die Verwendung mit Permutit behandelten Wassers zum Genusse. Inaug.-Dissert. Königsberg i. Pr. 1913, ferner Tjaden, die Beseitigung der bei der Kaligewinnung im Weserstromgebiet entstehenden Abwässer und die Wasserversorgung der Stadt Bremen. Bremen 1912. S. 49.

<sup>2)</sup> Vgl. ferner A. Lottermoser, Beobachtungen über den Einfluß der Härte des Wassers auf die Beschaffenheit verschiedener Speisen. Zeitschrift f. Chemie der Kolloide. 1911. Bd. 9. S. 144.

<sup>3)</sup> H. Paschkis, Kosmetik für Ärzte. Wien 1893. S. 84.

Fasern der Gewebe fest, die dadurch an Weichheit und Biegsamkeit verlieren. Die Wäsche nimmt hierbei häufig auch noch einen unangenehmen Geruch an.

Zum Waschen ist hartes Wasser aus dem Grunde nicht recht brauchbar, weil die Kalk- und Magnesiasalze mit den Fettsäuren der Seife unlösliche Verbindungen liefern. 20 Härtegrade vernichten im Liter 2,4 g und somit im Kubikmeter 2,4 kg Seife. Hieraus kann man ungefähr den Seifenmehrverbrauch bei Verwendung eines harten Wassers einem weichen gegenüber berechnen<sup>1)</sup>.

Bei Trinkwasserleitungen spielt besonders die vorübergehende (Karbonat-) Härte eines Wassers eine große Rolle<sup>2)</sup>. Für das Rohrmaterial usw. sind am besten Wasser geeignet, die eine Karbonathärte von 7 bis 9 deutschen Graden aufweisen, vgl. S. 160.

Wasser mit hoher Karbonathärte scheiden auch schon, wie die Erfahrung lehrt, bei gewöhnlicher Temperatur durch Kontaktwirkung Kalziumkarbonat ab, das die Leitungsröhren allmählich mit einer feinen Schicht (Schutzbelag vgl. S. 132) unkleidet — Kalksinterbildung<sup>3)</sup>.

Verunreinigte Wasser haben häufig hohe oder sehr hohe Härte.

Für Kesselspeisezwecke sind harte Wasser ungeeignet; in erster Linie stören hierbei Kalziumsulfat und Chlormagnesium.

Nach F. Barth<sup>4)</sup> läßt sich im allgemeinen nicht angeben, von welchem Grad an eine Wasserreinigung notwendig ist, weil dies von der Beschaffenheit des Wassers, sowie von dem Kesselsystem, von der Betriebsdauer und der Beanspruchung abhängt. Während z. B. Hochleistungswasserrohrkessel nur mit ganz reinem Wasser (Turbinkondensat) gespeist werden sollten, ist bei Flammenrohrkesseln und Lokomobilkesseln mit ausziehbarem Röhrensystem im allgemeinen eine Wasserreinigung nicht unbedingt notwendig, wenn das Wasser weniger als 10 bis 15 deutsche Härtegrade besitzt. Auch Wasserrohrkessel normaler Beanspruchung vertragen anstandslos bis zu 5—6 deutsche Härtegrade. Am wenigsten vertragen Härte Röhrenkessel, da diese noch

1) Vgl. auch „Wasser und Abwasser“ 1913. Bd. 6. S. 107. Nr. 149.

2) Vgl. auch E. Prinz, Hydrologischer Nachweis von weichem Grundwasser. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1915. Nr. 10.

3) H. Klut, Wasserversorgung und Bleiröhren. Das Wasser. 1914. Bd. 10. Nr. 9 u. 10; ferner Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1914. Bd. 57. S. 318.

4) F. Barth, Die Dampfkessel. 2. Aufl. Leipzig 1911. Bd. 2. S. 102.

schwerer zu reinigen sind als Wasserrohrkessel. Man sollte daher hier keinesfalls mehr als 5—6 deutsche Härtegrade zulassen.

Kesselstein beeinträchtigt in erster Linie die Betriebssicherheit und Lebensdauer der Kessel. Ein Kesselsteinbelag von 5 mm im Mittel sollte in geordnetem Betriebe nicht überschritten werden<sup>1)</sup>.

Über zweckmäßige Enthärtung des Wassers vgl. die Literaturzusammenstellung auf S. 161.

### Prüfung auf Härte.

Zur schnelleren Gewinnung eines Einblicks, ob ein Wasser hart ist, hat man an der Prüfung auf Ammoniak mit Neßlers Reagens häufig schon einen recht guten Anhaltspunkt. Tritt, wie bereits beim Ammoniaknachweis erwähnt wurde, bei Zusatz von Neßlers Reagens zu dem zu untersuchenden Wasser sogleich oder innerhalb 1—2 Minuten eine weißliche Trübung oder Flockenbildung ein, so sind in der Regel mehr als 18 Härtegrade vorhanden. Mit einer derartigen Untersuchung der Härte kann man sich in vielen Fällen an Ort und Stelle schon begnügen, zumal bei einiger Übung aus dem Grade der Trübung oder Flockenbildung auch ein gewisses Urteil über höhere vorkommende Härtegrade gebildet werden kann.

Härtebestimmungen können an eingesandten Wasserproben im Laboratorium noch ausgeführt werden, ohne daß im allgemeinen in der Zeit seit der Entnahme der Eintritt nennenswerter Veränderungen zu befürchten ist.

Nachstehend sei noch einige Literatur über Härtebestimmungen mitgeteilt:

- C. Blacher, P. Grünberg und M. Kissa, Die Verwendung von Kaliumpalmitat bei der Wasseranalyse. Chem.-Ztg. 1913. Nr. 6. S. 56.  
 O. Mayer, Beiträge zur Bestimmung der Härte in natürlichen Wässern unter Berücksichtigung der Alkalien. Zeitschr. f. analyt. Chemie 1915. S. 289 u. Süddeutsche Apotheker-Zeitung 1915. Nr. 65.  
 H. Noll, Beitrag zur Bestimmung der Härte, sowie der freien, halbgebundenen und gebundenen Kohlensäure in Wässern. Zeitschr. f. angewandte Chemie. 1908. Bd. 21. Heft 14. S. 640.

<sup>1)</sup> F. Barth, a. a. O. Bd. 1. S. 105. Vgl. auch Ministerialverfügung betr. „Errichtung von Bahnwasserwerken und Vorschriften für die Wasseruntersuchung“. Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1911. Bd. 35. S. 264, ferner G. Frantz, Dampfkesselschäden, deren Ursachen und möglichste Verhütung. Kattowitz O.-S. 1915. S. 141.



- H. Noll, Die temporäre Härte des Wassers. Zeitschr. f. angewandte Chemie. 1910. Bd. 23. Heft 43. S. 2025.
- W. Pflanz, Über die Bestimmung der Härte im Wasser nach C. Blacher. Mitteilungen a. d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene. 1913. Heft 17. S. 141.
- J. Tillmans in Wasser und Abwasser 1914. Bd. 8. S. 39. Nr. 58.
- L. W. Winkler, Härtebestimmung in Trink- und Nutzwasser. Zeitschr. f. analytische Chemie 1914. S. 409.
- J. Zink und F. Hollandt, Kritische Betrachtungen über die Härtebestimmung nach Wartha-Pfeifer und C. Blacher. 1914. Bd. 27. S. 437.

Zum Schluß seien noch einige Städte mit weichem und sehr weichem und mit hartem und sehr hartem Trinkwasser<sup>1)</sup> genannt:

|                              | Gesamt-Härte<br>(deutsche Grade) |
|------------------------------|----------------------------------|
| Bautzen . . . . .            | 7,1                              |
| Bernburg . . . . .           | 31,2                             |
| Biebrich . . . . .           | 24,0                             |
| Bochum . . . . .             | 3,9                              |
| Cassel . . . . .             | 4,7                              |
| Chemnitz . . . . .           | 1,4                              |
| Celle . . . . .              | 4,2                              |
| Dessau . . . . .             | 4,8                              |
| Emden . . . . .              | 5,0                              |
| Gnesen . . . . .             | 22,5                             |
| Görlitz . . . . .            | 4,6                              |
| Gotha . . . . .              | 1,0                              |
| Hameln . . . . .             | 26,3                             |
| Heidelberg . . . . .         | 3,8                              |
| Helmstedt . . . . .          | 28,0                             |
| Merseburg . . . . .          | 45,5                             |
| Nordhausen . . . . .         | 1,7                              |
| Oschersleben . . . . .       | 25,9                             |
| Reichenbach, Schles. . . . . | 36,0                             |
| Remscheid . . . . .          | 2,6                              |
| Saarbrücken . . . . .        | 3,3                              |
| Siegen . . . . .             | 1,7                              |
| Solingen . . . . .           | 1,9                              |
| Wernigerode . . . . .        | 24,9                             |

<sup>1)</sup> Nach den Angaben im Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1915. Bd. 58. Nr. 7. S. 76.

|                         | Gesamt-Härte<br>(deutsche Grade) |
|-------------------------|----------------------------------|
| Wiesbaden . . . . .     | 1,5                              |
| Wilhelmshaven . . . . . | 1,1                              |
| Würzburg . . . . .      | 36,1                             |
| Zittau . . . . .        | 0,7                              |

### Prüfung auf Reaktion.

Zur Feststellung der Reaktion des Wassers sind in der Praxis für gewöhnlich folgende Indikatoren<sup>1)</sup> zu empfehlen:

1. Lackmuspapier.
2. Rosolsäurelösung.
3. Kongopapier (Kongorot).
4. Methylorangelösung.
5. Phenolphthaleinlösung.

Je nach der Reaktion des Wassers zeigen diese Indikatoren folgende Farbentöne:

| Indikator       | Bei neutraler Reaktion | Bei alkalischer Reaktion | Bei saurer Reaktion |
|-----------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| Lackmus         | violett                | blau                     | rot                 |
| Rosolsäure      | schwach gelb           | deutlich rot             | gelb                |
| Kongorot        | violett                | scharlachrot             | blau                |
| Methylorange    | orangerot              | gelb                     | rosarot             |
| Phenolphthalein | farblos                | stark rot                | farblos             |

Das gebräuchlichste dieser Reagenzien ist das Lackmuspapier<sup>2)</sup>, das käuflich zu beziehen ist. Zweckmäßig wird das

<sup>1)</sup> H. Klut, in „Wasser und Abwasser“ 1915. Bd. 9. S. 337.

<sup>2)</sup> Vgl. u. a. A. Beythien, C. Hartwich und M. Klimmer, Handbuch der Nahrungsmitteluntersuchung. Bd. 1 „Wasser“. Leipzig 1913. S. 870; ferner A. Bujard und E. Baier, Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker. 3. Aufl. Berlin 1911. S. 459; ferner F. Elsner, Die Praxis des Chemikers. 8. Aufl. Hamburg u. Leipzig 1907. S. 897 und W. Ohlmüller und O. Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 3. Aufl. Berlin 1910. S. 35.

blaue Papier vom roten getrennt und vor Licht geschützt in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahrt.

Herstellung des Lackmuspapiers: Will man sich das Regenzpapier selbst herstellen, so geschieht es am besten nach der Vorschrift des Deutschen Arzneibuches<sup>1)</sup>. 1 Teil Lackmus wird dreimal mit je 5 Teilen siedendem Weingeist ausgezogen. Der Rückstand wird mit 10 g Wasser 24 Stunden lang bei Zimmertemperatur ausgezogen und die Flüssigkeit filtriert.

Zur Herstellung des blauen Lackmuspapiers wird die wässerige Lackmuslösung in der Siedehitze tropfenweise mit so viel verdünnter Schwefelsäure — 16%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — versetzt, bis 1 ccm nach Zusatz von 100 ccm Wasser violettblau gefärbt ist. Die auf diese Weise neutralisierte Lackmuslösung wird mit 1 Teil Wasser verdünnt; damit werden Streifen von bestem Filtrierpapier getränkt und vor Licht geschützt in einem ungeheizten Raume getrocknet. Blaues Lackmuspapier muß durch 1 Tropfen einer Mischung von 1 ccm  $\frac{1}{10}$  Normal-Salzsäure und 99 ccm Wasser sofort gerötet werden.

Zur Herstellung des roten Lackmuspapiers wird die neutralisierte Lackmuslösung weiter mit so viel verdünnter Schwefelsäure — 16%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — versetzt, bis 1 ccm nach Zusatz von 100 ccm Wasser blaßrot gefärbt ist. Die auf diese Weise angesäuerte Lackmuslösung wird mit 1 Teil Wasser verdünnt; damit werden Streifen von bestem Filtrierpapier getränkt und vor Licht geschützt in einem ungeheizten Raume getrocknet. Rotes Lackmuspapier muß durch 1 Tropfen einer Mischung von 1 ccm  $\frac{1}{10}$  Normal-Kalilauge und 99 ccm Wasser sofort gebläut werden.

Zur Prüfung der Reaktion eines Wassers spült man ein kleines, etwa 10 ccm fassendes Porzellanschälchen mit dem frisch entnommenen Wasser mehrmals aus und füllt es dann mit diesem an. In das Wasser werden darauf ein blauer und ein roter Lackmустreifen etwa bis zur Hälfte ihrer Länge in der Weise hineingelegt, daß beide sich nicht gegenseitig berühren. Nach etwa 5 bis längstens 10 Minuten beobachtet man die an den beiden Streifen eingetretene Veränderung der Färbung. Man muß diese Zeit ziemlich genau innehalten, weil die Mehrzahl der Wässer gegen Lackmus anfangs neutral reagieren; erst nach und nach wirken die im Wasser gelöst enthaltenen Substanzen auf den Indikator

<sup>1)</sup> 5. Ausgabe. Berlin 1910. S. 588.

ein. Die fast in jedem Wasser gelöst enthaltenen Kalzium- und Magnesiumbikarbonate reagieren nur allmählich auf den Lackmusfarbstoff, und zwar ist die Reaktion je nach dem Gehalte eines Wassers an diesen Salzen schwach bis deutlich alkalisch, trotzdem beide Verbindungen als sogenannte saure Karbonate bezeichnet werden. Der rote Lackmusstreifen wird also gebläut.

Wird rotes Lackmuspapier gebläut und blaues gerötet, was zuweilen — namentlich bei Wässern mit hohem Gehalt an Huminverbindungen — stattfindet, so spricht man von amphoterer Reaktion.

Die meisten Wässer reagieren gegen Lackmus schwach alkalisch. Organische Säuren, die z. B. in Moorwässern<sup>1)</sup> nicht selten enthalten sind, röten Lackmuspapier<sup>2)</sup>.

Das Lackmuspapier wird in mancher Beziehung und besonders in der Schärfe des Umschlages durch das Rosolsäure-Reagens von Pettenkofer übertroffen.

Rosolsäurelösung. Bereitung der Lösung nach M. Pettenkofer<sup>3)</sup>: Man löst 1 g reine Rosolsäure in 500 g 80proz. Alkohol und neutralisiert durch tropfenweises Zusetzen von Barytwasser bis zum Eintritt einer deutlichen Rotfärbung. Die Lösung ist in gut verschlossener, brauner Tropfflasche haltbar.

Bei der Prüfung werden etwa 50 ccm des Wassers mit 4 bis 6 Tropfen dieses Reagenses versetzt. Gelbfärbung der Flüssigkeit zeigt saure Reaktion an, dagegen Rosa- oder Rotfärbung schwach alkalische oder alkalische Reaktion des Wassers<sup>4)</sup>.

Bei Wässern, die durch Huminsubstanzen gelb gefärbt sind (Moorwässer), ist Rosolsäure nur wenig geeignet; in solchen Wässern ist zur Ermittlung der Reaktion Lackmuspapier vorzuziehen.

---

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. Finger, Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade. Klin. Jahrb. Bd. 19. Jena 1908; H. Klut, Nachweis von Humussubstanzen im Wasser. Pharm. Ztg. 1906. Bd. 51. Nr. 70. S. 777. R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Bd. 1. Leipzig 1914. S. 27 u. 77.

<sup>2)</sup> J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin 1911. S. 957; ferner K. Keilhack, Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1912. S. 59, 65, 392 u. 399.

<sup>3)</sup> G. Walter A. Gärtner, Tiemann-Gärtners Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 4. Aufl. Braunschweig 1895. S. 50 u. 391.

<sup>4)</sup> Vgl. auch Th. Paul, a. a. O. (Literaturverzeichnis) S. 78 u. 79.

Rosolsäure reagiert auch auf freie Kohlensäure, wenn letztere in nicht zu geringer Menge im Wasser vorhanden ist. Nach den Untersuchungen von J. Tillmans und O. Heublein<sup>1)</sup> verdeckt 1 mg Bikarbonat-Kohlensäure die saure Reaktion von 0,25 mg freier Kohlensäure.

Kongopapier<sup>2)</sup> und Methylorangelösung dienen zum Nachweise von freien Mineralsäuren, wie solche zuweilen in Wässern enthalten sind<sup>3)</sup>.

Kongopapier ist käuflich zu beziehen; zur Selbsterstellung des Reagenzpapiers verfährt man am besten nach den Angaben des Deutschen Arzneibuches<sup>4)</sup>:

Filtrierpapier ist mit einer 0,1proz. Lösung von Kongorot zu tränken und dann zu trocknen.

Selbst mit sehr stark verdünnten Mineralsäuren färbt sich dieses Reagenzpapier sogleich deutlich blau.

Methylorangelösung. Herstellung<sup>5)</sup> der Lösung: Man löst von reinem Methylorange 1 g in 1 Liter heißem, destilliertem Wasser auf, läßt erkalten und filtriert etwa ausgeschiedene Sulfosäure ab. Das Reagens ist in einer braunen, gut verschlossenen Tropfflasche haltbar.

Zur Prüfung werden etwa 50 cem Wasser mit 1–2 Tropfen dieser Lösung versetzt. Auftretende Rotfärbung der Flüssigkeit zeigt freie Mineralsäure an. Die Reaktion ist sehr scharf. Zum Nachweis organischer Säuren<sup>6)</sup> ist Methylorange nicht besonders geeignet.

---

1) Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1910. Bd. 20. S. 630; ferner L. Grünhut, Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914. S. 481.

2) Vgl. u. a. W. Autenrieth, Die Auffindung der Gifte. 4. Aufl. Tübingen 1909. S. 156; ferner J. Tillmans, Über den schädlichen Einfluß von Moorböden und Moorbodengrundwasser auf Beton. Gesundh. Ing. 1911. Nr. 9. S. 161.

3) H. Klut, Saure Wässer. Hygien. Rundschau 1915. Bd. 25. Nr. 6. S. 202 und H. Lührig, in „Wasser und Abwasser“. Bd. 7. 1913/14. S. 375. J. König, a. a. O. S. 957.

4) 5. Ausgabe. Berlin 1910. S. 601.

5) Vorschrift von G. Lunge und E. Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. Bd. 1. Berlin 1910. S. 80 und L. W. Winkler, Trink- und Brauchwasser. Ebenda Bd. 2. S. 230.

6) G. Lunge und E. Berl, a. a. O. S. 84.

Wässer, die gegen einen der oben genannten Indikatoren sauer reagieren, haben fast ausnahmslos Metall- und Mörtelmaterial angreifende Eigenschaften<sup>1)</sup>.

Phenolphthaleinlösung. Zur Herstellung der Lösung gibt das Deutsche Arzneibuch<sup>2)</sup> folgende Vorschrift: 1 g Phenolphthalein ist in 99 g Alkohol von 60 Gewichtsprozent zu lösen. Die Lösung muß farblos sein; sie hält sich in brauner Glasstöpselflasche gut.

Phenolphthalein reagiert auf OH-Ionen (Basen) im Wasser durch Rotfärbung schon in sehr starker Verdünnung.

Zur Prüfung werden etwa 50 ccm Wasser mit 1—2 Tropfen Phenolphthaleinlösung versetzt.

Die meisten Wässer werden durch dieses Reagens nicht gefärbt. Eine Rotfärbung der Flüssigkeit zeigt an, daß das Wasser Kalk- oder Alkalihydrat gelöst enthält.

Eine stark alkalische Reaktion von Wasser wird häufig bei neuen Brunnen, Behältern usw. beobachtet und ist auf Auslaugungen von Kalkhydrat aus Zement und Kalkmörtel zurückzuführen. Derartige Wässer schmecken auch mehr oder weniger laugenartig und sind für Wirtschaftszwecke wenig oder gar nicht geeignet. Die Alkaleszenz derartiger Wässer verliert sich meist nach einiger Zeit von selbst beim Betrieb genannter Anlagen infolge der Einwirkung der im Wasser und in der Luft enthaltenen Kohlensäure auf das Kalkhydrat durch Bildung von indifferentem Kalziumkarbonat.

Zur Bestimmung der Alkalinität oder Azidität eines Wassers sei auf die oben angeführte Literatur verwiesen.

Zur weiteren Orientierung über die Anwendung von Indikatoren möge noch nachstehende Literatur dienen:

H. Beckurts, Indikatoren, in: Die Methoden der Maßanalyse. 1. Abtlg. Braunschweig 1910.

F. Glaser, Indikatoren der Acidimetrie und Alkalimetrie. Wiesbaden 1901.

A. Hantzsch, Über die Natur der gelben und roten Helianthinlösungen und die Chromoisomerie der Aminoazosalze. Berichte d. Deutsch. Chem. Ges. 1913. Bd. 46. S. 1537; ferner Derselbe, Blaue und rote Kongofarbstoffsäure; ein Beitrag zur Theorie der Indikatoren. Ebenda 1915. Bd. 48. S. 158.

<sup>1)</sup> Vgl. S. 136.

<sup>2)</sup> 5. Ausgabe. Berlin 1910. S. 592.

- A. F. Holleman, Theorie der Indikatoren, in: Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914.
- G. Lunge und E. Berl, Theorie der Indikatoren, in: Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. Bd. 1. 6. Aufl. Berlin 1910.
- L. Michaelis, Untersuchungen über die Alkalität der Mineralwässer. Veröffentl. d. Zentralstelle f. Balneologie. 1913. Bd. 2. Heft 3. S. 78 und 1914. Bd. 2. Heft 9. S. 243.
- W. Nernst, Theorie der Indikatoren, in: Theoretische Chemie. 7. Aufl. Stuttgart 1913.
- Th. Paul, Die Indikatoren der Acidimetrie und Alkalimetrie, in: Nahrungsmittelchemie mit besonderer Berücksichtigung der modernen physikalisch-chemischen Lehren. Leipzig 1914.
- J. Stieglitz, Theorie der Indikatoren, in: Chem. Zentralblatt 1904. Bd. 1. S. 210.
- A. Thiel, Der Stand der Indikatorenfrage. Stuttgart 1911.
- F. P. Treadwell, Indikatoren, in: Kurzes Lehrbuch der Analytischen Chemie. Bd. 2: Quantitative Analyse. 6. Aufl. Leipzig u. Wien 1913.
- R. Weldert, Der Preschlinsche Apparat zur fortlaufenden Feststellung der Reaktion eines Wassers oder Abwassers. Mitteilungen a. d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene. Heft 17. S. 30. Berlin 1912.

### Bakteriologische Untersuchung<sup>1)</sup>.

Die bakteriologische Wasseruntersuchung hat im Grunde genommen den Zweck, festzustellen, ob ein Wasser krankheits-erregende Bakterien enthält oder enthalten kann, als welche hauptsächlich Typhus-, Cholera- und Ruhrbazillen in Betracht kommen. Da aber deren unmittelbarer Nachweis schwierig und oft unmöglich ist, so begnügt man sich in der Regel mit der Feststellung gewisser Anzeiger und schließt von diesen auf die Beschaffenheit des Wassers in gesundheitlicher Beziehung. Solche Anzeiger sind die Keimzahl und der Nachweis etwa vorhandener Kotverunreinigung des betreffenden Wassers.

Die Keimzählung auf Gelatineplatten ist zurzeit das am meisten angewendete Verfahren bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung. Eine ausschlaggebende Bedeutung kommt ihm, soweit es sich um Trink- und Brauchwasser handelt, für die Beurteilung filtrierten Oberflächenwassers zu, weil eine starke Herabsetzung der Keimzahl im filtrierten Wasser ein Zeichen für das ordnungsmäßige Arbeiten der Filter ist. Ein befriedigendes Filtrat soll beim Verlassen des Filters in der Regel

<sup>1)</sup> Dieser Abschnitt ist von dem Mitgliede der Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene, Generalarzt a. D. Dr. Globig durchgesehen, wofür ich ihm hierdurch meinen Dank ausspreche.

nicht mehr als ungefähr 100 Keime im Kubikzentimeter enthalten<sup>1)</sup>.

Bei der Untersuchung von Grundwasser ist dagegen die Grenzzahl von 100 Keimen, die für filtriertes Oberflächenwasser im allgemeinen ihre Gültigkeit hat, nicht anwendbar. Grundwasser aus Quellen und Rohrbrunnen muß vielmehr vollkommen oder doch fast keimfrei sein, wenn anders es in gesundheitlicher Beziehung nicht beanstandet werden soll. Doch ist hierbei zu beachten, daß durch die Arbeiten bei der Anlegung, Ausbesserung usw. von Brunnen unvermeidlich Teilchen der Erdoberfläche mit Bakterien in die Tiefe gebracht werden, zu deren Herausspülung durch das geförderte Wasser immer eine gewisse, manchmal ziemlich lange Zeit erforderlich ist. Bei neu angelegten Brunnen sind deshalb bakteriologische Untersuchungen erst einige Zeit nach der Ausführung der Wasserfassung vorzunehmen.

Bei Kesselbrunnen kann die Feststellung von Keimzahlen selbst bis zu mehreren Hundert Keimen im Kubikzentimeter ganz belanglos sein, weil im Brunnenkessel Gelegenheit zur Bakterienvermehrung gegeben ist, so daß die wirkliche Zahl der Keime des Grundwassers, welches den Brunnen speist, nicht zu ermitteln ist.

Auch für die Beurteilung von Oberflächenwässern kann die Keimzählung wichtige Anhaltspunkte geben.

Bei Flußverunreinigungen geringeren Grades, z. B. hervorgerufen durch Einleiten von häuslichem Abwasser in den Vorfluter, läßt sich häufig mittelst der Keimzählung noch eine nachteilige Beeinflussung des Flusses feststellen, während der chemische Nachweis nicht mehr gelingt<sup>2)</sup>. Innerhalb eines bestimmten Flußgebietes lassen sich unter Umständen aus den Keimzahlen Schlüsse auf die größere oder geringere Verunreinigung des Wassers an dem einen Ufer im Vergleich zu dem anderen usw. ziehen.

Sollen Brunnen, Wasserläufe usw. auf krankheitserregende Bakterien untersucht werden, so muß nach Rubner<sup>3)</sup> auch der Bodenschlamm berücksichtigt werden.

1) Grundsätze f. d. Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration. Rundschreiben des Reichskanzlers vom 13. Jan. 1899. Anlage zu § 4. Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes 1899. S. 108.

2) Vgl. u. a. H. Salomon, Über bakteriol., chem. u. physikal. Rheinwasseruntersuchungen. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin u. öffentl. Sanitätswesen 1901. 3. Folge. Bd. 21. Suppl.-Heft.

3) M. Rubner, Archiv f. Hygiene 1903. Bd. 46. S. 14.



Das Anlegen der Platten hat möglichst bald nach der Entnahme, spätestens aber nach drei Stunden zu erfolgen; im letzteren Falle sind die entnommenen Proben, während der wärmeren Jahreszeit in Eis verpackt, fortzuschaffen. Da man je nach dem verwendeten Nährboden, dem Wärmegrad und der Dauer der Bebrütung und der bei der Zählung angewendeten Vergrößerung bei ein und derselben Wasserprobe recht verschiedene Keimzahlen erhalten kann, so ist es, um die einzelnen Untersuchungsergebnisse miteinander vergleichen zu können, unbedingt notwendig, stets in der gleichen Weise zu verfahren. Als Muster kann das Verfahren dienen, für welches das Kaiserliche Gesundheitsamt folgende Vorschrift gegeben hat:

**1. Herstellung der Nährgelatine.** Fleischextraktpepton-Nährgelatine. (Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration<sup>1)</sup>.)

|  |     |
|--|-----|
| Zwei Teile Fleischextrakt Liebig . . . . .   | 2   |
| Zwei Teile trockenes Pepton Witte . . . . .  | 2   |
| und  |     |
| Ein Teil Kochsalz . . . . .  | 1   |
| werden in  |     |
| Zweihundert Teilen Wasser . . . . .  | 200 |
| gelöst; die Lösung wird ungefähr eine halbe Stunde im Dampfe erhitzt und nach dem Erkalten und Absetzen filtriert.   |     |
| Auf neunhundert Teile dieser Flüssigkeit . . . . .   | 900 |
| werden   |     |
| Einhundert Teile feinste weiße Speisegelatine . . . . .  | 100 |
| zugefügt, und nach dem Quellen und Erweichen der Gelatine wird die Auflösung durch (höchstens halbstündiges) Erhitzen im Dampfe bewirkt.                           |     |
| Darauf werden der siedend heißen Flüssigkeit dreißig   |     |
| Teile Normalnatronlauge <sup>2)</sup> . . . . .  | 30  |
| zugefügt und jetzt tropfenweise so lange von der Normalnatronlauge zugegeben, bis eine herausgenommene Probe auf glattem, blauviolettem Lackmuspapier neutrale Re- |     |

<sup>1)</sup> W. Ohlmüller und O. Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 3. Aufl. Berlin 1910. S. 251 u. Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes 1899. S. 108.

<sup>2)</sup> An Stelle der Normalnatronlauge kann auch eine vierprozentige Natriumhydroxydlösung angewandt werden.

aktion zeigt, d. h. die Farbe des Papiers nicht verändert. Nach viertelstündigem Erhitzen im Dampfe muß die Gelatine-lösung nochmals auf ihre Reaktion geprüft und, wenn nötig, die ursprüngliche Reaktion durch einige Tropfen der Normal-natronlauge wieder hergestellt werden. Alsdann wird der so auf den Lackmusblauneutralpunkt eingestellten Gelatine

Ein und ein halber Teil kristallisierte, glasblanke (nicht verwitterte) Soda<sup>1)</sup> . . . . . 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> zugegeben und die Gelatinelösung durch weiteres, halb- bis höchstens dreiviertelstündiges Erhitzen im Dampfe geklärt und darauf durch ein mit heißem Wasser angefeuchtetes, feinporiges Filtrierpapier filtriert.

Unmittelbar nach dem Filtrieren wird die noch warme Gelatine zweckmäßig mit Hilfe einer Abfüllvorrichtung, z. B. des Treskow-schen Trichters, in sterilisierte (durch einstündiges Erhitzen auf 130 bis 150° im Trockenschranke) Reagenzröhren in Mengen von 10 ccm eingefüllt und in diesen Röhren durch einmaliges 15 bis 20 Minuten langes Erhitzen im Dampfe sterilisiert. Die Nährgelatine sei klar und von gelblicher Farbe. Sie darf bei Temperaturen unter 26° nicht weich und unter 30° nicht flüssig werden. Blauvioletttes Lackmuspapier werde durch die verflüssigte Nährgelatine deutlich stärker gebläut. Auf Phenolphthalein reagiere sie noch schwach sauer.

**2. Entnahme der Wasserproben.** Die Entnahmegefäße müssen sterilisiert sein. Bei der Entnahme von Proben ist jede Verunreinigung des Wassers zu vermeiden; auch ist darauf zu achten, daß die Mündung der Entnahmegefäße während des Öffnens, Füllens und Verschließens nicht mit den Fingern berührt wird.

**3. Anlegen der Kulturen.** Nach der Entnahme der Wasserproben sind möglichst bald die Kulturen anzulegen, damit die Fehlerquelle ausgeschlossen wird, die aus der Vermehrung der Keime während der Aufbewahrungszeit des Wassers entsteht. Die Gelatineplatten sind daher möglichst unmittelbar nach Entnahme der Wasserproben anzulegen.

Die zum Abmessen der Wassermengen für das Anlegen der Kulturplatten zu benutzenden Pipetten müssen mit Teilstrichen versehen sein, welche gestatten, Mengen von 0,1 bis 1 ccm Wasser

<sup>1)</sup> Statt 1,5 Gewichtsteile krist. Soda können auch 10 Raumteile Normal-Sodalösung genommen werden.

genau abzumessen. Sie sind in gut schließenden Blechbüchsen durch einstündiges Erhitzen auf 130 bis 150° im Trockenschrank zu sterilisieren.

Für die Untersuchung des filtrierten Wassers genügt die Anfertigung einer Gelatineplatte mit 1 ccm der Wasserprobe; für die Untersuchung des Rohwassers dagegen ist die Herstellung mehrerer Platten in zweckentsprechenden Abstufungen der Wassermengen meist sogar eine vorherige Verdünnung der Wasserproben mit sterilem Wasser erforderlich.

Das Anlegen der Gelatineplatten soll in der Weise erfolgen, daß die aus der zu untersuchenden Wasserprobe mit der Pipette unter der üblichen Vorsicht herausgenommene Wassermenge in ein Petrischälchen entleert und dazu gleich darauf der zwischen 30 und 40° verflüssigte Inhalt eines Gelatineröhrchens gegossen wird. Wasser und Gelatine werden alsdann durch wiederholtes sanftes Neigen des Doppelschälchens miteinander vermischt; die Mischung wird gleichmäßig auf dem Boden der Schale ausgebreitet und zum Erstarren gebracht.

Die fertigen Kulturschälchen sind vor Licht und Staub geschützt bei einer Temperatur von 20 bis 22° aufzubewahren; zu diesem Zwecke empfiehlt sich die Benutzung eines auf die genannte Temperatur eingestellten Brutschrankes.

**4. Zählung der Keime.** Die Zahl der entwickelten Kolonien ist 48 Stunden nach Herrichtung der Kulturplatten mit Hilfe der Lupe und nötigenfalls einer Zählplatte festzustellen. Die gefundene Zahl ist unter Bemerkung der Züchtungstemperatur in die fortlaufend geführten Tabellen einzutragen<sup>1)</sup>.

An Stelle der Petrischälchen kann man auch abgeflachte Kölbchen in der Form von Feldflaschen benutzen, wie sie Schumburg, Fig. 11, und Rozsahegyi, Fig. 10 (siehe die nachstehenden Abbildungen) angegeben haben; in die eine Flachseite ist ein Quadratnetz eingeritzt, um das Zählen der Keime zu erleichtern; der Hals wird mit keimfreiem Wattepfropf verschlossen.

Ein schwacher Punkt des Gelatineplattenverfahrens ist, daß es mit ihm nicht möglich ist, solche Keime, die ein Zeichen bedenklicher Verunreinigung des Wassers sind, von harmlosen Bakterien ohne weiteres zu unterscheiden. Auch ist es ein Mangel dieses Verfahrens, daß immer nur geringe Mengen Wasser (höchstens

<sup>1)</sup> Vgl. Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes 1899. S. 108.

einige Kubikzentimeter) wirklich untersucht werden, und daß es unter Umständen zweifelhaft sein kann, ob die kleine Probe wirklich ein richtiges Bild von der Beschaffenheit des Wassers gibt.

Weniger hervor treten diese Mängel bei dem Verfahren des Nachweises von Kotverunreinigung im Wasser, welche Eijkman<sup>1)</sup> angegeben hat. Dieses beruht darauf, daß das *Bacterium coli* der Warmblüter (Mensch, Säugetiere und Vögel) auch bei höherer Temperatur ( $46^{\circ}$ ) in traubenzuckerhaltigen Nährlösungen noch Gärung hervorruft, eine Eigenschaft, die bisher bei keinem harmlosen Wasserkeim gefunden worden ist. Die Eijkmansche Probe, deren Ausführung leichter ist als die An-

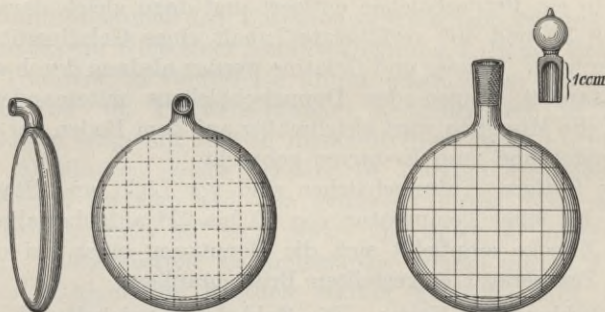


Fig. 10.

Fig. 11.

Kulturflasche nach Rozsahegyi. Kulturflasche nach Schumburg.

legung von Gelatineplatten, hat auch den Vorteil, daß mit Leichtigkeit 100 ccm Wasser und mehr zur Untersuchung herangezogen werden können. Infolgedessen ist der Rückschluß von dem Ausfall der Eijkmanschen Probe auf die Beschaffenheit des betreffenden Wassers sicherer als von der Keimzahl der Gelatineplatten. Ferner ist die Eijkmansche Probe ein besserer Indikator für bedenkliche Verunreinigungen eines Wassers, weil dabei viele harmlose Wasserbakterien, die an niedrigere Wärmegrade gewöhnt sind, ausgeschaltet werden. Die krankheitserregen-

<sup>1)</sup> Eijkman, Die Gärungsprobe bei  $46^{\circ}$  als Hilfsmittel bei der Trinkwasseruntersuchung. Zentralbl. f. Bakt. usw. 1904. I. Abtlg. Orig.-Bd. 37. S. 742, und Nowack, Anstaltsmitteilungen 1907. Heft 9. Ferner F. Worthmann, Anstaltsmitteilungen 1907. Heft 9. S. 185. J. Petruschky und H. Pusch, Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten 1903. S. 304.

den Bakterien, bei denen eine Verbreitung durch Wasser in Betracht kommt, werden hauptsächlich oder ausschließlich mit dem Kot ausgeschieden; daher ist ein Wasser, bei dem Kotverunreinigung nachzuweisen ist, in Gefahr, gelegentlich auch einmal mit den oben genannten krankheitserregenden Bakterien infiziert zu werden.

Bei Ausführung der Eijkmanschen Probe verwendet man zur Untersuchung von Trinkwasser im allgemeinen 100 ccm. Das Ansetzen der Probe geschieht in folgender Weise:

100 ccm des Wassers werden zu 15 ccm Eijkmanscher Nährlösung (10 g Traubenzucker, 10 g Pepton. siccum Witte, 5 g Kochsalz und 100 ccm Aq. dest.) in einem Gärkolben zugesetzt und 24—48 Stunden lang bei 46° gehalten. Ist innerhalb dieser Zeit keine Gasbildung im Kolben aufgetreten, so empfiehlt es sich, 100 ccm des Wassers mit gleichen Teilen Nährfleischbrühe bei 37° 24 Stunden lang anzureichern, von dieser Anreicherung etwa 1 ccm im Dunbarschen Gärröhrchen mit verdünnter Eijkmanscher Lösung (1 g Traubenzucker, 1 g Pepton. siccum Witte, 0,5 g Kochsalz und 100 ccm Aq. dest.) zu versetzen und 24 Stunden bei 46° zu halten. In manchen Fällen gelingt es auf diese Weise, noch einen positiven Ausfall der Eijkmanschen Probe zu erzielen, d. h. den Nachweis der Kotverunreinigung des Wassers zu führen<sup>1)</sup>. Um Zeit zu sparen, kann man natürlich auch gleich von vornherein diese Bouillonanreicherung mit ansetzen oder einen ebenso beschickten Gärkolben wie bei 46° auch bei 37° halten.

Bei Oberflächenwasser<sup>2)</sup> stellt man die Eijkmansche Probe mit 1 ccm und Bruchteilen eines ccm an und verwendet hierzu Dunbarsche Gärröhrchen, die mit verdünnter — 1proz. — Eijkmanscher Lösung 24 Stunden bei 46° gehalten werden.

Die im vorstehenden erwähnten Vorrichtungen werden von der Firma Paul Altmann in Berlin aus sterilisierfähigem Glas vorschriftsmäßig angefertigt.

<sup>1)</sup> K. Nowack, Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. usw. Heft 9. Berlin 1907. S. 202 und Hesse, Die neueren Methoden der bakteriologischen Wasseruntersuchung. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1914. Heft 4. S. 69.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Kißkalt und Hartmann, Praktikum der Bakteriologie und Protozoologie. Jena 1907.

Fig. 12 zeigt einen Glaskolben zur Aufnahme von ca. 100 ccm Wasser. Preis 1,50 M.

Fig. 13 einen solchen mit federndem Metallfuß. Preis 2,50 M.

Fig. 14. Gärröhrchen nach Dunbar. Preis 0,20 M.

Die Eijkmansche Probe als Indikator für Fäkalverunreinigung ist von J. Bulir<sup>1)</sup>, Christian<sup>2)</sup>, C. Hagemann<sup>3)</sup>, G. Neu-



Fig. 12.

Gärungskolben nach  
Eijkman.



Fig. 13.

Gärungskolben nach  
Eijkman mit Fuß.

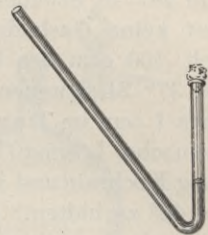


Fig. 14.

Dunbarsches Gär-  
röhrchen.

mann<sup>4)</sup>, J. Thomann<sup>5)</sup>, Ohlmüller und Spitta<sup>6)</sup>, R. Hilgermann<sup>7)</sup>, W. Fromme<sup>8)</sup> und L. Grünhut<sup>9)</sup> als zuverlässig oder

<sup>1)</sup> Archiv f. Hygiene 1907. Bd. 62. S. 1–13.

<sup>2)</sup> Archiv f. Hygiene 1905. Bd. 54. S. 386.

<sup>3)</sup> Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin und öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. 1905. Bd. 29. Heft 2. S. 424.

<sup>4)</sup> Archiv f. Hygiene 1906. Bd. 59. Heft 2. S. 174.

<sup>5)</sup> Schweizer. Wochenschr. Chem. und Pharm. 1906. S. 113. Ferner Hygienische Rundschau 1907. S. 857.

<sup>6)</sup> Unters. u. Beurt. d. Wassers u. Abwassers. 3. Aufl. Berlin 1910. S. 276.

<sup>7)</sup> Der Wert des B. coli-Befundes z. Beurt. d. Reinh. eines Wassers, in: Klin. Jahrb. Bd. 22. 1909. S. 336.

<sup>8)</sup> Über die Beurt. d. Kolibakterienbefundes im Trinkwasser, in: Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 65. 1910. S. 251.

<sup>9)</sup> Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914.

wertvoll bezeichnet worden. Kruse<sup>1)</sup>, Konrich<sup>2)</sup> und A. Gärtner<sup>3)</sup> kommen allerdings zu einem etwas abweichenden Ergebnis.

Um die Sicherheit zu haben, daß es sich wirklich um das *Bact. coli* handelt, wird man den Nachweis durch das Eijkman'sche Verfahren noch durch Feststellung anderer Merkmale dieses Kleinlebewesens ergänzen, namentlich durch die Säurebildung (Rotfärbung mit Fuchsinglanz auf Endo-Agar<sup>4)</sup>), die Nichtverflüssigung von Gelatine und die Nichtannahme der Gram'schen Färbung.

Neuerdings bringt man Wassermengen von 2,5 bis 30,0 ccm auf Endo-Agar zur Verdunstung und zählt die in 24 bis 48 Stunden zur Entwicklung kommenden Keime des *Bact. coli* (vgl. Marman<sup>5)</sup>, Oettinger<sup>6)</sup>, Gins<sup>7)</sup>).

Entnahme von Wasserproben. Die erste Vorbedingung für jede bakteriologische Wasseruntersuchung ist die einwandfreie Entnahme der Wasserproben<sup>8)</sup>.

Zapfhähne, Ausläufe von Pumpbrunnen<sup>9)</sup> und Quellfassungen reinigt man zunächst sorgfältig und flammt sie, wenn sie von Metall sind, ab, dann läßt man sie genügend lange (10—20 Minuten) ablaufen oder abpumpen und fängt nun das zu prüfende Wasser in keimfreien Reagenzglaschen nach Abbrennen ihres Randes auf.

Aus offenen Brunnen, Quellen, Wasserläufen usw. entnimmt

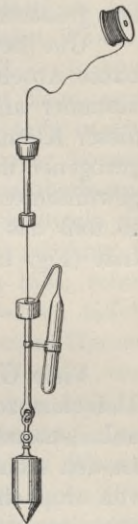


Fig. 15.  
Abschlag-  
Apparat nach  
Selavo-  
Czaplewski.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten 1908. Bd. 59. S. 6—94.

<sup>2)</sup> Zur Bewert. d. *Bact. coli* im Wasser, in: Klin. Jahrb. Bd. 23. 1910. S. 1.

<sup>3)</sup> *Bact. coli* als Indikator f. fäk. Verunreinigung eines Wassers, in: Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 67. 1910. S. 55.

<sup>4)</sup> Zentralbl. f. Bakt. I. Abtlg. Orig.-Bd. 35. 1904. S. 109.

<sup>5)</sup> Ein neues Verfahren zum quantitativen Nachweis d. *Bact. coli* im Wasser. Zentralbl. f. Bakt. I. Abtlg. Orig.-Bd. 50. S. 267.

<sup>6)</sup> Die bakteriologische Kontrolle von Sandfilteranlagen. Habilitationsschrift. Breslau 1911.

<sup>7)</sup> Beitrag zur Technik der Coli-Untersuchung von Trinkwässern. Veröffentl. a. d. Geb. d. Medizinalverw. Berlin 1914. Bd. III. S. 199.

<sup>8)</sup> Vgl. C. Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie. 6. Aufl. Leipzig 1906. S. 270.

<sup>9)</sup> R. Abel, Bakteriologisches Taschenbuch. 18. Aufl. Würzburg 1914.





Luft erhält das Wasser einen leichten Schleier, der zusehends an Stärke zunimmt. Das Wasser wird bei gleichzeitiger Gelbfärbung sodann opalisierend und schließlich trübe. Unter Abscheidung von gelbbraunen Flöckchen von Eisenhydroxyd klärt es sich alsdann nach einiger Zeit meist wieder. Bei vielen Wässern geht diese Eisenausscheidung verhältnismäßig schnell — in einigen Stunden —; bei manchen Wässern sind hierzu Tage, auch wohl Wochen erforderlich. Der Grund hierfür liegt teils in dem mehr oder minder hohen Eisengehalt, teils, und zwar vorwiegend, in der chemischen Zusammensetzung des Wassers überhaupt. Ganz allgemein läßt sich jedoch sagen, daß durch Schütteln der betreffenden Wasserprobe mit Luft sich die Eisenausfällung in den weitaus meisten Fällen erheblich beschleunigen läßt, sofern das Eisen sich auf solche Weise überhaupt ausscheiden läßt<sup>1)</sup>.

Gesundheitsschädlich<sup>2)</sup> ist der hohe Eisengehalt eines Wassers im allgemeinen nicht. Die Appetitlichkeit eines Wassers wird hierdurch aber infolge der Trübung und Bildung von braunen Eisenhydroxydflöckchen nicht unwesentlich herabgesetzt. Auch leidet der Geruch und besonders der Geschmack<sup>3)</sup> des Wassers stark (tintenartig, bei hohen Eisengehalten). 1,5 mg Eisen (Fe), in 1 l destillierten Wassers in Form von Ferrobikarbonat gelöst, konnte ich beispielsweise schon deutlich schmecken.

Für viele Wirtschaftszwecke, wie z. B. Waschen, ist der Eisengehalt recht störend durch Gelbfärbung der Wäsche und Erzeugung von Rostflecken; außerdem verleiht er der Wäsche einen unangenehmen (muffigen) Geruch. Das Eisen haftet an den

---

<sup>1)</sup> Vgl. auch L. Darapsky, Das Gesetz der Eisenabscheidung aus Grundwässern. Gesundheit 1906. Nr. 13 u. 14. Ferner Journal f. Gasbel. und Wasserversorg. 1907. Nr. 52.

<sup>2)</sup> Vgl. M. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig u. Wien 1907. S. 366 u. 367, und C. Flügge, Grundriß der Hygiene. 6. Aufl. Leipzig 1908. S. 132—133.

<sup>3)</sup> Insofern entspricht alsdann ein solches Wasser nicht mehr den Anforderungen, die man an ein gutes Trinkwasser stellt. In dem gemeinsamen Erlaß der Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten und des Innern vom 23. April 1907, betreffend die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Wassers, Ministerial-Blatt für Medizinal- u. med. Unterrichts-Angelegenheit. 1907. Bd. 7. Nr. 11. S. 158 bis 185 heißt es bei § 3: „Das Wasser selbst soll möglichst farblos, klar, gleichmäßig kühl, frei von fremdartigem Geruch und Geschmack, kurz von solcher Beschaffenheit sein, daß es gern genossen wird.“

im Haushalt verwendeten Gefäßen sowie an den Gewebefasern ziemlich fest. Zur Bereitung von Kaffee, Tee usw. ist eisenhaltiges Wasser wenig oder gar nicht geeignet. Für sehr viele technische Betriebe wie Bleichereien, Gerbereien, Färbereien, Zeugdruckereien, Wäschereien, Leim-, Stärke-, Papierfabrikation, Herstellung photographischer Platten, künstlicher Zellstoffseide usw. ist eisenhaltiges Wasser nicht anwendbar. Ebenso wenig eignet es sich zur Bewässerung von Gartenanlagen, zur Speisung öffentlicher Springbrunnen usw., da es die Figuren und Becken mit braunem Eisenoxyd (Eisenocker) überzieht. Ferner ist eisenhaltiges Wasser ungeeignet für eine Zentralversorgung, da es leicht Verschlammungen des Rohrsystems und die damit verbundenen Kalamitäten — als Betriebsunterbrechungen usw. — herbeiführen kann.

Im Molkereibetriebe<sup>1)</sup> verleiht eisenhaltiges Wasser der Milch, dem Rahm und der Butter metallischen (tintenartigen) Geschmack und erzeugt im Käse Rostflecke.

Die Glas- und Tonwarenindustrie braucht ebenfalls eisenfreies Wasser.

Oberflächenwasser, das Eisenoxydschlamm führt, ist für Fische<sup>2)</sup> sehr schädlich, da sich das fein verteilte Eisen beim Atmen der Fische mit dem Atemwasser auf die Kiemen festsetzt und somit Erstickung hervorruft.

Der Eisengehalt der Grundwässer ist, wie bereits erörtert, recht verschieden. Wässer mit mehr als 10 mg Eisen (Fe) in 1 l beobachtet man öfters. Ein Gehalt von 1 — 3 mg Fe in 1 l kommt vielfach in eisenhaltigen Wässern vor. In der Regel findet man, daß die eingangs erwähnten typischen Eisenausscheidungen aus Wässern bei Berührung mit der atmosphärischen Luft erst dann eintreten, wenn der Eisengehalt mehr als 0,2 mg Fe in 1 Liter beträgt. Unter dieser Grenze treten nur selten Eisenausscheidungen ein. Es sind aber auch Fälle bekannt, bei denen das Eisen trotz eines höheren Gehaltes an Eisenverbindungen infolge der eigenartigen chemischen Zusammensetzung des Wassers ohne weiteres nicht zur Ausscheidung gelangt. Bei den vielen Wasseruntersuchungen stellte der Verfasser ebenfalls fest, daß Wässer mit verhältnismäßig viel organischen Substanzen<sup>3)</sup> (Humin-

<sup>1)</sup> A. Hesse, Molkerei-Ztg. 1905. S. 181.

<sup>2)</sup> B. Hofer, Allg. Fischerei-Ztg. 1894. S. 394.

<sup>3)</sup> Dunbar, Zeitschr. f. Hygiene 1896. S. 105.

stoffen) — angezeigt durch den hohen Kaliumpermanganatverbrauch — das Eisen für gewöhnlich nur schwer ausscheiden. Derartige Wasser entstammen sehr häufig moorigem Untergrund und sind in der Regel durch folgende Merkmale<sup>1)</sup> noch charakterisiert: Geruch: dumpfig, moorig; Geschmack: fade; Reaktion: neutral bis sauer; Farbe: je nach dem Gehalt an Huminstoffen, schwach gelblich bis gelbbraun. Für Wasserversorgungen sind daher Wasser mit einem Gehalt von mehr als 0,2 mg Fe im Liter im allgemeinen nicht besonders geeignet, da dieser Umstand bereits genügt, um die bekannten Mißstände, als Ablagerungen und Verstopfungen in den Röhren<sup>2)</sup> usw., hervorzurufen. Mit wachsendem Eisengehalt werden naturgemäß auch die Übelstände in der Regel größer. Häufig werden diese Verschlammungen noch durch das Auftreten von Eisen- und Manganbakterien — in Frage kommen in erster Linie *Chlamydothrix*, *Gallionella* und *Crenothrix* — vermehrt, welche durch mächtige Wucherungen die Rohrleitungen verengen oder verschlammten können.

Besonders die Gattung *Chlamydothrix* besitzt häufig dicke Gallertscheiden, welche sich durch Einlagerung von Eisenverbindungen stark bräunen. Durch diese verquollenen, stark mit Eisen imprägnierten Scheiden wird das Volumen der abgelagerten Massen erheblich vermehrt.

Im nachstehenden seien einige Arbeiten über Eisen- und Manganbakterien im Wasser mitgeteilt:

- O. Adler, Über Eisenbakterien in ihrer Beziehung zu den therapeutisch verwendeten natürlichen Eisenwässern. Zentralblatt f. Bakteriologie 1904. Bd. 11. Abtlg. II. S. 215 u. 277.
- A. Beythien, Über ein Vorkommen von Eisenbakterien im Leitungswasser. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. Bd. 9. 1905. S. 529.

---

<sup>1)</sup> Klut, Über den Nachweis von Humussubstanzen im Wasser Pharm. Ztg. 1906. Nr. 51. S. 777 u. 778.

<sup>2)</sup> Im Anschluß hieran sei kurz erwähnt, daß zur Entfernung dieser Ablagerungen aus den Rohrleitungen Nowotnys Röhren-Reinigungsapparat, z. B. von der A.-G. Hannoversche Eisengießerei, Misburg in Anderten, sich in der Praxis gut bewährt hat. Vgl. auch Schorler, Die Rostbildung in den Wasserleitungsröhren. Zentralbl. f. Bakteriologie. II. Abtlg. 1906. Bd. 15. Nr. 17 u. 18. Ferner Ermel, Ergebnisse mit Rohrreinigungsapparaten am Wasserrohrnetze der Stadt Krefeld. Journal f. Gasbeleucht. u. Wasserversorgung 1907. Nr. 30. S. 695—697.

- A. Beythien, H. Hempel, L. Kraft, Beiträge zur Kenntnis des Vorkommens von *Crenothrix polyspora* in Brunnenwässern. I. c. Bd. 7. 1904. S. 215.
- Cohn, Über den Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*). Beiträge z. Biologie der Pflanzen. Bd. 1. 1870.
- R. Kolkwitz, Schizomycetes, Spaltpilze (Bakteria). Krypt.-Fl. d. Mark Brandenburg. 1909. Bd. 5. S. 1—186. Ferner Pflanzenphysiologie. Jena 1914. S. 89. Ferner Wasser und Abwasser 1910. Bd. 2. S. 455.
- Migula, System der Bakterien. Jena 1897—1900.
- H. Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892. — Die Eisenbakterien. Jena 1910.
- E. v. Raumer, Über das Auftreten von Eisen und Mangan in Wasserleitungswasser. Zeitschr. f. analyt. Chemie. Bd. 42. 1903. S. 590.
- W. Rullmann, Die Eisenbakterien, in Franz Lafar, Handbuch der techn. Mykologie. Bd. 3. Abschnitt II. S. 193—213. Jena 1904—1906.
- B. Schorler, Die Rostbildung in den Wasserleitungsröhren. Zentralblatt f. Bakteriologie, Parasitenkunde u. Infektionskrankheiten. 1906. Bd. 15. Abtlg. II. S. 564, ferner 1904. Bd. 12. Abtlg. II. S. 681. Beiträge z. Kenntnis der Eisenbakterien.
- W. Zopf, Untersuchung über *Crenothrix polyspora*, die Ursache der Berliner Wasserkalamität. Berlin 1879.

Unter dem massenhaften Auftreten von Eisen- und Manganbakterien neben zum Teil hohem Eisengehalt im Wasser haben viele Städte, z. B. Bamberg, Berlin, Charlottenburg, Dessau, Erlangen, Frankfurt a. O., Halle, Kiel, Königsberg i. Pr., Leipzig, Potsdam, Prag usw., leiden müssen. Durch ein geeignetes Enteisungsverfahren mit anschließender Filterung solcher Wässer lassen sich im allgemeinen diese Übelstände beseitigen.

In der Praxis besteht ein Bedürfnis, die Höhe des Eisengehaltes in bestimmte Klassen<sup>1)</sup> einzuteilen. Bei dieser Gruppierung wird man die Anforderungen, die bei größeren Zentralwasserversorgungen zu stellen sind, zu unterscheiden haben von den Bedürfnissen der Wasserversorgung im kleinen, wie bei Brunnen, kleineren Quellwasserleitungen usw.

I. Für größere Zentralwasserversorgungen kann man einen Eisengehalt bis zu 0,2 mg Fe in 1 l Wasser als gering bezeichnen, weil er in solchen Fällen keine erheblichen Störungen im Betriebe und in der Verwendung hervorruft und eine künstliche Enteisung des Wassers nicht durchaus notwendig ist.

<sup>1)</sup> Klut, Gesundheit 1907. Nr. 19.

Für gewisse Gewerbe<sup>1)</sup>, z. B. Färbereien, Wäschereien, Papierfabrikation usw. usw. wäre indessen als Grenze des zulässigen Eisengehaltes bei dem zur Verwendung gelangenden Wasser schon 0,1 mg Fe im Liter anzusehen, wenn nicht wie bei Kunstbleichereien, Fabrikation sehr feiner weißer Papiere auch diese Menge bereits stören kann, und nur ein nahezu eisenfreies Wasser brauchbar ist. Eine dauernde gleichmäßige Herabsetzung des Eisengehaltes eines Wassers bis 0,1 mg Fe im Liter dürfte daher auch für die meisten technischen Zwecke ausreichend sein.

Inwieweit eine derartige Reduktion des Eisens in der Praxis durchführbar ist, hängt einmal von der chemischen Zusammensetzung des betreffenden Wassers, andererseits von dem geübten Enteisungsverfahren<sup>2)</sup> und der mehr oder weniger leichten Ausfällbarkeit des Eisens ab. Wässer mit einem Gehalt unter 0,05 mg Fe im Liter nach erfolgter Enteisung sind mir häufig begegnet.

Als mittlerer Eisengehalt wäre ein solcher von 0,2 bis 1,0 mg Fe im Liter Wasser anzusehen. Eine Enteisung ist bei dieser Gruppe von Wässern, sobald sie zur Speisung größerer Wasserleitungen herangezogen werden, entschieden nötig.

Mehr als 1,0 bis 3 mg Fe in 1 l Wasser wird wenigstens in der norddeutschen Tiefebene seltener angetroffen. Ein solcher Eisengehalt im Wasser ist als ziemlich hoch zu bezeichnen. Bei mehr als 3 mg Fe im Liter kann man von einem hohen Eisengehalte der Wässer sprechen.

Nachstehend einige Literatur über Enteisung des Wassers bei Zentralversorgungen.

- C. Bärenfänger, Enteisung von Grundwässern, in: Th. Weyl, Die Betriebsführung städtischer Werke. Bd. I. Wasserwerke. Leipzig 1909. S. 162.
- L. Darapsky, Enteisung von Grundwasser. Leipzig 1905, und das Gesetz der Eisenabscheidung aus Grundwässern. Leipzig 1906.
- R. Haack, Versuche über Enteisungsverfahren und verschiedene Filter. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1911. Nr. 42.
- O. Kröhnke, Die Reinigung des Wassers. Stuttgart 1900.
- O. Lueger, Die Wasserversorgung der Städte. II. Abtlg. Leipzig 1908. Der städtische Tiefbau. Bd. 2.

<sup>1)</sup> Vgl. auch Welwart, Eisenfreies Wasser in der Textilindustrie. Chem.-Ztg. 1907. S. 329.

<sup>2)</sup> Vgl. auch: Über die Grenze der Enteisung von Trinkwasser. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1912. Bd. 55. Nr. 43. S. 1058.

- G. Oesten in A. Frühling, Der Wasserbau. 3. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften. Bd. 3. Die Wasserversorgung der Städte. 4. Aufl. Leipzig 1904.
- Prigge, Über neuere Enteisungssysteme. Hygienische Rundschau. Bd. 19. 1909. S. 1161.
- Schmidt und Bunte, Über die Vorgänge bei der Enteisung des Wassers. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. Bd. 46. 1903. Nr. 25. S. 481.
- H. Schwers, Die Enteisung der Trinkwässer in Deutschland und in den Niederlanden. Wasser und Abwasser. Bd. 1. 1909. S. 116. Bd. 2. 1910. S. 374. Bd. 3. 1911. S. 72. Bd. 4. 1911. S. 1. Bd. 5. 1912. S. 211.
- J. Tillmans, Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung. Halle a. S. 1912.
- H. Többen, Über die besten Verfahren der Reinigung des Grundwassers von Eisen und Mangan. Gesundheits-Ing. 1907. Nr. 46 u. 47.
- R. Weyrauch, Wasserversorgung der Ortschaften. Leipzig 1910.

II. Für kleinere Verhältnisse muß man die Gruppe I zweckmäßig etwas erweitern.

Häufig erfordert bei Brunnen und kleinen Wasserleitungen, die fast ausschließlich für Trink- und Wirtschaftszwecke dienen, auch ein Eisengehalt von 0,2—0,5 mg Fe in 1 l Wasser nicht durchaus eine künstliche Entfernung, so daß man in diesen Fällen einen Eisengehalt bis zu 0,50 mg Fe im Liter Wasser noch als gering ansehen kann.

Darüber hinaus läßt sich eine künstliche Enteisung schlecht umgehen, wenn das geförderte Wasser allgemeinere Verwendung zu Trink- und besonders Wirtschaftszwecken finden soll.

Einige Literatur über Enteisung des Wassers in kleinen Betrieben:

- Finger, Klinisches Jahrbuch. Bd. 19. 1908.
- Gans, Wasser und Abwasser. Bd. 3. 1911. S. 499 u. 501.
- Klut, Pharmazeut. Ztg. 1906. Nr. 86.
- K. Opitz, Klinisches Jahrbuch. Bd. 26. Jena 1912. S. 449.
- Peters, Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 61. 1908. S. 247.
- Wolff, Offizieller Bericht über die 18. Hauptversammlung des Preuß. Medizinalbeamten-Vereins zu Berlin 1901. S. 42.

Es darf wohl als selbstverständlich vorausgesetzt werden, daß obige Klassifizierung nur einen ungefähren Anhalt für die Beurteilung der Höhe des Eisengehaltes eines Wassers bieten kann.

Bei Erschließung eines neuen Grundwasserreservoirs zur Anlage eines Wasserwerkes oder auch Einzelbrunnens ist neben einer Reihe anderer Fragen häufig eine der wichtigsten diejenige nach dem Eisengehalt des betreffenden Wassers; und es ist meist sehr erwünscht, schon am Orte der Entnahme sogleich zu wissen,

ob und in welchem Grade das Wasser eisenhaltig ist, und ob für Wirtschafts- und technische Zwecke eine künstliche Enteisung des Wassers erforderlich ist.

Als Reagens zum **Nachweis** von Eisenoxydulverbindungen<sup>1)</sup> im Wasser, wie solche ja vorwiegend in vielen Grundwässern vorhanden sind, hat sich allgemein die vom Verfasser empfohlene 10proz. Natriumsulfidlösung gut bewährt<sup>2)</sup>. Das zur Verwendung gelangende Natriumsulfid muß chemisch rein sein. Das im Handel erhältliche Natriumsulfid ist meist nicht von genügender Reinheit. Es enthält häufig störende Polysulfide. Zu empfehlen ist das von der Firma C. A. F. Kahlbaum in Berlin erhältliche chemisch reine Schwefelnatrium ( $\text{Na}_2\text{S} + 9\text{H}_2\text{O}$ ); es bildet farblose, hygroskopische Kristalle, die sich in Wasser leicht lösen. Die farblose, alkalisch reagierende Lösung in destilliertem Wasser ist in braunen, gut schließenden Glasstöpselgefäßen haltbar. Um das Einkitten des Stopfens zu verhüten, ist es zweckmäßig, ihn mit Paraffinsalbe gut einzufetten.

Nach den Untersuchungen von L. W. Winkler<sup>3)</sup> hält sich die Natriumsulfidlösung wesentlich besser, und kittet auch der Glasstopfen kaum ein, wenn man die Lösung nach folgender Vorschrift bereitet:

25 g Natriumnitrat und 5 g Natriumsulfid werden unter gelindem Erwärmen in so viel destilliertem Wasser gelöst, daß die Lösung 50 ccm beträgt. Sollte die Lösung nicht völlig klar sein, so filtriere man sie durch einen Wattebausch.

Bei Ausführung der Prüfung eines Wassers auf Eisen versetzt man am besten in einem Zylinder aus farblosem Glase von 2–2,5 cm lichter Weite, ca. 30 cm Höhe und ebenem Boden, der durch Lacküberzug oder noch besser mit abnehmbarer schwarzer Metallhülse usw. gegen seitwärts einfallendes Licht geschützt ist — vgl. die vor-



Fig. 16.  
Schaurohr.

<sup>1)</sup> Über die sonstigen Methoden des Eisennachweises im Wasser vgl. meine Arbeiten: Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Heft 8. 1907, und Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorg. 1907. Nr. 39. S. 898.

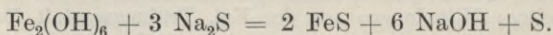
<sup>2)</sup> Finger, Wasserversorgung in den Marschen. Klinisches Jahrbuch 1908. Bd. 19.

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. analyt. Chemie 1913. S. 642.

stehende Abbildung Fig. 16 —, das auf Eisen zu untersuchende Wasser mit 2—3 Tropfen Natriumsulfidlösung. Man blickt von oben durch die Wassersäule auf eine in einiger Entfernung (3—4 cm) befindliche weiße Unterlage, z. B. eine Porzellanplatte. Je nach der vorhandenen Eisenmenge tritt sogleich oder innerhalb kurzer Zeit — 2—3 Minuten — eine grüngelbe, unter Umständen bis braunschwarze Färbung ein. Das im Wasser vorhandene Eisen wird hierbei in Ferrosulfid verwandelt, welches in kolloidaler Form in Lösung bleibt. Bei geringen Eisenmengen im Wasser ist es ratsam, zum Vergleich stets einen Versuch mit einem eisenfreien Wasser, am besten destillierten, anzustellen oder aber auch das ursprüngliche, nicht mit dem Reagens versetzte Wasser anzuwenden. Auf diese Weise lassen sich bis zu 0,15 mg Fe in 1 l Wasser erkennen. Unter 0,5 mg Fe ist der Farbenton meist grünlich, darüber hinaus mehr grüngelb und bei noch mehr Eisen dunkelgrün, braun bis braunschwarz. Bei einem Eisengehalt von 1 mg Fe in 1 l aufwärts kann man die Grünfärbung schon in einem Reagenzglas im Verlauf von 2—3 Minuten gut beobachten.

Sollten, was wohl selten der Fall ist, noch andere Schwermetalle im Wasser vorhanden sein — in Frage kommt neben Kupfer hauptsächlich Blei —, so tritt hierbei ebenfalls durch Natriumsulfid diese Färbung ein. Liegt eine solche Möglichkeit vor, so säuert man die gefärbte Flüssigkeit mit einigen ccm konzentrierter Salzsäure an. Ist nur Eisen vorhanden, so muß die Färbung verschwinden, da Ferrosulfid in verdünnter Salzsäure leicht löslich ist. Wird dagegen kein Unterschied wahrgenommen, so ist Blei oder Kupfer zugegen; Metalle, deren Sulfide in verdünnter Salzsäure nicht löslich sind.

Im Anschluß daran sei noch erwähnt, daß auf Eisenoxydverbindungen Schwefelnatrium weit weniger intensiv reagiert. Es beruht dies darauf, daß die Ferriverbindungen zu Ferroverbindungen reduziert werden unter Abspaltung von Schwefel, der in fein verteiltem Zustande durch seine weißliche Färbung stört:



Handelt es sich darum, auch Eisenoxydverbindungen in einem Wasser nachzuweisen, so geschieht der Nachweis am besten mit Kaliumsulfozyanat in salzsaurer Lösung. Die



hierbei eintretende Rosa- oder Rotfärbung zeigt Ferriverbindungen an.

Die Ergebnisse der Eisenuntersuchung werden von den Chemikern vielfach in verschiedener Weise angegeben, teils als Eisenoxydul, teils als Eisenoxyd usw. Ich würde empfehlen, das Eisen einfach als Fe anzugeben. Vgl. auch bei Mangan. Über die Verhältniszahlen genannter Verbindungen gibt die nachstehende Umrechnungstabelle Aufschluß:

Umrechnungstabelle:

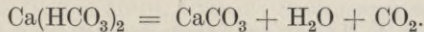
|   | Eisen   | Ferrosoxyd | Ferrioxyd |
|---|---------|------------|-----------|
| 1 Teil Eisen (Fe) . . . . .   | = 1,0   | 1,286      | 1,429     |
| 1 „ Ferrosoxyd<br>(Eisenoxydul, FeO) . . . . .                          | = 0,778 | 1,0        | 1,11      |
| 1 „ Ferrioxyd<br>(Eisenoxyd, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . . | = 0,7   | 0,9        | 1,0       |

### Kohlensäure.

Man unterscheidet im Wasser verschiedene Formen des Vorkommens von Kohlensäure:

I. Festgebundene oder, besser ausgedrückt, ganz gebundene Kohlensäure, wie in Monokarbonaten, z. B. Kalzium- und Magnesiumkarbonat  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , die auch als neutrale Karbonate bezeichnet werden. Die Kohlensäure ist aus diesen Verbindungen durch einfaches Kochen des Wassers nicht zu entfernen.

II. Halbgebundene Kohlensäure, wie in Bi- oder Dikarbonaten, z. B. Kalzium-, Magnesiumbikarbonat:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , die auch saure Karbonate genannt werden. Die Hälfte der Kohlensäure entweicht beim Erhitzen des Wassers. Es entsteht Monokarbonat, z. B.



Während Kalzium- und Magnesiumbikarbonat im Wasser verhältnismäßig leicht löslich sind, besitzen ihre Monokarbonate nur eine geringe Löslichkeit, sie scheiden sich daher beim Erwärmen eines solchen Wassers zum größten Teile aus. Kalzium- und Magnesiumbikarbonat bilden die vorübergehende oder temporäre, transitorische oder, wissenschaftlich besser ausgedrückt,

Karbonathärte eines Wassers. Über ihre hygienische und technische Bewertung vgl. S. 51 u. 132.

Ähnlich wie die Bikarbonate des Kalziums und Magnesiums verhalten sich die Bikarbonate des Bleies, Eisens, Mangans und Zinks. Diese sauren Karbonate sind ebenfalls in kohlensäurehaltigem Wasser löslich.

III. Freie Kohlensäure. Diese ist nicht an Basen gebunden, sondern als Gas<sup>1)</sup> oder in Form ihres Hydrates:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$  im Wasser gelöst (absorbiert). Die Kohlensäure ist im Wasser leicht löslich. Nach Landolt-Börnstein<sup>2)</sup> löst 1 Liter Wasser bei:

|     |      |                  |   |      |                    |
|-----|------|------------------|---|------|--------------------|
| 0°  | 1713 | ccm (Normalvol.) | = | 3343 | mg CO <sub>2</sub> |
| 4°  | 1473 | „ „              | = | 2869 | „ „                |
| 8°  | 1282 | „ „              | = | 2491 | „ „                |
| 10° | 1194 | „ „              | = | 2316 | „ „                |
| 12° | 1117 | „ „              | = | 2164 | „ „                |
| 15° | 1019 | „ „              | = | 1969 | „ „                |

1 Liter Kohlensäure (CO<sub>2</sub>) wiegt bei 0° und 760 mm Druck in Meereshöhe und unter 45° Breite: 1,9651 g. Die Dichte der Kohlensäure beträgt 1,52 (Luft = 1).

Im allgemeinen enthalten unsere natürlichen Wässer nur geringe Mengen freier Kohlensäure, während halb und festgebundene Kohlensäure sich fast in jedem Wasser finden. Verhältnismäßig reich an freier Kohlensäure sind häufig weiche Wässer, in denen ich bis zu 40 mg CO<sub>2</sub> in 1 Liter Wasser und mehr gefunden habe.

Für den Genuß des Wassers hat die freie Kohlensäure eher eine günstige<sup>3)</sup> als nachteilige Bedeutung. Über ihren Nachweis durch den Geschmack vgl. S. 26.

IV. Aggressive Kohlensäure. Hierunter versteht man nach J. Tillmans<sup>4)</sup> die Menge freier Kohlensäure im Wasser,

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. A. F. Holleman, Lehrbuch der anorgan. Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 229.

<sup>2)</sup> Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 4. Aufl. Berlin 1912. S. 149 u. 599.

<sup>3)</sup> Vgl. u. a. A. Friedmann in der Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten 1914. Bd. 77. S. 140.

<sup>4)</sup> J. Tillmans, Aggressive Kohlensäure. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorgung. 1913. Bd. 56. S. 352.

die auf Metalle und Mörtelmaterial angreifende Eigenschaften besitzt. Bei Zentralversorgungsanlagen ist naturgemäß der Nachweis der Anwesenheit von aggressiver Kohlensäure im Wasser von größter Bedeutung. Über Nachweis und Bestimmung der aggressiven Kohlensäure vgl. S. 132.

Nachweis und Bestimmung der Kohlensäure, besonders der freien, im Wasser sind in den letzten Jahren Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Die bisherigen Methoden haben teilweise nicht unerhebliche Mängel aufgewiesen. Aus nachstehender Literatur ist alles Nähere zu ersehen:

- Fr. Auerbach, Zur Bestimmung der freien Kohlensäure im Wasser nach Trillich. Zeitschr. f. angew. Chemie 1912. Bd. 25. II. S. 1722.
- A. Beythien, C. Hartwich und M. Klimmer, Handbuch der Nahrungsmitteluntersuchung. Bd. I. „Wasser“. Leipzig 1913. S. 890.
- L. Grünhut, Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914. S. 480.
- F. Guth, Beitrag zur Bestimmung der Kohlensäure im Wasser. Gesundheits-Ingenieur 1908. Bd. 31. Nr. 47. S. 737.
- H. Noll, Beitrag zur Bestimmung der Härte, sowie der freien, halbgebundenen und gebundenen Kohlensäure in Wässern. Zeitschr. f. angew. Chemie. 1908. Bd. 21. Heft 14. S. 640.
- Derselbe, Zur Bestimmung der gebundenen Kohlensäure im Wasser. Zeitschr. f. angew. Chemie 1908. Bd. 21. Heft 27. S. 1455.
- Derselbe, Über die Bestimmung freier vom Wasser gelöster Kohlensäure. Gesundheits-Ingenieur 1908. Bd. 31. Nr. 31. S. 485.
- Derselbe, Beitrag zur Bestimmung der freien Kohlensäure im Wasser nach Trillich. Zeitschr. f. angew. Chemie 1912. Bd. 25. I. Heft 20. S. 998.
- Derselbe, Verwendung des Phenolphthaleins und der Rosolsäure zur Bestimmung der freien Kohlensäure im Wasser. Zeitschr. f. angew. Chemie 1913. Bd. 26. I. S. 85.
- R. Richter, Phenolphthalein als Indikator. Pharmazeut. Ztg. 1912. Bd. 57. Nr. 99. S. 998.
- J. Tillmans, Über die Bestimmungsmethoden der Kohlensäure im Wasser. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. Bd. 56. Nr. 15 u. 16. S. 348.
- J. Tillmans und O. Heublein, Über die Bestimmung der freien Kohlensäure im Wasser. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel. Berlin 1910. Bd. 20. Heft 10. S. 617.
- Dieselben, Über die Titration von Alkalikarbonaten neben Ätzalkalien oder Bikarbonaten. Zeitschr. f. angew. Chemie 1911. Bd. 24. Heft 19. S. 874.
- Dieselben, Über die Bestimmung der freien Kohlensäure im Wasser durch Titration mit Alkalien und Phenolphthalein. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1912. Bd. 24. Heft 7. S. 429.

L. W. Winkler, Über die Bestimmung der Kohlensäure. Zeitschr. f. analyt. Chemie 1913. S. 421.

Derselbe, Über die Bestimmung der freien Kohlensäure in Trink- und Nutzwässern. Zeitschr. f. analyt. Chemie 1914. S. 746.

Derselbe, Über den Nachweis angreifender Kohlensäure. Zeitschr. f. angew. Chemie 1915. Bd. 28. Nr. 72. S. 376.

Am Orte der Entnahme kommt meist nur die Bestimmung der freien Kohlensäure neben der aggressiven in Frage, da an eingesandten Wasserproben Kohlensäureverluste sehr leicht möglich sind.

Zum Nachweis der freien Kohlensäure ist die bisher vielfach benutzte M. Pettenkofersche Methode mit Rosolsäure<sup>1)</sup>, die aber aus den im Abschnitt Reaktion S. 59 näher mitgeteilten Gründen meist nicht zuverlässig genug ist. An ihrer Stelle wendet man jetzt zweckmäßig folgendes Verfahren an:

50–100 ccm Wasser werden mit einigen Tropfen einer durch Alkali eben rot gefärbten Phenolphthaleinlösung versetzt, die bei Gegenwart freier Kohlensäure entfärbt wird. Da etwa vorhandene freie Mineralsäure, z. B. Schwefelsäure, gleichfalls Entfärbung hervorruft, empfiehlt es sich, die Prüfung mit dem ausgekochten Wasser zu wiederholen.

Über den Nachweis von Mineralsäuren im Wasser vgl. Abschnitt Reaktion des Wassers S. 59.

Da fast alle Wässer mehr oder weniger freie Kohlensäure<sup>2)</sup> gelöst enthalten, erübrigt sich in der Regel ihr Nachweis.

Zur Bestimmung der freien Kohlensäure im Wasser sind die beiden folgenden Methoden zu empfehlen:

**1. Die Methode von J. Tillmans und O. Heublein<sup>3)</sup>.** Man läßt das Wasser aus einem Schlauch am Ort der Entnahme in langsamem, stetigem Strahl eine Zeitlang ausfließen und dann in ein mit Gummi- oder Korkstopfen verschließbares, bei 200 ccm mit einer Ringmarke versehenes Kölbchen langsam bis zur Marke aufsteigen. Man setzt dann 1 ccm einer Phenolphthaleinlösung, die durch Auflösen von 350 mg reinem Phenolphthalein in 1 Liter Alkohol (95proz.) hergestellt ist. Man läßt nun aus einer Burette

<sup>1)</sup> Vgl. Tiemann-Gärtners Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 4. Aufl. Braunschweig 1895. S. 50.

<sup>2)</sup> Vgl. auch J. Tillmans, im Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. S. 352.

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1912. Bd. 24. Heft 7. S. 429.

Kalkwasser oder  $\frac{1}{20}$ -Normal-Natronlauge oder  $\frac{1}{10}$ -Normal-Natriumkarbonatlösung in das Kölbchen fließen. Nach jedem Zusatz verschließt man das Kölbchen zur Vermeidung von Kohlensäureverlusten und mischt behutsam. Eine mindestens 5 Minuten lang bestehende Rosafärbung zeigt das Ende der Reaktion an. Es empfiehlt sich, die Titration dann nochmals zu wiederholen, indem man die bei der ersten Titration verbrauchte Menge Alkali auf einmal zugibt und einen etwaigen Rest von Kohlensäure bis zur eben auftretenden Rosafärbung austitriert.

Bei einer Karbonathärte des Wassers über  $10^0$  deutsche Grade empfehlen die Verfasser, eine Verdünnung mit neutralisiertem destilliertem Wasser vorzunehmen.

**2. Die Methode von L. W. Winkler<sup>1)</sup>.** Neuere Versuche von Winkler haben gezeigt, daß die bekannte Methode von Trillich<sup>2)</sup> zur Bestimmung der freien Kohlensäure, wenn der Indikator in etwas reichlicherer Menge benutzt wird, ferner entsprechende Korrekturen angebracht werden, auch bei Wässern mit hoher Karbonathärte, zu genauen Ergebnissen führt. Nimmt man nämlich auf 100 ccm Untersuchungswasser eine 0,01 g Phenolphthalein enthaltende weingeistige Lösung, so kann beim Titrieren der freien Kohlensäure mit Alkali der Endpunkt scharf beobachtet werden. Reine Alkalihydrokarbonatlösungen sind aber bei Benutzung dieser verhältnismäßig großen Indikatormenge infolge von Hydrolyse von alkalischer Reaktion, enthalten also scheinbar zu wenig Kohlensäure. Eben durch Anbringen von empirisch bestimmten Korrektionswerten kann man nach Winklers eingehenden Untersuchungen diesen auf den ersten Blick alles umstürzenden Umstand in einfacher Weise umgehen.

### Erforderliche Lösungen.

Man löst 4,818 g bei  $160-180^0$  getrocknetes reines Natriumkarbonat in ausgekochtem destilliertem Wasser auf 1000 ccm. Jeder ccm der Lösung entspricht 2 mg Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ).

1 g reinstes Phenolphthalein wird in 90proz. Weingeist zu 100 ccm gelöst und der Lösung so viel Natronlauge zugesetzt, bis sie eben rosarot gefärbt erscheint.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. analytische Chemie 1914. S. 746.

<sup>2)</sup> Emmerich und Trillich, Anleitung zu hygienischen Untersuchungen. 3. Aufl. München 1902. S. 120.

Zur Ausführung der Kohlensäurebestimmung nach Winkler an Ort und Stelle hat die Firma Bleckmann & Burger<sup>1)</sup> nach meinen Angaben einen kleinen handlichen Untersuchungskasten angefertigt. Dieser enthält, wie Fig. 17 zeigt, eine mit Gummi-stopfen verschließbare Glasflasche von etwa 125 ccm Inhalt, die bei dem Volumen von 100 ccm eine Ringmarke besitzt,

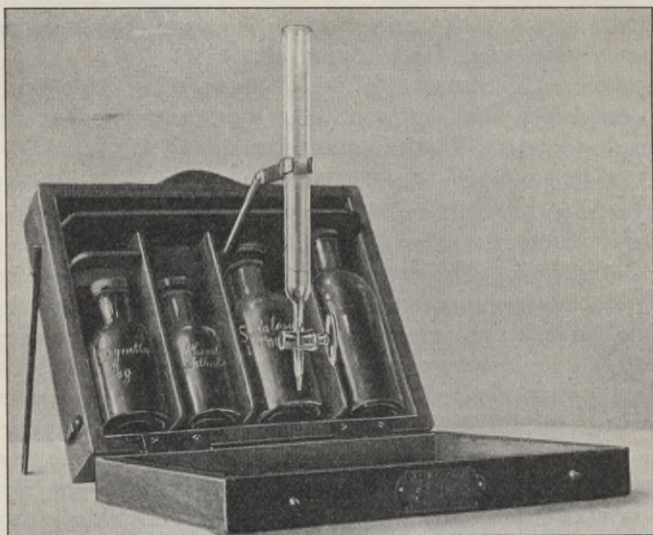


Fig. 17.

Apparat zur Bestimmung freier Kohlensäure nach Klut.

ferner eine kleine Bürette, die am Kasten zur Ausführung der Bestimmung leicht befestigt werden kann.

Außer der Soda- und Phenolphthaleinlösung enthält der Kasten noch eine Flasche mit gesättigter Seignettesalzlösung.

Das Füllen der Kohlensäureflasche mit Untersuchungswasser bis zum Volumen von 100 ccm geschieht in gleicher Weise wie bei der Sauerstoffbestimmung, also unter möglichster Vermeidung von Gasverlusten (vgl. S. 91). Man fügt 1 ccm der Phenolphthaleinlösung hinzu und titriert mit der Natriumkarbonatlösung so lange,

<sup>1)</sup> Glasbläserei-Werkstätten. Berlin N 24. Preis des Kastens etwa 30 M.

bis die Flüssigkeit eine auch nach 5 Minuten langem Stehen nicht mehr verblassende schwache aber entschieden sichtbare rosarote Färbung angenommen hat.

Bei jedem Zusatz der Sodalösung wird die Flasche zur Vermeidung von Kohlensäureverlusten verschlossen und behutsam umgeschwenkt, so daß das Wasser in drehender Bewegung bleibt. Man kann auch noch zur Sicherheit eine zweite Bestimmung vornehmen, bei der man gleich beim Beginne des Titrierens fast die ganze Menge der Natriumkarbonatlösung, welche bei dem ersten Versuche verbraucht wurde, auf einmal zur Wasserprobe hinzufügt.

Um die beim Titrieren erhaltenen Werte zu korrigieren, genügt beim Arbeiten mit der „Kohlensäureflasche“ folgende vereinfachte Korrektionstabelle:

| Karbonathärte   | Korrektion ccm |
|-----------------|----------------|
| 5 <sup>o</sup>  | + 0,1          |
| 10 <sup>o</sup> | + 0,2          |
| 15 <sup>o</sup> | + 0,3          |
| 20 <sup>o</sup> | + 0,4          |
| 25 <sup>o</sup> | + 0,5          |
| 30 <sup>o</sup> | + 0,6          |
| 35 <sup>o</sup> | + 0,7          |
| 40 <sup>o</sup> | + 0,8          |

Das heißt, man nimmt den 50. Teil der Karbonathärte, um zu den Korrektionswerten zu gelangen.

Bei sehr kohlenensäurereichen oder sehr harten Wässern — Karbonathärte über 40 deutsche Grade — ist eine Verdünnung mit ausgekochtem destilliertem Wasser erforderlich.

Bei Untersuchung Eisenoxydul haltiger Wässer gibt man zu der in der „Kohlensäureflasche“ enthaltenen Wasserprobe von 100 ccm 1—2 ccm gesättigte Seignettesalzlösung, bevor man die Bestimmung vornimmt. Mangan in Mengen, wie es in natürlichen Wässern vorkommt, ist ohne Einfluß auf die Bestimmung.

Um bei gefärbten Wässern den Endpunkt besser treffen zu können, benutzt man eine zweite Wasserprobe als Vergleichsflüssigkeit.

Der Gehalt eines Wassers an freier Kohlensäure wird zweckmäßig in mg CO<sub>2</sub> in 1 Liter angegeben.

Über die Bestimmung der aggressiven Kohlensäure durch den Marmorlösungsversuch vgl. S. 135.

## Bestimmungen des in Wasser gelösten Sauerstoffes.

Nach L. W. Winkler<sup>1)</sup> löst (absorbiert) 1 Liter Wasser bei nachstehenden Temperaturen die daneben stehenden Mengen Luftsauerstoff:

|       | Sauerstoff<br>cem<br>(Normalvol.) | Sauerstoff<br>mg |       | Sauerstoff<br>cem<br>(Normalvol.) | Sauerstoff<br>mg |
|-------|-----------------------------------|------------------|-------|-----------------------------------|------------------|
| 0° C  | 10,19                             | = 14,56          | 13° C | 7,35                              | = 10,50          |
| 1° C  | 9,91                              | = 14,16          | 14° C | 7,19                              | = 10,28          |
| 2° C  | 9,64                              | = 13,78          | 15° C | 7,04                              | = 10,06          |
| 3° C  | 9,39                              | = 13,42          | 16° C | 6,89                              | = 9,85           |
| 4° C  | 9,14                              | = 13,06          | 17° C | 6,75                              | = 9,65           |
| 5° C  | 8,91                              | = 12,73          | 18° C | 6,61                              | = 9,45           |
| 6° C  | 8,68                              | = 12,41          | 19° C | 6,48                              | = 9,26           |
| 7° C  | 8,47                              | = 12,11          | 20° C | 6,36                              | = 9,09           |
| 8° C  | 8,26                              | = 11,81          | 21° C | 6,23                              | = 8,90           |
| 9° C  | 8,06                              | = 11,52          | 22° C | 6,11                              | = 8,73           |
| 10° C | 7,87                              | = 11,25          | 23° C | 6,00                              | = 8,58           |
| 11° C | 7,69                              | = 10,99          | 24° C | 5,89                              | = 8,42           |
| 12° C | 7,52                              | = 10,75          | 25° C | 5,78                              | = 8,26           |

Übersättigte Lösungen, wie man solche besonders von Salzen<sup>2)</sup> nicht selten beobachtet, sind auch vom Sauerstoff bekannt. Durch langsames Erwärmen gesättigter Lösungen von Sauerstoff in Wasser können ebenfalls übersättigte Lösungen erhalten werden. Nach ausgeführten Versuchen von K. Dost<sup>3)</sup> steigt der Gehalt an überschüssigem Sauerstoff bis auf 20%<sub>0</sub> der Winklerschen Werte.

Bei Oberflächenwässern beobachtet man gleichfalls, namentlich in der wärmeren Jahreszeit, eine Übersättigung<sup>4)</sup> mit Sauer-

<sup>1)</sup> In G. Lunge und E. Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. Bd. 2. 6. Aufl. Berlin 1910. S. 283; vgl. ferner T. Carlson, Zeitschrift f. angew. Chemie 1913. Bd. 26. S. 713.

<sup>2)</sup> Vgl. u. a. A. F. Holleman, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 315.

<sup>3)</sup> K. Dost, Die Löslichkeit des Luftsauerstoffs im Wasser. Mitteilungen d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. Berlin 1906. Heft 7. S. 168.

<sup>4)</sup> Vgl. H. Grosse-Bohle, Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Rheinwassers. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. Berlin 1906. Heft 7. S. 172.



stoff. Durch die Anwesenheit von chlorophyllhaltigen Organismen im Wasser wird durch deren Lebensprozeß aus Kohlensäure im Licht Sauerstoff gebildet, worauf die Übersättigung<sup>1)</sup> zurückzuführen ist. Nach Beobachtungen von C. Weigelt<sup>2)</sup> dürften bei steigender Temperatur alle der freien Luft dauernd ausgesetzten Gewässer, die weder übervölkert noch mit leicht oxydierbaren Stoffen verunreinigt sind, mit Sauerstoff gesättigt, wenn nicht übersättigt sein.

1 l Sauerstoff ( $O_2$ ) wiegt bei  $0^\circ$  und 760 mm Druck unter  $45^\circ$  im Meeresniveau 1,4292 g<sup>3)</sup>. Die Dichte des Sauerstoffes beträgt 1,105 (Luft = 1). 1 mg Sauerstoff hat das Volum (bei  $0^\circ$  und 760 mm) von 0,699 ccm.

Die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes in einem zu Trinkzwecken dienenden Wasser ist für gewöhnlich nicht nötig, da in hygienischer Hinsicht der Gehalt eines Wassers an gelöstem Sauerstoff an sich nur untergeordnete Bedeutung hat. Bei Zentralversorgungsanlagen, sowie für Kesselspeisezwecke dagegen ist besonders bei weichen (karbonatarmen) Wässern — vgl. S. 160 — ein hoher Luftgehalt insofern von Nachteil, als solche Wässer mehr oder weniger metallangreifende Eigenschaften besitzen. — Über Bleiangriff vgl. S. 145.

In solchen Fällen kommt die Feststellung des Sauerstoffgehaltes des Wassers allerdings in Betracht.

Die Ausführung der Bestimmung des Sauerstoffgehaltes eines Wassers hat dagegen für den Ausdruck des Verunreinigungsgrades von Flüssen, Seen usw. vielfach großen Wert<sup>4)</sup>. Aus der

---

<sup>1)</sup> Vgl. J. Tillmans, Über den Gehalt des Mainwassers an freiem, gelöstem Sauerstoff. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung. Heft 12. Berlin 1909. S. 195.

<sup>2)</sup> Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Berlin 1900. S. 33.

<sup>3)</sup> Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 4. Aufl. Berlin 1912. S. 148.

<sup>4)</sup> O. Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Archiv für Hygiene. Bd. 38. 1900. S. 160 u. 215. und weitere Untersuchungen über Flußverunreinigung. Archiv für Hygiene. Bd. 46. S. 64 und W. Ohlmüller und O. Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 3. Aufl. Berlin 1910. S. 65. Ferner R. Kolkwitz, Die biologische Selbstreinigung der natürlichen Gewässer, in Lafar, Handbuch d. techn. Mykologie. Bd. 3. 1906. Ferner derselbe Pflanzenphysiologie. Jena 1914. K. Knauthe, Das Süßwasser. Chemische,

Bestimmung des sogenannten Sauerstoff-Defizits kann man unter Umständen bereits Schlüsse auf den Grad der Belastung des Wassers mit zersetzlichem, organischem Material ziehen, insofern als mit wachsender Menge des letzteren das Defizit, d. h. die Differenz zwischen der im Wasser bei der vorhandenen Temperatur lösungsfähigen Sauerstoffmenge und der bei der Entnahme tatsächlich gefundenen, ebenfalls anzuwachsen pflegt. Bestimmt man in einer Wasserprobe den Gehalt an gelöstem Sauerstoff sofort bei der Entnahme und bei einer zweiten gleichzeitig an derselben Stelle entnommenen Wasserprobe nach längerer Aufbewahrung derselben (24 bis 48 und 72 Stunden) im Dunkeln bei Zimmertemperatur bzw.  $22^{\circ}\text{C}$  in völlig gefüllter und geschlossener Flasche, so ergibt die Differenz der beiden Bestimmungen die sogenannte Sauerstoff-Zehrung für die angewandte Zeit. Auch diese Zehrung pflegt mit steigender Verschmutzung eines Wassers größer zu werden, so daß ein stark verschmutztes Wasser bisweilen innerhalb weniger Stunden schon seinen Gehalt an gelöstem Sauerstoff vollständig verlieren kann. Die Methode unterstützt hauptsächlich die Bestimmung der Keimzahl im Wasser, mit der ihre Resultate gewöhnlich parallel gehen können. Vor der Bestimmung der Oxydierbarkeit (Kaliumpermanganatverbrauch) hat sie den Vorzug, daß sie im allgemeinen mit natürlichen Verhältnissen arbeitet. Bei Wässern, welche reich an Planktonalgen sind, z. B. manchen Seen, liefert die Zehrungs-Methode aber häufig nicht ganz zuverlässige Resultate, doch kann man soviel auf alle Fälle sicher sagen, daß — Abwesenheit von Giftstoffen vorausgesetzt — sehr geringe Zehrung auf gute Beschaffenheit des Wassers schließen läßt. Im übrigen ist zur Erzielung richtiger Werte eine einwandfreie Probenahme (Fernhaltung künstlicher Durchlüftung) des Wassers meist unerlässlich. Die kunstgerechte Ausführung dieser Untersuchung setzt einige manuelle Geschicklichkeit voraus.

Über die Abhängigkeit der Sauerstoffzehrung natürlicher Wässer von der Versuchsdauer und der Versuchstemperatur

---

biologische und bakteriologische Untersuchungsmethoden. Neudamm 1907. R. Volk, Hamburgische Elbuntersuchung. VIII. Hamburg 1906. S. 53; Kißkalt, Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 53, und S. Korschun, Über die Bestimmung des Sauerstoffes im Wasser nebst einigen Beobachtungen über Sauerstoffzehrung. Archiv f. Hygiene 1907. Bd. 61. S. 324.

macht Pleißner<sup>1)</sup> den Vorschlag einer „Normal-Sauerstoffzehrung natürlicher Wässer“ und versteht darunter (a. a. O. S. 245) „die Sauerstoffabnahme eines in vollständig gefüllten, geschlossenen und im Dunkeln gehaltenen Flaschen aufbewahrten Wassers, bezogen auf eine Normalzehrungsdauer von 48 Stunden und eine Normaltemperatur von 20°, berechnet in Milligramm für 1 l und 1 Stunde“. Der Vorschlag hat seine gewisse Berechtigung, um allgemein vergleichbare Werte zu haben.

Eine große wirtschaftliche Bedeutung hat eine zumal plötzliche Sauerstoffverarmung eines Gewässers für dessen Fischbestand. Im allgemeinen können ja Fische eine starke Erniedrigung des Sauerstoffes ertragen [vgl. Schiemenz<sup>2)</sup>], da nach den fast übereinstimmenden Untersuchungen von J. König<sup>3)</sup> und Hünnele<sup>4)</sup> Sauerstoffmangel bei Fischen in der Regel erst bei einem Gehalte unter 1 ccm Sauerstoff pro 1 l eintritt. Als tödlich gilt im allgemeinen ein Herabsinken bis auf 0,6 ccm pro Liter.

Für die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes eines Wassers hat sich allgemein die jodometrische Methode von L. W. Winkler<sup>5)</sup> am besten bewährt<sup>6)</sup>; sie ist einfach und schnell ausführbar. Das

---

1) M. Pleißner, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1910. Bd. 34. Heft 2. S. 230. E. Brezina, Über die Verwertbarkeit der Sauerstoffzehrung. Wiener klin. Wochenschr. 1908. Nr. 44. S. 1525.

2) P. Schiemenz, Zeitschr. f. Fischerei. 1902. Heft 3. S. 150.

3) Über den niedrigsten für das Leben der Fische notwendigen Sauerstoffgehalt des Wassers usw. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- und Genußmittel 1901. S. 385 u. 631.

4) J. Kupziz gelangt zu dem Ergebnis, daß bei den Fischen bei einem Sauerstoffgehalt von ca. 1 ccm auf 1 l sich ein Unwohlsein derselben bemerkbar macht, bei 0,5—0,8 ccm auf 1 l dagegen — je nach der Individualität und der Art — die Fische zugrunde gehen.

5) L. W. Winkler (Budapest), Über die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. Zeitschr. f. analyt. Chemie 1914. Bd. 53. S. 665

6) Vgl. u. a. A. Beythien, C. Hartwich und M. Klimmer, Handbuch der Nahrungsmitteluntersuchung. Bd. 1. Leipzig 1913. „Wasser“ S. 895; T. Carlson, Über die Löslichkeit des Luftsauerstoffes in Wasser. Zeitschr. f. angew. Chemie 1913. Bd. 26. S. 713; J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin 1911. S. 987; W. R. Kunz und F. P. Treadwell, Vergleichung der gasvolumetrischen mit der titrimetrischen Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. Dissert. Zürich 1911 und Wasser u. Abwasser 1914. Bd. 8. S. 294, ferner Skinner u. Sale, Chem.-Zeitung 1914. Bd. 38. Nr. 58. S. 618.

Verfahren ist eingehend auch in jedem Handbuche über Wasseruntersuchungen beschrieben und beruht auf folgendem Prinzip:

Man oxydiert durch den in einer gemessenen Menge Wasser gelösten Sauerstoff überschüssiges Manganhydroxyd in Gegenwart von Alkali zu Manganihydroxyd<sup>1)</sup>. Alsdann gibt man zur Flüssigkeit Kaliumjodid und Salzsäure, wobei sich eine dem gelösten Sauerstoff äquivalente Menge Jod ausscheidet. Dieses titriert man mit Natriumthiosulfatlösung, woraus sich die Sauerstoffmenge berechnen läßt.

Zur Bestimmung des gelösten Sauerstoffes sind folgende Lösungen<sup>2)</sup> nötig:

Manganochloridlösung. 1 Gewichtsteil reinstes, namentlich eisenfreies, kristallinisches Manganochlorid ( $\text{MnCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ) wird in 2 Gewichtsteilen destilliertem Wasser gelöst.

Natronlauge. 1 Gewichtsteil reinstes Natriumhydroxyd, welches besonders nitritfrei sein muß, wird in 2 Gewichtsteilen destilliertem Wasser gelöst.

Kaliumjodidhaltige Natronlauge. Man gibt zu 100 ccm der 33,3proz. Natronlauge 20 g zu Pulver zerriebenes jodatfreies Kaliumjodid, welches nach öfterem Umschütteln gelöst wird, während vorhandenes Natriumkarbonat allmählich zur Abscheidung gelangt. Es wird die klare Lösung benutzt.

Diese konzentrierten Lösungen enthalten nur Spuren von Luft gelöst, können also praktisch als sauerstofffrei gelten.

Der durch die Natronlauge bedingte Manganniederschlag ist bei sauerstofffreien Wässern farblos. Mit steigendem Sauerstoffgehalt eines Wassers färbt er sich hell- bis dunkelbraun.

Der Grad der Braunfärbung des Manganniederschlages bietet daher einen Maßstab für den Sauerstoffgehalt des Wassers. Bleibt der Bodensatz farblos, so ist kein Sauerstoff vorhanden. B. Hofer, München, hat für diese Zwecke eine Farbenskala<sup>3)</sup> herausgegeben, aus der man die Farbentöne miteinander vergleichen kann, um

---

<sup>1)</sup> L. W. Winkler, Trink- und Brauchwasser, in G. Lunge und E. Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. Bd. 2. Berlin 1910. S. 279.

<sup>2)</sup> L. W. Winkler, Über die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. Zeitschr. f. analyt. Chemie 1914. Bd. 53. S. 666.

<sup>3)</sup> Bei Paul Altmann, Berlin NW 6, Luisenstr. 47, u. a. erhältlich. Vgl. Allgem. Fischerei-Ztg. 1902. Nr. 22. S. 408: Über eine einfache Methode zur Schätzung des Sauerstoffgehaltes im Wasser.

ungefähr über den Sauerstoffgehalt eines Wassers schnell unterrichtet zu sein.

1 ccm  $\frac{1}{100}$  Normalthiosulfat zeigt 0,08 mg Sauerstoff = 0,0559 ccm bei 0° und 760 mm Druck an.

Bislang gab man die gefundene Sauerstoffmenge meist in Kubikzentimeter in 1 l Wasser an; neuerdings wird diese vielfach in Milligramm<sup>1)</sup> in 1 l ausgedrückt zur Vermeidung der mehr oder weniger umständlichen Reduktionsrechnungen. In der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene werden die Ergebnisse der Sauerstoff-Bestimmungen in mg in 1 l Wasser angegeben.

Die Probeentnahmen und die Einleitung der Untersuchung haben, wie das wohl als selbstverständlich vorausgesetzt werden darf, mit der größten Vorsicht zu geschehen, da z. B. schon jede im Glase zurückgebliebene Luftblase die quantitative Bestimmung ohne weiteres beeinträchtigt.

Um aus Leitungen Wasser für die Sauerstoffbestimmung zu entnehmen, verfährt man am besten in der Weise, daß man einen Gummischlauch über den Zapfhahn zieht, das Wasser in kleinem Strahle 10 bis 20 Minuten vorher abfließen läßt, dann den Schlauch in das Glasgefäß bis fast zum Boden führt und ca. drei Minuten lang das Leitungswasser ruhig durchströmen läßt. Der Gummischlauch wird dann vorsichtig herausgezogen. Beim Aufsetzen des Glasstopfens muß noch so viel Wasser im Gefäße vorhanden sein, daß es seitlich austritt. Bei Pumpenbrunnen bediene man sich eines Trichters, dessen Röhre durch einen Gummischlauch verlängert ist. Hauptsache ist auch hier langsames und gleichmäßiges Pumpen.

In allen diesen und ähnlichen Fällen kommt es natürlich in erster Linie darauf an, daß das zu prüfende Wasser während der Entnahme keine atmosphärische Luft aufnimmt, wodurch die Bestimmung illusorisch wird. Alles Schütteln und Bewegen des Wassers in dem Gefäße ist daher möglichst zu vermeiden.

Wesentlich anders gestaltet sich die Entnahme von Proben zur Sauerstoffbestimmung bei Oberflächenwässern, wie Flüssen, Seen usw. Für gewöhnlich verwendet man hier das aus  $\frac{1}{2}$ —1 m Tiefe stammende Wasser zur Untersuchung. Da, wie ich schon öfters hervorgehoben habe, von einer richtigen Probenahme bei der Ausführung dieser Bestimmung viel abhängt, ist es meisten-

1) Vgl. auch Ohlmüller und Spitta, a. a. O. S. 62.

teils nötig, diesen Forderungen bei Flüssen, Seen genau nachzukommen. Es ist ohne besondere Vorrichtungen häufig nicht leicht möglich, den Zutritt von Luftsauerstoff zu der zu untersuchenden Wasserprobe zu verhüten, und auch ferner Wasser nur aus der gewünschten Tiefe zu haben. Spitta und Imhoff<sup>1)</sup> haben für diese Zwecke sehr sinnreiche Apparate konstruiert, die nicht nur für große systematische Flußuntersuchungen, sondern auch für den gewöhnlichen Gebrauch ausgezeichnete Dienste leisten. Diese haben sich allgemein bewährt. Sie gestatten eine einwandfreie und bequeme Probenahme und sind zumal bei der Ausführung der Bestimmung der Sauerstoffzehrung ganz besonders zweckmäßig. Die Apparate gestatten ferner die gleichzeitige Entnahme von chemischen und bakteriologischen Proben und gewährleisten so mit einer großen Zeitersparnis gegenüber anderen Vorrichtungen.

Die nebenstehenden Abbildungen zeigen die beiden hauptsächlich in Betracht kommenden Apparate<sup>2)</sup>.

Fig. 18 stellt einen leicht transportablen Wasserentnahmeapparat, System Spitta-Imhoff vor.

Mit diesem Apparate werden zu gleicher Zeit drei Quantitäten Wasserproben aus einer gewünschten Tiefe entnommen, und zwar für die bakteriologische, chemische und Gas-(Sauerstoff-) Untersuchung.



Fig. 18.

Wasserentnahmeapparat  
nach Spitta-Imhoff.

<sup>1)</sup> Apparate zur Entnahme von Wasserproben mit Abbildungen. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. Berlin 1906. Heft 6. S. 75 u. 87. In Heft 9 der Anstaltsmitteilungen 1907 haben Behre und Thimme einen einfacheren Apparat zur Entnahme von Wasserproben ebenfalls beschrieben.

<sup>2)</sup> Die Apparate liefert für die Anstalt die Firma Paul Altmann, Berlin NW 6, Luisenstr. 47.

Infolge des Auftriebes, den die große viereckige Flasche unter Wasser erfährt, wird automatisch ein Fallgewicht ausgelöst, das den Hals des kleinen Abschlagsröhrchens zerschlägt zur Aufnahme für die bakteriologische Prüfung. Die beiden mit genauer Inhaltsangabe versehenen, auf der Grundplatte fixierten Flaschen dienen für einwandfreie Entnahme von Proben für die Sauerstoffbestimmung des Wassers. Der ganze Apparat läßt sich bei Befestigung an einen Ausziehstock bis auf 1 m unter Wasseroberfläche versenken. Zum bequemen Transport auf Reisen dient das Fig. 19 abgebildete dauerhafte Lederetui. Preis komplett ca. 160—170 M.

Fig. 20 zeigt einen großen Wasserentnahmeapparat nach Spitta-Imhoff für systematische Untersuchungen von Ober-



Fig. 19.

Leder-Etui für den Wasserentnahmeapparat nach Spitta-Imhoff.

flächenwässern. Die Wasserproben können hier aus beliebigen Tiefen entnommen werden. Im übrigen beruht auch dieser auf den gleichen Prinzipien wie der andere Apparat:

1. Möglichst gleichzeitige Entnahme aller drei Proben — für die bakteriologische, chemische und Sauerstoffuntersuchung. Sehr wesentlich ist auch hier, daß alle Wasserproben aus derselben Tiefe und somit identisch sind.

2. Durchspülung der zur Aufnahme der Proben für die Sauerstoffbestimmung dienenden Flaschen ohne Anwendung besonderer Pumpvorrichtungen.

3. Schnelle und einfache Ausführung, im besonderen möglichste Vermeidung von Gestängen, Schnüren usw. Für die chemische Untersuchung dient der starkwandige Glasballon mit einem Inhalt von ca. 2,5 l, für die Sauerstoffproben die graduierten

und genau ausgemessenen Flaschen und für die bakteriologischen Proben die luftleeren und zugeschmolzenen Abschlagröhrchen.

Preis komplett ca. 300 M.

Für die Untersuchung sehr flacher Gewässer, wie Bäche, bedienen wir uns seit längerer Zeit schon mit Vorteil einer kleinen ventillosen Handpumpe mit Zweiwegehahn und automatischer Steuerung, die ebenfalls eingehend in dem betreffenden Anstaltsheft (a. a. O. Heft 6, Berlin 1905) beschrieben ist (Fig. 21). Preis 30 M.

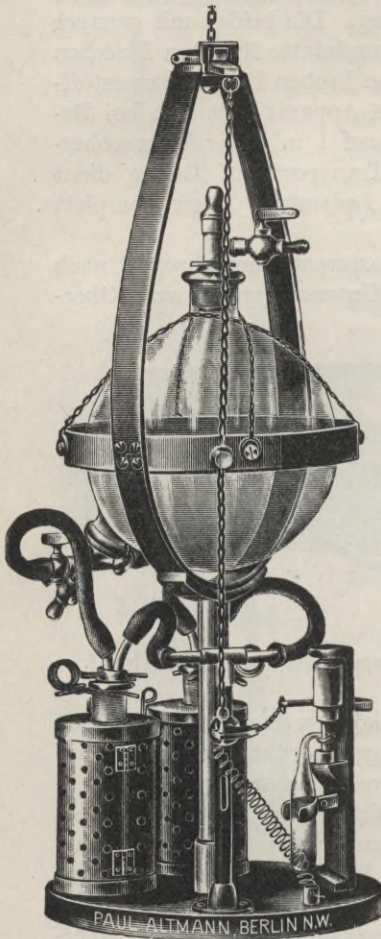
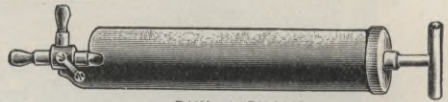


Fig. 20.

Großer Wasserentnahmeapparat nach Spitta-Imhoff.



PAUL ALTMANN

Fig. 21.

Ventillose Handpumpe mit Zweiwegehahn.

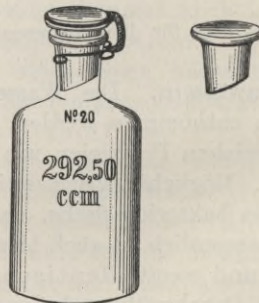


Fig. 22.

Sauerstoff-Flasche.

Die für die Sauerstoffbestimmung erforderlichen Flaschen, Pipetten usw. Zur Ausführung dieser Untersuchung verwendet man zweckmäßig ziemlich starkwandige Glasflaschen



(Fig. 22) von etwa 250—300 ccm Inhalt mit gut eingeschliffenem, konischem Glasstopfen, deren Inhalt durch Auswägen bestimmt worden ist. Die für die Sauerstoffbestimmung zu verwendenden Glasstöpselgefäße sind auch mit genauer Angabe ihres Volumens im Handel erhältlich. Zum Verschluß der Gläser haben sich die bekannten Lübbert-Schneiderschen Metallklammern (s. Fig. 4, S. 7) bei uns gut bewährt. Eine Nachprüfung der Gefäße kann immerhin empfohlen werden. Ein Teil der Glasfläche dieser Flaschen ist matt geätzt zum Aufschreiben einiger Notizen mit Bleistift, wie Temperatur des Wassers, der Luft, Ort der Entnahme, Zeitangabe, Nr. usw.; ferner sind die Gläser mit laufenden Nummern versehen.

Die hierzu erforderlichen langstieligen, bis auf den Boden der Flaschen reichenden Pipetten haben zweckmäßig eine nicht zu enge Ausflußöffnung wegen des sonst sehr langsamen Auslaufens der Flüssigkeiten, namentlich der Natronlauge. Bei Flußuntersuchungen im Winter habe ich dies oft recht unangenehm empfunden. Auch besitzen diese Sauerstoffpipetten vorteilhaft nach oben hin eine kugelförmige Erweiterung zur Vermeidung des etwaigen Hineingelangens der ätzenden Flüssigkeiten in die Mundhöhle. (Fig. 23.)

Kästen mit Reagenzien, Pipetten und 2 bis 4 Flaschen für die Sauerstoffbestimmung hat für die Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw. die Firma Paul Altmann, Berlin NW 6, angefertigt. Einen bequemen Transportkasten für Reisen mit sechs Sauerstoffflaschen zeigt Fig. 24. Der Kasten ist ganz aus Metall und innen mit starker Filzauskleidung. Preis mit 6 Flaschen ca. 25 M.

Ausführung der Sauerstoffbestimmung. In die kunstgerecht eingefüllten Wasserproben werden gleich nach der Entnahme mit Hilfe der oben beschriebenen langstieligen sog. Sauerstoffpipetten zunächst 3 ccm KJ-haltige Natronlauge gebracht. Man läßt die Lauge aus der Pipette möglichst tief — also in Nähe des Bodens vom Glasgefäß — auslaufen. In derselben Weise läßt man darauf sofort 3 ccm Manganochloridlösung zufließen ungeachtet des Überlaufens von Wasser aus dem Gefäß.



Fig. 23.  
Sauerstoff-  
pipette.

Jetzt verschließt man behutsam mit dem Glasstopfen die Flasche unter Vermeidung des Eintrittes von Luftblasen, weil sonst natürlich die Bestimmung vergebens ist. Durch das Aufsetzen des Stopfens tritt abermals seitlich aus dem Halse der Flasche Flüssigkeit aus. Durch Umschütteln wird gut gemischt. Man läßt 1—2 Stunden lang, vor Licht geschützt, absetzen und fügt darauf 5 ccm konzentrierte Salzsäure hinzu. Man setzt vorsichtig den Glasstopfen auf, so daß wieder seitlich Wasser austreten kann, und mischt durch häufiges Umschwenken. Der Niederschlag löst sich meist leicht,

eventuell müßte sonst noch etwas Salzsäure zugefügt werden.

Die angewandte konzentrierte reine Salzsäure (spez. Gew. 1,18 bis 1,19 = 38% HCl) muß chlor- und eisenfrei sein. Je nach der Menge des gebildeten freien Jods sieht die Flüssigkeit gelb bis gelbbraun aus. Nach erfolgter Auflösung bringt man den Inhalt des Gefäßes durch Nachspülen mit destilliertem Wasser quantitativ in einen Erlenmeyerkolben und titriert über einer weißen Unterlage das ausgeschiedene Jod unter Zusatz von Stärkelösung<sup>1)</sup> als Indika-

tor mit  $\frac{n}{100}$  Natriumthiosulfat<sup>2)</sup>.

Ist es nicht möglich, gleich nach der Entnahme die Sauer-

<sup>1)</sup> Zur Bereitung der Stärkelösung verwendet man am besten die Zulkowskysche wasserlösliche Stärke, die in Form von Brei im Handel zu bekommen und gut haltbar ist. Das Reagens selbst bereitet man sich durch Lösen einer kleinen Menge des Breies in kaltem Wasser. Über die Empfindlichkeit der Jodstärkereaktion vgl. F. P. Treadwell, Lehrbuch der analytischen Chemie. 5. Aufl. Leipzig u. Wien 1911. Bd. 2. S. 536. Vgl. ferner L. Vanino und A. Schinner, Zur Kenntnis der Jodstärke. Archiv d. Pharm. 1915. Heft 1. S. 47.

<sup>2)</sup> Über die Haltbarkeit der Thiosulfatlösungen vgl. P. Bohrisch, Pharm. Ztg. 1914. Bd. 59. Nr. 36. S. 360, und F. P. Treadwell, a. a. O. Bd. 2. S. 530.

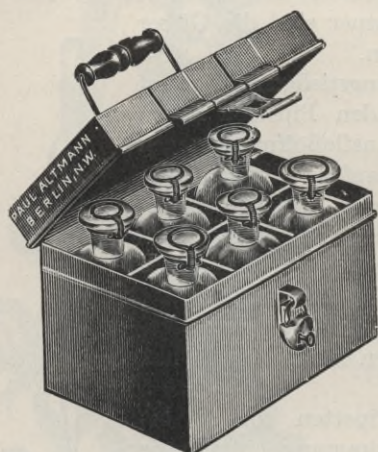


Fig. 24.

Transportkasten für Sauerstoff-  
flaschen.

stoffproben mit KJ-Natronlauge und Manganchlorür zu versetzen, z. B. bei der Kahnfahrt auf einem See usw., so füge man wenigstens zu jeder Probe etwa 1 g reines Natriumhydrat hinzu, wonach alsdann wesentliche Veränderungen nicht stattfinden können. Bei der für die Sauerstoffzehrung bestimmten Probe darf selbstverständlich kein Zusatz gemacht werden. Sobald sich aber Gelegenheit bietet, führe man die Untersuchung in obiger Weise aus. Der Salzsäurezusatz kann später im Laboratorium erfolgen, vorausgesetzt natürlich, daß das Gefäß gut verschlossen ist und kein Luftsauerstoff eindringen kann.

Ist der Manganniederschlag durch Salzsäure gelöst, so muß, wie die Untersuchungen von W. Cronheim<sup>1)</sup> ergeben haben, die Sauerstoffbestimmung sogleich zu Ende geführt werden, da sonst die organischen Substanzen des betreffenden Wassers durch das freie Jod oxydiert und somit leicht falsche Resultate erhalten werden können.

Die Temperatur des betreffenden Wassers ist stets zu messen, da, wie bereits oben gezeigt, mit steigender Temperatur die Lösungsfähigkeit des Sauerstoffes — wie überhaupt der Gase — im Wasser abnimmt. Für wissenschaftliche Untersuchungen ist außerdem noch der Barometerstand zu berücksichtigen.

Berechnung. Wurden  $n$  ccm  $\frac{n}{100}$  Thiosulfat verbraucht, und bezeichnet man das Volumen der Flasche mit  $V$ , das Volumen des in 1000 ccm Wasser gelösten Sauerstoffes mit  $A$ , so haben wir folgende Proportion:

$$V - 6 : n \cdot 0,0558 = 1000 : A \text{ oder: } A = \frac{55,8 n}{V - 6}$$

Die von  $V$  abzuziehende Zahl 6 bedeutet die zweimal durch die beiden Reagenzien verdrängten 3 ccm Wasser.

Das Resultat gibt demnach das in 1 l des untersuchten Wassers gelöste Sauerstoffvolumen auf 0° und 760 mm Druck reduziert an.

Hat man öfters solche Bestimmungen auszuführen, so empfiehlt es sich, zur Vereinfachung der Berechnung folgenden Wert:

$$\frac{55,8}{V - 6} = \text{Faktor}$$

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. angew. Chemie 1907. Bd. 20. S. 1939.

für die zur Anwendung kommenden Flaschen ein für allemal festzustellen. Es ist alsdann bloß nötig, den so erhaltenen Faktor mit  $n$  zu multiplizieren.

Bei genauen Untersuchungen sind die Sättigungswerte für den jeweilig herrschenden Luftdruck zu korrigieren. Ich verwende hierzu die vereinfachte Formel:

$$x = n \cdot \frac{B}{760}$$

$n$  = Sättigungswert bei der betreffenden Temperatur und 760 mm Luftdruck,  $B$  = beobachteter Barometerstand.

### Einige Bemerkungen zu der vorstehenden Sauerstoffbestimmung.

In den Handbüchern über Wasseruntersuchungen wird meist angegeben, je 1 oder 2 ccm von der jodkaliumhaltigen Natronlauge und Manganchlorürlösung zu nehmen. Nach meinen Beobachtungen und Erfahrungen ist es jedoch vorteilhafter, von jedem Reagens 3 ccm anzuwenden, da hierdurch ein weit besseres und schnelleres Absetzen des Niederschlages erfolgt<sup>1)</sup>.

Erforderlich sind aber 3 ccm von der jodkaliumhaltigen Natronlauge, wenn es sich um Wasser mit größerem Gehalt an Kohlensäure handelt. Es würde sonst die zugesetzte Natronlauge leicht quantitativ in Natriumkarbonat verwandelt und somit Manganokarbonat anstatt Hydroxyd gefällt werden, das den Verlauf der Reaktion nachteilig<sup>2)</sup> beeinflusst.

Daß die mit den Reagenzien beschickten Wasserproben im Dunkeln aufzubewahren sind, ist bereits oben erwähnt; dem Sonnenlichte ausgesetzt, treten bald Veränderungen ein.

Nitrite verursachen bei der Sauerstoffbestimmung Störungen, die aber nach neueren Untersuchungen von L. W. Winkler<sup>3)</sup> in einfacher Weise umgangen werden können, wenn man bei der Sauerstoffbestimmung Natronlauge ohne Kaliumjodid nimmt und

<sup>1)</sup> Vgl. auch H. K. Lang bei K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901. S. 227.

<sup>2)</sup> E. Schmidt, Ausführl. Lehrbuch d. pharm. Chemie. 5. Aufl. 1907. Bd. 1. S. 887. Ferner Zeitschr. f. angew. Chemie 1897. S. 658.

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. analyt. Chemie 1914. Bd. 53. S. 667; vgl. auch Wasser u. Abwasser 1914. Bd. 8. S. 340. Nr. 626.

zum Ansäuern die doppelte Menge = 10 ccm Salzsäure verwendet, wobei die salpetrige Säure zu Salpetersäure oxydiert wird. Kaliumjodid ist erst später bei der Titration in einigen Kristallen hinzuzufügen.

Die früher empfohlene, etwas umständliche Methode der Entfernung der Nitrite aus Wasser mit Harnstoff<sup>1)</sup> ist dann nicht mehr nötig.

Über die Bestimmung des Sauerstoffes in verunreinigten Wässern, besonders in solchen mit hohem Gehalt an organischen Stoffen, sind noch verschiedene Vorbehandlungen erforderlich, die Winkler<sup>2)</sup> in seiner Veröffentlichung genau angegeben hat. Bei Trink- und Brauchwässern kommen diese Abänderungen im allgemeinen nicht in Betracht<sup>3)</sup>.

Zur schnellen und annähernden Bestimmung des gelösten Sauerstoffes in Wasser empfiehlt L. W. Winkler den photographischen Entwickler Adurol-Hauff<sup>4)</sup>. Dieses Präparat gibt mit Wasser eine farblose Lösung. Wird aber dann die Lösung mit Ammoniak oder Borax alkalisch gemacht, so färbt sich die Flüssigkeit um so stärker, je mehr Sauerstoff zugegen ist. Das Adurol wird zweckmäßig in Pulverform nach folgender Vorschrift angewandt: Man mischt 1 Teil trockenes Adurol mit 6 Teilen bei 100<sup>0</sup> getrocknetem Borax und mit 3 Teilen bei 100<sup>0</sup> getrocknetem Seignettesalz. Das Pulvergemisch ist in einer gut verschlossenen braunen Glasflasche haltbar.

## Prüfung auf Blei.

Die Prüfung eines Leitungswassers, das in Bleiröhren gestanden hat, auf seinen etwaigen Bleigehalt ist bei der bekannten Giftigkeit dieses Metalles von großer hygienischer Bedeutung, da eine Reihe von Wässern bleiauflösende Eigenschaften<sup>5)</sup> hat. Vgl. Abschnitt „Blei“ auf S. 145.

<sup>1)</sup> K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901. S. 228.

<sup>2)</sup> L. W. Winkler, Über die Bestimmung des gelösten Sauerstoffes in verunreinigten Wässern. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1915. Bd. 29. S. 121.

<sup>3)</sup> Vgl. auch Wasser und Abwasser 1914. Bd. 8. Nr. 540. S. 294.

<sup>4)</sup> Zeitschr. f. angew. Chemie 1911. Bd. 24. S. 341 u. 831 und 1913. Bd. 26. S. 134; ferner Zeitschr. f. analyt. Chemie 1914. Bd. 53. S. 672.

<sup>5)</sup> H. Klut, Wasserversorgung und Bleiröhren. Das Wasser 1914. Nr. 9 u. 10.

Nachweis von Blei im Wasser. Um bei bestehenden Wasserversorgungsanlagen auf einfache Weise schnell festzustellen, ob das in den Röhren gestandene Wasser Blei in gesundheitlich bedenklicher Menge gelöst hat, verfährt man an Ort und Stelle zweckmäßig wie folgt:

Zur Prüfung verwendet man solches Wasser, welches längere Zeit — etwa 12 bis 24 Stunden — in der Bleileitung gestanden hat. Von diesem Wasser werden 300 ccm in einem etwa 20 cm hohen, auf weißer Unterlage stehenden, farblosen, zylindrischen Glase mit 3—4 ccm chemisch reiner, konzentrierter Essigsäure angesäuert und hierauf nach dem Mischen mit 4—5 Tropfen einer 10proz. Lösung von chemisch reinem Natriumsulfid<sup>1)</sup> ( $\text{Na}_2\text{S} + 9\text{H}_2\text{O}$ ) versetzt. Das Gemisch muß sauer — gegen Lackmuspapier — reagieren, da in neutraler oder alkalischer Lösung auch Eisen fällt.

Enthält das betreffende Wasser über 0,3 mg Blei (Pb) in 1 Liter, so wird die Flüssigkeit durch Bildung von Schwefelblei klar gelbbraunlich gefärbt. Die Färbung wird bei höherem Bleigehalt naturgemäß stärker, dunkel- bis schwarzbraun, unter Bildung von Trübungen und Niederschlägen. Man hat auf diese Weise sogleich einen ungefähren Anhaltspunkt, ob das Wasser viel oder wenig Blei<sup>2)</sup> enthält. Die Reaktion tritt fast sogleich ein. Die etwaige weißliche Trübung der Flüssigkeit, die nach wenigen Minuten entstehen kann, rührt von fein verteiltem Schwefel her, der sich durch Oxydation des Schwefelwasserstoffs an der Luft allmählich bildet.

Über die quantitative Bestimmung von Blei im Wasser vgl. die bekannten Handbücher über Wasseruntersuchungen, im besonderen die ausführliche Arbeit von B. Kühn<sup>3)</sup>. Für die Praxis genügt meist die einfache kolorimetrische Bestimmung nach L. W. Winkler<sup>4)</sup>.

1) Diese Lösung kann von der chemischen Fabrik C. A. F. Kahlbaum, G. m. b. H., Adlershof bei Berlin, fertig bezogen werden.

2) Vgl. auch O. Weigel, Zeitschr. f. physikal. Chemie 1907. Bd. 58. S. 293.

3) B. Kühn, Über den Nachweis und die Bestimmung kleinster Mengen Blei im Wasser. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte. 1906. Bd. 23. Heft 2. S. 389 u. H. Pick ebenda 1914. Bd. 48. Heft 1. S. 155.

4) L. W. Winkler, Über den Nachweis und die kolorimetrische Bestimmung des Bleies, Kupfers und Zinks im Leitungswasser. Zeitschr. f. angew. Chemie 1913. Bd. 26. Nr. 5. S. 38.

Soll an eingesandten Wasserproben eine quantitative Bleibestimmung vorgenommen werden, so sei hier noch auf die Beobachtungen von K. Scheringa<sup>1)</sup> und L. W. Winkler verwiesen, die folgendes fanden: Wird bleihaltiges Wasser in Glasflaschen auch nur kurze Zeit aufbewahrt, so können beträchtliche Mengen Blei an das Glas abgegeben werden. Bei der Untersuchung von Trinkwasser muß hierauf Rücksicht genommen werden. Zur Vermeidung dieser Verluste säuert man das zu untersuchende Wasser zweckmäßigerweise sofort nach der Entnahme mit Essigsäure schwach an (Prüfung mit Lackmuspapier).

Die Ergebnisse der chemischen Bleiuntersuchung werden ebenfalls häufig in verschiedener Weise ausgedrückt, wie: Bleioxyd, Bleisulfid, Bleiperoxyd, Bleisulfat, Bleichromat usw. Ich würde der Einheitlichkeit halber wie bei Eisen und Mangan empfehlen, Blei nur als Pb anzugeben.

Über die Verhältniszahlen obiger Verbindungen orientiert die nachstehende

#### Umrechnungstabelle.

|                        |   |      |          |
|------------------------|---|------|----------|
| 1 Teil PbO             | = | 0,93 | Teile Pb |
| 1 „ PbS                | = | 0,87 | „ „      |
| 1 „ PbO <sub>2</sub>   | = | 0,87 | „ „      |
| 1 „ PbSO <sub>4</sub>  | = | 0,68 | „ „      |
| 1 „ PbCrO <sub>4</sub> | = | 0,64 | „ „      |
| 1 „ Pb                 | = | 1,08 | „ PbO.   |

### Biologische Untersuchung des Wassers<sup>2)</sup>

Für eine abschließende Beurteilung von Wasser, besonders wenn es sich um Oberflächenwasser handelt, sind biologische Untersuchungen oft nicht zu umgehen; namentlich bei der Frage einer etwaigen Verschmutzung von Flüssen, Seen usw. sind sie von ausschlaggebender Bedeutung. Man vergleiche auf diesem Gebiete die Arbeiten von

E. Hentschel, Das Leben des Süßwassers. München 1909.

K. Knauthe, Das Süßwasser. Neudamm 1907.

R. Kolkwitz, Pflanzenphysiologie. Versuche und Beobachtungen an

<sup>1)</sup> K. Scheringa, Blei im Trinkwasser. Wasser und Abwasser. Bd. 1. 1909. S. 438.

<sup>2)</sup> Dieser Abschnitt ist von dem Mitgliede der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene, Privat-Dozent Prof. Dr. R. Kolkwitz, durchgesehen, wofür ich ihm meinen Dank ausspreche.

höheren und niederen Pflanzen (einschließlich Bakteriologie und Hydrobiologie mit Planktonkunde). Mit 12 farbigen und schwarzen Tafeln und 116 Textfiguren. Jena 1914.

- Derselbe, Biologie des Trinkwassers, Abwassers und der Vorfluter, in Rubner, Handbuch der Hygiene. Bd. II, 2. Leipzig 1911.
- R. Kolkwitz und M. Marsson, Grundsätze f. d. biol. Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasserversorgung. 1902. Heft 1. S. 33.
- Dieselben, Ökologie der Saprobien. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 1908. Bd. 26 a. Heft 7. S. 505 und Internat. Revue f. Hydrobiol. u. Hydrogr. 1909. Bd. 2. S. 126.
- J. König, Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Flüsse. Berlin 1903, und Selbstreinigung der Flüsse. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1911. Bd. 43. Heft 1. S. 116.
- K. Lampert, Das Leben der Binnengewässer. 2. Aufl. Leipzig 1910.
- C. Mez, Mikroskopische Wasseranalyse. Berlin 1898.
- P. Schiemenz, Zeitschr. f. Fischerei. 1901 u. ff.
- E. Senft, Mikroskopische Untersuchung des Wassers. Wien 1905.
- G. Ch. Whipple, The Microscopy of Drinking Water. New York 1908.
- J. Wilhelmi, Kompendium der biologischen Beurteilung des Wassers. Jena 1915.
- O. Zacharias, Das Süßwasser-Plankton. Leipzig 1907.

Die sichere Feststellung des Verschmutzungsgrades von Wässern ist nicht selten eine der schwierigsten Aufgaben, die oft nur durch eingehende örtliche Besichtigung, verbunden mit der Untersuchung richtig (an geeigneten Stellen mit sachgemäßen Apparaten<sup>1)</sup>) entnommener Proben, gelöst werden kann.

Die Beurteilung des Zustandes der zu untersuchenden Gewässer geschieht nach den darin lebenden Organismen, die nach Kolkwitz und Marsson in drei Gruppen geteilt werden: in Poly-, Meso- und Oligo-Saprobien; je nachdem sie an deutlich, mittelstark oder schwach, oft kaum verunreinigten Stellen vorkommen.

Zur Orientierung über die biologischen Instrumente sollen im nachstehenden einige derselben kurz beschrieben werden, und zwar

- Ausziehstock,
- Planktonnetz und Kupfersieb Nr. 260,
- Pfahlkratzer,
- Dretsche und Schlammheber,
- Planktonkammer,

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. R. Kolkwitz, Pflanzenphysiologie. Jena 1914. Taf. X.



Planktonlupe,  
Einschlag-Lupe,  
Exkursionsmikroskop.

Für eingehenderes Studium auf diesem Gebiete empfehle ich die Lektüre der zitierten Originalarbeit.

1. Der Ausziehstock (Fig. 25) hat bei vollem Auszug für praktische Zwecke am besten eine Länge von 1,5—2 m. Der Stock besteht aus 6 Gliedern, deren äußerstes etwa 30 cm lang ist. Alle seine Metallteile sind aus Messing gefertigt. Die Spitze hat einen Durchmesser von 8 mm, eine Länge von 30 mm und für den mittelst Messingkette befestigten Stift eine Lochweite von 4 mm. Das Loch wird vorteilhaft in der Mitte der Spitze angebracht. Zur Verhütung des Erstarrens der Hand durch die Berührung mit dem Metall im Winter ist der Stock mit gefirnißter Schnur umgeben. Die einzelnen Auszüge lassen sich ohne Anwendung von Öl leicht ineinander schieben. Zur Reinigung verwendet man Alkohol. An der Spitze des Ausziehstockes können eine Reihe kleinerer biologischer Apparate befestigt werden. Der abgebildete Stock wiegt 450 g. Er läßt sich für den Transport bequem in einer Handtasche verpacken. Bei den vielen Probenentnahmen durch die Landesanstalt hat er sich gut bewährt. Preis des Ausziehstockes 12—15 M.

2. Das Planktonnetz kleinsten Formates (Fig. 26) mit Vorrichtung zur Befestigung am Ausziehstock besteht im wesentlichen aus einem ca. 35 cm langen Seidenbeutel, welcher an seinem unteren Ende einen mit verschließbarem Ausflußrohr versehenen Metallbecher trägt. Die Maschenweite des Seidenstoffes (Müllergaze Nr. 20) beträgt etwa 0,05 mm; dieser feinste Seidenstoff ist also noch relativ grobmaschig. Das Öffnen und Schließen des Becherchens kann durch Metallhahn oder Quetschhahn geschehen. Soll das Netz geworfen oder hinter dem Boot her gezogen werden, so wird es mittelst des Ringes, der die drei Aufhängeschnüre vereinigt, mit einer gewachsten Schnur verbunden; soll es dagegen am Ausziehstock befestigt werden, so wird dazu die



Fig. 25.  
Der Ausziehstock.

Aufsteckhülse verwendet. Um Rückstände einzusammeln, welche keine Fasern vom Netzstoff enthalten oder den Ablassschlauch des Netzes verstopfen würden, verwendet man das Kupfersieb Nr. 260 (Fig. 27). Seine Reinigung geschieht am leichtesten durch Abwaschen mittelst kleiner Stückchen Natronlauge. Bei Ausführung quantitativer Fänge schöpft man am besten das Wasser mit einem (Aluminium-)Litermaß und ermittelt sehr einfach die Rückstandsmenge aus 50 Liter durch Ab-



Fig. 26.  
Das Planktonnetz.

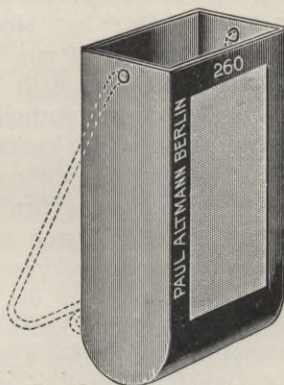


Fig. 27.  
Das Planktonsieb.

setzenlassen in graduierten Röhren (sogenannten Planktongläsern) nach Zufügen von etwa 1 ccm käuflichen Formalins. Preis des Netzes oder Siebes 6—8 M.

Über die Menge der absiebbaren Schwebestoffe möge die nachstehende Zusammenstellung nach R. Kolkwitz orientieren<sup>1)</sup>.

Die Methode ist generell, also auch auf Abwässer anwendbar.

3. Der Pfahlkratzer (Fig. 28) wird in erster Linie zum Abkratzen von bewachsenen Pfählen, Bohlwerken usw. gebraucht, ferner zum Herausfangen treibender Flocken, zum Heranziehen von Krautmassen, zum Heraufholen von Uferschlamm, kleinen Steinchen u. dgl. Preis etwa 3 M. Größere Pfahlkratzer mit festem Stiel werden nach P. Schiemenz mit bestem Erfolg zur

<sup>1)</sup> R. Kolkwitz im Journal für Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Nr. 29.

Untersuchung der Uferregion auf Fischnahrung und damit auch zur allgemeinen Beurteilung der Gewässer angewendet.

| Art des Wassers   | Absieb-<br>bare<br>Schwebstoffe<br>in 50 l Wasser | also berechnet<br>auf 1 cbm | Verhältnis    |
|-------------------|---|-----------------------------|---------------|
| Trinkwasser . . . | höchstens<br>0,05 ccm                             | höchstens 1 ccm             | 1 : 1 000 000 |
| Klare Seen . . .  | ca. 0,1 ccm                                       | ca. 2 ccm                   | 1 : 500 000   |
| Flüsse . . . . .  | ca. 1,0 ccm                                       | ca. 20 ccm                  | 1 : 50 000    |
| bis               | ca. 4,0 ccm                                       | ca. 80 ccm                  | 1 : 12 000    |

4. Die zusammenklappbare Dretsche (Fig. 29) ist vier-eckig, sie besitzt umlegbare Schneiden und Gleitbügel, wo-durch der ganze Apparat auf Reisen mög-lichst handlich ist. Die Dretsche dient zur Aufnahme von Grundproben, wie Steinen, Schlamm, Schnecken usw. Behufs Anwen-dung wird sie an einer langen, gewachsten, starken Leine von 5—8 mm Durchmesser befestigt und am Boden des zu untersuchen-  
den Gewässers langsam hingezogen. Ge-wicht 2,6 kg. Preis ca. 35 M. Kleinere Schlamm-mengen entnimmt man mittelst des Schlamm-hebers. (Preis ca 6 M.)

5. Die Plankton-kammer (Fig. 30) faßt einen Raum von genau 1 ccm und dient zur di-rekten Entnahme einer kleinen, aber abgemes-  
senen Wassermenge. Ist die Kammer gefüllt, so hält die Deckplatte durch Adhäsion von selbst fest, wodurch leichtes Beobachten ermöglicht ist. Man kann die Kammer statt mit direkten Schöpfproben auch mit den Netz-

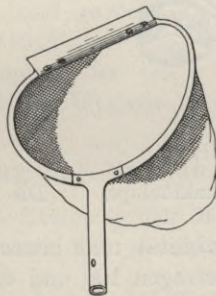


Fig. 28. Der Pfahl-  
kratzer.

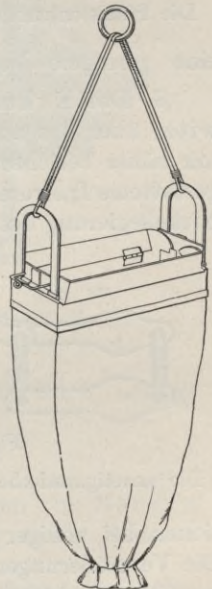


Fig. 29. Die zusam-  
men-  
klappbare Dretsche.

oder Siebfängen füllen. Zum Schutz der Kammer empfiehlt sich das Einschieben in eine locker übergepaßte Fassung von der in der Figur wiedergegebenen Form. Preis 3—4 M.

6. Die Planktonlupe (Fig. 31) ist eine 40fach vergrößernde Anastigmatlupe. (Firma Karl Zeiß-Jena.) Sie hat den Zweck, auf Exkursionen ein schwach vergrößerndes Mikroskop zu ersetzen, und dient besonders im Verein mit der Planktonkammer dazu, die Wasserorganismen möglichst an Ort und Stelle zu erkennen. Preis ca. 40 M. Für den gleichen Zweck sind auch billigere Aplanatlupen im Handel.

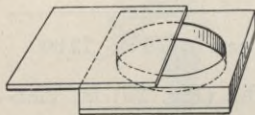
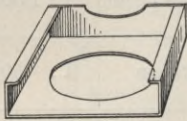


Fig. 30.

Die Planktonkammer.

7. Die aplanatische Einschlaglupe (Fig. 32) vergrößert 14mal; sie dient zur Durchmusterung mancher Proben an Ort und Stelle, bei der ein größeres Gesichtsfeld wünschenswert und eine geringere Vergrößerung ausreichend ist. Preis ca. 12 M.

8. Das Exkursionsmikroskop (Fig. 33) nach R. Kolkwitz, über das auch in der Pharmazeut. Ztg. 1908, Nr. 51, von mir näher berichtet wurde, ist ein mit normalen Objektiven ausgestattetes Instrument von besonderer Leichtigkeit — Aluminium-Nickellegierung des Fußes und der Säule — und geringen Dimen-

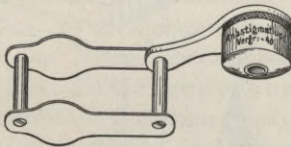


Fig. 31.

Die anastigmatische Planktonlupe.

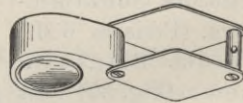


Fig. 32.

Die aplanatische Einschlaglupe.

sionen bei völliger Stabilität und bilateral symmetrischem Bau. Die Vergrößerungen betragen 100 und 400. Die Schalensculptur von *Pleurosigma angulatum* wird aufgelöst. Zur Befestigung dieses Mikropes dient eine Klammer, die leicht an jedem Tisch usw. angebracht werden kann, wodurch das Instrument eine sehr große Standfestigkeit erlangt, die zumal auf schwanken-

dem Dampfer recht wertvoll ist. Das Gewicht beträgt 600 g. Das Mikroskop ist von der Firma Otto Himmler, Berlin N 24, Oranienburgerstr. 64, gefertigt. Preis 90—100 M.

Das Instrument kann leicht auf Reisen mitgenommen werden und hat sich gut bewährt<sup>1)</sup>.

Bei Untersuchung von Brunnen<sup>2)</sup>, besonders von Schachtbrunnen, die erfahrungsgemäß meist ziemlich viele suspendierte Bestandteile enthalten, ferner von Absitzbecken, Filtern usw., ist es sehr zweckmäßig, 50—100 l Wasser durch das Netz aus Seidengaze Nr. 20 oder Kupfersieb Nr. 260 abzufiltrieren und die zurückgehaltenen Sink- und Schwebestoffe mit etwa 50 ccm Wasser in eine Flasche zu füllen und lebend zu untersuchen. Durch das Zufügen von Wasser soll bezweckt werden, daß die Organismen beim Versand nicht absterben. Dabei werden sich wichtige Anhaltspunkte für die hygienische Beurteilung eines Wassers ergeben, und zwar teils aus dem Vorhandensein, teils aus dem Fehlen bestimmter Organismen und Beimengungen.

Über die Nachteile der Flußverunreinigung für häusliche und gewerbliche Zwecke vgl. A. Pritzkow, Verunreinigung und Selbstreinigung der Gewässer in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 2. Leipzig 1914. S. 467.

### Prüfung auf Mangan.

Durch das plötzliche Auftreten großer Mengen von Mangan im Breslauer Leitungswasser hat neuerdings dieses Element

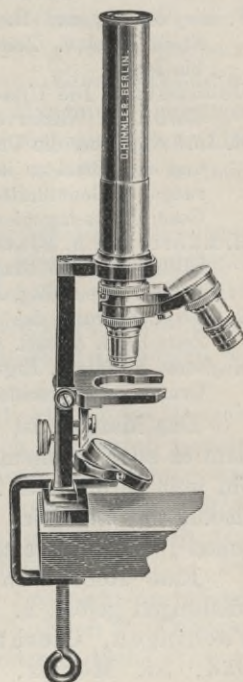


Fig. 33.  
Das Exkursions-  
mikroskop.

<sup>1)</sup> Obige Apparate sind zu beziehen durch die Firmen Paul Altmann, Berlin NW 6, Luisenstr. 47, Ed. Thum, Leipzig, Johannisallee 3 oder Ernst Leitz, Berlin NW 6, Luisenstr. 45.

<sup>2)</sup> R. Kolkwitz, Die Biologie der Sickerwasserhöhlen, Quellen und Brunnen. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1907. Nr. 37.

besonders für Zentralwasserversorgungen eine erhöhte Bedeutung gewonnen. Über die Ursachen der Breslauer Grundwasserverschlechterung vgl. u. a. die Veröffentlichungen von

F. Beyschlag und R. Michael, Über die Grundwasserverhältnisse der Stadt Breslau. Zeitschr. f. praktische Geologie 1907. Bd. 15. S. 153 bis 164.

Debusmann, Die Ursachen der Wasserkalamität in Breslau. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1908. Bd. 51. S. 963 u. 990.

H. Lührig, Über die Ursachen der Breslauer Grundwasserverschlechterung und die Mittel zu ihrer Behebung. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1907. Bd. 13. S. 441 und Bd. 14. S. 40; ferner Gesundheits-Ingenieur 1908. S. 629 u. 645.

H. Lührig und A. Blasky, Mangan im Grundwasser der Breslauer Wasserleitung und die Frage der Abscheidung des Mangansulfates aus demselben. Chem.-Ztg. 1907. Bd. 31. S. 255—257.

R. Woy, Störung der Breslauer Wasserversorgung durch Mangansulfat. Zeitschr. f. öffentl. Chemie 1906. Bd. 12. S. 121—125.

Magistrat Breslau, Ergebnisse der Untersuchungen über die Ursachen der Grundwasserverschlechterung in Breslau. Teil I—III. 1907—1912.

Das Mangan ist ein sehr häufiger Begleiter des Eisens, mit dem es auch in chemischer Hinsicht viel Ähnlichkeit hat. Es ist ein weit verbreitetes Element. Man findet Mangan viel in oberflächlichen alluvialen Schichten, auch im pflanzlichen und tierischen<sup>1)</sup> Organismus trifft man es an.

Eine Reihe von Mineralwässern enthalten Manganverbindungen gelöst, z. B. die von Baden-Baden, Bilin, Eger, Fachingen, Gieshübel, Homburg, Kreuznach, Marienbad, St. Moritz, Pyrmont, Salzbrunn, Tarasp, Wildungen usw.

Geringe Mengen von Mangan enthalten außer in Breslau noch die Trinkwässer verschiedener Orte, besonders im Oderthal, wie Glogau, Neisse, Stettin<sup>2)</sup>; ferner z. B. Erlangen<sup>3)</sup>, Björnstorp in Schweden<sup>4)</sup> usw.

In stark eisenhaltigen Wässern findet man häufig Mangan<sup>5)</sup>. In den meisten Fällen ist jedoch die Manganmenge nur gering, oft nicht mehr als 0,3 mg Mn im Liter.

1) Vgl. auch Pharm. Ztg. 1912. S. 473.

2) Chem.-Ztg. 1906. S. 448.

3) E. v. Raumer, Zeitschr. f. analyt. Chemie 1903. Bd. 42. S. 600.

4) Mats Weibull-Åkarp, Zeitschr. f. Nahrungs- u. Genußmittel 1907. Bd. 14. S. 403.

5) Vgl. auch Klut, Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung. Berlin 1909. Heft 12. S. 183.

In technischer Beziehung hat das Vorkommen von Mangan in einem Wasser insofern große Bedeutung, als seine Verbindungen wie die des Eisens die Volumenvermehrung von Bakterien im Wasser befördern. Gewisse Crenothrixformen<sup>1)</sup> scheinen in manganhaltigem Wasser besonders gern zu wuchern. Ebenso wie die beim Eisen genannten Eisenbakterien Eisenverbindungen einlagern, können auch Manganverbindungen gespeichert werden, wodurch die Leitungsröhren verstopft werden können<sup>2)</sup>, und zwar häufig in noch höherem Grade, als es beim Eisen der Fall ist.

B. Proskauer war einer der ersten, der auf das Vorkommen von Mangan im Trinkwasser sowie auf die hiermit verbundenen Übelstände hinwies. Schon 1891 beobachtete Proskauer<sup>3)</sup> Grundwässer, die größere Mengen von Manganoxydulverbindungen gelöst enthielten, und welche gleiche Mißstände in Leitungen wie Eisenoxydulverbindungen hervorriefen.

Bezüglich der gesundheitlichen Bedeutung des Mangans im Wasser heißt es in dem bereits mehrfach erwähnten gemeinsamen Erlaß der Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten sowie des Innern vom 23. April 1907<sup>4)</sup>, betreffend Leitsätze für die Beschaffung hygienisch einwandfreien Wassers zu Nr. 7 der „Erläuterungen“: „Das Mangan läßt sich weniger leicht ausfällen. Das nicht ausfallende Mangan ist aber gesundheitlich indifferent.“ Nach C. Flügge<sup>5)</sup> und K. B. Lehmann<sup>6)</sup> liegt eine gesundheitsschädliche Wirkung des manganhaltigen Wassers nicht vor.

1) B. Schorler, Die Rostbildung in den Wasserleitungsröhren. Zentralbl. f. Bakt. II. Abtlg. 1906. Bd. 15. Nr. 17 u. 18. R. Kolkwitz, Pflanzenphysiologie. Jena 1914. Mit Abb. von Eisen- und Manganbakterien. Über Röhrenreinigung vgl. Abschnitt Eisen.

2) J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 3. Aufl. Berlin 1906. S. 844 und Vollmar, Dresden, Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. Nr. 43. S. 944.

3) Offizieller Bericht über die XVIII. Hauptversammlung d. Preuß. Medizinalbeamten-Vereins zu Berlin 1901. S. 58.

4) Ministerialblatt f. Medizinal- u. med. Unterrichtsangelegenheiten. 1907. Nr. 11. S. 169.

5) Grundriß der Hygiene. 6. Aufl. Leipzig 1908. S. 133. Mangan wird übrigens in der Heilkunde gemeinsam mit Eisen vielfach innerlich gegen Bleichsucht angewendet. — Th. Bokorny, Über die Ungiftigkeit des Magnans. Chem.-Ztg. 1914. Bd. 38. Nr. 153/4. S. 1290.

6) K. B. Lehmann, Sonderkatalog über die chemische Industrie u. die Gesundheit. Verlag d. Internat. Hygiene-Ausstell. Dresden 1911. S. 32.

Für technische Betriebe<sup>1)</sup> wie Wäschereien, Bleichereien, Färbereien<sup>2)</sup>, Papier-, Stärkefabriken usw. ist manganhaltiges Wasser ebenso ungeeignet wie eisenhaltiges. Nach H. Lührig und W. Becker<sup>3)</sup> machen sich schon wenige mg Mangan in 1 l Wasser bei der Wäsche höchst unangenehm bemerkbar. Selbst 0,5 mg Mangan (MnO) in 1 l erzeugen auf Wäsche eine geringe Dunkelfärbung. Bei Chlorkalkzusatz wird die Färbung noch verstärkt. Der viel verwendete Mineralfarbstoff Manganbraun-Bister =  $Mn_3O_4$  wird ja durch Behandeln von Mangankarbonat mit Chlorkalklösung erhalten.

Für Zentralversorgungsanlagen sollte der Mangan Gehalt eines Wassers zur Vermeidung von irgend welchen Störungen im Betriebe 0,2 mg Mn in einem Liter nicht übersteigen.

Über geeignete Verfahren zur Entmanganung von Wasser sei auf die nachstehende Literatur verwiesen:

- R. Gans, Die Mangengefahr bei der Benutzung von Grundwasser zur Trinkwasserversorgung und deren Beseitigung. Die chemische Industrie 1910. S. 48.
- A. Kolb, Über Permutit, dessen Anwendung und die mit ihm gemachten Erfahrungen. Zeitschrift „Sozial-Technik“. Bd. 14. Heft 7. 1915.
- H. Lührig, a. a. O. und Jahresbericht des Chem. Untersuchungsamtes der Stadt Breslau. Bd. 30. 1910. Heft 1 der „Breslauer Statistik“. S. 29.
- H. Noll, Reinigung des Trinkwassers von Mangan durch Aluminatsilikate. Gesundheits-Ingenieur 1908. Nr. 34. S. 533.
- R. Schmeitzner, Über Entmanganung von Grundwasser. Techn. Gemeindeblatt 1913. Bd. 15. Nr. 22. S. 343.
- K. Schmidt, Die neue Schnellfilteranlage der städtischen Wasserwerke Halle a. S. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. Nr. 34. S. 826.
- H. Thiesing, Versuche über die Entmanganung von Grundwasser. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwasserbeseitigung. Berlin 1912. Heft 16. S. 210.
- J. Tillmans, Über die Entmanganung von Trinkwasser. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Nr. 29. S. 713.
- J. Tillmans und O. Heublein, Versuche zur Theorie der Entmanganung von Grundwasser. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1914. Bd. 27. Heft 1–3. S. 253.
- H. Többen, Über die besten Verfahren der Reinigung des Grundwassers von Eisen und Mangan. Gesundheits-Ingenieur 1907. Nr. 46 u. 47. S. 763.

1) Klut, Gesundheit. Bd. 35. 1910. S. 45.

2) W. Zänker und P. Weyrich, Färber-Ztg. 1912. Bd. 23. Heft 16.

3) Chem.-Ztg. 1908. S. 532.



Vollmar, Die Entmanganung des Grundwassers im Elbtale und die für Dresden ausgeführten Anlagen. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. Bd. 57. Nr. 43. S. 944 und Nr. 44. S. 956.

Weiß, Das Mangan im Grundwasser und seine Beseitigung. Dissert. Darmstadt 1910 und Städt. Tiefbau 1910. S. 312; vgl. ferner auch Wasser und Abwasser 1915. Bd. 9. Nr. 662. S. 368.

Zum Nachweise von Mangan im Wasser sind für die Praxis die drei nachstehenden Methoden zu empfehlen:

**Prüfung nach H. Marshall<sup>1)</sup>.** Etwa 50 ccm des zu prüfenden Wassers werden mit 8—10 Tropfen reiner Salpetersäure von 25% angesäuert und darauf vorsichtig mit soviel einer 5proz. Silbernitratlösung versetzt, bis alle Chloride gefällt sind und ein geringer Überschuß von Silbernitrat im Wasser vorhanden ist. Alsdann setzt man 5 ccm einer 6proz. Ammoniumpersulfatlösung hinzu und erhält nun die Flüssigkeit — ohne von dem Chlorsilber abzufiltrieren<sup>2)</sup> — eine Viertelstunde im gelinden Kochen. Dabei tritt bei Anwesenheit von Manganverbindungen im Wasser Rosa bis Rotfärbung je nach dem vorhandenen Mn-Gehalt auf. Bei hohem Mn-Gehalt kann sich ein Teil desselben auch als braunes Manganperhydroxyd unlöslich abscheiden. Bisweilen zeigt sich anfangs und während des Kochens eine wieder verschwindende Braunfärbung der Flüssigkeit, die mit der eigentlichen Färbung der entstehenden Übermangansäure nicht verwechselt werden darf. Die Braunfärbung tritt dann auf, wenn versehentlich zuviel Salpetersäure oder zuviel Silbernitrat zugesetzt wurde; man führt sie darauf zurück, daß Silberperoxyd in Salpetersäure mit brauner Farbe<sup>3)</sup> löslich ist.

Empfindlichkeitsgrenze der Marshallschen Manganreaktion 0,1—0,05 mg Mn in 1 Liter.

**Prüfung nach J. Tillmans und H. Mildner<sup>4)</sup>.** 10 ccm des zu prüfenden Wassers werden in einem durch Glasstopfen verschließ-

1) H. Marshall, Chem. News 1904. Bd. 83. S. 76 und Zeitschr. f. angew. Chemie 1901. S. 549; ferner H. E. Walters, Chem. News 1904. Bd. 84. S. 239. — E. Schowalter, Studien zur Kenntnis des Verlaufs der Marshallschen Manganreaktion. Zeitschr. f. Untersuch. d. Nahrungs- u. Genußmittel 1914. Bd. 27. S. 553—562.

2) H. Lührig, Chem.-Zeitung 1914. Bd. 38. Nr. 73. S. 781.

3) L. Grünhut, Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914. S. 493.

4) J. Tillmans und H. Mildner, Mangan im Wasser, sein Nachweis und seine Bestimmung. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. S. 496.

baren Reagenzglase oder Glaszylinder mit einer geringen Menge (etwa 0,1 g) kristallisierten, festen Kaliumperjodats kräftig während einer Minute durchgeschüttelt. Nach dem Ansäuern der Reaktionsflüssigkeit mit 3 Tropfen Eisessig gießt man langsam einige Kubikzentimeter einer frisch bereiteten Lösung Tetramethyldiamidodiphenylmethan oder kurz von Tetramethylbase<sup>1)</sup> in Chloroform zu. Die Gegenwart von Mangan läßt sich an der sofort auftretenden Blaufärbung der wässerigen, über dem Chloroform stehenden Flüssigkeit erkennen.

Wegen der Zersetzbarkeit der Chloroformlösung muß die Lösung der Tetramethylbase möglichst frisch bereitet werden. Die Herstellung dieser Lösung macht keine besonderen Schwierigkeiten, da die Base sich leicht in Chloroform löst. Man verwendet eine Lösung mit einem Gehalte von etwa 0,5%. Die bei der Reaktion auftretende Färbung muß deutlich blau sein. Beim Durchblicken von oben sich ergebende grüne bis braune Färbungen sind als positive Reaktionen nicht anzusehen.

Die Färbung verblaßt bald und schlägt in eine grünbraune Mißfarbe um. Besonders schnell tritt diese Erscheinung bei Gegenwart größerer Manganmengen auf.

Da ein höherer Eisengehalt diese Reaktion etwas beeinträchtigt, empfiehlt es sich, das Wasser vorher durch Behandeln mit Zinkoxyd zu enteisen, und dann im Filtrat die Mn-Prüfung erst vorzunehmen.

Empfindlichkeitsgrenze bei dieser Manganreaktion 0,05 mg Mn in 1 Liter.

**Prüfung nach J. Volhard<sup>2)</sup>.** Etwa 50 ccm des zu prüfenden Wassers werden mit 5 ccm reiner Salpetersäure (25proz.) in einem Kölbchen zum Kochen erhitzt. Man entfernt jetzt die Flamme und setzt zur Vermeidung eines durch Siedeverzug bedingten Herausspritzens der Flüssigkeit erst nach etwa 2 Minuten eine Messerspitze voll (etwa 0,5 g) chemisch reinen Bleisuperoxyds<sup>3)</sup> unter Umschütteln hinzu und erhitzt noch weitere 2—5 Minuten zum Sieden. Man läßt nun absitzen und beobachtet die über dem Bodensatz stehende klare Flüssigkeit gegen einen weißen Hinter-

<sup>1)</sup> Vgl. auch A. Trillat, in Chem.-Ztg. 1903. S. 555.

<sup>2)</sup> J. Volhard, Annal. Chem. u. Pharm. 1879. Bd. 198. S. 362; ferner P. A. Meerburg, im Chem. Zentralblatt 1905. Bd. II. S. 1466.

<sup>3)</sup> Vgl. auch A. Classen, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. Bd. I. Braunschweig 1901. S. 360.

grund. Bei manganhaltigem Wasser sieht die Flüssigkeit durch die gebildete Übermangansäure je nach der vorhandenen Menge schwach bis deutlich violettrot gefärbt aus.

Empfindlichkeitsgrenze dieser Reaktion 0,1 mg Mn in 1 Liter.

Der Gehalt der Wässer an Chloriden<sup>1)</sup> ist bei dieser Methode in den weitaus meisten Fällen ohne störenden Einfluß. Nur bei sehr hohem Chlorgehalt kann sich beim Kochen der Probe mit Salpetersäure Nitrosylmonochlorid, freies Chlor und salpetrige Säure entwickeln, welche die Manganreaktion beeinflussen.

In solchen Fällen kann jedoch durch längeres Kochen vor Zusatz des Bleisuperoxyds die Salzsäure als Chlor völlig ausgetrieben und darauf die Reaktion in der oben angegebenen Weise ausgeführt werden.

Der Nachweis, sowie die Bestimmung von Mangan kann natürlich jederzeit später im Laboratorium an eingesandten Proben vorgenommen werden. Unter Umständen kann es jedoch nach vorstehendem von großem Wert sein, sogleich zu wissen, ob ein für eine Zentral-Wasserversorgung bestimmtes Wasser manganhaltig ist oder nicht. Im positiven Falle wären im Anschluß an die bei der Entnahme gemachten Ermittlungen quantitative Bestimmungen im Laboratorium erforderlich. Das Mangan wird mit Recht als ein unangenehmer Bestandteil<sup>2)</sup> des Wassers angesehen, ganz besonders schon deshalb, weil seine Entfernung im allgemeinen schwieriger als die des Eisens ist.

Anschließend hieran sei noch kurz erwähnt, daß das Vorkommen von Manganverbindungen, besonders von Braunstein in Oberflächenwässern, Seen, Flüssen usw. für die Fischzucht sehr nachteilig ist. Der fein verteilte Manganschlamm<sup>3)</sup> setzt sich beim Atmen der Fische mit dem Atemwasser auf die Kiemen fest, wodurch Erstickung der Fische bewirkt wird. Auch hält der Manganschlamm — selbst in ganz dünner Lage, unter 0,5 mm — schon das Tageslicht mehr oder weniger ab, so daß eine normale Entwicklung der Fische nicht stattfinden kann.

---

<sup>1)</sup> H. Klut, Nachweis und Bestimmung von Mangan im Trinkwasser. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwasserbeseitigung. Berlin 1909. Heft 12. S. 185.

<sup>2)</sup> Vgl. auch O. Materne, Manganhaltige Ablagerungen in den Röhren der Wasserleitung von Verviers. Bull. Soc. Chim. de Belg. 1904. Bd. 18. S. 365—367.

<sup>3)</sup> B. Hofer, Allgem. Fischerei-Ztg. 1894. S. 394.

Nach R. Leuckart<sup>1)</sup> beeinträchtigt die fortgesetzte Verunreinigung mit Braunsteinschlamm den Fischreichtum der Flüsse im höchsten Grade und droht denselben allmählich sogar gänzlich zu zerstören.

Die Ergebnisse der chemischen Manganuntersuchung werden vielfach in verschiedener Weise ausgedrückt, wie: Manganoxydul, Mangankarbonat, Mangansulfat, Mangansulfid, Manganoxyduloxyd, Manganpyrophosphat usw. Ich würde der Einheitlichkeit halber empfehlen, Mangan nur als Mn anzugeben.

Über die Verhältniszahlen obiger Verbindungen orientiert die nachstehende

#### Umrechnungstabelle.

|        |     |   |      |       |        |
|--------|-----|---|------|-------|--------|
| 1 Teil | MnO | =   | 0,77 | Teile | Mn     |
| 1      | „   | MnCO <sub>3</sub>                             | =    | 0,48  | „ „    |
| 1      | „   | MnSO <sub>4</sub>                             | =    | 0,36  | „ „    |
| 1      | „   | MnS   | =    | 0,63  | „ „    |
| 1      | „   | Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>                | =    | 0,72  | „ „    |
| 1      | „   | Mn <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | =    | 0,39  | „ „    |
| 1      | „   | Mn  | =    | 1,29  | „ MnO. |

## Physikalische Untersuchungsmethoden.

Von physikalischen Untersuchungsmethoden, die in den letzten Jahren zur schnellen Feststellung der Beschaffenheit von Wässern an Ort und Stelle praktische Anwendung gefunden haben, seien zwei Verfahren kurz besprochen:

### 1. Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit natürlicher Wässer.

Unsere natürlichen Wässer lassen sich als sehr verdünnte Salzlösungen auffassen, in denen besonders Kalzium-, Magnesium- und Alkaliverbindungen vorherrschen. Das Vermögen solcher Salzlösungen, den elektrischen Strom zu leiten, ist abhängig einmal von der Art und dann von der Menge der gelösten Salze. Die Art der Salze tritt im vorliegenden Falle nur verhältnismäßig wenig in Erscheinung, weil nach F. Kohlrauschs Beobachtungen

<sup>1)</sup> In J. König, Die Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. Berlin 1899. Bd. 1. S. 91.

für verdünnte Lösungen — etwa bis zu  $\frac{1}{100}$  normal — das Leitvermögen der hier in Frage kommenden Salze sich sehr nahe liegt. Somit gibt für die natürlichen Wässer das Leitvermögen einen guten Maßstab für die Menge der im Wasser gelösten Salze. R. Weldert<sup>1)</sup> hat sich neuerdings in Gemeinschaft mit K. v. Karaffa-Korbutt eingehend mit der Anwendbarkeit dieser elektrischen Methode beschäftigt. Auf Grund seiner Untersuchungen gelangt er u. a. zu folgendem Ergebnis:

Die Bestimmung der Menge der in natürlichen Wässern enthaltenen anorganischen Salze mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit, welcher Wert bei reinen Wässern dem des Abdampfdruckstandes sehr nahe kommen kann, liefert nach den angestellten Untersuchungen recht genaue Ergebnisse bei Verwendung eines geeigneten Faktors C. Dieser wurde bei den Versuchen zu 0,71 bis 0,73 ermittelt. Bei Wässern mit einem Gehalt an anorganischen Salzen über 700 mg/l muß eine Verdünnung des Wassers durch destilliertes Wasser vorgenommen werden, wenn auf große Genauigkeit der Zahlen Wert gelegt wird. Die wesentlichen Vorzüge dieser Methode sind besonders: Ihre rasche Ausführbarkeit, welche erlaubt, viele Bestimmungen in kurzer Zeit und mit verhältnismäßig geringem Arbeitsaufwand zu erledigen, die Schnelligkeit, mit der ein Einblick in das zu untersuchende Wasser gewonnen wird, und die Möglichkeit, sich mit der Probeentnahme jeder Zustandsänderung des Wassers anzupassen und dem etwaigen Ursprung einer solchen durch entsprechende Auswahl der Stellen der Probeentnahme usw. sofort nachzugehen. Man wird so charakteristischere Bilder über den Zustand, z. B. der Vorflut, erhalten als mit Hilfe von Methoden, deren Ergebnisse erst im Laboratorium erhalten werden, also erst dann, wenn die Entnahme dieser oder jener Probe nicht mehr möglich ist, deren Untersuchung eine wünschenswerte Vervollständigung des Bildes der Untersuchungsergebnisse geliefert hätte.

Zur fortlaufenden und schnellen Kontrolle der gleichmäßigen chemischen Zusammensetzung des Wassers von zentralen Wasserversorgungsanlagen, Flüssen und Seen ist diese physikalische Methode zu empfehlen, da auf Grund einer einzigen Leitfähig-

<sup>1)</sup> Über die Anwendbarkeit der Bestimmung des elektrischen Leitvermögens bei der Wasseruntersuchung. Mitteilungen a. d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene. Berlin 1914. Heft 18. S. 139.

keitsbestimmung eine annähernde Feststellung des Salzgehaltes eines Wassers leicht möglich ist.

Zum Nachweise von Flußversalzungen, sowie überhaupt zur dauernden Überwachung des Wassers, hat sich die Bestimmung des elektrischen Leitvermögens am besten mittelst selbstregistrierender Apparate<sup>1)</sup> nach den Angaben von M. Pleißner in der Praxis bereits bewährt.

In all diesen Fällen kann natürlich dieses Verfahren nicht die chemische, bakteriologische und biologische Untersuchung ersetzen, sondern sie soll lediglich als ein Indikator dienen, ob und wo eine eingehendere Untersuchung nötig ist.

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit eines Wassers geschieht allgemein durch Widerstandsmessung nach der bekannten Methode der Wheatstone-Kirchhoffschen Brückenverzweigung, die F. Kohlrausch durch Anwendung von Wechselströmen und Telephon für Flüssigkeiten brauchbar gemacht hat.

Ausführlichere Angaben über die Anwendung dieser Methode sind in der nachstehenden Literatur enthalten:

- M. le Blanc, Lehrbuch der Elektrochemie. 5. Aufl. Leipzig 1911.  
 L. Graetz, Die Elektrizität und ihre Anwendungen. 17. Aufl. Stuttgart 1914.  
 L. Grünhut, Die Bestimmung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit, in Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914.  
 F. Kohlrausch, Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. 2. Aufl. Leipzig und Berlin 1907.  
 F. Kohlrausch und L. Holborn, Das Leitvermögen der Elektrolyte. Leipzig u. Berlin 1898.  
 Lange, In welcher Weise kann man die Versalzung von Flußwasser rasch ermitteln? Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zuckerindustrie 1912. Bd. 42. S. 979.  
 W. Nernst, Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, in „Theoretische Chemie“. 7. Aufl. Stuttgart 1913.  
 W. Ohlmüller und O. Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 3. Aufl. Berlin 1910. S. 23.

---

<sup>1)</sup> B. Wagner, in Wasser und Abwasser. Bd. 7. 1913/14. Nr. 570, S. 326 und M. Pleißner, Bericht über die Prüfung der im Flußgebiet eingebauten Registrierapparate für die elektrische Leitfähigkeit. Vierteljahrs-Bericht der Untersuchungsstelle Sondershausen über die Ergebnisse der aml. Wasser-Kontrolle im Wipper-, Unstrut- und Saale-Gebiet April, Mai, Juni 1914. Herausgegeben v. d. Kali-Abwässer-Kommission. Sondershausen, den 15. Juli 1914. Nr. 6.

- W. Ostwald und R. Luther, Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physikochemischer Messungen. 3. Aufl. Leipzig 1910.
- Th. Paul, Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, in „Nahrungsmittelchemie mit besonderer Berücksichtigung der modernen physikalisch-chemischen Lehren“. Leipzig 1914.
- M. Pleißner, Über die Messung und Registrierung des elektrischen Leitvermögens von Wässern mit Hilfe von Gleichstrom. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt 1909. Bd. 30. S. 483 und Wasser u. Abwasser 1910. Bd. 2. S. 249.
- O. Spitta und M. Pleißner, Neue Hilfsmittel für die hygienische Beurteilung und Kontrolle von Wässern. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt 1909. Bd. 30. S. 463.
- H. Stooff, Über die elektrische Leitfähigkeit natürlicher Wässer. Gesundheits-Ingenieur 1909. Bd. 32. Nr. 5. S. 75.
- A. Thiel, Bestimmung der elektrolytischen Leitfähigkeit, in J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. Bd. 3. Teil I. 4. Aufl. Berlin 1910.

Für die Messung des elektrischen Leitvermögens von Wässern, Abwässern und Salzlösungen an Ort und Stelle hat die Firma Richard Bosse & Co. in Berlin SO 36 nach den Angaben von M. Pleißner einen handlichen, tragbaren Apparat erbaut, der von dort mit allem Zubehör zum Preise von 350 M. bezogen werden kann. Eine ausführliche Gebrauchsanweisung wird jedem Apparat beigelegt. In der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene wird der Pleißnersche Apparat seit längerer Zeit mit Erfolg angewandt.

In dem Sammelblatt „Wasser und Abwasser“ hat Pleißner<sup>1)</sup> diesen Apparat an der Hand von Abbildungen eingehend beschrieben und auch praktische Beispiele für die Berechnung des Widerstandes und des spezifischen Leitvermögens mitgeteilt. Ferner sind in der genannten Arbeit zur Erleichterung der Rechnungen zwei ausführliche Tabellen beigelegt.

## 2. Das Wasser-Interferometer, ein optisches Meßinstrument.

Ein optisches Verfahren zur schnellen Orientierung über die Beschaffenheit eines Wassers an Ort und Stelle besitzt man neuerdings auch in dem Wasser-Interferometer von F. Löwe, Jena. Während durch die Leitfähigkeitsbestimmungen lediglich der Gehalt eines Wassers an anorganischen Verbindungen ermittelt wird, kann mit dem Interferometer auch noch der Ge-

<sup>1)</sup> Bd. 2. 1910. S. 249.

halt des Wassers an organischen Verbindungen festgestellt werden. In der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene wird das Instrument seit einiger Zeit bereits angewandt.

Das Wesen des Interferometers beruht auf der Interferenz zweier Beugungsspektren, die dadurch entstehen, daß man Lichtstrahlen durch einen Spalt treten läßt. Dieser geradlinige Lichtstrahl wird durch zwei Spaltblenden in zwei Lichtbündel zerlegt, die durch Interferenz in einem Fernrohr zwei Systeme feiner schwarzer und farbiger Streifen übereinander erzeugen. Die Lichtbündel passieren zwei Wasserkammern, deren eine zum Vergleich destilliertes Wasser enthält.

Die Bestimmung im Wasser-Interferometer ist eine Differenzmessung, die durch den Unterschied der Lichtbrechung der untersuchten Wasserprobe und des Vergleichswassers hervorgerufen wird. Nähere Angaben über Konstruktion und praktische Anwendung des Wasser-Interferometers ist in nachstehender Literatur zu finden:

- F. Haber und F. Löwe, Ein Interferometer für Chemiker nach Rayleigh'schem Prinzip. Zeitschr. f. angew. Chemie 1910. Bd. 2. Heft 30. S. 1393.  
 R. L. v. Klemperer, Einige Anwendungen des Interferometers. Chem.-Ztg. 1911. Bd. 35. S. 557.  
 F. Löwe, Ein neues Interferometer für Gase und Flüssigkeiten. Physikal. Zeitschr. 1910. Bd. 11. Nr. 23. S. 1047.  
 Derselbe, Ein tragbares Interferometer für Flüssigkeiten und Gase. Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1910. Heft 11. S. 321.  
 Derselbe, Die optische Bestimmung des Salzgehaltes im Seewasser. Annalen der Hydrographie usw. 1912. Heft 6. S. 303.  
 R. Marc, Über die Bestimmung der Konzentration kolloidaler Lösungen mittels des neuen Flüssigkeits-Interferometers. Chem.-Ztg. 1912. Nr. 58. S. 537. Interferometer für Gas und Wässer. Kali 1913. Bd. 7. S. 169.

Das Wasser-Interferometer wird von der Firma Carl Zeiß-Jena zum Preise von 600—700 M. hergestellt. Jedem Apparat wird eine ausführliche Gebrauchsanweisung beigegeben.

## Schemata für die Untersuchung von Grund- und Oberflächenwasser.

Werden nach Beendigung der Voruntersuchungen an der Entnahmestelle Wasserproben einem Laboratorium zur weiteren Prüfung übersandt, so ist es häufig wünschenswert, sogleich noch Angaben über die Art und Ausdehnung der Untersuchung auf diese oder jene Substanzen bei den einzelnen Proben zu machen.



In den beifolgenden Schemata sind einige Beispiele für die Untersuchung von Trink- und Brauchwasser, sowie Kesselspeise- und Oberflächenwasser aufgeführt.

Wie die einzelnen Muster erkennen lassen, stellen diese verschiedene Grade der geringeren oder weitgehenderen Untersuchung eines Wassers dar; sie sollen lediglich Anhaltspunkte geben für den Umfang einer Wasseruntersuchung für verschiedene Zwecke der Benutzung. Eine einfache Übertragung auf alle in Betracht kommenden Fälle darf natürlich nicht stattfinden. Es muß in praxi jedes Schematisieren möglichst vermieden werden. Die angegebenen Muster sollen, wie gesagt, nur Anhaltspunkte bieten für den speziellen Fall im einzelnen.

Die einzelnen Schemata habe ich der Gebühren-Ordnung<sup>1)</sup> der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem entnommen.

#### A. Wasser für Trink- und Brauchzwecke.

1. Prüfung auf Brauchbarkeit als Trink- und Wirtschaftswasser bei Einzelbrunnen — zur Untersuchung erforderliche Menge 2 Liter — (Äußere Beschaffenheit, Reaktion, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Eisen, Kaliumpermanganatverbrauch, Gesamthärte, mikroskopisch-biologischer Befund): 25 M. (Einheitssatz).
2. Prüfung auf Brauchbarkeit zur Speisung kleinerer zentraler Wasserversorgungsanlagen für Gemeinden usw. — zur Untersuchung erforderliche Menge 3 Liter — (Äußere Beschaffenheit, Reaktion, Gesamtmenge der suspendierten Stoffe, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Eisen, Mangan, Kaliumpermanganatverbrauch, Gesamthärte, temporäre Härte, bleibende Härte, freie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, mikroskopisch-biologischer Befund): 35 M. (Einheitssatz).
3. Prüfung auf Brauchbarkeit zur Speisung größerer zentraler Wasserversorgungsanlagen mit besonderer Berücksichtigung der Verwendung für technische Zwecke — zur Untersuchung erforderliche Menge 3 Liter — (Äußere Beschaffenheit, Reaktion, Gesamtmenge der suspendierten

---

<sup>1)</sup> Diese ist abgedruckt im Ministerialblatt f. Medizinal- u. medicin. Unterrichts-Angelegenheiten. Berlin 1910. Bd. 10. Nr. 16. S. 307.

Stoffe, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Eisen, Mangan, Kaliumpermanganatverbrauch, Kalk, Magnesia, Gesamthärte, temporäre Härte, bleibende Härte, freie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, mikroskopisch-biologischer Befund): 40 M. (Einheitssatz).

4. Ausführliche Wasseruntersuchung — zur Untersuchung erforderliche Menge 5 Liter — (Äußere Beschaffenheit, Reaktion, Alkalinität, Gesamtmenge der suspendierten Stoffe, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Eisen, Mangan, Kaliumpermanganatverbrauch, Kalk, Magnesia, Gesamthärte, temporäre Härte, bleibende Härte, Schwefelsäure, Gesamtmenge des Abdampfrückstandes, sein Glührückstand bzw. Glühverlust, freie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, mikroskopisch-biologischer Befund): 55 M. (Einheitssatz).
5. Prüfung auf Brauchbarkeit als Kesselspeisewasser — zur Untersuchung erforderliche Menge 3 Liter — (Äußere Beschaffenheit, Reaktion, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Eisen, Kaliumpermanganatverbrauch, Kalk, Magnesia, Gesamthärte, temporäre Härte, bleibende Härte, Gesamtmenge des Abdampfrückstandes, mikroskopisch-biologischer Befund): 35 M. (Einheitssatz).

B. Oberflächenwasser (Feststellung des Reinheitsgrades von Flüssen usw.).

1. Einfachere Untersuchung — zur Untersuchung erforderliche Menge 2 Liter — (Äußere Beschaffenheit, Reaktion, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Kaliumpermanganatverbrauch, Schwefelwasserstoff, mikroskopisch-biologischer Befund): 21 M. (Einheitssatz).
2. Ausführlichere Untersuchung — zur Untersuchung erforderliche Menge 3 Liter — (Äußere Beschaffenheit, Reaktion, Gesamtmenge der suspendierten Stoffe, ihr Glühverlust bzw. Glührückstand, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Kaliumpermanganatverbrauch, Sauerstoff und Sauerstoffzehrung, Schwefelwasserstoff, mikroskopisch-biologischer Befund): 35 M. (Einheitssatz).
3. Umfangreiche Untersuchung zwecks Feststellung auch technischer Verunreinigungen — zur Untersuchung erforderliche Menge 5 Liter — (Äußere Beschaffenheit, Reaktion,

Gesamtmenge der suspendierten Stoffe, ihr Glührückstand bzw. Glühverlust, Gesamtmenge des Abdampfückstandes, sein Glührückstand bzw. Glühverlust, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Kaliumpermanganatverbrauch, Kalk, Magnesia, Schwefelsäure, Säurebindungsvermögen, Sauerstoff und Sauerstoffzehrung, Schwefelwasserstoff): 55 M. (Einheitssatz).

## Über normale chemische Zusammensetzung von Grund- und Oberflächenwasser.

Im Nachstehenden seien noch einige Angaben über die normale chemische Zusammensetzung von Grund- und Oberflächenwasser gemacht. Einleitend muß jedoch gleich bemerkt werden, daß ich diesen Abschnitt auf besonderen, von verschiedenen Seiten angeregten Wunsch verfaßt habe. Ich bin mir bewußt, daß diese Aufgabe allgemein nicht oder mindestens schwer zu lösen ist. Die mitgeteilten Zahlen sind von mir auf Grund langjähriger Untersuchungen, sowie unter weitgehender Berücksichtigung der mir zur Verfügung stehenden Literatur zusammengestellt.

### I. Trink- und Wirtschaftswasser.

Früher war es allgemein üblich, sogenannte „Grenzzahlen“ für den Gehalt eines guten Trink- und Wirtschaftswassers aufzustellen. Dies ist jedoch nicht angängig.

Grenzwerte für Wässer in dem Sinne, daß daraus im einzelnen Falle auf die hygienische Zulässigkeit oder Unzulässigkeit eines Wassers geschlossen werden könnte, gibt es nicht. Es kommt in jedem Fall auf die Verhältnisse in ihrer Gesamtheit an. Ein bestimmter Wert, der in dem einen Falle nach der gesamten Sachlage für eine Verunreinigung spricht, kann in einem anderen Falle ganz unverdächtig sein.

Man kennt viele Wässer mit hohem Gehalt an Chloriden, Kalk- und Magnesiaverbindungen, organischen Stoffen usw., die hygienisch durchaus einwandfrei sind. Man vergleiche z. B. nur einmal die Tabellen von H. Bunte<sup>1)</sup> und J. König<sup>2)</sup> über die

<sup>1)</sup> Chemische Beschaffenheit des Wassers deutscher Städte. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1915. Bd. 58. Nr. 7. S. 76.

<sup>2)</sup> Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. Bd. 2. 4. Aufl. Berlin 1904. S. 1404.

chemische Zusammensetzung des Leitungswassers der größten deutschen Städte. Aus dieser Zusammenstellung ist deutlich ersichtlich, daß genaue Grenzwerte für Wasser sich nicht geben lassen. J. König<sup>1)</sup> sagt hierüber in sehr treffender Weise: „Die Trinkwasserfrage will, wie die der Flußverunreinigung, örtlich geprüft sein. Für die Brunnenwässer eines Ortes kann als Regel gelten, daß der durchschnittliche Gehalt desselben den durchschnittlichen Gehalt des natürlichen, nicht verunreinigten Wassers derselben Gegend und derselben Bodenformation nicht wesentlich überschreiten darf.“

Immerhin erscheint es wünschenswert, gewisse Anhaltspunkte für die chemische Zusammensetzung normaler Trink- und Wirtschaftswässer mitzuteilen, die lediglich als Vergleichswerte dienen sollen. Auf Grund sehr vieler Wasseruntersuchungen<sup>2)</sup>, die ich im Laufe der Jahre in der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene ausgeführt habe, bin ich zu nachstehendem Ergebnis — Durchschnittswerte<sup>3)</sup> — gelangt, das im wesentlichen auch mit den in der Literatur längst bekannten Grenzzahlen für gutes Trinkwasser übereinstimmt.

In guten Wässern sind enthalten, ausgedrückt in Litermilligramm — lmg:

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Abdampfrückstand:              | unter 500 |
| Salpetersäure ( $N_2O_5$ ):    | „ 30      |
| Salpetrige Säure ( $N_2O_3$ ): | fehlt.    |

Anmerkung. Das aus einer Enteisungsanlage austretende oder in zinkhaltigem Leitungsmaterial gestandene Wasser enthält anfangs mitunter geringe Mengen von  $N_2O_3$ , die durch Oxydation aus dem  $NH_3$  oder durch Reduktion aus  $N_2O_5$  entstanden sind.

Ammoniak ( $NH_3$ ): Spuren. In eisenhaltigen Grundwässern oft bis 0,5, ja 1 mg  $NH_3$  im Liter.

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Chlor (Cl):                   | unter 30 |
| Schwefelsäure ( $SO_3$ ):     | „ 60     |
| Kaliumpermanganat-Verbrauch:  | „ 12     |
| Gesamthärte (deutsche Grade): | „ 18     |

<sup>1)</sup> Die Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. Bd. I. Berlin 1899. S. 56.

<sup>2)</sup> Klut, Die Ausdeutung der Analysenbefunde bei der chemischen Wasseruntersuchung. Berichte d. Deutsch. Pharmazeut. Ges. Bd. 19. Berlin 1909. Heft 3. S. 140.

<sup>3)</sup> Vorwiegend für die norddeutsche Tiefebene.

Reaktion gegen Lackmuspapier und Rosolsäurelösung: schwach alkalisch.

Phosphorsäure ( $P_2O_5$ ): höchstens Spuren.

Kaliverbindungen fehlen meist. Die Anwesenheit größerer Mengen — etwa über 10 mg  $K_2O$  in 1 l — läßt sehr häufig auf Verunreinigungen schließen.

## II. Kesselspeisewasser.

Anschließend hieran seien ferner einige Angaben über die chemische Zusammensetzung eines guten Kesselspeisewassers<sup>1)</sup> gemacht. Die nachstehenden Zahlen — Milligramm in 1 l — sollen ebenfalls nur als Anhaltspunkte gelten. Vgl. die Literatur S. 161.

Reaktion gegen Lackmuspapier: schwach alkalisch.

Salpetersäure ( $N_2O_5$ )<sup>2)</sup>: unter 100

Ammoniak ( $NH_3$ ): „ 1

Chlor (Cl): „ 200

Schwefelsäure ( $SO_3$ ): „ 20—30

(Gips ist der gefährlichste Kesselsteinbildner.)

Kaliumpermanganat-Verbrauch<sup>3)</sup> unter 60

Keine aggressive Kohlensäure.

Der Gehalt an Kohlensäure im Dampf soll 0,002% nicht übersteigen.

Luftsauerstoff: möglichst wenig<sup>4)</sup>.

Schwefelwasserstoff: höchstens Spuren.

Gesamthärte (deutsche Grade). Hierüber äußert sich F. Barth<sup>5)</sup> wie folgt: Von welchem Härtegrad an eine Wasserreinigung notwendig ist, läßt sich allgemein nicht sagen, weil dies von dem Kesselsystem, von der Beschaffenheit des Wassers, sowie

<sup>1)</sup> Vgl. auch E. E. Basch, Vom Abblasen und von den Salzen des Kesselwassers Chem.-Ztg. 1913. S. 289.

<sup>2)</sup> Vgl. auch H. Lührig, Wasser u. Abwasser. Bd. 2. 1910. S. 526.

<sup>3)</sup> Vgl. u. a. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingenieure 1896. S. 609 u. C. Blacher, Chem.-Ztg. 1910. S. 1314; ferner G. Frantz, Dampfkessel-schäden. Kattowitz O.-S. 1915. S. 68.

<sup>4)</sup> Vgl. auch Wasser u. Abwasser 1910/11. Bd. 3. S. 54 und Bd. 9. 1915. S. 223 und G. Frantz a. a. O. S. 70.

<sup>5)</sup> F. Barth, Die Dampfkessel. 2. Aufl. Bd. 2. Leipzig 1911. S. 102.

von der Betriebsdauer und der Beanspruchung abhängt. Während z. B. Hochleistungswasserrohrkessel nur mit ganz reinem Wasser (Turbinenkondensat) gespeist werden sollten, ist bei Flammrohrkesseln und Lokomobilkesseln mit ausziehbarem Röhrensystem meist eine Wasserenthärtung nicht unbedingt nötig, wenn das Wasser weniger als 10–15 deutsche Grade besitzt. Auch Wasserrohrkessel gewöhnlicher Beanspruchung vertragen bis zu 5 bis 6 deutschen Graden. Die geringste Härte vertragen Röhrenkessel, da diese noch schwerer zu reinigen sind als Wasserrohrkessel. Man sollte bei diesen Kesselarten keinesfalls mehr als 5–6 deutsche Grade zulassen.

Bleibende (Mineralsäure-) Härte, wenn sie vorwiegend durch Sulfate (Gips) bedingt ist: unter 2–3<sup>0</sup>.

Abdampfdruckstand<sup>1)</sup>: unter 300. Kieselsäure<sup>2)</sup> (SiO<sub>2</sub>): unter 15.

Das Kesselblech wird ferner angegriffen: durch freie Säuren, Öl, Fett, Teer, Chlormagnesium, Zucker usw.

### III. Fluß-, Seewasser usw.

Noch schwieriger ist es meines Erachtens, nähere Anhaltspunkte für den Begriff „Flußverunreinigung“ zu geben. Die chemische Zusammensetzung der deutschen Flüsse ist sehr verschieden. Grenzzahlen lassen sich schon aus diesem Grunde bei Oberflächenwasser kaum aufstellen. Flußverunreinigungen ersten Grades können Schlammbankbildungen und dadurch eine Hebung der Flußsohle an der Einmündungsstelle von Abwässern hervorrufen. Eingehend über die Bedeutung der Grenzwerte bei Oberflächenwässern äußert sich G. Adam<sup>3)</sup>. An der Hand einer ausführlichen Tabelle zeigt er, wie verschiedenartig die Grenzwerte sind, die vorgeschlagen oder gefordert wurden. Nachstehend sei zur Orientierung die Züricher Verordnung<sup>4)</sup> vom 1. Juni 1881 mitgeteilt, die auch K. B. Lehmann<sup>5)</sup> abgedruckt hat.

<sup>1)</sup> Vgl. auch Eisenbahn-Nachrichten-Blatt d. Minist. d. öffentlichen Arbeiten 1907. Nr. 34. S. 140; ferner Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1912. S. 1236.

<sup>2)</sup> W. Thörner, Chem.-Ztg. 1905. S. 802. R. Krzizan, Chem.-Ztg. 1906. S. 354 und A. Goldberg, Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1914. Bd. 27. S. 265.

<sup>3)</sup> G. Adam, Der gegenwärtige Stand der Abwässerfrage. Braunschweig 1905. S. 62–63.

<sup>4)</sup> Vgl. C. Schlatter, Zeitschr. f. Hygiene. 1890. Bd. 9. S. 58.

<sup>5)</sup> K. B. Lehmann, Methoden der prakt. Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901. S. 260–261.

Diese verlangt, daß fließendes Wasser 50 m von der Einlaufstelle des Abwassers, stehendes 100 m von derselben entfernt nicht mehr in 1 l enthalten darf als:

„a) So viel gelöste oder suspendierte organische Stoffe, als 60 mg Kaliumpermanganat verbrauchen.

b) 1 mg organischen Stickstoff.

c) 2 mg Kupfer oder Blei. (Die Bleizahl halte ich, wenn das Wasser dem menschlichen Genuß dienen soll, für zu hoch. 0,5 mg Pb in 1 l würde ich für diese Zwecke schon als höchstzulässig bezeichnen. Vgl. unter „Blei“. S. 145. D. Verf.)

d) 0,05 mg Arsen in irgend einer Form.

e) 1 mg wirksames Chlor (durch Säuren frei werdend).

f) 1 mg Schwefelwasserstoff (eventuell in Form von Sulfid, durch Säuren frei werdend).

g) So viel Alkali, daß die Alkalität 10 ccm Normalkalilauge in 1 l entspricht.

h) So viel freie Säure, daß die Azidität 10 ccm Normalsalzsäure in 1 l entspricht.

i) So viel färbende Substanz, daß das Wasser in 10 cm hoher Schicht in einem weißen Gefäße noch keine bestimmte Farbe zeigt.“

Im übrigen wird man zweckmäßig den zulässigen Grad der Beeinflussung eines Oberflächenwassers durch zugeführte Abwässer nach den in den einzelnen Fällen vorliegenden besonderen Verhältnissen und den durch die Benutzungsart des Wassers gebotenen Anforderungen zu entscheiden haben.

Eine ungefähre chemische Zusammensetzung von Flußwasser und Wasser aus Seen möge folgende Tabelle zeigen:

|                                 | Nicht verunreinigt,<br>langsam fließender Fluß | Großer reiner See |
|---------------------------------|--|-------------------|
|                                 | mg im Liter                                    |                   |
| Suspendierte Stoffe . . . . .   | 3—10   | 1—3               |
| Abdampfückstand . . . . .       | bis 200  | 100—200           |
| Permanganatverbrauch . . . . .  | 20—40  | 3—20              |
| Phosphorsäure, Kali und Eisen . | Spuren   | Spuren            |
| Gesamtstickstoff . . . . .      | 1—3  | 0,2—2             |
| Gelöster Sauerstoff . . . . .   | 4—8 ccm  | 6—9 ccm           |

Über die quantitative Bestimmung der absiebbaren Schwebstoffe in Flüssen vgl. S. 104.

Über Verunreinigungen der Gewässer vgl. u. a. außer K. B. Lehmann a. a. O. noch:

F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914.

A. Frühling, Flußverunreinigung im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. 3. Teil. 4. Bd. 4. Aufl. S. 411. Leipzig 1910.

A. Gärtner, Flußreinigung und Reinigung in R. Pfeiffer u. B. Proskauer, Enzyklopädie der Hygiene. Bd. 1. S. 311—320. Leipzig 1905.

H. Große-Bohle, Prüfung und Beurteilung des Reinheitszustandes der Gewässer. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1906. Bd. 12. Heft 1 u. 2.

Holtz, Die Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer auf Grund der allgemeinen Verfügung vom 20. Febr. 1901. Berlin 1902.

K. Knauth, Das Süßwasser. Neudamm 1907.

R. Kolkwitz, Die biologische Selbstreinigung der natürlichen Gewässer in Lafars, Handbuch der techn. Mykologie. Bd. 3. Kap. 14. S. 370. Jena 1906.

J. König, a. a. O. und Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Flüsse. Berlin 1903.

R. Lauterborn, Die Verunreinigung der Gewässer. Ludwigshafen a. Rh. 1908.

A. Pritzkow, Verunreinigung und Selbstreinigung der Gewässer in chemischer Beziehung in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 2. Leipzig 1914. S. 467.

M. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig und Wien 1907; ferner die Abschnitte über die biologische und bakteriologische Wasseruntersuchung sowie über die Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes in diesem Buche.

O. Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hygiene 1900. Bd. 38. S. 233.

Derselbe, Weitere Untersuchungen über Flußverunreinigung. Archiv f. Hygiene 1903. Bd. 46. S. 64.

C. Weigelt, Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Berlin 1900.

C. Weigelt und H. Mehring, Die Schwankungen im Gehalt der Begleitstoffe unserer natürlichen Gewässer. Die Chem. Industrie 1908. Bd. 31. S. 472.

J. Wilhelmi, Die biologische Selbstreinigung der Flüsse in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 2. Leipzig 1914. S. 503.

H. Zellner, Die Verunreinigung der deutschen Flüsse durch Abwässer der Städte und Industrien. Berlin 1914.

#### IV. Fischereiwasser.

Bei der in Deutschland jetzt allgemein zunehmenden Bedeutung des Fischereiwesens seien noch kurz die Anforderungen aufgezählt, die man an die chemische Beschaffenheit des Fisch-



wassers zu stellen pflegt. Die Angaben verdanke ich der sehr gefälligen privaten Mitteilung des Direktors des Königlichen Institutes für Binnenfischerei am Müggelsee bei Friedrichshagen und Professors an der Landwirtschaftl. Hochschule in Berlin, Herrn Dr. P. Schiemenz.

Im allgemeinen lieben Fische ein helles und klares Wasser, doch ziehen manche trüberes Wasser vor, z. B. die Zander, und viele Arten gedeihen ebenso in klarem als trübem Wasser. Empfindlich gegen häufig vorkommende Wassertrübungen ist die Forelle, sie verschwindet aus Gewässern, die wiederholt und häufig getrübt werden, allmählich.

Die Fische stellen an den Sauerstoffgehalt des Wassers recht verschiedene Ansprüche. Wir haben Fische, z. B. die Forellen, welche mindestens 5,0 mg Sauerstoff im Liter Wasser haben wollen, andere Fische begnügen sich mit bedeutend weniger, z. B. die Karauschen. Man muß aber nicht meinen, daß der Fisch mit derjenigen Sauerstoffmenge zufrieden ist, bei der er noch aushalten kann, ohne zu sterben. Unsere Weißfische sterben vielfach erst bei 0,75 mg, wandern aber, wenn sie dazu in der Lage sind, bereits aus, wenn der Gehalt des Sauerstoffes auf 3—4 mg sinkt. Zander stirbt bereits bei 2,0 mg. Von den Weißfischen verhalten sich die einzelnen Arten recht verschieden, die Plötze ist sehr empfindlich gegen Sauerstoffmangel, der Ukelei weniger und die Karausche hält unter Umständen noch bei 0,75—0,5 mg aus. Außerdem vertragen Teichfische einen viel größeren Sauerstoffmangel als Wildfische; das kann gar nicht genug betont werden. Versuche mit Teichfischen sind daher ganz wertlos. Erklärlich ist dies, weil die Teichfische von Jugend auf an sauerstoffärmeres Wasser gewöhnt sind.

Ein Fischwasser darf nicht sauer reagieren, die geringste Menge Säure macht ein Fischleben unmöglich. Zu starke Alkalinität ist aber auch schädlich.

Manche Abwässer, welche die Fische selbst in keiner Weise beeinträchtigen, können doch der Fischerei ganz ungeheuren Schaden zufügen, indem sie den Fischen einen unangenehmen Geschmack verleihen und sie dadurch ungenießbar machen. Das gilt z. B. von phenolhaltigen Abwässern, Petrol und ähnlichen Stoffen.

Im allgemeinen schaden die organischen Bestandteile der Abwässer der Fischerei erheblich mehr als die anorganischen. Die

organischen Abwässer können auch sekundär Schaden anrichten durch die von ihnen hervorgerufene Pilzwucherung.

Die Wirkung der Abwässer auf die Fischerei ist nicht nach einzelnen Abwasserproben zu beurteilen, sondern der Vorfluter ist meist ausschlaggebend, da ein und dasselbe Abwasser ganz verschieden auf die Fischerei wirken kann, je nach der Beschaffenheit des Vorfluters und dem Grad der Verdünnung, die das Abwasser hier erfährt.

Welchen Einfluß die in den Gewässern enthaltenen verschiedenen chemischen Substanzen auf die Fische ausüben, ist uns bisher noch so gut wie ganz unbekannt. Wir wissen wohl, daß ein zu großer Mangel an Eisen und Kalk auf die Gewässer insofern ungünstig einwirkt, als sich dann wenige niedere Algen und wenige niedere, den Fischen als Nahrung dienende Tiere entwickeln; umgekehrt aber wird ein zu großer Gehalt an Eisen und Kalk der Fischerei dadurch schädlich, daß die Entwicklung der niederen Tierwelt stark herabgedrückt wird. Ein zu hoher Eisengehalt im Wasser ist ferner schädlich für die Entwicklung der Fischeier und der Brut und kann durch seinen starken Sauerstoffverbrauch (bei der Oxydation der Oxydulsalze in Oxydsalze), besonders bei starkem Gehalt an organischen Stoffen, mögen dieselben von einem reichen Pflanzenleben oder von Abwässern herkommen, zum Verderben des Wassers und daher zum Aussticken der Fische führen.

Was den Gehalt an Kochsalz anlangt, so hindert ein hoher Gehalt (0,8%) die Entwicklung der Eier des Lachses und der Forelle, und hierauf ist es wohl auch zurückzuführen, daß die Lachse und Meerforellen zum Laichen (Ablage der Eier) aus dem Meere in die Süßwasserströme und -Flüsse aufsteigen. Im allgemeinen zeigen sich die Fische in bezug auf die salzige Beschaffenheit des Wassers außerordentlich anpassungsfähig, was wohl am besten dadurch illustriert wird, daß nicht nur die eigentlichen Wanderfische, als Lachse, Aale, Meerstint u. a. ohne Schaden aus dem Meerwasser in das Süßwasser, als auch umgekehrt übertreten, sondern daß auch unsere eigentlichen Süßwasserfische, als Hecht, Barsch, Kaulbars, Plötze, Stichlinge usw. es ohne weiteres vertragen, wenn sie z. B. aus dem Süßwasser in die Ostsee gelangen, ja, wie es scheint, sich sogar durch einen plötzlichen Wechsel in dieser Beziehung gar nicht beeinträchtigt fühlen, derart, daß sich in gewissen Teilen der Ostsee (Rügen, Küste Mecklenburgs) diese

Fische direkt angesiedelt haben. Andere Fische hingegen, als Zander, Bleie, Schleie, Karauschen usw. vertragen wohl auch diesen Wechsel, suchen ihn aber, soweit sie können, zu vermeiden, d. h. suchen immer das Süßwasser wieder zu gewinnen.

Alle diese Beobachtungen beruhen bisher aber nur auf praktischen Erfahrungen; planmäßige Arbeiten darüber, welche Gewichtsmengen von den im freien Wasser vorkommenden Substanzen von den Fischen gut oder schlecht vertragen werden, besitzen wir zurzeit leider noch nicht, und es gehen sogar auch die praktischen Ansichten z. B. über die relative Bekömmlichkeit des harten und weichen Wassers für die einzelnen Fischarten sehr auseinander.

Nach Hofer<sup>1)</sup> sind Belastungen fließender Wässer mit Abwässern der Chlorkaliumfabriken, durch die die Härte bis 50 d. Gr. und der Gehalt an Chlormagnesium bis 0,047% ansteigt, für die Flora und Fauna nicht schädlich.

Nachstehend einige Literatur über Fischereiwasser:

- M. v. dem Borne, Das Wasser für Fischerei und Fischzucht. 2. Aufl. von W. Halbfaß. Neudamm 1914.
- L. Brühl und H. Törlitz, Fische und Fischerei. Jahresbericht über die Literatur f. d. Jahr 1908. Abteilg. VIII. Internat. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie 1910. Bd. 2. S. 105.
- K. Eckstein, Fischerei und Fischzucht. Leipzig 1902.
- B. Hofer, Über Mittel und Wege zum Nachweis von Fischwasserverunreinigung durch Industrie- und Städteabwässer. Allgem. Fischerei-Ztg. München 1901 und Über den Einfluß geklärter Abwässer auf die Beschaffenheit der Flüsse. Bericht über den XIV. Internat. Kongreß f. Hygiene u. Demographie. Berlin 1908. Bd. 3.
- Derselbe, Berichte a. d. Kgl. Bayerischen Biologischen Versuchsstation in München. Bd. 1. Stuttgart 1908.
- K. Knauth, Das Süßwasser. Neudamm 1907.
- J. König, Die Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. Berlin 1899.
- C. Lampert, Das Leben der Binnengewässer. 2. Aufl. Leipzig 1908.
- H. Reuß, Die Wirkung der Kohlensäure auf Fische. Stuttgart 1909.
- E. Walter, Einführung in die Fischkunde unserer Binnengewässer. Leipzig 1913.
- C. Weigelt, Wirkung verschiedener Stoffe auf Fische. Archiv f. Hygiene 1885. Bd. 39.
- Derselbe, Unsere natürlichen Fischgewässer. Berlin 1900, und Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischgewässern. Berlin 1900.
- J. Wilhelmi, Compendium der biolog. Beurteil. des Wassers. Jena 1915.

<sup>1)</sup> Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Berlin 1907. Bd. 25. S. 407. Einwirkung der Flußverunreinigung auf die Fischerei.

## Metalle und Mörtelmaterial angreifende Wässer.<sup>1)</sup>

Diese Frage hat in den letzten Jahren eine erhöhte praktische Bedeutung gefunden, da man allgemein erkannt hat, welche nachteiligen Eigenschaften manche Wässer gegenüber den verschiedenen Metallen und Mörtelmaterialien besitzen. Von mehreren Seiten wurde ich gebeten, in meinem Buche dieser Frage einen besonderen Abschnitt zu widmen. Im nachstehenden soll auf Grund der gesammelten Erfahrungen und ausgeführter Untersuchungen sowie unter weitgehender Berücksichtigung der einschlägigen Literatur, soweit dies nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse möglich ist, zusammenhängend über die Angriffsfähigkeit der Wässer kurz berichtet werden.

Wässer für Trink- und Brauchzwecke haben nicht selten die Eigenschaft, Metalle und Mörtelmaterial anzugreifen. Bei verschiedenen Wasserwerken, z. B. in Breslau<sup>2)</sup>, Dessau<sup>3)</sup>, Wilhelmshaven<sup>4)</sup>, wurde diese Beobachtung bestätigt, daß allmählich durch das Leitungswasser nicht nur das Rohrnetz, sondern auch das Material der Aufspeicherungsbehälter angegriffen wurde. Auch das Undichtwerden von Leitungen ist häufig auf die chemische Beschaffenheit des Wassers zurückzuführen. Bei Sammelbehältern kann unter Umständen durch die auflösenden Eigenschaften des Wassers das ganze Mauerwerk gefährdet werden — wie z. B. in Frankfurt a. M.<sup>5)</sup>.

**Sauerstoff.** Im allgemeinen läßt sich sagen, daß alle weichen und lufthaltigen Wässer sowie solche mit geringer Karbonathärte — etwa unter 7 deutschen Graden — mehr oder weniger metallangreifende Eigenschaften<sup>6)</sup> besitzen.

<sup>1)</sup> Vgl. auch H. Klut, Hygienische Rundschau 1915. Bd. 25. Nr. 6 u. 7. S. 197.

<sup>2)</sup> Debusmann, Die Ursachen der Wasserkalamität in Breslau. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1908. Bd. 51. S. 963 u. 990.

<sup>3)</sup> Th. Paul, W. Ohlmüller, R. Heise und Fr. Auerbach, Untersuchung über die Beschaffenheit des zur Versorgung der Haupt- und Residenzstadt Dessau benutzten Wassers. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Berlin 1906. Bd. 23. Heft 2. S. 333.

<sup>4)</sup> H. Klut, Bleiröhren und Trinkwasser. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1911. Bd. 54. S. 409.

<sup>5)</sup> F. Scheelhaase, Über Maßnahmen gegen die angreifenden Eigenschaften des Frankfurter Grundwassers. Deutsche Bauzeitung 1908. Bd. 42. S. 153.

<sup>6)</sup> Vgl. auch G. W. Fuller in Wasser und Abwasser 1913/14. Bd. 7. S. 98.

Je höher der Luftsauerstoff des Wassers, um so stärker ist auch meist die Korrosionswirkung<sup>1)</sup> auf das Leitungsmaterial. Mit Luft gesättigtes destilliertes Wasser<sup>2)</sup> wirkt bekanntlich auf viele Metalle stark angreifend.

Bei weichen Wässern können schon 4 mg Sauerstoff in 1 l auf das Rohrmaterial nachteilig wirken, während bei Wässern mit höherer Karbonathärte in der Regel unter 8 mg Sauerstoff in 1 l praktisch noch nicht stören.

Über die Löslichkeit von Luftsauerstoff in Wasser vgl. S. 86.

Mit steigender Temperatur des Wassers nimmt auch die Oxydationswirkung des Sauerstoffs zu, wie die Erfahrungen bei Warmwasserversorgungs-<sup>3)</sup> und Dampfkesselanlagen<sup>4)</sup> es lehren. Bei Leitungswässern ist jedoch in der Praxis damit zu rechnen, daß sie durch das Fördern in das Verteilungsnetz unter erhöhtem Druck oder beim Durchlaufen durch Behälter mit offenem, luftberührtem Wasserspiegel mehr oder weniger sauerstoffhaltig<sup>5)</sup> werden, wenn sie nicht an und für sich schon durch vorherige Behandlung, z. B. durch Belüftung und Filterung bei ihrer Enteisung mit Luft gesättigt sind. Auch durch Leerlaufen von Leitungen<sup>6)</sup> gelangt Luft in die Röhren und somit später in das Wasser.

1) Vgl. auch H. W. Clark und St. De M. Gage in Wasser und Abwasser 1912. Bd. 5. S. 466.

2) Vgl. u. a. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. 1906. Bd. 23. Heft 2. S. 377. Vgl. ferner E. Heyn und O. Bauer in Wasser und Abwasser 1910/11. Bd. 3. S. 54.

3) A. Marx, Hygiene der Warmwasser-Versorgungsanlagen. Gesundheits-Ingenieur 1913. Nr. 21; P. Pakusa, Die Zerstörungstätigkeit lufthaltigen Wassers in Zentralheizungen. Gesundheits-Ingenieur 1908. S. 583; ferner G. C. Whipple, Schwierigkeiten bei der Warmwasserversorgung. Vgl. Wasser und Abwasser 1913/14. Bd. 7. S. 25; ferner Th. Meyer ebenda. Bd. 9. 1915. S. 461. Nr. 861.

4) F. Barth, Die Dampfkessel. 2. Aufl. Leipzig 1911. Bd. 2. S. 105 und E. E. Basch, Zerstörung von Economiserröhren durch Luftsauerstoff. Techn. Rundschau 1913. S. 396; E. Heyn und O. Bauer in Wasser und Abwasser 1910. Bd. 3. S. 54; ferner ebenda Bd. 9. 1915. S. 223 u. 308.

5) Vgl. u. a. W. A. Bradburg, Chem. Zentralbl. 1914. Bd. 1. S. 582 und W. Guertler, Über die Korrosion von Metallen. Die Naturwissenschaften 1914. S. 97.

6) Über die hierdurch gelegentlich bedingten Schädigungen in gesundheitlicher Hinsicht bei Verwendung von Bleirohren vgl. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. 1906. Bd. 23. Heft 2. S. 340.

Haben Wässer infolge ihrer chemischen Beschaffenheit die Fähigkeit, allmählich auf der Innenwandung der Leitungen einen feinen Wandbelag von Kalziumkarbonat zu bilden, so kann alsdann das durchfließende lufthaltige Wasser auf das Rohrmaterial keinen nachteiligen Einfluß mehr ausüben. Gewöhnlich beobachtet man diese Eigenschaft bei Wässern mit höherer Karbonathärte — etwa von 7 deutschen Graden aufwärts<sup>1)</sup>. Über sogenannte „biologische Schutzbeläge“ vgl. Abschnitt „Blei“.

**Kohlensäure.** Alle Wässer, die freie „aggressive“ Kohlensäure gelöst enthalten, greifen nicht nur Metalle, sondern auch Mörtelmaterial an<sup>2)</sup>. Über die Bezeichnung „aggressive Kohlensäure“ seien zunächst einige Mitteilungen gemacht. Die praktische Erfahrung lehrt, daß ein weiches Wasser, das freie Kohlensäure<sup>3)</sup> gelöst enthält, weit angreifender auf Metalle und Mörtelmaterial wirkt, als ein Wasser mit höherer Karbonathärte<sup>4)</sup> und dem gleichen Kohlensäuregehalt. Nach den interessanten Untersuchungen von J. Tillmans<sup>5)</sup> ist diese Eigenschaft des Wassers darauf zurückzuführen, daß zwischen Kalziumbikarbonat und freier Kohlensäure ein chemisches Gleichgewicht besteht, und zwar in der Weise, daß zu jedem Gehalt an Kalziumbikarbonat eine be-

1) H. Klut, Das Wasser 1914. Bd. 10. S. 265 u. 297; ferner J. Tillmans, Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. S. 373 und 1914. S. 318. 1915. S. 115; A. Frühling und G. Oesten, Die Wasserversorgung der Städte. Bd. 3. Der Wasserbau. 4. Aufl. Leipzig 1904. S. 83, 94, 336 u. 395.

2) Näheres über die zerstörende Wirkung der freien Kohlensäure in Leitungswässern findet sich u. a. bei: H. Klut, Die Bedeutung der freien Kohlensäure im Wasserversorgungswesen. Ges.-Ing. 1907. Bd. 30. S. 517 und Wasserversorgung und Bleiröhren. Das Wasser 1914. Bd. 10. S. 262. O. Kröhnke, Die Reinigung des Wassers für häusliche und gewerbliche Zwecke. Stuttgart 1900. S. 84. H. Lührig, Beiträge zur Kenntnis der Einwirkung von im Wasser gelöster freier Kohlensäure auf Metalle. Wasser und Gas 1914. Bd. 5. S. 29. F. Scheelhaase, Die Entsäuerung des Frankfurter Stadtwaldwassers. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1909. Bd. 52. S. 822. J. Tillmans, Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung. Halle a. S. S. 34. H. Wehner, Die Sauerkeit der Gebrauchswässer als Ursache der Rostlust, Bleilösung und Mörtelzerstörung. Frankfurt a. M. 1904. S. 10 und Gesundheit 1908. S. 747. R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Leipzig 1914. Bd. 1. S. 22 u. 228; ferner F. Henrich, Über die Einwirkung von kohlenensäurehaltigem Wasser auf Gesteine. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1910. Bd. 18. S. 85.

3) z. B. in Dessau, Frankfurt a. M., Wilhelmshaven.

4) z. B. bei den Charlottenburger Wasserwerken.

5) J. Tillmans, Aggressive Kohlensäure. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. S. 352.

## Kohlensäure-Tabelle.

Gebundene CO<sub>2</sub> (die Hälfte der Bikarbonat-CO<sub>2</sub>) und zugehörige freie CO<sub>2</sub>,  
mg im Liter.

| gebundene CO <sub>2</sub> | freie CO <sub>2</sub>                     |                           | gebundene CO <sub>2</sub> | freie CO <sub>2</sub>     |   | gebundene CO <sub>2</sub> | freie CO <sub>2</sub>     |                           |
|---------------------------|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                           | gefunden (Till-<br>mans u. Heub-<br>lein) | berechnet (Auer-<br>bach) |                           | gebundene CO <sub>2</sub> | gefunden (Till-<br>mans u. Heub-<br>lein) |                           | berechnet (Auer-<br>bach) | gebundene CO <sub>2</sub> |
| 5                         | 0   | 0,003                     | 75                        | 9,25                      | 10,7                                      | 140                       | 76,4                      | 70                        |
| —                         | —   | —                         | 77,5                      | 10,4                      | —   | 142,5                     | 80,5                      | —                         |
| 15                        | 0,25                                      | 0,08                      | 80                        | 11,5                      | 13,0                                      | 145                       | 85                        | 77                        |
| 17,5                      | 0,4                                       | —                         | 82,5                      | 12,8                      | —   | 147,5                     | 89,1                      | —                         |
| 20                        | 0,5                                       | 0,2                       | 85                        | 14,1                      | 15,6                                      | 150                       | 93,5                      | 86                        |
| 22,5                      | 0,6                                       | —                         | 87,5                      | 15,6                      | —   | 152,5                     | 98                        | —                         |
| 25                        | 0,75                                      | 0,4                       | 90                        | 17,2                      | 18,5                                      | 155                       | 103                       | 95                        |
| 27,5                      | 0,9                                       | —                         | 92,5                      | 19                        | —   | 157,5                     | 107,5                     | —                         |
| 30                        | 1,0                                       | 0,7                       | 95                        | 20,75                     | 21,7                                      | 160                       | 112,5                     | 104                       |
| 32,5                      | 1,2                                       | —                         | 97,5                      | 22,75                     | —   | 162,5                     | 117,5                     | —                         |
| 35                        | 1,4                                       | 1,1                       | 100                       | 25                        | 25,4                                      | 165                       | 122,5                     | 114                       |
| 37,5                      | 1,6                                       | —                         | 102,5                     | 27,3                      | —   | 167,5                     | 127,6                     | —                         |
| 40                        | 1,75                                      | 1,6                       | 105                       | 29,5                      | 29,5                                      | 170                       | 132,9                     | 125                       |
| 42,5                      | 2,1                                       | —                         | 107,5                     | 32,3                      | —   | 172,5                     | 138                       | —                         |
| 45                        | 2,4                                       | 2,3                       | 110                       | 35                        | 34  | 175                       | 143,8                     | 136                       |
| 47,5                      | 2,7                                       | —                         | 112,5                     | 37,8                      | —   | 177,5                     | 149,1                     | —                         |
| 50                        | 3,0                                       | 3,2                       | 115                       | 40,75                     | 39  | 180                       | 154,5                     | 148                       |
| 52,5                      | 3,5                                       | —                         | 117,5                     | 43,8                      | —   | 182,5                     | 160                       | —                         |
| 55                        | 3,9                                       | 4,2                       | 120                       | 47                        | 44  | 185                       | 165,5                     | 161                       |
| 57,5                      | 4,25                                      | —                         | 122,5                     | 50,2                      | —   | 187,5                     | 171                       | —                         |
| 60                        | 4,8                                       | 5,5                       | 125                       | 54                        | 50  | 190                       | 176,6                     | 175                       |
| 62,5                      | 5,25                                      | —                         | 127,5                     | 57,4                      | —   | 192,5                     | 182,3                     | —                         |
| 65                        | 6,0                                       | 7,0                       | 130                       | 61                        | 56  | 195                       | 188                       | 189                       |
| 67,5                      | 6,75                                      | —                         | 132,5                     | 64,7                      | —   | 197,5                     | 194                       | —                         |
| 70                        | 7,5                                       | 8,7                       | 135                       | 68,5                      | 63  | 200                       | 199,5                     | 203                       |
| 72,5                      | 8,3                                       | —                         | 137,5                     | 72,3                      | —   | —                         | —                         | —                         |

stimmte Menge von freier Kohlensäure gleichzeitig im Wasser gelöst vorhanden sein muß, die dazu dient, das Bikarbonat vor der Zersetzung und teilweisen Ausscheidung zu bewahren. Diese freie Kohlensäure wirkt nicht „aggressiv“. Auf Grund ein-

gehender Versuche haben J. Tillmans und O. Heublein<sup>1)</sup> die zu jedem Gehalt an Kalziumbikarbonat notwendige — also nicht angreifende — freie Kohlensäure festgestellt. Die erhaltenen Resultate sind in nachstehender Tabelle aufgeführt: sie zeigen mit den von Fr. Auerbach<sup>2)</sup> aus den Gesetzen des chemischen Gleichgewichtes ermittelten theoretischen Werten eine gute Übereinstimmung.

An der Hand der Tabelle (S. 133) kann man theoretisch bei jedem Wasser den Gehalt von angreifender Kohlensäure gegen kohlensauren Kalk ablesen.

Bei Benutzung dieser Tabelle darf man dabei nicht so vorgehen, daß man einfach die zu der ermittelten gebundenen Kohlensäure zugehörige freie von der gefundenen freien abzieht und nun den Rest als angriffsfähige ansieht. Das ist aus dem Grunde falsch, da ja bei einem Angriff von freier Kohlensäure auf kohlensauren Kalk die gebundene Kohlensäure eine Erhöhung erfährt. Man muß sich dazu also vergegenwärtigen, daß beim Angriff auf Kalziumkarbonat die gebundene Kohlensäure um so viel zunimmt, wie die freie abnimmt. Das Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Zunahme der gebundenen Kohlensäure — vermehrt um die zu dieser gebundenen gehörigen freien — wieder dem Gesamtgehalte an ursprünglich vorhandener freier Kohlensäure entspricht. Die Zunahme an gebundener Kohlensäure gibt alsdann die aggressive Kohlensäure des betreffenden Wassers an.

Tillmans gibt hierzu ein praktisches Beispiel. Ein Wasser enthält im Liter 80 mg gebundene und 50 mg freie Kohlensäure. Man hat dann, um die aggressive Kohlensäure zu finden, in der Reihe für gebundene Kohlensäure so viel weiter zu gehen, bis man an einen Punkt gelangt, bei dem die Zunahme der gebundenen Kohlensäure, von 80 an gerechnet, vermehrt um die zu dieser gebundenen gehörigen freien Kohlensäure, die Zahl 50 ergibt. Im obigen Beispiel hätte man also bis zu 102,5 in der Reihe für gebundene Kohlensäure vorzurücken; die Zunahme von 80 an beträgt hier 22,5; die zugehörige ist bei  $102,5 = 27,3$ ;  $22,5 + 27,3$  ergibt 49,8, also praktisch 50. Die aggressive Kohlensäure dieses

<sup>1)</sup> J. Tillmans und O. Heublein, Über die kohlensauren Kalk angreifende Kohlensäure der natürlichen Wässer. Ges.-Ing. 1912. Bd. 35. S. 669.

<sup>2)</sup> Fr. Auerbach, Über die kohlensauren Kalk angreifende Kohlensäure der natürlichen Wässer. Ges.-Ing. 1912. Bd. 35. S. 869.



Wassers, das 80 mg gebundene und 50 mg freie Kohlensäure enthält, betrage demnach 22,5 mg im Liter.

Genauer kann man die angreifende Kohlensäure aus einer Kurve entnehmen. Auerbach<sup>1)</sup> hat gezeigt, daß man mit Hilfe dieser Kurve jedesmal durch eine einfache Konstruktion die aggressive Kohlensäure bestimmen kann. Diese zum genauen Ablesen geeignete Kurve — auf Millimeterpapier hergestellt und mit Gebrauchsanweisung versehen — ist zum Preise von 1 M. durch das Hygienische Institut der Universität Frankfurt a. M. käuflich zu beziehen.

Die obigen Versuche sind mit Lösungen von Karbonaten des Kalziums in destilliertem Wasser angestellt worden.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei den gewöhnlichen Trinkwässern, in denen noch eine Reihe anderer Substanzen, wie Magnesiaverbindungen, organische Stoffe, Alkalien, Chloride, Sulfate, Nitrate usw. zugegen sind. Bei den zahlreichen Wasseruntersuchungen in unserer Anstalt sind nicht selten Abweichungen von obigen Werten gefunden worden, die ohne Zweifel auf die verschiedene chemische Zusammensetzung der Wässer zurückzuführen sind. Abweichungen von den ermittelten Zahlenwerten sind deshalb bei den natürlich vorkommenden Wässern nicht ausgeschlossen.

**Marmorversuch.** Zur sicheren Beurteilung der Frage, ob ein Wasser angreifende Eigenschaften besitzt oder nicht, ist der von C. Heyer in Dessau<sup>2)</sup> angegebene Marmorlösungsversuch zu empfehlen, der auch bei uns in der Anstalt angewandt wird. Heyer hat sein Verfahren bei zahlreichen Wasserwerken angewendet und beobachtet, daß ein Wasser, das keine Marmorlösung zeigt oder dem die Kohlensäure durch Marmorbehandlung entzogen ist, in der Praxis auch bei Eisen- und Bleirohren<sup>3)</sup> keine Schwierigkeiten zeigt. Nach meinen bisherigen Erfahrungen haben die Beobachtungen von Heyer in der Praxis sich stets als zutreffend erwiesen.

Zur Feststellung der Frage, ob ein Wasser aggressive Eigenschaften besitzt oder nicht, sollte dieser praktische Versuch nach

1) a. a. O.

2) Mitgeteilt von J. Tillmans im Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. S. 352.

3) Vgl. auch J. Tillmans und O. Heublein, Ges.-Ing. 1912. Bd. 35. S. 677 und J. Tillmans, Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. Nr. 16.

meiner Ansicht stets ausgeführt werden. Nach privater Mitteilung von Tillmans wird der Versuch zweckmäßig in folgender Weise angestellt: In eine gut verschließbare Medizinflasche von etwa 500 ccm Inhalt bringt man 2—3 g Marmorpulver und füllt sie darauf ganz mit dem zu prüfenden Wasser an. Bei dem Einfüllen des Wassers in die Flasche sind natürlich Kohlensäureverluste möglichst zu vermeiden. Man mischt gut und läßt die Flasche ohne Luftzutritt mehrere Tage — 3—7 Tage — verschlossen stehen. Bei weichen Wässern genügt eine Zeit von 3, bei harten Wässern ist eine Einwirkungsdauer von 7 Tagen angezeigt. Tillmans fand nämlich, daß gleiche Mengen aggressiver Kohlensäure mit verschiedener Geschwindigkeit Kalziumkarbonat angreifen, je nach der Höhe des Bikarbonatgehaltes, in dem Sinne, daß, je mehr Bikarbonat ein Wasser schon besitzt, um so langsamer die Aufnahme wird. Von der abgesetzten klaren Flüssigkeit werden vorsichtig 100 ccm abgehebert und in bekannter Weise

nach G. Lunge mit  $\frac{n}{10}$  Salzsäure und Methylorange titriert.

Jeder ccm  $\frac{n}{10}$  Säure zeigt 2,2 mg gebundene Kohlensäure an.

Der Mehrverbrauch an Salzsäure gegenüber der nicht mit Marmor behandelten Wasserprobe zeigt die aggressive, freie Kohlensäure an.

**Saure Wässer.** Alle sauer reagierenden Wässer<sup>1)</sup> haben Metalle und Mörtelmaterial angreifende Eigenschaften. Die saure Reaktion<sup>2)</sup> der Wässer ist meist durch die Anwesenheit von freier Kohlensäure bedingt, über die bereits oben alles Nähere gesagt ist. Da die Kohlensäure nur eine schwache Säure ist, lassen sich im allgemeinen erst größere Mengen von ihr im Wasser durch Alizarin, Rosolsäure und Lackmus nachweisen. Ist ihre Menge so groß, daß sie auf diese Indikatoren reagiert, so haben solche Leitungswässer fast ausnahmslos aggressive Eigenschaften. Zuweilen wird die saure Reaktion auch durch die Gegenwart freier Mineral-

<sup>1)</sup> Vgl. S. 60. Nach L. W. Winkler. Zeitschr. f. angew. Chemie 1915. Bd. 28. S. 376, weisen auch alle Wässer, die auf Alizarin (1% alkoholische Lösung) sauer reagieren, die gleichen Eigenschaften auf.

<sup>2)</sup> H. Klut, Ges.-Ing. 1907. Bd. 30. S. 522 und W. Guertler, Die Naturwissenschaften. 1914. S. 97.

säure im Wasser, wie Salpetersäure<sup>1)</sup> oder Schwefelsäure<sup>2)</sup>, hervorgerufen. Letztere hat man namentlich in einigen Grundwässern Schlesiens<sup>3)</sup> beobachtet.

Auch organische Säuren<sup>4)</sup>, die in Wässern mit hohem Gehalt an organischen Substanzen (Huminstoffen), in sogenannten Moorwässern<sup>5)</sup>, mitunter enthalten sind, greifen das Material der Leitungen und der Dampfkessel an<sup>6)</sup>. In gesundheitlicher Hinsicht<sup>7)</sup> sind die Huminstoffe an sich belanglos.

**Schwefelwasserstoff und Sulfide.** Alle Wässer, die Schwefelwasserstoff oder Sulfide — Vorkommen besonders in Thermalwässern — enthalten, wirken zerstörend auf das Leitungsmaterial<sup>8)</sup>. Schwefelwasserstoff besitzt den Charakter einer schwachen Säure<sup>9)</sup>, als deren salzartige Verbindungen die Sulphydrate und Sulfide anzusehen sind. Die meisten Metalle<sup>10)</sup> werden von Schwefelwasserstoff und seinen Verbindungen angegriffen. Es sei im Anschluß daran erinnert, daß in eisenhaltigen Grundwässern Schwefelwasserstoff in geringer Menge häufig angetroffen wird,

<sup>1)</sup> A. Bömer, Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1905. Bd. 10. S. 139.

<sup>2)</sup> W. Thörner, Chem.-Ztg. 1905. Bd. 29. S. 1243; A. Bredtschneider, Ges.-Ing. 1909. Bd. 32. S. 294 u. 349; A. Katz, Über Dampfkesselzerstörung durch saure Speisewässer. Techn. Gemeindeblatt 1901. Nr. 20. S. 214.

<sup>3)</sup> Debusmann, Die Ursachen der Wasserkalamität in Breslau. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1908. Bd. 51. S. 963 u. 990; ferner H. Lührig, Jahresber. d. Chem. Untersuchungsamtes der Stadt Breslau 1911/12. S. 21.

<sup>4)</sup> E. Wollny, Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg 1897; H. Stooff, Wasser in O. Dammer, Chemische Technologie der Neuzeit. Bd. 1. Stuttgart 1910. S. 6; R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Bd. 1. Leipzig 1914. S. 27.

<sup>5)</sup> Finger, Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade. Klin. Jahrbuch. Jena 1908. Bd. 19.

<sup>6)</sup> E. Heidepriem, J. Bracht und G. Hausdorff, Die Reinigung des Kesselspeisewässers. 2. Aufl. Berlin 1909. S. 15; F. Barth, Die Dampfkessel. 2. Aufl. Leipzig 1911. Bd. 2. S. 106.

<sup>7)</sup> R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911. S. 19.

<sup>8)</sup> R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Leipzig 1914. Bd. 1. S. 25 u. 229.

<sup>9)</sup> E. Schmidt, Ausführl. Lehrbuch d. pharm. Chemie. 5. Aufl. Braunschweig 1907. Bd. 1. S. 201.

<sup>10)</sup> Vgl. u. a. H. Lührig, Wasser und Abwasser. 1909. Bd. 1. S. 115 und 1910. Bd. 2. S. 528.

der aber durch Belüftung und Belichtung des Wassers schnell zerstört wird.

Mörtelmaterial wird ebenfalls von Wasser, das Schwefelwasserstoff oder Sulfide gelöst enthält, angegriffen<sup>1)</sup>.

**Kieselsäure.** Die Kieselsäure im natürlichen Wasser, in alkalisch ausgereinigten Kesselspeisewässern und im konzentrierten Kesselwasser kann nach den Beobachtungen von A. Goldberg<sup>2)</sup> auch Korrosionswirkungen im Kessel, ganz besonders bei höheren Drucken, hervorrufen. Wahrscheinlich spielt neben anderen Ursachen die gelöste Kieselsäure auch eine gewisse Rolle bei dem mitunter eintretenden Sauerwerden von Kesselwässern unter Druck. Goldberg faßt seine Erfahrungen in folgende Sätze zusammen:

Bei den weichen natürlichen Wässern ist, bezogen auf den Gesamtgehalt an gelösten Substanzen (Trockenrückstand), der Kieselsäuregehalt verhältnismäßig höher — oft sogar weit höher — als bei harten Wässern.

Weiche Kesselspeisewässer mit verhältnismäßig hohem Kieselsäuregehalt können dem Kessel nicht nur gefährlich werden durch Bildung schwerbenetzbarer und Wärmestauungen schaffender Kieselsäure, oder silikatreicher fester Abscheidungsprodukte, sondern auch durch Korrosionswirkung im Kessel unter Druck und insbesondere gerade bei höheren Drucken.

**Chloride.** Ein hoher Gehalt eines Wassers an Chloriden<sup>3)</sup> begünstigt den Angriff auf Metalle<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten E. V. Berlin 1914. S. 119; P. Rohland, Die Einwirkung der Bestandteile des Grundwassers auf Eisenbeton. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1914. Heft 2. S. 36; E. Stephan, Betonzerstörung durch Schwefelwasserstoffgas. Beton und Eisen 1910. Heft 1. S. 22; Boettge, Zerstörung von Betonmauerwerk im Moorboden. Techn. Rundschau 1913. Bd. 19. Nr. 16. S. 221; R. Weyrauch, a. a. O. S. 229.

<sup>2)</sup> A. Goldberg, Die Kieselsäure im natürlichen Wasser, in alkalisch ausgereinigten Kesselspeisewässern und im konzentrierten Kesselwasser. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1914. Bd. 27. S. 265; ferner G. Frantz, Dampfkesselschäden. Kattowitz O.-S. 1915. S. 71.

<sup>3)</sup> H. Klut, Die Ausdeutung der Analysenbefunde bei der chemischen Wasseruntersuchung. Berichte d. Deutsch. Pharmazeut. Ges. 1909. Bd. 19. S. 146 und Wasserversorgung und Bleiröhren. Das Wasser. 1914. Bd. 10. S. 264; vgl. auch Ges.-Ing. 1910. Bd. 33. S. 80.

<sup>4)</sup> F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914. Heft 42; H. Stooff, Wasser, in O. Dammer, Chem. Technologie der Neuzeit. Stuttgart 1910. Bd. 1. S. 36; J. H. Vogel, Die Abwässer aus der Kaliindustrie. Berlin 1913. S. 177.

Über den Begriff „hoher Gehalt eines Wassers an Salzen usw.“ vgl. S. 122.

Je weicher ein Wasser ist, um so mehr macht sich der Einfluß der Chloride bemerkbar. Bei weichen Wässern können schon 200 mg Cl in 1 Liter Metallkorrosionen<sup>1)</sup> bedingen, wie mir Fälle aus der Praxis bekannt sind.

Bei höherer Temperatur des Wassers, wie solche z. B. in Dampfkesseln herrscht, wird die Korrosionswirkung<sup>2)</sup> der Chloride zumal bei Gegenwart von Magnesiaverbindungen<sup>3)</sup> noch verstärkt. Unterstützend wirkt hierbei auch der höhere Druck, unter dem das Wasser in den Kesseln steht.

Starker Kochsalzgehalt im Wasser greift auch Eisenbeton<sup>4)</sup> an.

**Hypochlorite.** Zur Desinfektion von Trinkwasser werden neuerdings Hypochlorite<sup>5)</sup>, namentlich Chlorkalk, und auch freies Chlor angewendet; Mittel, die an sich auf Metalle stark oxydierend<sup>6)</sup> wirken. Bei den in der Praxis hierzu erforderlichen sehr geringen Chlormengen sind aber im allgemeinen nennenswerte Korrosionen kaum zu befürchten. Bei sehr weichen Wässern<sup>7)</sup> könnte allerdings unter Umständen eine nachteilige Einwirkung auf das Leitungsmaterial durch diese Oxydationsmittel beobachtet werden.

**Nitrate.** Ein hoher Gehalt an Nitraten — unter Umständen schon 100 mg  $N_2O_5$  in 1 Liter Wasser — kann besonders bei Wässern

1) Vgl. auch G. C. Whipple, in Wasser u. Abwasser. Bd. 7. 1913/14. S. 26; ferner S. 327 von B. Wagner.

2) G. Eckermann, Berichte über Kesselstein-Geheimmittel. Hamburg 1905. S. 16; C. Blacher, Gedanken zur Frage der Dampfkessel-Korrosion. Zeitschr. d. Bayer. Revisionsvereins. 1914. Nr. 10 u. Chem.-Ztg. 1911. Nr. 40. S. 353; ferner F. Barth, Die Dampfkessel. 2. Aufl. Leipzig 1911. Bd. 2. S. 106; A. Bömer, Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1905. Bd. 10. S. 138.

3) F. Fischer, a. a. O. S. 61 und L. E. Andés, Der Kesselstein. Wien u. Leipzig 1910. S. 90 u. 101. Vgl. ferner Wasser u. Abwasser 1912. Bd. 5. S. 382 u. 383.

4) P. Rohland, Die Einwirkung der Bestandteile des Grundwassers auf Eisenbeton. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1914. Heft 2. S. 36.

5) H. Klut, Chemisch-physikalische Untersuchungen zur Frage der Behandlung von Trinkwasser mit Chlorkalk. Mitteil. a. d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene. Heft 17. Berlin 1913. S. 94.

6) E. Schmidt, Ausführl. Lehrbuch d. pharmazeut. Chemie. 5. Aufl. Braunschweig 1907. Bd. 1. S. 235, 260, 584 u. 695.

7) H. Klut, a. a. O. S. 107.

mit geringer Karbonathärte Korrosionserscheinungen<sup>1)</sup> im Leitungsnetz hervorrufen. In hygienischer Hinsicht ist von Bedeutung, daß nitratreiche Wässer bleiauflösende<sup>2)</sup> Eigenschaften besitzen. Dampfkessel<sup>3)</sup> werden durch salpeterhaltiges Wasser sehr angegriffen.

**Sulfate.** Ein hoher Gipsgehalt des Wassers ist besonders für Kesselspeisezwecke<sup>4)</sup> schädlich. Kalziumsulfat im Wasser erzeugt einen festen Kesselstein. Nach O. Kröhnke<sup>5)</sup> ist Gips der gefährlichste Kesselsteinbildner, der schwer zu entfernen ist, und der nur eine geringe Wärmeleitungsfähigkeit<sup>6)</sup> besitzt.

Sehr hoher Sulfatgehalt eines Wassers ist auch für Mörtelmaterial<sup>7)</sup> nicht vorteilhaft.

**Öle und Fette.** Öle und Fette im Wasser greifen schon in geringer Menge das Metallmaterial an. Bei Warmwasserversorgungszwecken ist besonders darauf zu achten, daß das Wasser möglichst frei von Öl und Fett<sup>8)</sup> ist. Bei Kesselspeisewässern sollen schon Mengen von 5–10 mg Öl oder Fett im Liter Korrosionen<sup>9)</sup> der Kesselwandungen hervorrufen können.

Die angreifende Wirkung dieser Stoffe<sup>10)</sup> ist in erster Linie auf ihre Spaltung in freie Fettsäuren zurückzuführen. Die sich bildenden Fettsäuren im Kesselwasser verursachen neben den erwähnten Anfrassungen der Kesselwandungen besonders in der Höhe des Wasserstandes auch noch infolge ihrer Verseifung mit

<sup>1)</sup> Vgl. auch F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914. S. 42.

<sup>2)</sup> H. Klut, Bleiröhren und Trinkwasser. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1911. Bd. 54. Nr. 17. S. 409.

<sup>3)</sup> G. Eckermann, Berichte über Kesselstein-Geheimmittel. Hamburg 1905. S. 16; H. Lührig in Wasser u. Abwasser. Bd. 2. 1909/10. S. 526. G. S. Jamieson, Ebenda. Bd. 3. 1910/11. S. 161; B. Behre, Ebenda. S. 206; H. K. Günther, Ebenda. S. 312; F. S. Allen, S. 394; E. E. Basch, Ebenda. Bd. 7. 1913/14. S. 366 und F. Barth, Die Dampfkessel. 2. Aufl. Leipzig 1911. Bd. 2. S. 106.

<sup>4)</sup> F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914. S. 42 u. 66.

<sup>5)</sup> O. Kröhnke, Die Reinigung des Wassers. Stuttgart 1900. S. 95.

<sup>6)</sup> F. Barth, Die Dampfkessel. 2. Aufl. Leipzig 1911. Bd. 2. S. 98.

<sup>7)</sup> O. Schmidt, Der Portlandzement. Stuttgart 1906. S. 70 u. 149.

<sup>8)</sup> Vgl. auch Techn. Rundschau 1913. Bd. 19. Nr. 36. S. 501.

<sup>9)</sup> L. E. Andrés, Der Kesselstein. Wien u. Leipzig. S. 252; F. S. Allen, Wasser u. Abwasser. Bd. 3. 1910/11. S. 394 u. Bd. 7. 1913/14. S. 575; ferner M. R. Schulz, Ebenda. Bd. 9. 1915. S. 303 und Czerneck, Ebenda. Bd. 9. 1915. S. 304.

<sup>10)</sup> F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914. S. 63, 74 u. 79.

den Alkalien des Speisewassers leicht ein starkes Schäumen. Mineralöle<sup>1)</sup> oder -fette dagegen zersetzen sich bekanntlich nicht in die für die Kesselbleche schädlichen Fettsäuren und wirken auch infolgedessen nicht nachteilig.

**Elektrische und vagabundierende Ströme.** Elektrische und vagabundierende Ströme greifen das Leitungsmaterial<sup>2)</sup> nicht selten stark an, wie die Erfahrungen namentlich bei den Wasserversorgungsanlagen<sup>3)</sup> im Landkreise Aachen und im Kreise Helbra-Mansfeld es gezeigt haben. Auch in der Stadt Gablonz a. N.<sup>4)</sup> wurden durch die Einwirkung elektrischer Ströme auf Wasserleitungsrohre schwere elektrolytische Zerstörungen des Rohrmaterials beobachtet. Die Entstehung der Erdströme wurde in letzterem Falle der elektrischen Straßenbahn zugeschrieben. Auf Beton- und Eisenbetonkörper<sup>5)</sup> scheinen elektrische Ströme im allgemeinen nicht besonders einzuwirken.

Im Anschluß hieran sei erwähnt, daß der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern E. V. u. a. nachstehende zwei Veröffentlichungen auf diesem Gebiete herausgegeben hat, auf die empfehlend hingewiesen sei:

Vorschriften zum Schutze der Gas- und Wasserröhren gegen schädliche Einwirkungen der Ströme elektrischer Gleichstrombahnen, die die Schienen als Leiter benutzen, nebst Erläuterungen.

Erdströme und Rohrleitungen. Von Dipl.-Ing. F. Besig, Frankfurt a. M.<sup>6)</sup>.

Im einzelnen sei über das bei Wasserversorgungsanlagen hauptsächlich verwendete Material noch kurz folgendes gesagt:

<sup>1)</sup> E. Heidepriem, J. Bracht und G. Hausdorff, Die Reinigung des Kesselspeisewassers. 2. Aufl. Berlin 1909. S. 5 und F. Barth, Die Dampfkessel. 2. Aufl. Leipzig 1911. Bd. 2. S. 104.

<sup>2)</sup> Vgl. u. a. M. Freund in der Zeitschr. f. angew. Chem. 1904. Bd. 17. S. 45 u. 517.

<sup>3)</sup> Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. S. 631.

<sup>4)</sup> Ebenda. 1914. Bd. 57. S. 88.

<sup>5)</sup> R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Leipzig 1914. Bd. 1. S. 229.

<sup>6)</sup> Diese Drucksachen sind durch den Geschäftsführer des Vereins, Herrn Direktor Heidenreich in Berlin N 4, Gartenstr. 16/17 käuflich zu beziehen.

**Mörtelmaterial-Angriff.** Mörtelmaterial wird angegriffen oder gelöst durch Wasser<sup>1)</sup> mit saurer Reaktion gegen Kongo-<sup>2)</sup>, Lackmuspapier und Rosolsäurelösung<sup>3)</sup>, ferner durch Wässer, die folgende Stoffe enthalten:

Freie aggressive Kohlensäure<sup>4)</sup> — vgl. oben — Schwefelwasserstoff oder Sulfide<sup>5)</sup> — Fette, Öle<sup>6)</sup>.

Auch ein hoher Gehalt an Sulfaten und Magnesiumverbindungen<sup>7)</sup> (Meerwasser) wirkt nachteilig.

1) Vgl. u. a. P. Rohland, Der Portlandzement vom physikalisch-chemischen Standpunkte. Leipzig 1903. Das Verhalten des Zementes gegen Flüssigkeiten und Metalle. Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Architektenvereins. 1909. Bd. 61. Nr. 12. S. 191. Das Verhalten des Betons bzw. Eisenbetons gegen Humusstoffe, Schwefelverbindungen und den elektrischen Strom. Der städt. Tiefbau 1911. Bd. 2. Nr. 7. S. 105. Der Eisenbeton. Kolloidchemische und physikalisch-chemische Untersuchungen. Leipzig 1903. Die Einwirkung der Bestandteile des Grundwassers auf Eisenbeton. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1914. Heft 2. S. 36. J. Barth, Zementröhren. Berlin 1914. O. Schmidt, Der Portlandzement. Stuttgart 1906. R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Bd. 1. Leipzig 1914. S. 25, 63, 221 u. 228.

2) Boettge, Zerstörung von Betonmauerwerk im Moorboden. Techn. Rundschau 1913. Bd. 19. Nr. 16. S. 221; Kölle, Verhalten von Zement- und Betonbauten im Moorboden. Beton-Ztg. 1909. Bd. 3. S. 769; W. Thörner, Beobachtungen über Zerstörungerscheinungen an aus Zementbeton hergestellten Baumaterialien. Chem.-Ztg. 1905. Bd. 29. Nr. 97. S. 1243; J. Tillmans, Über den schädlichen Einfluß von Moorboden und Moorbodengrundwasser auf Beton. Ges.-Ing. 1911. Nr. 9. S. 161 u. Wasser u. Abwasser. Bd. 4. 1911. S. 427.

3) Pfeiffer, Welche Erscheinungen können eine Wasserleitung gefährden? Wasser u. Abwasser. Bd. 4. 1911. S. 60; Scheelhaase, Über Maßnahmen gegen die angreifenden Eigenschaften des Frankfurter Grundwassers. Deutsche Bau-Ztg. 1908. Bd. 42. Nr. 24. S. 153; J. Tillmans, Wasserreinigung und Abwasserbeseitigung. Halle a. S. 1912. S. 34.

4) H. Klut, Die Bedeutung der freien Kohlensäure im Wasserversorgungswesen. Ges.-Ing. 1907. Bd. 30. Nr. 32. S. 517.

5) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten E. V. Berlin 1914. S. 119; E. Stephan, Betonzerstörung durch Schwefelwasserstoffgas. Beton u. Eisen 1910. Heft 1. S. 22.

6) Rundfrage des Deutschen Beton-Vereins, vgl. Wasser u. Abwasser. Bd. 7. 1913/14. Nr. 369. S. 208.

7) F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914. S. 35; Bericht über das Verhalten hydraulischer Bindemittel im Seewasser. Mittel. a. d. Kgl. Materialprüfungsamt 1909. Bd. 27. Heft 5 u. 6. S. 239; Endris, Ursache und Verhütung der Zerstörungen von Betonrohrkanälen. Ges.-Ing. 1913. Bd. 36. S. 513; R. K. Meade, Die Wirkung verschiedener Substanzen auf Beton. Chem. Zentralbl. 1913. Bd. 2. S. 1524.



**Metallangriff.** Metallmaterial. Für das in der Wasserwerkspraxis in Betracht kommende metallische Leitungsmaterial wurde u. a. nachstehende Literatur benutzt:

- R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911.
- C. Blacher, Über Metallkorrosionen durch Wasser. Chem.-Ztg. 1911. Nr. 40. S. 353.
- P. Brinkhaus, Das Rohrnetz städtischer Wasserwerke. München u. Berlin 1912.
- F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914.
- C. Flügge, Grundriß der Hygiene. 7. Aufl. Leipzig 1912.
- M. Foerster, Taschenbuch für Bauingenieure. Berlin 1911.
- Fragebogen über Haus- und Anschlußleitungen. Das Wasser. 1914. Bd. 10. S. 288.
- A. Frühling und G. Oesten, Die Wasserversorgung der Städte. Bd. 3. Der Wasserbau. 4. Aufl. Leipzig 1904.
- A. Gärtner, Leitfaden der Hygiene. 5. Aufl. Berlin 1909.
- Gmelin-Krauts, Handbuch der anorganischen Chemie. 7. Aufl. Heidelberg 1909—1912.
- L. Grünhut, Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914.
- C. Günther, Wasser und Wasserversorgung. A. Eulenburgs Real-Enzyklopädie der gesamten Heilkunde. 4. Aufl. Berlin u. Wien 1914. Bd. 15. S. 413.
- W. Gürtler, Über die Korrosion von Metallen. Die Naturwissenschaften. 1914. S. 97.
- „Hütte“, Akadem. Verein. Des Ingenieurs Taschenbuch. Berlin 1914.
- W. P. Jorissen, Die Korrosion von Aluminium, Zink, Nickel, Zinn, Blei und Kupfer durch Wasser und Luft. Chem.-Ztg. 1913. Bd. 37. S. 1596.
- H. Klut, Die Einwirkung der Trink- und Brauchwässer auf Leitungsröhren, insbesondere auf Bleileitungen. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. Berlin 1910. Heft 13. S. 121.
- R. Kobert, Kompendium der praktischen Toxikologie. 5. Aufl. Stuttgart 1912.
- Kurzak, Sonder-Katalog f. d. Gruppe Wasserversorgung der wissenschaftl. Abteilung der Internat. Hygiene-Ausstellung. Dresden 1911.
- K. B. Lehmann, Würzburg und Franke, Frankfurt a. M., Sonderkatalog über die chemische Industrie und die Gesundheit der wissenschaftl. Abteilung der Internat. Hygiene-Ausstellung. Dresden 1911.
- O. Lueger, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Abt. Leipzig 1908. Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt, Berlin-Lichterfelde. Heft 1—7.
- K. Opitz, Brunnenhygiene. Berlin 1910.
- H. Ost, Lehrbuch der chemischen Technologie. 8. Aufl. Leipzig 1914.
- E. Schmidt, Ausführliches Lehrbuch der pharmazeut. Chemie. 5. Aufl. Bd. 1. Anorgan. Chemie. Braunschweig 1907.
- F. Selberg, Die neueren Verfahren zur Sterilisierung, Reinigung und sonstigen Verbesserung von Wasser für Trink- und Nutzzwecke. Viertel-

jahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätsw. 1913, 3. Folge. Bd. 45. S. 418.

O. Spitta, Die Wasserversorgung im Handbuch der Hygiene von M. Rubner, M. v. Gruber und M. Ficker. Bd. 2. Abt. 2. Wasser u. Abwasser. Leipzig 1911.

R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Bd. 1. Leipzig 1914.

**1. Aluminium.** Über die Verwendung von Aluminiumröhren bei Wasserversorgungsanlagen vgl. u. a. die Angaben bei O. Lueger<sup>1)</sup>.

Aluminium wird von Wasser bei gewöhnlicher Temperatur nur oberflächlich in sehr geringem Grade unter Bildung von Aluminiumhydroxyd angegriffen. Das Metall überzieht sich hierbei mit einem feinen Hydroxyd-Häutchen, das es vor weiteren Angriffen schützt<sup>2)</sup>. Je reiner das Aluminium ist, um so widerstandsfähiger ist es äußeren Einflüssen gegenüber. Schon geringe Beimengungen von Silicium, Eisen oder Natrium setzen seine wertvollen Eigenschaften<sup>3)</sup> wesentlich herab. Aluminium kommt heute sehr rein mit 99,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Al und darüber in den Handel.

Freie Kohlensäure und Schwefelwasserstoff gelöst enthaltende Wässer greifen Aluminium<sup>4)</sup> praktisch in Betracht kommender Weise nicht an.

Von sauren und alkalischen Flüssigkeiten wird Aluminium angegriffen<sup>4)</sup>.

Selbst sehr verdünnte Laugen sowie Sodalösungen<sup>4)</sup> wirken auf das Metall schon nachteilig ein.

Ein hoher Gehalt an Chloriden im Wasser (Meerwasser) verursacht Metallkorrosionen.

Gesundheitlich haben die Mengen von Aluminium<sup>5)</sup>, die gelegentlich aus den Leitungen aufgenommen werden können,

<sup>1)</sup> Lueger, a. a. O. S. 11.

<sup>2)</sup> E. Schmidt, a. a. O. S. 920; A. Bujard in O. Lueger, Lexikon der gesamten Technik. 2. Aufl. Stuttgart u. Leipzig 1904. Bd. 1. S. 160; Balland und Riche im Chem. Zentralbl. 1904. Bd. 2. S. 466; ferner Pharmazeut. Ztg. 1914. Nr. 56. S. 561.

<sup>3)</sup> H. Ost, a. a. O. S. 188; A. Scaler im Chem. Zentralbl. 1913. Bd. 1. S. 1180.

<sup>4)</sup> F. Ephraim in Gmelin-Krauts Handbuch a. a. O. Bd. 2. S. 576, 578, 579, 582; ferner Bailey in Wasser u. Abwasser. Bd. 8. 1914. S. 124.

<sup>5)</sup> C. Flügge, a. a. O. S. 187; R. Kobert, a. a. O. S. 171; K. B. Lehmann, a. a. O. S. 31 und Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl.

und somit in das Trinkwasser gelangen, keine Bedeutung; ebenso auch die Mengen nicht, die bei der Klärung von Trinkwasser durch Aluminiumsulfat noch im Reinwasser<sup>1)</sup> enthalten sind.

**2. Blei.** Bleiröhren werden vielfach zu Wasserleitungen, besonders zu Hausanschlußleitungen<sup>2)</sup> benutzt.

Eine Reihe von Wässern haben, wie namentlich die Erfahrungen in Dessau, Emden, Wilhelmshaven usw. lehren, bleiauflösende Eigenschaften<sup>3)</sup>.

Die Ursache des Angriffs auf die Innenwandung der Bleiröhren ist neben der Beschaffenheit des verwendeten Materials — reines oder unreines Blei — in erster Linie in der chemischen Zusammensetzung des betreffenden Leitungswassers zu suchen.

Luftfreies Wasser<sup>4)</sup> greift Blei nicht an.

Durch Einwirkung von Sauerstoff bildet sich Bleioxyd, das in Wasser mit alkalischer Reaktion als Bleihydroxyd löslich ist.

1 Liter destilliertes Wasser mit einem Gehalt von 9,5 mg freiem Sauerstoff löst etwa 120 mg Blei (Pb).

Alle gegen Lackmuspapier und Rosolsäurelösung nicht alkalisch reagierenden Wässer haben bleilösende Eigenschaften.

Ein hoher Gehalt an Chloriden im Wasser begünstigt die Bleiaufnahme. Ebenso ein hoher Nitratgehalt des Wassers.

Durch elektrolytische Vorgänge kann die Bleiauflösung unter Umständen wesentlich erhöht werden. Legiertes oder unreines Blei, z. B. mit einem Gehalt an Kupfer, Zink, Zinn usw. wird weit mehr vom Wasser gelöst als reines Blei. Bei den ge-

---

Wiesbaden 1901. S. 626; ferner W. Ohlmüller und R. Heise, Untersuchungen über die Verwendbarkeit des Aluminiums zur Herstellung von Eß-, Trink- und Kochgeschirren. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Berlin 1893. Bd. 8. S. 377 und Gesundheitsbüchlein, bearbeitet im Kaiserl. Gesundheitsamt. 11. Ausgabe. Berlin 1905. S. 105.

<sup>1)</sup> O. Spitta, a. a. O. S. 90.

<sup>2)</sup> Vgl. u. a. Th. Heyd, Etwas über Bleirohre bei Hauswasserversorgungs- und Hausentwässerungsanlagen. Der städt. Tiefbau. 1913. Bd. 4. Heft 19. S. 249; H. Klut, Wasserversorgung und Bleiröhren. Das Wasser. 1914. Bd. 10. S. 262 und O. Lueger, a. a. O. S. 15.

<sup>3)</sup> W. P. Dunbar, Bleivergiftungen im Zusammenhang mit Wasserversorgung. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1914. Bd. 1. S. 161; P. Schmidt, Über Bleivergiftungen durch Leitungswasser. Ebenda. 1914. S. 11 und Archiv f. Hygiene 1915. Bd. 82. Heft 8. S. 351; H. Klut, Bleivergiftungen durch Wasserleitungen. Med. Klinik 1914. Bd. 10. Nr. 13. S. 537.

<sup>4)</sup> Vgl. auch A. F. Holleman, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 257.

wöhnlichen Bleiröhren beobachtet man in der Regel an den Lötstellen die Korrosionen. Den stärksten Angriff auf Blei hat man beobachtet, wenn Bleiröhren mit Zinn mangelhaft ausgekleidet waren oder aber der Zinnmantel rissig geworden war<sup>1)</sup>.

Alle Wässer, die freie aggressive Kohlensäure gelöst enthalten, lösen Blei<sup>2)</sup>.

Auf Grund eingehender Untersuchungen, die das Kaiserliche Gesundheitsamt<sup>3)</sup> mit dem Dessauer Leitungswasser angestellt hat, kommt es zu folgendem Ergebnis:

„Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sauerstoff und freier Kohlensäure nimmt das Bleiauflösungsvermögen mit sinkendem Gehalt an freier Kohlensäure ab; und durch die chemische Bindung der freien Kohlensäure des Wassers wird seine bleilösende Eigenschaft vermindert.“

Neuere von mir angestellte Versuche haben gezeigt, daß alle lufthaltigen Wässer anfangs bleilösende Eigenschaften besitzen, daß also neue Bleiröhren von jedem lufthaltigen Wasser zunächst mehr oder weniger stark, je nach dessen chemischer Zusammensetzung, angegriffen werden.

Es läßt sich aus der chemischen Analyse eines Wassers<sup>4)</sup> fast immer schon vorher ersehen, ob ein Wasser dauernd bleilösende Eigenschaften besitzt oder nicht. Wässer, welche die Eigenschaft haben, mit der Zeit an der Innenwand der Röhren einen feinen Überzug von Kalziumkarbonat zu bilden, schützen dadurch diese Röhren selbst vor weiteren Bleiangriffen, so daß alsdann eine für die Praxis in Betracht kommende Angreifbarkeit

---

<sup>1)</sup> In meinem Aufsätze „Bleiröhren und Trinkwasser“ im Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1911. Bd. 54. Nr. 17. S. 409 ist die ausführliche Literatur mitgeteilt. Vgl. ferner E. Heyn, Bericht über die Versuche über das Verhalten von Kupfer, Zink und Blei gegenüber Zement, Beton und den damit in Berührung stehenden Flüssigkeiten. Veröff. d. Deutsch. Ausschusses f. Eisenbeton. Berlin 1911. Heft 8.

<sup>2)</sup> J. Tillmans, Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. Bd. 56. S. 348.

<sup>3)</sup> Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Berlin 1906. Bd. 23. Heft 2. S. 367 u. 377. Vgl. ferner Th. Paul, Nahrungsmittelchemie. Leipzig 1914. S. 56.

<sup>4)</sup> H. Klut, a. a. O. S. 129 in Heft 13 der Anstaltsmitteilungen. — Über die Bildung schützender sogenannter biologischer Überzüge durch Gallertbakterien u. a. auf der inneren Bleirohrwand vgl. R. Kolkwitz, Pflanzenphysiologie. Jena 1914. S. 92 und Vollmar, Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. S. 944.

oder Auflösung des Bleies<sup>1)</sup> durch das durchfließende Wasser nicht mehr erfolgen kann. Nach meinen bisherigen Erfahrungen haben im allgemeinen Wässer mit einer vorübergehenden (Karbonat-) Härte von 7 deutschen Härtegraden ab nur anfangs blei-auflösende Eigenschaften.

In gesundheitlicher Hinsicht<sup>2)</sup> ist besonders darauf hinzuweisen, daß Blei als Metall, sowie in fast allen seinen Verbindungen ein gefährliches Gift ist. Infolge seiner akkumulierenden Wirkung übt das Blei auch schon in geringen Mengen bei längerer Zufuhr einen schädigenden Einfluß auf den menschlichen Organismus aus. Empfindliche Menschen werden nach Brouardel<sup>3)</sup> schon durch 1 mg täglich resorbiertes Blei allmählich bleikrank<sup>4)</sup>. Akute Bleivergiftungen sind nach K. B. Lehmann<sup>3)</sup> selten, ziemlich große Bleimengen sind bei einmaliger Zufuhr unschädlich.

Im allgemeinen kann man wohl nach unseren bisherigen Erfahrungen in der Anstalt sagen, daß ein Wasser, welches dauernd nicht mehr als 0,3 mg Blei (Pb) im Liter enthält, als nicht schädlich<sup>5)</sup> für den Genuß angesehen werden kann. Wo im Leitungswasser größere Mengen — etwa über 0,5 mg Pb im Liter — gefunden werden, empfiehlt es sich jedoch unter allen Umständen auf etwaige Bleivergiftungen zu fahnden und durch Umfrage bei den im Versorgungsgebiete praktizierenden Ärzten festzustellen, ob etwa Erkrankungen auf den Genuß von Leitungswasser zurückzuführen sind.

Die im Leitungswasser öfters vorhandenen basischen Bleikarbonate, welche an sich fast unlöslich sind und dem Wasser ein getrübbtes Aussehen verleihen, sind gleichfalls gesundheitsschädlich, da sie vom Magensaft leicht gelöst werden. Nicht die Wasserlöslichkeit der Bleiverbindungen, sondern ihre Resorptionsfähigkeit durch die Verdauungssäfte ist ausschlaggebend für ihre Giftwirkung. Es sind deshalb die an sich in Wasser nicht löslichen basischen Bleikarbonate ebenfalls giftig.

1) Vgl. auch L. Grünhut, a. a. O. S. 43; ferner A. Frühling und G. Oesten, a. a. O. S. 83, 94, 336 u. 395; O. Lueger, a. a. O. S. 22.

2) Vgl. M. Neißer, Über die Bleivergiftung eines Dorfes durch Leitungswasser. Ges.-Ing. 1913. Bd. 36. Nr. 51. S. 920.

3) Bei K. B. Lehmann, a. a. O. S. 24.

4) O. Spitta, a. a. O. S. 31.

5) In meiner Veröffentlichung „Bleivergiftungen durch Wasserleitungen“ in der Med. Klinik 1914. Bd. 10. Nr. 13. S. 537 ist die weitere Literatur angegeben.

**3. Eisen.** Eisernes Rohrmaterial wird bei Wasserversorgungsanlagen in sehr ausgedehntem Maße benutzt.

Über die technischen Eigenschaften der verschiedenen Eisenrohrmaterialien vergleiche die ausführlichen Angaben bei A. Frühling<sup>1)</sup> und O. Lueger<sup>2)</sup>.

Hinsichtlich des verschiedenen Verhaltens von Guß-, Schmiedeeisen und Stahl gegenüber chemischen und physikalischen Einwirkungen — Rostgefahr usw. — vgl. u. a. die nachstehenden Veröffentlichungen:

- K. Arndt, Das Rosten verschiedener Eisensorten an feuchter Luft. Chem.-Ztg. 1910. S. 425 u. 1078.
- Derselbe, Potentialmessungen an rostendem Eisen. „Metallurgie.“ 7. Jahrg. Heft 20. S. 627.
- Derselbe, Untersuchungen über das Rosten verschiedener Eisensorten. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes. 1911. Heft 4.
- H. W. Clark and St. de M. Gage, Studies of the relative corrosion of Metal pipes by waters, especially before and after purification. Review of literature on Corrosion. Boston 1911.
- A. S. Cushman and H. A. Gardner, The corrosion and preservation of Iron and steel. New York 1910.
- J. Newton Friend, Ph. D. (Würz.), D. Sc. (B'ham), The corrosion of iron and steel. New York 1911.
- G. W. Fuller, Über Metallkorrosionen durch Wasser. Vgl. Wasser u. Abwasser. Bd. 3. S. 56, 421 u. 506; ferner 1914. Bd. 7. S. 420.
- E. Heyn, Beitrag zur Rostfrage. Mitteilung a. d. Kgl. Materialprüfungsamt, Groß-Lichterfelde.
- E. Heyn und O. Bauer, Über den Angriff des Eisens durch Wasser und wässrige Lösungen. Mitteil. a. d. Kgl. Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde 1908—1910.
- A. Keller, Über die Rostgefahr eiserner Rohre. Zentralbl. d. Eisen- u. Metallröhrenindustrie 1910. Nr. 2. S. 35 u. 1911. Nr. 8. S. 249.
- O. Kröhnke, Über die verschiedene Art der Rostung von Guß- und Schmiederohren. Ges.-Ing. 1910. Nr. 22.
- Derselbe, Über das Verhalten von Guß- und Schmiederohren in Wasser, Salzlösungen und Säuren. München u. Berlin 1911.
- Derselbe, Über die neuzeitigen Eisenrohrmaterialien. Ein Beitrag zur Kenntnis ihres Gefügebau. Magdeburg 1912.
- E. Liebreich, Rost und Rostschutz. Braunschweig 1914.
- A. Nachtweh und K. Arndt, Feststellungen und Untersuchungen der Rostgefahr bei schweißeisernen, flußeisernen und harten flußeisernen (Stahl-)röhren, sowie bei gußeisernen Röhren. Hannover 1911.

<sup>1)</sup> A. Frühling und G. Oesten, a. a. O. S. 354.

<sup>2)</sup> C. Lueger, a. a. O. S. 21.

- S. Rideal, Die Korrosion und das Rosten des Eisens. Vgl. Wasser u. Abwasser. Bd. 8. 1914. S. 343.
- A. Sang, The corrosion of iron and steel. New York 1910.
- F. Seel, Herstellung und Verwendung der nahtlosen Mannesmann-Stahlmuffenrohre. Wochenschr. f. deutsche Bahnmeister. Jahrg. 29. 1912. Nr. 9. S. 154.
- H. Wölbling, Zur Rostung der Guß- und Mannesmannrohre. „Metallurgie.“ 8. Jahrg. 1911. Heft 19.
- Derselbe, Zum Rostprozeß der Guß- und Mannesmannröhren. „Ferrum.“ Jahrg. 10. 1912/13. Heft 6.
- Bericht der Röhrenkommission des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. S. 629 u. 1915. Bd. 58. S. 386.

Im folgenden sollen nur die allgemeinen chemischen Eigenschaften des Eisens ohne Unterschied von Guß-, Schmiedeeisen und Stahl kurz besprochen werden, soweit sie allgemein für Leitungswasser in Frage kommen.

An trockener Luft und in luftfreiem, sowie kohlendioxidfreiem Wasser ist Eisen unveränderlich. An feuchter Luft rostet es schnell<sup>1)</sup>; es entsteht Eisenoxydhydrat, aber nicht als dünne zusammenhängende Schicht. Die praktische Folge davon ist, daß der Rost sich immer weiter frißt.

Das Rosten des Eisens<sup>2)</sup> wird sehr verzögert, wenn man das Eisen unter Wasser bringt, in dem ein wenig Alkali oder alkalisch reagierende Salze aufgelöst sind. In Sodalösung z. B. bleibt Eisen fortdauernd blank. — Daß Eisen in Berührung mit Wasser rostet, kann durch die Annahme erklärt werden, daß der im Wasser gelöste Sauerstoff mit den Wasserstoffionen Hydroxylionen zu bilden trachtet. Um deren negative Ladung zu kompensieren, sendet das Eisen seine positiven Ionen in die Lösung; bald ist infolge davon das Löslichkeitsprodukt des Eisenoxyds erreicht und dieses scheidet sich ab; mit anderen Worten: es ist Rost entstanden. Bringt man jedoch vorher Hydroxylionen in die Flüssigkeit, durch den Zusatz einer Base oder eines alkalisch reagierenden Salzes, so ist durch deren Anwesenheit die Ionisation des Wassers selbst erheblich zurückgedrängt; der Sauerstoff findet nun fast gar keine H-Ionen vor, mit denen er OH-Ionen bilden kann, so daß das Eisen auch keine weiteren Ionen mehr

<sup>1)</sup> F. Fischer, a. a. O. S. 39 und E. Schmidt, a. a. O. S. 808.

<sup>2)</sup> A. F. Holleman, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 7. Aufl. Leipzig 1909. S. 426.

in die Flüssigkeit entsendet; die Rostbildung ist infolgedessen aufgehoben.

In Säuren, sowie in kohlen säurehaltigen Wässern<sup>1)</sup> löst sich Eisen unter Entwicklung von Wasserstoff.

Für Wasserwerke ist besonders wichtig die Eigenschaft des Eisens, daß es von Wässern mit einem Gehalt an freier Kohlensäure<sup>2)</sup> aufgelöst wird. Bei Zentralversorgungsanlagen beobachtet man nicht selten, daß das an sich praktisch eisenfreie Wasser oder auch das künstlich enteisen te Leitungswasser infolge seines Gehaltes an freier, aggressiver Kohlensäure Eisen aus den Rohrleitungen<sup>3)</sup> auflöst — sogenannte Wiedervereisenung, z. B. in Frankfurt a. M., Wilhelmshaven. Bei Luftzutritt zum Wasser entstehen dann die bekannten Eisenhydroxyd-Ausscheidungen<sup>4)</sup> (Eisenrost, Eisenocker usw.).

Von alkalisch reagierenden Flüssigkeiten wird Eisen, wie bereits erwähnt, nicht angegriffen. In einem interessanten Aufsatz hat P. Rohland<sup>5)</sup> besonders darauf hingewiesen, daß selbst stark alkalisch reagierende Stoffe, wie Natronlauge<sup>6)</sup>, gelöschter Kalk usw., Eisen zum Unterschied von Aluminium, Kupfer, Zink nicht angreifen, sondern im Gegenteil sogar eine Entrostung bewirken.

Lufthaltige weiche — oder richtiger gesagt — Wässer mit geringer Karbonathärte greifen das eiserne Leitungsmaterial besonders leicht an. Je mehr Luftsauerstoff solch Wasser gelöst enthält, um so stärker ist der Eisenangriff. Wird die Temperatur des Wassers z. B. in Dampfkesseln<sup>7)</sup> erhöht, so steigert sich auch seine Korrosionswirkung auf das Eisen.

1) Vgl. auch R. Petit, Einwirkung der Kohlensäure des Wassers auf Eisen. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1897. S. 206.

2) E. Heyn und O. Bauer, a. a. O.; vgl. Wasser u. Abwasser. Bd. 3. 1910/11. S. 201; H. Noll, Beitrag zur Frage der Enteisenung und Wiedervereisenung des Wassers. Gesundheits-Ing. 1908. Nr. 26. S. 410.

3) J. Tillmans, Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung. Halle a. S. 1912. S. 34.

4) O. Kröhnke, Die Reinigung des Wassers. Stuttgart 1900. S. 85.

5) Techn. Rundschau 1914. Bd. 20. Nr. 12. S. 152.

6) Vgl. auch H. Hager, B. Fischer und C. Hartwich, Kommentar zum Arzneibuch f. d. deutsche Reich. 2. Aufl. Berlin 1896. Bd. 2. S. 220 u. 227.

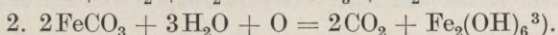
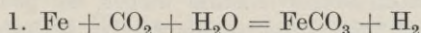
7) G. Eckermann, Berichte über Kesselstein-Geheimmittel. Hamburg 1905. S. 18.



Nach F. Scheelhaase<sup>1)</sup> (Frankfurt a. M.) setzt die Wirkung des Sauerstoffs in neutralem Wasser nur da ein, wo Eisen durch Beschädigung des Schutzanstriches freigelegt wurde. Es kommen weder bedenkliche Pilzbildungen, noch stetige Trübungen des Wassers vor. Die Wirkung der Kohlensäure ohne Sauerstoff ist eine eisenlösende, keine rosterzeugende. Die Teerasphaltierung der Rohre bildet gegen freie Säure keinen genügenden Schutz. Die Wirkung von Kohlensäure und Sauerstoff verbindet die Vorgänge der Lösung und Rostung. Pilzbildungen und Trübungen stellen sich ein. Die Lösung nimmt mit abnehmendem Sauerstoffgehalt zu.

Nach E. Heyn und O. Bauer<sup>2)</sup> greift destilliertes Wasser bei gleichzeitiger Anwesenheit von freiem Sauerstoff Eisen erheblich stärker an, als die meisten der gewöhnlichen Leitungswässer. Diese Beobachtungen findet man auch durch die Praxis bestätigt.

Eisen rostet auch bei Abwesenheit von Kohlendioxyd im Wasser. Kohlensäure im Wasser wirkt wie jede andere Säure lösend auf Eisen ein. Eigentlichen Rostangriff vermag aber eine solche Lösung von Kohlendioxyd in Wasser erst herbeizuführen, wenn gleichzeitig Sauerstoff vorhanden ist. Den chemischen Vorgang zeigen die nachstehenden beiden Gleichungen:



Ein hoher Gehalt an Chloriden und Nitraten und Sulfaten, besonders in karbonatarmen Wässern (z. B. in Bernburg), begünstigt das Rosten des Eisens<sup>4)</sup>.

In gesundheitlicher Hinsicht hat das im Wasser enthaltene Eisen nur untergeordnete Bedeutung. Nach K. B. Lehmann<sup>5)</sup> ist Eisen ebensowenig wie eines seiner Salze in Fabrik oder Haushalt als Gift zu bezeichnen. Kleine Eisenmengen sind

<sup>1)</sup> Vgl. bei R. Weyrauch, Bd. 1. a. a. O. S. 24.

<sup>2)</sup> Vgl. Wasser u. Abwasser. 1910/11. Bd. 3. S. 54.

<sup>3)</sup> E. Heyn und O. Bauer, Über den Angriff des Eisens durch Wasser und wässrige Lösungen. III. Mitteilung. Mitteilungen a. d. Kgl. Materialprüfungsamt 1910. Heft 2 u. 3. Bd. 28. S. 62.

<sup>4)</sup> Vgl. u. a. F. Fischer, a. a. O. S. 42.

<sup>5)</sup> Lehmann, a. a. O. S. 32; ferner M. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig u. Wien 1907. S. 366 u. 367.

in der Nahrung weitverbreitet und für den Menschen nötig, rostige Gefäße usw. können den Eisengehalt vermehren ohne Schaden.

**4. Kupfer.** Kupfer wird als Rohrmaterial wegen des ziemlich hohen Preises zu Kaltwasserleitungen nur vereinzelt gebraucht, etwas häufiger dagegen bei Warmwasserleitungen statt der sonst üblichen verzinkten Eisenröhren. Für diesen Zweck sind Kupferröhren<sup>1)</sup> infolge ihrer Dehnbarkeit recht geeignet.

Als Rohrbrunnenmaterial dient vielfach, zumal bei aggressiven Wässern<sup>2)</sup>, reines Kupfer, ebenso zu Speiseleitungen<sup>3)</sup> von Dampfkesseln.

In chemischer Hinsicht ist das Kupfer als Halbedelmetall<sup>4)</sup> bei gewöhnlicher Temperatur trockener, sowie feuchter, kohlenstofffreier Luft gegenüber sehr widerstandsfähig. Mit Kohlensäure, Luft und Wasser in Berührung läuft das Kupfer<sup>5)</sup> schwarzgrau, dann blaugrün an. Bei genügendem Luftzutritt wird Kupfer von Mineralsäuren, sowie auch von organischen Säuren, wie Essigsäure, Kohlensäure usw. gelöst.

Sodalösung und Alkalilauge greifen bei gewöhnlicher Temperatur Kupfer wenig oder gar nicht an. Von Ammoniak wird das Metall bei Gegenwart von Luftsauerstoff zu Kupferoxydammoniak<sup>6)</sup> gelöst. Von Kalkwasser<sup>7)</sup> wird Kupfer bei Gegenwart von Luft angegriffen.

Schwefelwasserstoff, ebenso Sulfide wirken bei gewöhnlicher Temperatur selbst auf fein verteiltes Kupfer bei Luftabschluß so

<sup>1)</sup> F. Fischer, a. a. O. S. 36; A. Frühling und G. Oesten, a. a. O. S. 398; O. Lueger, a. a. O. S. 74.

<sup>2)</sup> R. Weyrauch, a. a. O. S. 767; ferner R. Haack, Gase im Grundwasser, ihre Bedeutung und ihre Wirkung. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. Bd. 56. Nr. 31. S. 761.

<sup>3)</sup> W. Heepke, Die Warmwasserbereitungs- und Versorgungsanlagen. München u. Berlin 1910. S. 213; ferner Ph. Michel, Die Rohrleitungen im Dampfbetrieb. Hannover 1910. S. 6.

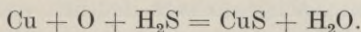
<sup>4)</sup> H. Ost, a. a. O. S. 663.

<sup>5)</sup> F. Peters, in Gmelin-Krauts Handbuch der anorgan. Chemie, a. a. O. Bd. 5. Abt. 1. S. 654/55 u. 1555.

<sup>6)</sup> A. F. Holleman, Lehrbuch der anorgan. Chemie. 7. Aufl. Leipzig 1909. S. 320.

<sup>7)</sup> E. Heyn, Bericht über die Versuche über das Verhalten von Kupfer, Zink und Blei gegenüber Zement, Beton und den damit in Berührung stehenden Flüssigkeiten. Veröffentl. d. Deutsch. Ausschusses f. Eisenbeton. Heft 8. Berlin 1911, ferner H. Hager, B. Fischer und C. Hartwich, Kommentar z. Arzneibuch f. d. deutsche Reich. 2. Aufl. Berlin 1896. Bd. 2. S. 220.

gut wie gar nicht ein. Bei Gegenwart von Sauerstoff wird jedoch dieses Metall<sup>1)</sup> stark angegriffen:



Bedingung beim Angriff des Kupfers durch Flüssigkeiten usw. ist fast stets die Anwesenheit von Sauerstoff<sup>2)</sup>.

Bei Luftzutritt wird Kupfer angegriffen bzw. gelöst von Wässern mit einem hohen Gehalt an Chloriden und Nitraten<sup>3)</sup>.

Von weichen, lufthaltigen Wässern wird Kupfer<sup>4)</sup> ebenfalls angegriffen, in erster Linie von destilliertem Wasser<sup>5)</sup>.

Wässer mit einem Gehalt an aggressiver Kohlensäure und Sauerstoff lösen Kupfer<sup>6)</sup>.

Von ölhaltigem Wasser, z. B. vom Kondensat der Dampfmaschinen, wird Kupferrohr<sup>7)</sup> bei weitem nicht so stark angegriffen wie Eisenrohr.

Je reiner das Kupfer ist, um so weniger wird es angegriffen<sup>8)</sup>.

Vom gesundheitlichen Standpunkt hat das Vorkommen von Kupferverbindungen im Wasser eine nur geringe Bedeutung<sup>9)</sup>. Nach A. Gärtner<sup>10)</sup> ist eine chronische Kupfervergiftung unbekannt. In der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene sind gesundheitliche Schädigungen durch den Genuß kupferhaltigen Trinkwassers bislang nicht bekannt geworden<sup>11)</sup>. Allerdings ist hierbei zu beachten, daß Kupfer schon in sehr großer Verdünnung im Wasser durch den unangenehmen, ausgesprochen

1) F. Peters, a. a. O. S. 657.

2) E. Schmidt, a. a. O. S. 983; H. Erdmann, Lehrbuch der anorgan. Chemie. 4. Aufl. Braunschweig 1906. S. 699; E. Heyn, a. a. O. Referat in Wasser u. Abwasser. Bd. 7. 1913/14. S. 62.

3) F. Peters, a. a. O. S. 660 und H. Ost, a. a. O. S. 663 u. Chem.-Ztg. 1902. Bd. 26. S. 845.

4) R. Weyrauch, a. a. O. S. 24.

5) R. Schramm, Vorkommen von Kupfer in destilliertem Wasser. Berl. klin. Wochenschr. 1913. Nr. 10; ferner Pharmazeut. Ztg. 1913. Bd. 58. Nr. 61. S. 603 und Wasser und Abwasser. Bd. 8. 1914. S. 292.

6) F. Peters, a. a. O. S. 660; ferner H. Klut, Die Ausdeutung der Analysenbefunde bei der chemischen Wasseruntersuchung. Berichte d. Deutsch. Pharm. Ges. 1909. Bd. 19. S. 161.

7) Ph. Michel, a. a. O. S. 6.

8) F. Peters, a. a. O. S. 660.

9) R. Kobert, a. a. O. S. 164.

10) A. Gärtner, a. a. O. S. 131; ferner H. v. Tappeiner, Lehrbuch der Arzneimittellehre. 5. Aufl. Leipzig 1904. S. 82.

11) C. Günther, a. a. O. S. 437.

bitteren Nachgeschmack erkennbar ist. 2 mg Cu in Form von Kupfersulfat in 1 Liter destillierten Wassers konnte ich durch den unangenehmen Nachgeschmack deutlich wahrnehmen<sup>1)</sup>.

Infolgedessen ist auch der Genuß eines Wassers, das nur einige Milligramm Kupfer im Liter enthält, praktisch ziemlich ausgeschlossen, und es sind somit Vergiftungen durch kupferhaltiges Trinkwasser schwer möglich<sup>2)</sup>.

Über die Giftigkeit des Kupfers äußert sich K. B. Lehmann<sup>3)</sup> wie folgt: Beim Kochen schwach saurer Flüssigkeiten in Kupfergefäßen werden keine nennenswerten Kupfermengen gelöst, mehr beim Stehen von erkaltenden Flüssigkeiten in Kupfergefäßen, besonders an der Grenze von Flüssigkeit und Luft. Rein gehaltene — auch unverzinnete Kupfer- und Messinggeschirre — haben noch nie Schaden angerichtet bei verständiger Benutzung. Selbst Grünspanansatz hat keine schwere Vergiftung erzeugt.

Die früher so hoch bewertete Giftigkeit des Kupfers besteht nur in ganz geringem Grade. Nur Einnahme großer Kupfersalzmengen in starken Lösungen (etwa 1—2 g Kupfersalz) kann Magen- und Darmstörungen, von noch größeren Mengen (5—15 g Kupfersalz) schwere Krankheit und den Tod erzeugen unter Magen- anätzung, Darmleiden usf.

Dagegen schaden die in Nahrungsmitteln aus den Geschirren oder durch absichtlichen Kupferzusatz (Grünen der Gemüse) aufgenommenen Kupfermengen nichts. Es gibt keine beweisende Kupfervergiftung durch den Haushalt aus neuerer Zeit (die früheren Berichte erklärten jede Vergiftung mit verdorbenen Nahrungsmitteln als Kupfervergiftung, wenn nur ein Kupfergefäß in der Küche war! Monate- und jahrelange Tierversuche mit bescheidenen der Nahrung zugeführten Kupfermengen verliefen ohne Schaden).

Anschließend hieran sei noch mitgeteilt, daß als sogenannte Grenzzahl für Kupfer bei Konserven Thierfelder und Rubner<sup>4)</sup>

---

1) H. Klut, Berichte d. Deutsch. Pharm. Ges. 1909. Bd. 19. Heft 3. S. 161.

2) Vgl. auch R. Weyrauch, a. a. O. S. 24.

3) K. B. Lehmann, a. a. O. S. 18 u. 19; ferner Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901. S. 619.

4) Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätsw. Bd. 36. 1908. Heft 4. S. 365.

nachstehendes angeben: 55 mg Kupfer sind in 1 kg Gesamtkonservenmasse als obere zulässige Grenze anzusehen.

**5. Nickel.** Rein-Nickel wird in der Wasserwerkspraxis infolge seines hohen Preises nur selten benutzt. In Form von Vernickelungen der Armaturen bei Installationen besserer Räume, z. B. Warmwasserversorgungsanlagen, Badeeinrichtungen usw. findet dieses Metall dagegen vielfach Anwendung.

In seinem chemischen Verhalten ist das Nickel in der Luft sehr beständig<sup>1)</sup>. Gegenstände aus Reinnickel sind sehr haltbar. In der Kälte und bei gewöhnlicher Temperatur wirkt Nickel auf Wasser<sup>2)</sup> nicht ein. Steht Nickel längere Zeit mit Wasser und Luft in Berührung, so überzieht es sich allmählich mit einer grünen Oxydschicht<sup>3)</sup>. Von Laugen<sup>4)</sup> wird das Metall wenig oder gar nicht angegriffen, wohl aber von ammoniakhaltigem Wasser bei Gegenwart von Luft<sup>5)</sup>. Die meisten Säuren<sup>6)</sup> greifen Nickel an.

In gesundheitlicher Hinsicht sind die Mengen von Nickel, die gelegentlich durch die Aufbewahrung von Nahrungs- und Genußmitteln aus Nickelgeschirren usw. aufgenommen werden, ohne Belang<sup>7)</sup>.

**6. Zink.** Für Wasserleitungszwecke wird Zink<sup>8)</sup> viel benutzt. Vorwiegend wird es in Form von verzinkten Eisenrohren — sogenannten galvanisierten Rohren — als Rostschutzmittel<sup>9)</sup> des Eisens gebraucht<sup>10)</sup>. Neuerdings werden auch Rohre aus reinem

<sup>1)</sup> H. Ost, a. a. O. S. 709.

<sup>2)</sup> A. Gutbier in Gmelin-Krauts Handbuch, a. a. O. Bd. 5. Abt. 1. S. 29.

<sup>3)</sup> M. Vuk, Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1914. Bd. 28. S. 103.

<sup>4)</sup> Vgl. auch E. Schmidt, a. a. O. S. 567.

<sup>5)</sup> Gutbier, a. a. O. S. 30.

<sup>6)</sup> E. Schmidt, a. a. O. S. 792.

<sup>7)</sup> C. Flügge, a. a. O. S. 187; K. B. Lehmann, a. a. O. S. 33 u. Arch. f. Hygiene 1909. Bd. 68. Heft 4. S. 421; ferner Berichte d. Deutsch. Pharmazent. Ges. 1914. Bd. 24. Heft 6. S. 303 u. Gesundheitsbüchlein, bearbeitet im Kaiserl. Gesundheitsamt. 11. Ausgabe. Berlin 1905. S. 105; ferner A. Gutbier, a. a. O. S. 34, 33 u. 1390.

<sup>8)</sup> O. Lueger, a. a. O. S. 66.

<sup>9)</sup> A. Frühling und G. Oesten, a. a. O. S. 369; ferner Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1907. S. 736.

<sup>10)</sup> O. Kröhnke, Beitrag zur Frage der Rohrverzinkung. Gesundh.-Ing. 1911. Nr. 40.

Zink<sup>1)</sup>, die in den Hohenlohe-Werken A.-G. in Hohenlohehütte O.-S. hergestellt werden, zu Hausleitungen verwendet.

Chemische Eigenschaften. Das metallische Zink ist an trockener Luft glänzend; an feuchter überzieht es sich mit einer matten Haut von Hydroxyd und Karbonat<sup>2)</sup>. Alle Säuren lösen Zink auf, ebenso auch Laugen<sup>3)</sup>. Von sodahaltigem Wasser<sup>4)</sup> wird Zink ebenfalls angegriffen.

In luftfreiem, kohlenensäurehaltigem Wasser löst sich Zink<sup>5)</sup> unter Entwicklung von Wasserstoff auf.

Von Wässern mit hohem Gehalt an Chloriden<sup>6)</sup> wird Zink stark angegriffen.

Lufthaltige Wässer, zumal weiche, greifen Zink<sup>7)</sup> gleichfalls an. Je reiner das Zink<sup>8)</sup> ist, um so weniger wird es angegriffen.

Aus Messingrohren wird im Laufe der Zeit das Zink<sup>9)</sup> durch Wasser herausgelöst.

Wässer mit aggressiver Kohlensäure<sup>10)</sup> lösen Zink<sup>11)</sup> auf.

1) F. Fischer, a. a. O. S. 37; O. Kröhnke, Über die Verwendung von verzinkten Eisenrohren und Zinkrohren als Ersatz für Bleirohre bei Hauswasserleitungen. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1912. S. 421 und A. Rinck, Über die Brauchbarkeit massiver Zinkrohre für Wasserleitungszwecke. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1914. Bd. 28. Heft 2. S. 99.

2) H. Ost, a. a. O. S. 705.

3) W. Roth in Gmelin-Krauts Handbuch der anorgan. Chemie. a. a. O. Bd. 4. Abt. 1. S. 10, 14, 24, 82, 86 u. 737; ferner E. Schmidt, a. a. O. S. 766.

4) W. Roth, a. a. O. S. 13; ferner Wasser u. Abwasser. Bd. 7. 1914. Nr. 992. S. 573.

5) W. Roth, a. a. O. S. 9.

6) W. Roth, a. a. O. S. 10 u. 13.

7) A. Behre in Wasser u. Abwasser 1914. Bd. 8. S. 380; E. Heyn und O. Bauer, Angriffsversuche mit verzinkten Eisenrohren. Mitteilungen a. d. Kgl. Material-Prüfungsamt. 1912. Bd. 30. S. 101; E. Heyn, Bericht über die Versuche über das Verhalten von Kupfer, Zink und Blei gegenüber Zement, Beton und den damit in Berührung stehenden Flüssigkeiten. Veröff. d. Deutsch. Ausschusses f. Eisenbeton. Berlin 1911. Heft 8; R. Weyrauch, a. a. O. S. 24.

8) W. Roth, a. a. O. S. 10, 531 u. 535; ferner E. Schmidt, a. a. O. S. 766.

9) W. Roth, a. a. O. S. 530.

10) J. Tillmans, Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. S. 348.

11) J. Drost, Zur Frage der Verwendung verzinkter Eisenrohre zu Wasserleitungszwecken. Apotheker-Ztg. 1911. Bd. 26. S. 899; F. Fischer, a. a. O. S. 37.

Über Rotfärbung von gekochtem Fleisch durch Leitungswasser, das längere Zeit in zinkhaltigem Rohrmaterial gestanden hat, vgl. meine Veröffentlichung in den Mitteilungen aus der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene<sup>1)</sup>. Wässer, die freie Kohlensäure und Nitrate gelöst enthalten, reduzieren die salpetersauren Salze bei längerem Verweilen in zinkhaltigem Leitungsmaterial teilweise zu Nitriten. Letztere haben selbst in sehr geringen Mengen im Wasser die Eigenschaft, Fleisch, in erster Linie Rindfleisch, beim Kochen rot zu färben. Die Fleischfärbung ist ziemlich beständig. Gesundheitsschädigungen werden aber hierdurch nicht hervorgerufen.

In hygienischer Hinsicht gehört Zink zu den verhältnismäßig wenig giftigen Metallen<sup>2)</sup>. In Zinkblendegegenden werden häufig zinkhaltige Wässer getrunken, ohne daß hierdurch irgend eine Gesundheitsstörung beobachtet wurde. In der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene sind bislang Vergiftungen durch zinkhaltiges Trinkwasser<sup>3)</sup> nicht bekannt geworden.

Auch A. Gärtner<sup>4)</sup> und K. B. Lehmann<sup>5)</sup> haben bisher Gesundheitsschädigungen durch den Genuß von zinkhaltigem Trinkwasser nicht feststellen können.

Nach Lewin<sup>6)</sup> sind Mengen von 50—100 mg Zink in 1 Liter bei chronischer Zufuhr erst schädlich.

**7. Zinn.** Nach O. Lueger<sup>7)</sup> ist Zinn als Material für Wasserleitungszwecke einwandfrei und voll guter Eigenschaften besonders beim Installieren. Von Nachteil ist lediglich der hohe Preis dieses Metalls bei genügenden Wandstärken und bei etwas größeren Lichtweiten der Zinnröhren. Als Innenmantel für Bleiröhren ist

<sup>1)</sup> H. Klut, dort Heft 17. Berlin 1913. S. 36.

<sup>2)</sup> R. Kobert, a. a. O. S. 164.

<sup>3)</sup> C. Günther, a. a. O. S. 437.

<sup>4)</sup> A. Gärtner, a. a. O. S. 97 u. 131.

<sup>5)</sup> K. B. Lehmann, Über die Zinkaufnahme des Leitungswassers aus Reinzinkröhren und galvanisierten Eisenröhren und ihre hygienische Bedeutung. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. Bd. 56. Nr. 29. S. 717; ferner Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901. S. 624.

<sup>6)</sup> Bei R. Hadlich, Zeitschr. f. Med.-Beamte 1908. Nr. 17. S. 607. Vgl. ferner W. Roth, a. a. O. S. 565.

<sup>7)</sup> O. Lueger, a. a. O. S. 74; F. Fischer, a. a. O. S. 38; A. Frühling und G. Oesten, a. a. O. S. 395.

Zinn geeignet. In Dresden<sup>1)</sup> und Wilhelmshaven sind beispielsweise Zinnmantelrohre in Gebrauch. Zum Verzinnen anderer Metalle wird Zinn viel benutzt. Verzinnte Bleiröhren<sup>2)</sup> haben sich im allgemeinen nicht bewährt. Verzinnte Eisenrohre<sup>3)</sup> haben sich auf Grund praktischer Erfahrungen für Dampfleitungen nicht bewährt, da unter der Einwirkung des Dampfes eine chemische Umwandlung und Loslösung der Verzinnung eintritt.

Bei niedriger Temperatur kann Zinn leicht in die graue Modifikation<sup>4)</sup> übergehen, wobei es unter starker Volumenvergrößerung zu Pulver zerfällt. Ansteckung befördert diese „Zinnpest“.

**Chemische Eigenschaften.** Zinn ist als Halbedelmetall bei gewöhnlicher Temperatur sowohl gegen trockene als auch gegen feuchte Luft beständig. Nach längerer Zeit überzieht es sich aber doch mit einer sehr feinen Oxydschicht. Von lufthaltigem Wasser wird Zinn bei gewöhnlicher Temperatur kaum angegriffen<sup>5)</sup>. Heißes Wasser<sup>6)</sup> greift das Metall etwas mehr an. Von Mineralsäuren wird Zinn aufgelöst. Gegen organische Säuren, wie Essigsäure, ist Zinn sehr beständig, bei Luftzutritt steigt aber die Löslichkeit des Zinns<sup>7)</sup> nicht unerheblich.

Alkalilaugen lösen das Zinn langsam auf unter Bildung von Stannaten<sup>8)</sup>. Gegen Alkalien<sup>9)</sup> ist dagegen dieses Metall sehr beständig.

1) Kurzak, a. a. O. S. 75; ferner Zeitschr. f. Heizung, Lüftung u. Beleuchtung 1905. S. 135 und Wasser u. Abwasser 1915. Bd. 9. Nr. 330. S. 199.

2) H. Klut, Wasserversorgung und Bleiröhren. Das Wasser. 1914. Bd. 10. Nr. 9 u. 10. S. 262.

3) W. Heepke, Die Warmwasserbereitungs- und -versorgungsanlagen. München u. Berlin 1910. S. 213.

4) A. F. Holleman, Lehrbuch der anorgan. Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 249 und H. Ost, a. a. O. S. 700.

5) J. König, Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Aufl. Berlin 1904. Bd. 2. S. 1403; H. Erdmann, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 4. Aufl. Braunschweig 1906. S. 670.

6) O. Schlenk in Gmelin-Krauts Handbuch der anorganischen Chemie. Bd. 4. Abt. 1 u. a. O. S. 253 u. 973.

7) Schlenk, a. a. O. S. 256 u. 974.

8) Schlenk, a. a. O. S. 253 und E. Schmidt, a. a. O. S. 508.

9) H. Erdmann, a. a. O. S. 140 u. 670; O. Schlenk, a. a. O. S. 264.



Infolge seiner Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse<sup>1)</sup> wird Zinn zu Gerätschaften für die feinere chemische Industrie, z. B. zu Zinnretorten, Zinnkühler, Zinnschlangen für die Darstellung chemisch reinen Wassers viel benutzt. Von Wässern mit aggressiver Kohlensäure wird Zinn praktisch nicht angegriffen. Zinnkarbonate<sup>2)</sup> sind nicht beständig.

Von Wasser mit einem sehr hohen Gehalt an Chloriden<sup>3)</sup>, namentlich Seewasser, wird Zinn angegriffen.

Hygienische Bedeutung. Nach R. Kobert<sup>4)</sup> ist echte, reine Zinnvergiftung selten, die Sterblichkeit hierbei sehr gering. Nach K. B. Lehmann<sup>5)</sup> ist Zinn wenig schädlich; die meisten sogenannten Zinnvergiftungen haben andere Ursachen. Auch die chronische Zufuhr von kleinen und mittleren Zinnmengen schadet nichts. Die Fabrikhygiene weiß nichts von Zinnvergiftungen<sup>6)</sup>. In der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene sind Vergiftungen durch den Genuß zinnhaltigen Trinkwassers<sup>7)</sup> bislang nicht bekannt geworden. Nach Lehmann werden aus Konservendbüchsen unter besonderen Umständen, z. B. bei Nitratgehalt des Inhalts, ferner Undichtigkeit oder Offenstehen der Büchsen, oft größere Mengen Zinn aufgelöst. Vgl. ferner das Gutachten der Kgl. wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen vom 13. Mai 1914 über den Zinngehalt von Gemüsekonserven. Siehe Zeitschr. f. öffentl. Chemie 1915. Bd. 21. Heft 2. S. 32.

### Zusammenfassung.

Aus den obigen Darlegungen ergibt sich kurz zusammengefaßt, daß im allgemeinen Wässer von nachstehender chemischer Beschaffenheit keine praktisch in Betracht kommenden, Metalle und Mörtelmaterial angreifenden Eigenschaften aufweisen:

1) A. F. Holleman, a. a. O. S. 250.

2) Schlenk, a. a. O. S. 253.

3) Holleman, a. a. O. S. 253; Schlenk, a. a. O. S. 340 u. 992; Schmidt, a. a. O. S. 517; H. Ost, Chem.-Ztg. 1902. Bd. 26. S. 847.

4) Kobert, a. a. O. S. 166.

5) Lehmann, a. a. O. S. 21 u. Arch. f. Hygiene 1907. Bd. 63. S. 120; Schlenk, a. a. O. S. 258.

6) A. Eckardt, Beitrag zur Frage der Zinnvergiftungen. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1909. Bd. 18. Heft 3. S. 193.

7) C. Günther, a. a. O. S. 437; ferner Gesundheitsbüchlein, bearbeitet im Kaiserl. Gesundheitsamt. 11. Ausgabe. Berlin 1905. S. 105.

Die vorübergehende (Karbonat-)Härte des Wassers betrage am besten nicht unter 7 deutschen Graden.

Das Wasser sei möglichst luftsauerstoffarm, besonders bei einem geringen Karbonatgehalt. Bei sehr weichen, zumal karbonatarmen Wässern — unter 4 deutschen Graden — können schon geringe Sauerstoffmengen (einige mg Sauerstoff in 1 Liter) auf das Rohrmaterial nachteilig wirken.

Der Gehalt an Chloriden, Nitraten und Sulfaten im Wasser darf nicht hoch<sup>1)</sup> sein.

Aggressive Kohlensäure und Sulfide dürfen im Wasser nicht vorhanden sein. Die Reaktion des Wassers darf nicht sauer sein, da alle sauren Wässer Metalle und Mörtelmaterial angreifen oder auflösen.

Möglichste Abwesenheit von Fetten und Ölen im Wasser besonders bei Warmwasserleitungen und bei Kesselspeisewässern.

Zu erwähnen wäre ferner noch, daß elektrische und vagabundierende Ströme vom Wasserleitungsnetz möglichst fernzuhalten sind.

#### Schutzmaßnahmen.

Wässer mit angreifenden Eigenschaften<sup>2)</sup> sind möglichst zentral zu behandeln, bevor sie in das Verteilungsnetz gelangen. Bei Warmwasserversorgungs- und Dampfkesselanlagen sind korrodierend wirkende Wässer im allgemeinen am besten vor Eintritt in die Speichergefäße und Kessel von den störenden Bestandteilen zu befreien.

Außer diesen Maßnahmen empfiehlt es sich bei Leitungswässern mit metallangreifenden Eigenschaften stets, das längere Zeit, z. B. über Nacht, im Rohr gestandene Wasser vor seiner Verwendung zu häuslichen und auch gewerblichen Zwecken einige Zeit ablaufen zu lassen. Zu Trink- und Brauchzwecken benutze man erst das Wasser, das klar aussieht, und von dem man die Gewißheit hat, daß vorher die ganze Leitung vom Straßenrohr ab einmal entleert ist. In erster Linie gilt diese Vorsichtsmaßregel, wie oben erwähnt, für das Bleirohr. Dieses Verfahren ist auch schon deshalb zweckmäßig, um stets frisches Trinkwasser zu haben. Je mehr Wasser abläuft, desto sicherer ist der Erfolg.

<sup>1)</sup> Über den Begriff „hoher Gehalt“ vgl. u. a. die Angaben auf S. 122.

<sup>2)</sup> Vgl. auch H. Noll, Gesundheits-Ing. 1908. S. 410.

Von weichen und karbonatarmen<sup>1)</sup> lufthaltigen Wässern werden, wie die Erfahrung lehrt, auch verzinkte und asphaltierte eiserne Röhren zumal im Anfang mehr oder weniger stark angegriffen. Hier empfiehlt es sich ebenfalls, das im Rohr gestandene Leitungswasser vorher so lange ablaufen zu lassen, bis es klar aussieht.

Im nachfolgenden sollen zum Schluß noch einige kurze allgemeine Angaben über geeignete Verfahren zur Beseitigung der aggressiven Eigenschaften der Wässer gemacht werden.

Ferner sei u. a. auf nachstehende Literatur über Wasserreinigung verwiesen:

- L. E. Andrés, Der Kesselstein, seine Entstehung und Verhütung. Wien und Leipzig 1910.
- Aufhäuser, Das Wasser im Lichte der neueren Theorien mit besonderer Berücksichtigung des Dampfkesselbetriebs. 2. Aufl. Hamburg 1909.
- F. Barth, Die Dampfkessel. 2. Aufl. Leipzig 1911.
- C. Blacher, Gedanken zur Frage der Dampfkessel-Korrosionen. Zeitschr. d. Bayerischen Revisionsvereins. 1914. Nr. 10.
- H. Bunte und P. Eitner, Kesselspeisewasser und dessen Reinigung bei G. Eckermann, Berichte über Kesselstein-Geheimmittel. Hamburg 1905.
- F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914.
- G. Frantz, Dampfkesselschäden, deren Ursachen und möglichste Verhütung. Kattowitz O.-S. 1915.
- H. Gee, Die elektrolytischen Korrosionen. Bayer. Industrie- u. Gewerbeblatt 1914. Bd. 100. S. 158.
- L. Grünhut, Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914.
- C. Günther, Wasser und Wasserversorgung in A. Eulenburg, Real-Enzyklopädie der gesamten Heilkunde. 4. Aufl. Bd. 15. Berlin u. Wien 1914. S. 413ff.
- W. Heepke, Die Warmwasserbereitungs- und -versorgungsanlagen. München und Berlin 1910.
- E. Heidepriem, J. Bracht und G. Hausdorff, Die Reinigung des Kesselspeisewassers. 2. Aufl. Berlin 1909.
- J. König, Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen sowie die Reinigung von Trink- und Schmutzwasser. 2. Aufl. Berlin 1899.
- O. Kröhnke, Die Reinigung des Wassers für häusliche und gewerbliche Zwecke. Stuttgart 1900.
- Kurzak, Sonder-Katalog für die Gruppe Wasserversorgung der wissenschaftlichen Abteilung d. Internat. Hygiene-Ausstellung in Dresden 1911.
- A. Marx, Hygiene der Warmwasser-Versorgungsanlagen. Ges.-Ing. 1913. Nr. 21.

<sup>1)</sup> A. Frühling und G. Oesten a. a. O. S. 395; ferner O. Lueger, a. a. O. S. 74

- Ph. Michel, Die Rohrleitungen im Dampfbetrieb. Hannover 1910.
- F. Selberg, Die neueren Verfahren zur Sterilisierung, Reinigung und sonstigen Verbesserung von Wasser für Trink- und Nutzzwecke. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätsw. 1913. Bd. 45. 3. Folge. S. 418.
- O. Smreker, Die Wasserversorgung der Städte. 5. Aufl. Leipzig u. Berlin 1914. Aus dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 3. Teil. Bd. 3. Der Wasserbau.
- O. Spitta, Die Wasserversorgung im Handbuch der Hygiene von M. Rubner, M. v. Gruber und M. Ficker. 2. Bd. 2. Abt. „Wasser u. Abwasser.“ Leipzig 1911.
- H. Stadlinger, Korrosionen der Dampfkessel. Seifenfabrikant 1914. Nr. 8—11.
- H. Stooff, Wasser in O. Dammers Chemische Technologie der Neuzeit. Bd. 1. Stuttgart 1910.
- J. Tillmans, Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung. Halle a. S. 1912.
- H. Wehner, Die Sauerkeit der Gebrauchswässer als Ursache der Rostlust, Bleilösung und Mörtelzerstörung und die Vakuumrieselung. Frankfurt a. M. 1904.
- E. u. F. Wehrenpfennig, Über die Untersuchung und das Weichmachen des Kesselspeisewassers. 2. Aufl. Wiesbaden 1905.
- R. Weyrauch, Wasserversorgung der Ortschaften. Leipzig 1910.

Hoher Luftsauerstoffgehalt eines Wassers läßt sich durch Vakuumrieselung<sup>1)</sup> beseitigen. Etwaige andere Gase, wie freie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff usw., werden hierbei gleichfalls aus dem Wasser entfernt. Die erforderlichen Apparate zur Entgasung von Wasser können von der Maschinenfabrik Sürth G. m. b. H. in Sürth am Rhein bei Köln, die die betreffenden Patente besitzt, bezogen werden. Stark lufthaltiges Leitungswasser<sup>2)</sup> läßt sich auch durch einen in die Förderleitung vor Eintritt in den Hochbehälter eingebauten Kessel, in welchem mittelst Heberanordnung ein Vakuum von mehreren Metern Wassersäule erzeugt wird, entgasen. Bei Warmwasser- und Dampfkesselanlagen<sup>3)</sup> lassen sich die schädlichen Gase aus dem Wasser durch gute Vorwärmung austreiben. Auch Schutzanstriche werden empfohlen. Nach A. Marx (a. a. O.) ist bei Warmwasserversorgungsanlagen das Innere des Speichergefäßes mit hitze- und

<sup>1)</sup> Vgl. H. Wehner, a. a. O. S. 59; R. Weyrauch, a. a. O. S. 131.

<sup>2)</sup> C. Meihof, Eine neuartige Wasserentlüftungsanlage im Wasserkwerk Swinemünde (Heberwirkung). Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1915. Bd. 58. Nr. 18. S. 237.

<sup>3)</sup> Weitere Schutzmaßnahmen vgl. u. a. bei G. Frantz a. a. O. S. 60 u. 78; ferner Riggert in Wasser und Abwasser. Bd. 9. 1915. S. 462 sowie O. Bauer u. E. Wetzel, Mitteil. a. d. Kgl. Materialprüfungsamt 1915. Bd. 33. Heft 1. S. 29.

wasserbeständigem Lack zu streichen. Als einen solchen bezeichnet er den von der Firma Heyn & Manthe, Berlin-Tempelhof, in geeigneter Qualität unter dem Namen Brauerei-Eisenglasur hergestellten Lack. Nach F. Barth<sup>1)</sup> sind zur Vermeidung von Luftkorrosionen zum Kesselspeisen Kolbenpumpen und keine Injektoren zu verwenden, da durch letztere beträchtliche Luftmengen in den Kessel gefördert werden. Als weitere Verhütungsmittel empfiehlt er geeignete Anstriche der Kesselwandung und möglichst starke Vorwärmung des Speisewassers. C. Cario<sup>2)</sup> empfiehlt die Vorbehandlung des Speisewassers mit Dampf. Nach H. Bunte und P. Eitner<sup>3)</sup> werden im allgemeinen Luftkorrosionen um so leichter eintreten können, je lufthaltiger ein Speisewasser ist. Man sollte daher, wo derartige Schäden sich zeigen, alles vermeiden, was den Luftgehalt des Wassers steigern kann, vielmehr Bedacht darauf nehmen, denselben durch möglichst starkes Erhitzen des Wassers vor der Verwendung zu vermindern. Gegebenenfalls kommt ein Innenanstrich im Kessel oder Vorwärmer in Frage.

Aggressive Kohlensäure<sup>4)</sup> ist bei Wässern mit geringer Karbonathärte zweckmäßig durch Chemikalien<sup>5)</sup> wie Natronlauge (Dessau), Soda<sup>6)</sup> (Emden), Marmor<sup>7)</sup> (Frankfurt a. M.), Kalkwasser<sup>8)</sup> (Weißwasser O.-L.) unschädlich zu machen. Auch das bereits erwähnte Vakuumverfahren kommt hier in Betracht. Welches der erwähnten Verfahren am geeignetsten ist, hängt von den besonderen Verhältnissen des Einzelfalles ab.

Bei Wässern mit höherer Karbonathärte<sup>9)</sup> kann man durch Regnung oder Rieselung die aggressive Kohlensäure entfernen.

<sup>1)</sup> F. Barth, a. a. O. Bd. 2. S. 106.

<sup>2)</sup> C. Cario, Rost- und Kesselsteinbekämpfung. Zeitschr. f. Dampfkessel- u. Maschinenbetrieb. 1909. Bd. 32. Nr. 3. S. 25.

<sup>3)</sup> bei G. Eckermann, a. a. O. S. 18.

<sup>4)</sup> J. Tillmans, Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. S. 348.

<sup>5)</sup> F. Scheelhaase, Die Entsäuerung des Frankfurter Stadtwaldwassers. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1909. Nr. 38. S. 822.

<sup>6)</sup> F. Fischer, a. a. O. S. 39 u. 152.

<sup>7)</sup> H. Mildner, Über Entsäuerung des Wassers. Das Wasser. 1914. Nr. 22. S. 637; ferner Pfeiffer, Welche Erscheinungen können eine Wasserleitung gefährden? vgl. Wasser u. Abwasser. Bd. 4. 1911. S. 60.

<sup>8)</sup> H. Klut, Wasserversorgung und Bleiröhren. Das Wasser. 1914. Bd. 10. Nr. 9 u. 10. S. 262.

<sup>9)</sup> H. Klut, Die Bedeutung der freien Kohlensäure im Wasserversorgungswesen. Gesundh.-Ing. 1907. Bd. 30. Nr. 32. S. 517; ferner J. Tillmans, a. a. O. S. 34.

Bei Wässern mit einem Gehalt an freier Mineralsäure<sup>1)</sup> kommen Chemikalien wie Kalkwasser, Soda, Natronlauge usw. zur Bindung der Säure in Anwendung.

Bei Wässern mit organischen Säuren (Huminsubstanzen), bei sogenannten Moorwässern<sup>2)</sup>, werden in der Regel Aluminiumsulfat oder Eisensulfat mit Kalk und auch Kaliumpermanganat zur Ausscheidung dieser Verbindungen angewendet. Bei Verwendung solcher Wässer zu Kesselspeisezwecken<sup>3)</sup> dient meist Soda.

Kieselsäurereiche weiche Kesselspeisewässer, die sich sowohl unter Quell- wie auch Flußwässern finden, können nach A. Goldbergs<sup>4)</sup> Vorschlägen durch geringe, auf Grund der chemischen Beschaffenheit des betreffenden Wassers zu berechnende alkalische Zusätze, geeignetes Abschlämmen des Kessels und teilweises Ablassen des Kesselwassers unter entsprechendem Ersatz durch Frischwasser unschädlich gemacht werden.

Schwefelwasserstoff und Sulfide<sup>5)</sup> lassen sich durch ausreichende Belüftung<sup>6)</sup> aus dem Wasser entfernen und unschädlich machen.

Chloride, Nitrate und Sulfate im Trinkwasser lassen sich in wirtschaftlicher Weise nicht entfernen. Unter Umständen käme eine Destillation<sup>7)</sup> des salzhaltigen Wassers in Frage.

---

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. H. Lührig, Jahresberichte des Chemischen Untersuchungsamtes der Stadt Breslau von 1909—1914; ferner Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- und Genußmittel 1913. Bd. 25. Heft 5. S. 241.

<sup>2)</sup> O. Spitta, a. a. O. S. 93.

<sup>3)</sup> E. Heidepriem, J. Bracht und G. Hausdorff, a. a. O. S. 15.

<sup>4)</sup> A. Goldberg, Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1914. Bd. 27. S. 265.

<sup>5)</sup> E. Schmidt, Ausführl. Lehrbuch der pharm. Chemie. 5. Aufl. Bd. 1. Braunschweig 1907. S. 190, 666 u. 720.

<sup>6)</sup> R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Leipzig 1914. Bd. 1. S. 25.

<sup>7)</sup> A. G. Barladean, Methoden der Wasserdistillation. Münch. med. Wochenschr. 1913. Bd. 60. S. 1601 und Schweiz. Wochenschr. f. Chemie u. Pharm. 1913. Bd. 51. S. 485; Bothas, Massendistillation von Wasser. Berlin 1908; E. Golz, Die Destillation des Meerwassers zur Gewinnung von Trink- und Gebrauchswasser. Chem. Apparatur 1915. Bd. 2. Heft 1 u. 2. S. 5; F. Selberg, a. a. O. und O. Spitta, a. a. O. S. 28 u. 104.

Bei Kesselspeisewässern<sup>1)</sup> lassen sich Sulfate durch Barytsalze entfernen. Nebenbei sei bemerkt, daß Barytsalze giftig<sup>2)</sup> sind.

Fette und Öle aus Wasser besonders für Kesselspeisezwecke werden in der Regel auf mechanischem Wege durch geeignete Öl- und Fettabscheider<sup>3)</sup> beseitigt. Mineralöle dagegen stören nicht; sie werden im Kessel, wie bereits oben mitgeteilt, nicht verändert<sup>4)</sup> und brauchen deshalb auch nicht entfernt zu werden.

Brunnenrohrmaterial. Gegen die Einwirkung von Wässern mit einem hohen Gehalt an aggressiver Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Chloriden usw. lassen sich Brunnenanlagen<sup>5)</sup> durch Verwendung von Material schützen, das möglichst widerstandsfähig gegen diese Bestandteile ist. Als solches kommt in Frage<sup>6)</sup>: Asphalt, Drahtglas, emailliertes Eisen<sup>7)</sup>, Holz, Steinzeug<sup>8)</sup>, gesinterter Ton<sup>9)</sup> usw. Bei Grundwässern, die ja in der Regel luftfrei sind, kann auch reines Kupfer<sup>10)</sup> verwendet werden, das bei Abwesenheit von Sauerstoff, wie bereits oben gesagt, nicht angegriffen wird.

<sup>1)</sup> E. Heidepriem, J. Bracht und G. Hausdorff, a. a. O. S. 30 u. 63.

<sup>2)</sup> R. Kobert, Kompendium der praktischen Toxikologie. 5. Aufl. Stuttgart 1912. S. 158; H. v. Tappeiner, Lehrbuch der Arzneimittellehre. 5. Aufl. Leipzig 1904. S. 104.

<sup>3)</sup> E. Heidepriem, a. a. O. S. 5 und H. Winkelmann, Über Entöler und Entölerkonstruktionen. Zeitschr. f. Dampfkessel- u. Maschinenbetrieb 1915. Bd. 38. S. 141.

<sup>4)</sup> F. Barth, a. a. O. Bd. 2. S. 105.

<sup>5)</sup> R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Bd. 1. Leipzig 1914. S. 767; ferner R. Marschall, Über Mängel an Rohrbrunnen und Vorschläge zur Beseitigung solcher Mängel. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. Nr. 14. S. 327; ferner P. Metscher, Neue Mineralfilter für Bohrbrunnen. Ebenda. 1914. Nr. 17. S. 397 und B. Röttinger, Das Wasser 1915. Bd. 11. Nr. 15. S. 233.

<sup>6)</sup> O. Lueger, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Abt. Leipzig 1908. S. 13, 85, 89, 90.

<sup>7)</sup> H. Ost, Lehrbuch der chem. Technologie. 8. Aufl. Leipzig 1914. S. 278.

<sup>8)</sup> P. Rohland, Die Widerstandsfähigkeit des Steinzeugs gegen Säuren und Laugen. Chem.-Ztg. 1914. Bd. 38. Nr. 30. S. 330.

<sup>9)</sup> Speiser, Erfahrungen mit Tonrohr-Wasserleitungen. Zeitschr. f. Tiefbau 1914. Nr. 7. S. 69.

<sup>10)</sup> R. Haack, Gase im Grundwasser, ihre Bedeutung und ihre Wirkung. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1913. Bd. 56. Nr. 31. S. 761; E. Prinz in Wasser u. Abwasser 1912. Bd. 5. S. 362; G. Richert, Herstellung kupferner Tiefbrunnen für die Wasserversorgung der Stadt Malmö in Südschweden. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1914. Heft 9. S. 145.

Über geeignete Maßnahmen zur Beseitigung der Korrosionsgefahr bei Warmwasserversorgungen vgl. die näheren Angaben bei G. C. Whipple<sup>1)</sup>.

Elektrische und vagabundierende Ströme müssen vom Leitungsnetz der Wasserversorgungsanlagen möglichst ferngehalten werden. Über geeignete Maßnahmen zum Schutze der Leitungen gegen diese Ströme hat der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern E. V. ausführliche Vorschriften herausgegeben, auf die bereits oben besonders hingewiesen ist. In diesen vom Verein herausgegebenen Drucksachen sind alle näheren Angaben zum Schutze des Rohrnetzes gegen diese Ströme enthalten<sup>2)</sup>.

### Schutzanstriche.

Bei Wässern mit angreifenden Eigenschaften wird am besten das Material der Leitung und der Aufspeicherungsanlagen zum Schutze mit Anstrichen<sup>3)</sup> überzogen. In der Praxis bekannte Mittel sind u. a.: Asphaltteer<sup>4)</sup>, Inertol<sup>5)</sup>, Nigrit<sup>6)</sup>, Siderosthen-Lubrose<sup>7)</sup>. Allgemein können natürlich Anstriche aus den verschiedensten Grundstoffen, wie Stein-, Glas-, Zellulosemassen und sonstigem Material Anwendung finden, wenn sie nur die Grundbedingung erfüllen, nämlich, daß sie einen festhaftenden Überzug gewähren, der möglichst luft- und wasserdicht sowie widerstandsfähig und gegen Wasser indifferent ist. Zweifellos verleihen alle diese Anstriche dem Leitungsmaterial einen guten Schutz gegen die Einwirkung korrosionslustiger Wässer, aber als vollkommen und von unbegrenzter Dauer sind alle diese Mittel, wie die Erfahrung lehrt, nicht zu bezeichnen.

Nachstehend aufgeführte Literatur gibt hierüber näheren Aufschluß:

<sup>1)</sup> G. C. Whipple in Wasser u. Abwasser. Bd. 7. 1913/14. S. 25; W. Heepke, a. a. O.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1915. Bd. 58. S. 386.

<sup>3)</sup> Vgl. u. a. die Zusammenstellung in „Das Wasser“. 1914. Nr. 25. S. 698. Rost u. Rostschutzmittel.

<sup>4)</sup> H. Ost, Lehrbuch der chemischen Technologie. 8. Aufl. Leipzig 1914. S. 649; ferner Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. S. 654.

<sup>5)</sup> M. Förster, Taschenbuch f. Bauingenieure. Berlin 1911. S. 555; ferner Wasser u. Abwasser 1911. Bd. 4. S. 142 u. 457.

<sup>6)</sup> P. Rohland, Techn. Gemeindeblatt. 1914. Bd. 17. S. 174.

<sup>7)</sup> Kretzschmar, Wochenschr. f. Brauerei. 1902. Bd. 19. S. 466; ferner Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1905. Nr. 13. S. 280.



- B. Barham, Anstrichmittel für Eisenkonstruktionen in Wasser u. Abwasser. Bd. 7. 1913/14. S. 554.
- G. Frantz, Dampfkesselschäden. Kattowitz O.-S. 1915. S. 150.
- Friedmann, Das Rosten eiserner Rohre und ihr Schutz durch den Anstrich. Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure. 1911. S. 538.
- Kölle, Schutzanstriche gegen die Angriffe von säurehaltigem Wasser auf Zement und Eisen. Zentralbl. d. Bauverwaltung. 1906. Nr. 75. S. 478.
- O. Kröhnke, Untersuchungen von Schutzanstrichen für Zentralheizungs- und verwandte Anlagen. Ges.-Ing. 1910. Bd. 33. Nr. 33. S. 601; ferner Über Schutzanstriche eiserner Röhren. Leipzig 1910. Verlag von F. Leineweber.
- E. Liebreich, Rost und Rostschutz. Braunschweig 1914.
- E. Liebreich und F. Spitzer, Über den Einfluß von Anstrichen auf das Rosten des Eisens. Wasser u. Abwasser. Bd. 5. 1912. S. 506 u. Bd. 7. 1913/14. S. 204.
- C. Pfeleiderer, Das Rosten des Eisens, seine Ursachen und seine Verhütung durch Anstriche. Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure. 1913. Bd. 57. Nr. 6. S. 221.
- J. Spennrath, Chemische und physikalische Untersuchung der gebräuchlichen Eisenanstriche. Berlin 1895.
- R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Leipzig 1914. Bd. 1. S. 25 u. 230.

## Tabelle über die Wasserlöslichkeit<sup>1)</sup> einiger wichtiger chemischer Verbindungen.

(Bei Zimmertemperatur.)

|   | mg in 1 Liter |
|---|---------------|
| Arsentrisulfid ( $\text{As}_2\text{S}_3$ )        | 0,5           |
| Bleichlorid ( $\text{PbCl}_2$ )                   | 9340          |
| Bleihydroxyd ( $\text{Pb}(\text{OH})_2$ )         | 17            |
| Bleiphosphat ( $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ )     | 0,13          |
| Bleisulfat ( $\text{PbSO}_4$ )                    | 42            |
| Bleisulfid ( $\text{PbS}$ )                       | 0,9           |
| Ferrohydroxyd ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ )        | 7             |
| Ferrosulfid ( $\text{FeS}$ )                      | 6,2           |
| Kalziumkarbonat <sup>2)</sup> ( $\text{CaCO}_3$ ) | 31            |

<sup>1)</sup> Benutzte Literatur: Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 4. Aufl. Berlin 1912; Th. Paul, Nahrungsmittelchemie mit besonderer Berücksichtigung der modernen physikalisch-chemischen Lehren. Leipzig 1914; M. Pleißner, Über die Löslichkeit einiger Bleiverbindungen in Wasser. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Berlin 1907. Bd. 26. Heft 3.

<sup>2)</sup> F. Gothe, Über die Löslichkeit des Kalzium- und Magnesiumkarbonats in kohlenstofffreien Wässern. Chem.-Ztg. 1915. Bd. 39. Nr. 51. S. 326.

|   | mg in 1 Liter |
|---|---------------|
| Kalziumsulfat ( $\text{CaSO}_4$ )                   | 2023          |
| Kupfersulfid ( $\text{CuS}$ )                       | 0,33          |
| Magnesiumhydroxyd ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ )      | 9             |
| Magnesiumkarbonat <sup>1)</sup> ( $\text{MgCO}_3$ ) | 94,4          |
| Manganhydroxyd ( $\text{Mn}(\text{OH})_2$ )         | 2             |
| Manganosulfid ( $\text{MnS}$ )                      | 6,3           |
| Zinkhydroxyd ( $\text{Zn}(\text{OH})_2$ )           | 1,3           |
| Zinksulfid ( $\text{ZnS}$ )                         | 6,9           |

In kohlensäurehaltigen Wässern sind je nach den vorhandenen  $\text{CO}_2$ -Mengen<sup>2)</sup> Kalzium- und Magnesiumkarbonat verhältnismäßig leicht löslich.

Die neutralen (Mono-) Karbonate<sup>3)</sup> von Blei, Eisen, Kupfer, Mangan, Zink usw. sind in reinem Wasser nur sehr wenig löslich, während die sauren (Bi-) Karbonate der genannten Metalle in kohlensäurehaltigem Wasser in wesentlich größerer Menge löslich sind.

1 Liter gesättigtes Kalkwasser<sup>4)</sup> enthält

|            |         |     |        |
|------------|---------|-----|--------|
| bei 5° C = | 1,350 g | CaO | gelöst |
| „ 10° C =  | 1,342   | „   | „      |
| „ 15° C =  | 1,320   | „   | „      |
| „ 20° C =  | 1,293   | „   | „      |
| „ 25° C =  | 1,254   | „   | „      |
| „ 50° C =  | 0,981   | „   | „      |

<sup>1)</sup> F. Gothe, Über die Löslichkeit des Kalzium- und Magnesiumkarbonats in kohlensäurefreien Wässern. Chem.-Ztg. 1915. Bd. 39. Nr. 51. S. 326.

<sup>2)</sup> Vgl. u. a. Gmelin-Krauts Handbuch der anorganischen Chemie. 7. Aufl. Bd. 2. Abt. 2. S. 335 u. 469. Heidelberg 1909.

<sup>3)</sup> Vgl. auch A. F. Holleman, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 229.

<sup>4)</sup> H. Erdmann und P. Köthner, Naturkonstanten. Berlin 1905. S. 17.

## Literatur.

(Außer der bereits in den Fußnoten usw. angegebenen.)

- Abel, R., Bakteriologisches Taschenbuch. 18. Aufl. Würzburg 1914.
- Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911.
- u. M. Ficker, Über einfache Hilfsmittel zur Ausführung bakteriologischer Untersuchungen. 2. Aufl. Würzburg 1909.
- Andés, E., Der Kesselstein, seine Entstehung und Verhütung. Leipzig 1910.
- Anklam, G., Die Wasserversorgung in G. F. Schaar, Kalender f. d. Gas- u. Wasserfach. Jahrg. 33. Nr. VIII. S. 193. München u. Berlin 1910.
- Anselmino, O., Das Wasser. Leipzig 1910.
- Arnold, C., Anleitung zur qualitativen Analyse anorganischer und organischer Stoffe. 5. Aufl. Hannover 1905.
- Barth, F., Die Dampfkessel. 2. Aufl. Leipzig 1911.
- Behre, A., u. K. Thimme, Apparat zur Entnahme von Wasserproben. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. Berlin 1907. Heft 9. S. 145.
- v. Behren, Kurze Anleitung zur Untersuchung von Wasser. Hamburg 1913.
- Beythien, A., Über ein Vorkommen von Eisenbakterien im Leitungswasser. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1905. Bd. 9. S. 529.
- Hartwich, C. u. Klimmer, M., Wasser in Handbuch der Nahrungsmitteluntersuchung. Leipzig 1913.
- Blacher, C., Neues aus der Chemie des Wassers. Chem.-Ztg. 1911. Nr. 40.
- Blücher, Das Wasser. Leipzig 1900.
- Bothas, L., Massen-Destillation von Wasser, insbesondere zur Erzeugung von Trinkwasser und Lokomotiv-Speisewasser. Berlin 1908.
- Bunte, H., Verwendung von Bleiröhren für Wasserleitungen im Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1889. S. 556.
- u. Eitner, P., Berichte über Geheimmittel, welche zur Verhütung und Beseitigung von Kesselstein dienen sollen. Hamburg 1905.
- Classen, A., Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. Braunschweig 1903.
- Dost, K., Die Löslichkeit des Luftsauerstoffes im Wasser. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. 1906. Heft 7. S. 172.
- u. Hilgermann, R., Taschenbuch f. d. chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Jena 1908.
- Dunbar, Über Enteisung von Trinkwasser. Zeitschr. f. Hygiene 1896. S. 105. und Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1898.
- Zum derzeitigen Stande der Wasserversorgungsverhältnisse im hamburgischen Staatsgebiete. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1905. Bd. 37. S. 537.
- Bleivergiftungen im Zusammenhang mit Wasserversorgung. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorgung 1914. Bd. 1. S. 161.

- Ehlert, Kohlensäure im Grundwasser als Ursache der Zerstörung von Wasserleitungsanlagen. Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure 1899. S. 102.
- Emmerling, O., Praktikum der chemischen, biologischen und bakteriologischen Wasseruntersuchung. Berlin 1914.
- Erdmann, H., Lehrbuch der anorganischen Chemie. 5. Aufl. Braunschweig 1911.
- Erlwein, G., Trinkwasserreinigung durch Ozon. In E. Abderhalden, Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung. Bd. 10. Heft 5. Berlin u. Wien 1914.
- v. Esmarch, E., Hygienisches Taschenbuch. 4. Aufl. Berlin 1908.
- Finger, Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade. Klinisches Jahrbuch 1908. Bd. 19.
- Fischer, F., Das Wasser. Leipzig 1914.
- Flügge, C., Grundriß der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig 1915.
- Die hygienische Kontrolle zentraler Wasserversorgungen. Offizieller Bericht über die 25. Hauptversammlung des Preuß. Medizinalbeamten-Vereins in Berlin 1908. S. 20.
- Fränkel und Piefke, Filteranlagen für städtische Wasserleitungen. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege vom 11. September 1890 und Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 8. S. 1.
- Fresenius, C. R., Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse. 15. Aufl. Braunschweig 1886.
- Fried, R., Die Wasserversorgung der Ortschaften. München 1903.
- Fromme, W., Über die Beurteilung des Coli-Bakterienbefundes im Trinkwasser nebst Bemerkungen über den Nachweis und das Vorkommen der Colibazillen. Zeitschr. f. Hygiene 1910. Bd. 65. S. 251.
- Gans, R., Die hygienische Bedeutung der Wasserreinigung durch Permutite. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1910. Bd. 42. Heft 4. S. 545.
- Gärtner, A., Festschrift zur 100jähr. Stiftungsfeier d. med.-chir. Friedr.-Wilh.-Inst. Berlin 1895.
- Die Quellen in ihren Beziehungen zum Grundwasser und Typhus. Jena 1902.
- Zur Hygiene der Wasserversorgung. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1904. Nr. 34.
- Leitfaden der Hygiene. 6. Aufl. Berlin 1914.
- Das Bacterium coli als Indikator für fäkale Verunreinigung eines Wassers. Zeitschr. f. Hygiene 1910. Bd. 67. S. 55.
- Der heutige Stand der Wasserversorgungsfrage. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1911. S. 877.
- Globig, Die amerikanische Schnellfiltration von Oberflächenwasser. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätsw. 1904. Bd. 27. S. 190.
- Götze, E., Über doppelte Sandfiltration für zentrale Wasserversorgungen. Arch. f. Hygiene 1899. Bd. 35. S. 227.
- Betrieb von Oberflächen-Wasserwerken, in Th. Weyl, Die Betriebsführung von Wasserwerken. Leipzig 1909.

- Gräf, H., Über die Verwertung von Talsperren f. d. Wasserversorg. vom Standpunkte der öffentl. Gesundheitspflege. Zeitschr. f. Hygiene 1909. Bd. 62. S. 461.
- Grahn, Die städt. Wasserversorgung im Deutschen Reiche 1903.
- Große-Bohle, H., Beiträge zur Frage der Selbstreinigung der Gewässer. Arnsberg 1900.
- Prüfung und Beurteilung des Reinheitszustandes der Gewässer. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1906. Bd. 12. Heft 1 u. 2.
- Gruber, M., Über Anlage von Brunnen. österreich. Sanitätswesen 1898. Bd. 10.
- Das österr. Sanitätswesen 1900. Nr. 23.
- Die Grundlagen der hygienischen Beurteilung des Wassers. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 25.
- Grünhut, L., Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914.
- Günther, C., Einführung in das Studium der Bakteriologie. 6. Aufl. Leipzig 1906.
- Wasser und Wasserversorgung in Real-Enzyklopädie der gesamten Heilkunde. 4. Aufl. Berlin 1914.
- Haempel, O., Über die Selbstreinigung der Gewässer. Zeitschr. d. Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. Wien 1914. Nr. 12.
- Halbfaß, W., Das Süßwasser der Erde. Leipzig 1914.
- Das Wasser für Fischerei und Fischzucht. Neudamm 1914.
- Haselhoff, E., Wasser und Abwasser. Leipzig 1909.
- Heidepriem, E., Bracht, J. u. Hausdorff, G., Die Reinigung des Kesselspeisewassers. 2. Aufl. Berlin 1909.
- Heim, Lehrbuch der Bakteriologie. 4. Aufl. Stuttgart 1911.
- v. Heimhalt, H., Grundwasser und Quellen. Braunschweig 1912.
- Hempel, Trinkwasserversorgung der Städte vom chem. Standpunkt. Vortrag auf der 49. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure zu Dresden 1908.
- Heyer, C., Ursache und Beseitigung des Bleiangriffs durch Leitungswasser. Dessau 1888.
- Heyn, E., u. Bauer, O., Über den Angriff des Eisens durch Wasser und wässerige Lösungen. Mitteil. d. Material-Prüfungsamtes 1908. Bd. 26. u. 1910. Bd. 28.
- Hilgermann, R., Über die Verwendung des Bacillus prodigiosus als Indikator bei Wasseruntersuchungen. Archiv f. Hygiene. Bd. 59. S. 150—158.
- Der Nachweis der Typhusbazillen im Wasser mittelst der Eisenfällungsmethode. Archiv f. Hygiene. Bd. 60. S. 355—369.
- Ein bakteriologischer Wasseruntersuchungskasten. Klin. Jahrbuch 1908. Bd. 20.
- Der Wert des Bacillus-Coli-Befundes zur Beurteilung der Reinheit eines Wassers. Der Wert der Eijkmanschen Gärungsprobe. Klin. Jahrbuch 1909. Bd. 22. S. 315.
- Hillenberg, Die Bedeutung des Trink- und Gebrauchswassers in chem. und bakteriologischer Hinsicht für die Entstehung von Krankheiten, besonders von Infektionskrankheiten. Zentralbl. f. Stadt- u. Landgemeinden. Jahrg. 2. Nr. 5.

- Hofer, B., Über die Mittel und Wege zum Nachweis von Fischwasser-  
verunreinigungen durch Industrie- und Städteabwässer. Allgem. Fischerei-  
zeitung. München 1901. Bd. 26.
- Berichte aus der Kgl. Bayerischen Biologischen Versuchsstation in  
München.
- Über eine einfache Methode zur Schätzung des Sauerstoffgehaltes im  
Wasser. Allgem. Fischereizeitung 1902. S. 408.
- Über den Einfluß geklärter Abwässer auf die Beschaffenheit der Flüsse.  
Bericht über d. XIV. Internat. Kongreß f. Hygiene u. Demographie.  
Berlin 1908. Bd. 3. S. 134.
- Maßnahmen zur Reinhaltung der Gewässer in Bayern. Gesundh.-Ing.  
1909. Bd. 32. S. 310.
- Holleman, A. F., Lehrbuch der Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914.
- Holtz, Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer auf Grund der allgem.  
Verfügung vom 20. Februar 1901. Berlin 1902.
- Imhoff, K., u. Saville, Ch., Die Desinfektion von Trinkwasser mit Chlor-  
kalk in Nordamerika. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1910. Nr. 49.
- Kabrhel, Theorie und Praxis der Trinkwasserbeurteilung 1900.
- Bakteriologische und kritische Studien über die Verunreinigung und  
Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hygiene. Bd. 30. S. 32.
- Kasperek, Th., Die Beurteilung des Tränkewassers vom Standpunkt der  
Physiologie und Hygiene der Haussäugetiere. Zeitschr. f. d. Landwirt-  
schaftl. Versuchswesen in Österreich 1903. Heft 11.
- Keilhack, K., Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1912.
- Kißkalt, Eine neue Methode zur Bestimmung der sichtbaren Verunreinigung  
von Fluß- und Abwasser. Hygien. Rundschau 1904. S. 1036.
- Klunzinger, C. B., Über die physikalischen, chem. u. biolog. Ursachen  
der Farben unserer Gewässer. Stuttgart 1901.
- Klut, H., Nachweis von Humussubstanzen im Wasser. Pharm. Ztg. 1906.  
Nr. 70.
- Enteisung von Wasser für Haus- und Straßenbrunnen. Pharm. Ztg. 1906.  
Nr. 86.
- Über den qualitativen Nachweis von Eisen im Wasser. Mitteilungen a. d.  
Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. usw. Heft 8. Berlin 1907; und  
Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1907. Bd. 50. Nr. 39. S. 898.
- Die Bedeutung der freien Kohlensäure im Wasserversorgungswesen.  
Gesundh.-Ing. 1907. Bd. 30. Nr. 32. S. 519.
- Nachweis und Bestimmung der Salpetersäure im Wasser und Abwasser.  
Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. Berlin 1908.  
Heft 10.
- Die Ausdeutung der Analysenbefunde bei der chem. Wasseruntersuchung.  
Berichte d. Deutsch. Pharmazeut. Ges. Berlin 1909. Bd. 19. Heft 3.
- Nachweis und Bestimmung von Mangan im Trinkwasser. Mitteilungen  
a. d. Kgl. Prüfungsanstalt. Berlin 1909. Heft 12.
- Beitrag zur Frage der Entstehung von Ammoniak in eisen- und mangan-  
haltigen Tiefenwässern. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt 1909.  
Heft 12 und Zeitschr. f. angew. Chemie. 1910. Bd. 23. S. 689.

- Klut, H., Die Einwirkung der Trink- und Brauchwässer auf Leitungsröhren, insbesondere auf Bleileitungen. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. Berlin 1910. Heft 13.
- Über die Verwendung der Bleiröhren zu Hausanschlüssen. Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätsw. 1910. Bd. 40. 3. Folge. S. 330.
- Die Bedeutung der chemischen Wasseruntersuchung für Zentralversorgungen. Das Wasser. Leipzig 1913. Nr. 30.
- Über Rotfärbung von Fleisch durch Wasser beim Kochen. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. Berlin 1913. Heft 17. Nr. 4.
- Chemisch-physikalische Untersuchungen zur Frage der Behandlung von Trinkwasser mit Chlorkalk. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. Berlin 1913. Heft 17. Nr. 7.
- Wasserversorgung und Bleiröhren. Das Wasser. Leipzig 1914. Nr. 9—10.
- Metalle und Mörtelmaterial angreifende Wässer. Hygien. Rundschau 1915. Bd. 25. Nr. 6 u. 7. S. 197.
- Knauth, K., Das Süßwasser. Neudamm 1907.
- Koch, R., Über den Bakteriengehalt des Wassers. Mitteilungen a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1881. Bd. 1. S. 36.
- Kolkwitz, R., Über die Bedeutung der Biologie für die Beurteilung des Wassers. Berichte d. Deutsch. pharmazeut. Gesellschaft 1902. Bd. 12.
- Die biologische Selbstreinigung der natürlichen Gewässer, in Lafar, Handbuch der techn. Mykologie. Jena 1906. Bd. 3. Kap. 14 u. 15.
- Pflanzenphysiologie. Berlin 1914.
- Biologie des Trinkwassers. Handbuch der Hygiene von Rubner, v. Gruber u. Ficker. 1911. Bd. 2. Abt. 2. S. 337.
- u. Marsson, M., Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1908. Bd. 26a. Heft 7. S. 505.
- — Ökologie der tierischen Saprobien. Internat. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie 1909. Bd. 2. S. 126.
- u. Thiesing, Chem.-biolog. Untersuchungen über die Verwendung der Rieselwiesen zur Reinigung des Talsperrenwassers für Genußzwecke. Mitt. d. Prüf.-Anst. 1904. Heft 5.
- König, J., Die Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. Berlin 1899.
- Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin 1911.
- Chemie der menschl. Nahrungs- u. Genußmittel. 4. Aufl. Berlin 1910.
- Konrich, Zur Bewertung des Bacterium coli im Wasser. Klin. Jahrbuch 1910. Bd. 23. S. 1.
- Kossowicz, A., Einführung in die Mykologie der Gebrauchs- und Abwässer. Berlin 1913.
- Kröhnke, O., Die Reinigung des Wassers. Stuttgart 1900.
- Über das Verhalten von Guß- u. Schmiederohren in Wasser, Salzlösungen u. Säuren. München u. Berlin 1911.
- Krummacher, F., Streit über die chem. Wasseruntersuchung. Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1904. S. 501. u. 665.
- Kruse, Zur hygienischen Beurteilung des Wassers. Zeitschr. f. Hygiene 1908. Bd. 59. S. 6—94.

- Kühn, B., Über den Nachweis und die Bestimmung kleinster Mengen Blei im Wasser. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte. 1906. Bd. 23. S. 389.
- Kühnemann, G., Über die Verwendbarkeit verschiedener Rohrmaterialien f. Hauswasserleitungen mit besonderer Berücksichtigung der Bleiröhren. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätsw. 1904. Bd. 27. S. 314.
- Kurzak, Sonder-Katalog für die Gruppe Wasserversorgung der wissenschaftlichen Abteilung der Internat. Hygiene-Ausstellung Dresden 1911.
- Lafar, Handbuch der technischen Mykologie 1904—1907.
- Leher, E., Das Wasser und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe. Leipzig 1905.
- Lehmann, K. B., Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901.
- Levy, E., u. Bruns, H., Zur Hygiene des Wassers. Archiv f. Hygiene. Bd. 36. S. 178.
- Linde, O., u. Peters, W., Anleitung z. chem. Untersuchung d. Wassers. 2. Aufl. Göttingen 1906.
- Lösener, W., Die Trinkwasserversorgung der Truppe. Berlin 1909.
- Lunge, G., u. Berl, E., Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. Berlin 1910.
- Marsson, M., Die Bedeutung der Flora und Fauna für die Reinhaltung der natürlichen Gewässer, sowie ihre Beeinflussung durch Abgänge von Wohnstätten und Gewerben. Mitteilungen a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. Berlin 1911. Heft 14.
- u. Schiemenz, P., Die Schädigung der Fischerei. Zeitschr. f. Fischerei 1904—1908.
- Mez, C., Mikroskopische Wasseranalyse. Berlin 1898.
- Müller, A., Leitfaden für die chemische und bakteriologische Untersuchung des Wassers. Strelitz i. M. 1913.
- Ein neues Verfahren zum Nachweis spezifischer Bakterien in größeren Wassermengen. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. 1914. Bd. 47. Heft 3. S. 513.
- Noll, H., Modifikation der Sauerstoffbestimmung im Wasser nach L. W. Winkler. Zeitschr. f. angew. Chemie 1905. S. 1767.
- Über die Bestimmung freier vom Wasser gelöster Kohlensäure. Gesundh.-Ing. 1908. S. 485.
- Entstehung von Ammoniak in eisen- und manganhaltigen Tiefenwässern. Zeitschr. f. angew. Chemie 1910. S. 107.
- Die temporäre Härte des Wassers. Zeitschr. f. angew. Chemie 1910. S. 2025.
- Nußbaum, Leitfaden der Hygiene 1902.
- Ohlmüller, W., u. Spitta, O., Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 3. Aufl. Berlin 1910.
- Opitz, K., Brunnenhygiene. Anleitung zum Bau gesundheitlich einwandfreier Brunnen. Berlin 1910.
- Ost, H., Lehrbuch der Chemischen Technologie. 8. Aufl. Leipzig 1914.
- Paul, Th., Nahrungsmittelchemie mit besonderer Berücksichtigung der modernen physikalisch-chemischen Lehren. Leipzig 1914.



- Paul, Th., Ohlmüller, W., Heise, R., u. Auerbach, Fr., Untersuchung über die Beschaffenheit des zur Versorgung der Haupt- und Residenzstadt Dessau benutzten Wassers, insbesondere über dessen Bleilösungsfähigkeit. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Bd. 23. Heft 2. Berlin 1906.
- Pfeiffer, R., u. Proskauer, B., Enzyklopädie der Hygiene. Leipzig 1905.
- Pleißner, M., Über die Löslichkeit einiger Bleiverbindungen im Wasser. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Bd. 26. Heft 3. Berlin 1907.
- Post, Chemisch-technische Analyse. 3. Aufl. Braunschweig 1906.
- Pritzkow, A., Verunreinigung und Selbstreinigung der Gewässer in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 2. Leipzig 1914.
- Proskauer, B., Beschaffenheit von Tiefbrunnenwässern. Zeitschr. f. Hyg. 1890. Bd. 9.
- Renk, Über zweckmäßige Entnahme von Wasserproben. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1907. Nr. 44.
- Riemann, C., Die deutschen Salzlagerstätten. Leipzig 1913.
- Ristenpart, E., Das Wasser in der Textil-Industrie. Leipzig 1911.
- Rubner, M., Lehrbuch der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig u. Wien 1907.
- Gruber, M. v., u. Ficker, M., Handbuch der Hygiene. Bd. II, 2. Wasser u. Abwasser. Leipzig 1911.
- Salomon, H., Über bakteriologische, chem. u. physikal. Rheinwasser-Untersuchungen. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätsw. 1901. 3. Folge. Bd. 21. Suppl.-Heft.
- Noch ein Beitrag zur Wasseruntersuchungsfrage. Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1904. S. 505.
- Hygiene der Wasserversorgung in R. Abels Handbuch der praktischen Hygiene. Jena 1913. Bd. 1.
- Schiemenz, P., Industrie und Fischerei. Fischereizeitung. Neudamm 1902. Heft 8, 9 u. 10. 1903. Heft 1.
- Beurteilung des Reinheitsverhältnisses der Oberflächenwässer nach makroskopischen Tieren und Pflanzen. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1906. Nr. 33. S. 706.
- Die biologische Wasseranalyse und die Beurteilung von Wasserverunreinigungen für die praktische Fischerei. Nachr. a. d. Klub der Landwirte zu Berlin 1906. Nr. 794.
- Schmidt, E., Anleitung zur qualitativen Analyse. 6. Aufl. Halle (Saale) 1906.
- Ausführl. Lehrbuch der pharmazeutischen Chemie. 5. Aufl. Braunschweig 1907.
- Schorler, B., Die Rostbildung in den Wasserleitungsröhren. Zentralbl. f. Bakteriologie 1906. Bd. 15. Nr. 17 u. 18. Abteilg. II.
- Schreiber, K., Enteisung bei Einzelbrunnen. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt. 1905. Heft 6.
- Zur Beurteilung des Ozonverfahrens für die Sterilisation des Trinkwassers. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt. 1905. Heft 6.
- Die chemische Untersuchung von Trinkwasser an der Entnahmestelle. Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1908. Heft 1.
- Reinigung des Oberflächenwassers und Stand der Grundwasserfrage zur Versorgung der Städte mit Genuß- und Verbrauchswasser. Techn. Gemeindeblatt 1908. Bd. 11. Nr. 13.

- Schütz, F., Die Reinigung von Flußwasser mit Ozon. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten 1915. Bd. 79. S. 359.
- Selberg, F., Die neueren Verfahren zur Sterilisierung, Reinigung und sonstigen Verbesserung von Wasser für Trink- und Nutzzwecke. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätsw. 1913. 3. Folge. Bd. 45. S. 418.
- Smreker, O., Die Wasserversorgung der Städte. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 3. Teil. Der Wasserbau. Bd. 3. 5. Aufl. Leipzig und Berlin 1914.
- Spitta, O., Untersuchung über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hygiene 1900. Bd. 38. S. 160. u. 215.
- Weitere Untersuchungen über Flußverunreinigungen. Archiv f. Hygiene 1903. Bd. 46. S. 64.
- Die Wasserversorgung in Wasser und Abwasser a. d. Handbuch der Hygiene von M. Rubner, M. v. Gruber und M. Ficker. Leipzig 1911.
- u. Imhoff, K., Apparate zur Entnahme von Wasserproben. Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. usw. Berlin 1906. Heft 6. S. 84.
- u. Pleißner, M., Neue Hilfsmittel f. d. hygienische Beurteilung und Kontrolle von Wässern. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt 1909. Bd. 30. Heft 3. S. 463.
- Springfeld, Die Typhusepidemien im Reg.-Bez. Arnberg und ihre Beziehung zu Stromversorgungen und Wasserversorgungsanlagen. Klin. Jahrbuch 1903. Bd. 10.
- Standard, Methods of Water Analysis. Chicago. Report of Committee to the Public Health Association 1905.
- Stooff, H., Wasser in O. Dammer, Chem. Technologie der Neuzeit. Bd. 1. Stuttgart 1910.
- Thiesing, H., Talsperren in physikalischer und chemischer Beziehung. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1909. Nr. 4.
- Fortschritte und Entwicklung im kommunalen Wasserwerkswesen. Verein f. Kommunalwirtschaft u. Kommunalpolitik. 1912. S. 33.
- Thumm, K., u. Schiele, A., Die Sterilisierung und Filterung von Trinkwasser durch das Ferrochlor-Verfahren. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt 1907. Heft 8.
- Tiemann-Gärtner's Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 4. Aufl. Braunschweig 1895.
- Tillmans, J., Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung. Halle a. S. 1912.
- Treadwell, F. P., Lehrbuch der analytischen Chemie. 6. Aufl. Leipzig und Wien 1914.
- Veröffentlichungen a. d. Gebiete des Militärsanitätswesens. Kgl. Preuß. Kriegsministerium. Berlin. A. Hirschwald.
- Wagenknecht, W., Der praktische Wasserfachmann. Berlin 1913.
- Wasser und Abwasser, Sammelblatt f. Wasserversorg. u. Beseitigung flüssiger und fester Abfallstoffe, herausgegeben von A. Schiele und R. Weldert, Mitgliedern d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin W 35, bietet einen nahezu vollständigen Überblick über die einschlägige Literatur seit 1908.

- Weigelt, D., Vorschriften f. d. Entnahme u. Untersuchung von Abwässern u. Fischwässern. Berlin 1900.  
— Die chem. Industrie 1903—1908.
- Wernicke und Weldert, Enteisenung und Entbräunung von Grundwasser. Mitt. d. Prüfungsanstalt 1907. Heft 8.
- Weyl, Th., Die Betriebsführung von Wasserwerken. Bd. 1. Leipzig 1909.
- Weyrauch, R., Wasserversorgung der Ortschaften. Leipzig 1910.  
— Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Leipzig 1914.
- Wilhelmi, J., Die biologische Selbstreinigung der Flüsse. Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 2. Leipzig 1914.  
— Kompendium der biologischen Beurteilung des Wassers. Jena 1915.
- Winkler, L. W., Trink- und Brauchwasser in G. Lunge und E. Berl. Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. Bd. 2. 6. Aufl. Berlin 1910.
- Wollny, Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildung. 1897.
- Zadek, Die Trinkwasserversorgung. Berlin 1909.
- Ziegler, G. A., Leitfaden der Wasseruntersuchung. 2. Aufl. Stuttgart 1912.
- Zueizer, M., Zur Kenntnis der biologischen Wasserbeurteilung. Internat. Revue d. gesamt. Hydrobiologie u. Hydrographie. Bd. 1. 1908. S. 439. Sammelbericht.
- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte. Berlin, Julius Springer.
- Gemeinsamer Erlaß der Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten sowie des Innern vom 23. April 1907, betreffend die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Wassers. Auf Grund des Beschlusses des Bundesrates vom 16. Juni 1906. Ministerialblatt f. Medizinal- u. medizinische Unterrichtsangelegenheiten 1907. 7. Nr. 11. S. 158—185.
- Gesundheitswesen des Preuß. Staates in den Jahren 1901—1913. Berlin.
- Mitteilungen aus der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin. Heft 1—20. Verlag von August Hirschwald, Berlin NW.

# Register.

(A = Abbildung.)

- Abdampfrückstand 115.  
Abdeckung, mangelhaft 23.  
Abfallstoffe 14, 23, 29, 37, 44, 122, 124.  
Ablauflassen des Wassers 5.  
Abschlagapparate 69.  
Abschlagröhrchen A. 93, 94.  
Abwasser 62.  
Adurol 99.  
Aggressive Kohlensäure 80, 81, 85,  
123, 132, 134.  
Aggressive Wasser 60.  
Alkali, freies 125.  
Alkalinität 60.  
Aluminiumröhren 17, 144.  
Aluminiumsulfat 21, 35, 46.  
Amerikanische Farbbestimmung 16.  
p-Amidobenzoesäure 31.  
Ammoniak 36, 122, 123.  
Ammoniakbedeutung 44.  
Ammoniakbildung 43.  
Ammoniakhaltiges Wasser 30.  
Ammoniak, Nachweis 35, 42, 44,  
49, 54.  
Ammoniakverbindungen 42.  
Ammoniumnitrit 35.  
Ammoniumquecksilberoxyjodid 45.  
Amphotere Reaktion 58.  
Angreifende Kohlensäure 80, 81, 85;  
123, 132, 134.  
Angreifende Wasser 124, 130.  
Apparat zur Farbbestimmung 17.  
Apparat zur Kohlensäurebestim-  
mung A. 84.  
Apparate für die Probeentnahme 6.  
Apparate für Sauerstoffuntersuchun-  
gen A. 92, 94.
- Apparate für Wasserentnahme A. 92,  
A. 94.  
Arsen 125.  
Asphaltierte Röhren 161, 165, 166.  
Asterionella 24.  
Ätzkalk 60.  
Auslaugungsprodukte 14, 23.  
Ausziehstock A. 103.  
Azidität 60.
- Bacterium coli 66, 69.  
Bakteriengehalt 62.  
Bakterien, pathogene 61.  
Bakterienvermehrung 62, 67.  
Bakterienwucherungen 73, 109.  
Bakteriologische Apparate 69.  
Bakteriologische Entnahmeapparate  
A. 92, A. 94.  
Bakteriologische Untersuchung 61.  
Bakteriologische Wasserentnahme 69.  
Bebrütungstemperatur 63.  
Beigeschmack 25.  
Bestimmung der organischen Stoffe  
18.  
Betonzerstörung 81.  
Bikarbonate 79.  
Bikarbonat-Kohlensäure 83.  
Biologische Beurteilung 101.  
Biologische Instrumente A. 102.  
Biologische Untersuchung 101.  
Biologische Vorgänge 30, 44.  
Bismarckbraun 32.  
Bitterer Geschmack 26.  
Blaue Seen 17.  
Blei 78, 125, 145.

- Bleibende Härte 49.  
 Bleichereien 21, 72, 75, 110.  
 Bleichlorid 167.  
 Bleigrenze 147.  
 Bleihydroxyd 167.  
 Bleikarbonate 147.  
 Bleileitungen 100, 145.  
 Bleilöslichkeit 37, 99.  
 Bleinachweis 99.  
 Bleioxyd 101.  
 Bleipapier 24.  
 Blei, sanitäre Bedeutung 147.  
 Bleisuperoxyd 112.  
 Bleiverbindungen 78.  
 Bleivergiftungen 145.  
 Bleiweiß 147.  
 Blutseen 17.  
 Bodenbeschaffenheit, geologische 36.  
 Bodenfiltration 11.  
 Bodenverunreinigung 36, 37.  
 Bodenschlamm 62.  
 Bohrbrunnen 15.  
 Bohrlöcher, Probeentnahme 5.  
 Brauereiwasser 37.  
 Braune Seen 18.  
 Braunes Wasser 14.  
 Braunstein 113.  
 Brunnenabdeckung 4, 11.  
 Brunnenlage, ungünstige 3.  
 Brunnenrohrmaterial 165.  
 Brunnenverschmutzung 11.  
 Brunnenverunreinigung A. 3.  
 Brutschrank 65.  
 Bruzin 39.  
  
 Chlamydothrix 73.  
 Chlor, freies 139.  
 Chlorgeruch 23.  
 Chloride 122, 123, 125, 138, 164.  
 Chlorkalk 29, 139.  
 Chlormagnesium 51, 128.  
 Chlornatriumgeschmack 26.  
 Chlorophyllhaltige Organismen 87.  
 Cholera 2.  
 Cholera Bazillen 61.  
 Coli-Bakterien 66, 69.  
 Crenothrix 73, 109.  
  
 Destillation 164.  
  
 Destilliertes Wasser 83.  
 Detritus 11.  
 Deutsche Härtegrade 49.  
 Diaphanometer nach König 14, 17.  
 Diazoverbindungen 35.  
 Dikarbonate 79.  
 Diphenylamin 37, 40.  
 Diphenylamin- und Kochsalz 40.  
 Dretschen A. 105.  
 Dunbarsche Gärröhrchen 67, A. 68.  
 Durchschnittswerte 121.  
 Durchsichtigkeit 10.  
 Durchsichtigkeitsgrad 13.  
 Durchsichtigkeits Scheibe A. 12.  
 Durchsichtigkeitszylinder A. 12.  
  
 Eier von Würmern 3.  
 Eigenfarbe 17.  
 Eijkmansche Probe 66, 67.  
 Eijkmanscher Gärungskolben A. 68.  
 Einschlaglupen, aplanatische A. 106.  
 Eisen 148.  
 Eisenausscheidungen 70, 100.  
 Eisenbakterien 73, 109.  
 Eisenbikarbonat 11.  
 Eisenfreies Wasser 75.  
 Eisen für Fische 128.  
 Eisengehalt 70, 74.  
 Eisengrenze 72.  
 Eisenhaltiges Wasser 11, 23, 29, 32,  
 36, 42, 48, 71, 108.  
 Eisenhydroxyd 11, 14, 70.  
 Eisennachweis 70, 77.  
 Eisenocker 43.  
 Eisen, organisches 44.  
 Eisenoxyd 48.  
 Eisenoxydhydrat 11, 70.  
 Eisenoxydnachweis 78.  
 Eisenoxydschlamm 72.  
 Eisenoxydul 19, 48, 70.  
 Eisenoxydulverbindungen 77, 85.  
 Eisenoxydverbindungen 34.  
 Eisenrost 149.  
 Eisenverbindungen 21, 41, 109.  
 Eiserne Röhren 148.  
 Elektrische Apparate 116.  
 Elektrische Ströme 141, 166.  
 Elektrische Leitfähigkeits-Bestimmung 114.

- Elektrolyte 116.  
 Endo-Agar 69.  
 Englische Härtegrade 49.  
 Enteisung 23, 36, 43, 74, 122, 131.  
 Entfärbung des Wassers 21.  
 Enthärtung 54, 124.  
 Entmanganungsanlagen 113.  
 Entnahme von Wasserproben 1, 2, 4.  
 Erdalkalien 43, 47.  
 Erdmanns Reagens 30.  
 Erdteilchen 11.  
 Euglena sanguinea 17.  
 Exkursionsmikroskop A. 106.
- Fader Geschmack 51.  
 Fäkalverunreinigung 61, 66.  
 Färbereien 21, 72, 75, 110.  
 Farbbestimmung 15.  
 Farbe der Oberflächenwässer 17.  
 Färbende Substanzen 125.  
 Farbenprüfung 14.  
 Farbenskala 90.  
 Farbloses Wasser 14.  
 Farbstoffe 14.  
 Farbstofflösung 17.  
 Fäulnisgeruch 23.  
 Fäulnisprodukte 26.  
 Fäulnisvorgänge 44.  
 Ferrihydroxyd 11.  
 Ferriverbindungen 70.  
 Ferrobikarbonat 36, 42, 44, 70.  
 Ferroverbindungen 70.  
 Fette 124, 140.  
 Fettsäuren 140.  
 Filtrierpapier 41, 48.  
 Fischereiwasser 126.  
 Fischgeruch 24.  
 Fischnahrung 105.  
 Fischsterben 89, 113, 126.  
 Fischwasser 72, 89, 113, 126.  
 Flachbrunnen 23.  
 Fleischextraktpepton-Nährgelatine  
 63.  
 Fleischrotfärben 30, 157.  
 Flüchtige Stoffe 24.  
 Flußversalzungen 116.  
 Flußverunreinigung 62, 122, 124.  
 Flußverunreinigungen, gewerbliche  
 107.
- Flußwässer 46, 124.  
 Flußwasser, Probeentnahme 6.  
 Fragebogen der Anstalt 5.  
 Französische Härtegrade 49.  
 Freie Kohlensäure 26, 42, 44, 59,  
 79, 132, 134.  
 Freie Säure 124, 125.  
 Fremdartiger Geruch 23.
- Gallertscheiden 73.  
 Gallionella 73.  
 Galvanisierte Röhren 155.  
 Gärröhrchen 68.  
 Gärungsgewerbe 37.  
 Gebundene Kohlensäure 79.  
 Gefärbte Wässer 20, 21, 32, 35, 85.  
 Gelatineplatten 61.  
 Gelatineplattenmethode 65.  
 Gelbe Seen 18.  
 Geologische Bodenbeschaffenheit 36.  
 Gerbereien 72.  
 Geruchsbestimmung 23, 71, 73.  
 Gesamthärte 49, 122, 123.  
 Geschmack 10, 25, 71, 80, 127.  
 Geschmack, bitterer 51.  
 Geschmack, fader 20, 28, 51, 73.  
 Geschmack, laugenartig 60.  
 Geschmacksgrenze 28.  
 Geschmacksprüfung 25.  
 Geschmackstabelle 28.  
 Geschmack, tintenartig 71, 72.  
 Gesundheitliche Bedeutung von:
- Aluminium 144.
  - Arsen 125.
  - Barium 165.
  - Blei 147.
  - Eisen 71, 151.
  - Huminverbindungen 137.
  - Kalzium 51.
  - Kupfer 153.
  - Magnesium 52.
  - Mangan 109.
  - Nickel 155.
  - Zink 157.
  - Zinn 159.
- Gesundheitsschädigungen 36, 50, 71.  
 Gewerbliche Wässer 52.  
 Gipshärte 51.  
 Gips 27, 51, 123, 124, 140.

- Glasflaschen für Wasserproben A. 7.  
 Gramsche Färbung 69.  
 Grenzwerte 121.  
 Grenzzahlen 121, 124.  
 Grenzzahlen für den Geschmack 27.  
 Grieb-Reagens 30.  
 Grundwasser 62, 72, 109, 118, 121, 165.  
 Grüne Seen 18.  
 Halbbebundene Kohlensäure 79.  
 Handpumpe A. 94.  
 Harnstoff 38, 99.  
 Härte 42, 47, 49, 80, 123, 124.  
 Härtebestimmung 49, 54.  
 Härtebildner 50, 52.  
 Härte, bleibende 49, 124.  
 Härte, für Fischwasser 129.  
 Härte, Gesamt- 49, 122, 123.  
 Härte, gesundheitl. Bedeutung 51, 52.  
 Härtegrade 28, 47, 49.  
 Härtegrade, deutsche 49.  
 Härtegrade, englische 49.  
 Härtegrade, französische 49.  
 Härte, Karbonat 49, 79.  
 Härte, Mineralsäure 49, 124.  
 Härte, Nichtkarbonat 49.  
 Härteprüfung 49, 54.  
 Härteskala 50.  
 Härte, temporäre 49, 79.  
 Härte, transitorische 49, 79.  
 Härte, vorübergehende 49, 53.  
 Hartes Wasser 26, 27, 47, 48, 52, 55, 85, 129.  
 Heyroth, Wasserentnahmeapparat A. 6.  
 Holzfasern 11.  
 Holzröhren 165.  
 Huminkörper 20, 43.  
 Huminsäure 20.  
 Huminsaures Eisen 72.  
 Huminstoffe 14, 20, 23, 58, 137, 164.  
 Humus 19.  
 Humussubstanzen 19, 43.  
 Hypochlorite 139.  
 Inertol 166.  
 Infektionsverdächtiges Wasser 44.  
 Interferometer 117.  
 Jodzinkstärkelösung 32.  
 Kaliumnatriumtartrat 48.  
 Kaliumpermanganat 18, 21, 73, 122, 123, 125.  
 Kaliumpermanganat-Bestimmung 88.  
 Kaliumplatinchlorid 17.  
 Kaliumsulfozyanat 78.  
 Kaliverbindungen 51, 123.  
 Kalkhydrat 60.  
 Kalkseife 53.  
 Kalksinter 53.  
 Kalkwasser, gesättigtes 168.  
 Kalziumbikarbonat 11, 53, 60, 132.  
 Kalziumkarbonat 79, 132.  
 Kalziumsalze 47.  
 Karamellösung 16.  
 Karbonatarme Wässer 87.  
 Karbonate 11.  
 Karbonathärte 49, 82, 85, 130, 132, 160, 163.  
 Keimzahl 65, 88.  
 Keimzählung 61.  
 Kesselbrunnen 23, 62.  
 Kesselbrunnen, Probeentnahme 5.  
 Kesselspeisewasser 21, 53, 87, 119, 123.  
 Kesselstein 54, 123.  
 Kesselsteinbildner 53, 123.  
 Kieselsäure 124, 138, 164.  
 Klarheit 10.  
 Kleinlebewesen 17, 24, 29, 42, 44, 69.  
 Kluts Kohlensäurebestimmungsapparat A. 84.  
 Kluts Wasseruntersuchungskasten A. 8.  
 Kobaltchlorid 16.  
 Kochsalz 128.  
 Kochsalzgeschmack 26.  
 Kohlendioxyd 43, 79.  
 Kohlensäure, angreifende 80, 81, 85, 123, 132, 134.  
 Kohlensäure, aggressive 80, 81, 85, 123, 132, 134.  
 Kohlensäurebestimmung 81.  
 Kohlensäurebestimmung, aggressive 136.  
 Kohlensäurebestimmung (Tillmans) 82.

- Kohlensäurebestimmung (Trillich) 83.  
 Kohlensäurebestimmung (Winkler) 83.  
 Kohlensäurebestimmungsapparat A. 84.  
 Kohlensäure, freie 26, 42, 44, 59, 79, 132, 134.  
 Kohlensäure, halbgebundene 11, 79.  
 Kohlensäure, gebundene 79, 134.  
 Kohlensäuregeschmack 26.  
 Kohlensäuretabelle 133.  
 Kohlensäure, Unschädlichmachung 163.  
 Kohlensäureverluste 82, 85.  
 Kohlensäure, zerstörende Wirkung 132.  
 Kohlensaurer Kalk 11, 134.  
 Kohlenstoff 18.  
 Kolorimeter 17.  
 Kongopapier 56, 59.  
 Königs Diaphanometer 14, 17.  
 Kontaktwirkung 53.  
 Korrosionen 131, 166.  
 Kotverunreinigung 61, 66.  
 Kulturflaschen 65.  
 Kupfer 78, 125, 152, 165.  
 Kupferröhren 152.  
 Kupfersieb A. 104, 107.  
 Kupferverbindungen 78, 153.  
  
 Lackmuspapier 56, 63, 101, 123.  
 Laugengeschmack 60.  
 Leerlaufen von Leitungen 131.  
 Legiertes Blei 145.  
 Lehmartikel 10.  
 Leimfabriken 72.  
 Leitfähigkeit, elektrische 114.  
 Leitungsröhren 53, 109, 130.  
 Leuchtgas 23, 26.  
 Löslichkeit chemischer Stoffe 167.  
 Luftarmes Wasser 160.  
 Luftblasen 11.  
 Luftreiches Wasser 87, 130.  
 Luftsauerstoff 86, 97, 123, 131, 162.  
 Luftsauerstofftabelle 34.  
 Lummer-Brodhunsches Prisma 14.  
 Lupen 12, A. 106.  
  
 Magnesia 50.  
 Magnesiageschmack 26.  
 Magnesiumsalze 47, 50, 53.  
 Magnesiumkarbonat 50, 58, 79.  
 Magnesiumchlorid 26, 53, 124, 129.  
 Manganbakterien 73, 109.  
 Manganbraun 110.  
 Manganentfernung 110.  
 Manganhaltige Wässer 85, 108.  
 Mangankarbonat 98.  
 Mangannachweis 113.  
 Manganprüfung 107.  
 Manganprüfung nach Marshall 111.  
 Manganprüfung nach Tillmans und Mildner 111.  
 Manganprüfung nach Volhard 111.  
 Manganschlamm 109.  
 Mangan, technische Bedeutung 109.  
 Marmorlösungsversuch 85, 135.  
 Meso-Saprobien 102.  
 Messingröhren 156.  
 Metallangreifende Wässer 81, 87, 130, 143.  
 Metallklammern 7, A. 95.  
 Metaphenyldiamin 31, 35.  
 Meteorwasser 35.  
 MethylorangeLösung 56, 59.  
 Mikroskope A. 107.  
 Mikroskopische Untersuchung 5, 24.  
 Mineralisierungsprozeß 36, 43.  
 Mineralöle 140, 165.  
 Mineralsäuren 49, 82, 137, 164.  
 Mineralsäurehärte 49.  
 Mineralquellen 49.  
 Moder 23, 26.  
 Molkereibetrieb 72.  
 Monokarbonate 79.  
 Moorgeruch 23, 43.  
 Moorwasser 14, 18, 19, 21, 43, 46, 58, 73, 137, 164.  
 Mörtelangreifende Wässer 81, 130.  
 Mörtelzerstörung 81, 142.  
  
 Nachweis der organischen Substanzen 18.  
 Nährfleischbrühe 67.  
 Närgelatine 63.  
 $\beta$ -Naphtholreagens 30.  
 Naphtholreagens nach Riegler 35.



- $\alpha$ -Naphthylamin-Sulfanilsäure 30.  
 Natriumhydrat 97.  
 Natriumkarbonatlösung 84.  
 Natriumsulfidlösung 77, 100.  
 Natronlaugelösung 83, 95.  
 Neßlers Reagens 44, 45, 49, 54.  
 Nichtkarbonathärte 49.  
 Nickel 155.  
 Nigrit 166.  
 Nitrate 35, 37, 41, 42, 43, 139, 164.  
 Nitratfreie Wässer 36.  
 Nitrite 30, 31, 35, 38, 42, 43, 98.  
 Nitrite, Beseitigung 38.  
 Nitrosulfonsäure 39.  
 Normal-Sauerstoffzehrung 88.  
 Oberflächenwasser 34, 42, 61, 67,  
 72, 86, 91, 93, 101, 113, 118,  
 121, 124.  
 Oberflächenwasser, Grenzwerte 125.  
 Oberflächenwasser, natürliches 78.  
 Oberflächenwasser, Probeentnahme  
 5, 93.  
 Öle 124, 140.  
 Oligo-Saprobien 102.  
 Opaleszenz 11.  
 Organische Eisenverbindung 44.  
 Organisches Eisen 72.  
 Organische Säuren 58, 59, 137, 164.  
 Organische Stoffe 18, 23, 36, 97.  
 Organische Stoffe, Nachweis und Be-  
 stimmung 18.  
 Ortsbesichtigung 2.  
 Oxydationswirkung 131.  
 Oxydierbarkeitsbestimmung 18, 22,  
 88.  
 Ozon 21, 34.  
 Ozonwasser 34.  
 Ozonwasserwerke 34.  
 Papierfabrikation 21, 72, 75, 110.  
 Pathogene Bakterien 61.  
 Permanente Härte 49.  
 Petroleumgeruch 23.  
 Pettenkofers Reagens 82.  
 Pfahlkratzer A. 104.  
 Pflanzenreste 20, 23.  
 Phenolphthaleinlösung 56, 60, 64,  
 82, 84.  
 Phosphorsäure 123.  
 Pilzfäden 11.  
 Pilzwucherung 128.  
 Planktonalgen 88.  
 Planktonfänge 5, A. 103.  
 Planktongläser 104.  
 Planktonkammern A. 105.  
 Planktonlupen A. 106.  
 Planktonnetze A. 103.  
 Planktonorganismen 106.  
 Planktonsieb A. 104.  
 Pleißner-Apparat 117.  
 Poly-Saprobien 102.  
 Porzellanscheibe A. 12.  
 Probeentnahme aus neu angelegten  
 Brunnen 5.  
 Pumpenkolben 23.  
 Quellsäure 20.  
 Quellsatzsäure 20.  
 Quellwasser, Probeentnahme 6.  
 Quecksilberchloridlösung 44.  
 Reagenzpapier 57.  
 Reaktion 20, 56, 123.  
 Reaktion, Prüfung 56.  
 Reaktion, starke 33.  
 Reduktionsprozesse 42.  
 Reduktionsvorgänge 42.  
 Registrierapparat, elektrisch 116.  
 Reihenfolge der Untersuchungen 9.  
 Riechende Stoffe 24.  
 Rieglers Reagens 30, 35.  
 Rieselung 36.  
 Rohrmaterial 53, 131, 143, 159.  
 Rohrverschlammungen 73.  
 Rohrverstopfung 73.  
 Rohrzerstörung 143, 161.  
 Rosolsäurelösung 56, 58, 82, 122.  
 Rost 149.  
 Rostflecke 71, 72.  
 Rotfärben von Fleisch 30, 157.  
 Rozsahegy-Kulturflasche 65.  
 Ruhrbazillen 61.  
 Salpeter 36.  
 Salpetersäure 122, 123.  
 Salpetersäureprüfung 35.  
 Salpetrige Säure 19, 32, 35, 38, 41,  
 99, 113, 122.

- Salpetrige Säure, Entfernung 38.  
 Salpetrige Säure, Prüfung 29.  
 Salzgeschmack 26.  
 Salzhaltige Wässer 10, 164.  
 Sandfilter 63.  
 Sandkörnchen 10.  
 Saprobien 102.  
 Sauerstoffapparate A. 92, A. 94.  
 Sauerstoffarmes Wasser 160.  
 Sauerstoffberechnung 97.  
 Sauerstoffbestimmung 86, **95**, 97, 98.  
 Sauerstoffbestimmung, Probeentnahme 91, 95.  
 Sauerstoffdefizit 88.  
 Sauerstoffflaschen A. 94.  
 Sauerstoff, Pipetten A. 95.  
 Sauerstoffreagenzien 90.  
 Sauerstoffreiches Wasser 87, 130.  
 Sauerstoffschätzung 90, 99.  
 Sauerstofftabelle nach Winkler 34, **86**, 89.  
 Sauerstoffübersättigung 86.  
 Sauerstoffverarmung 89.  
 Sauerstoffverbrauch 18, 128.  
 Sauerstoffzehrung 88, 92, 97.  
 Säure, freie 124, 125.  
 Saure Karbonate 58.  
 Säuren 124, 125, 127, **136**.  
 Saure Wässer 20, 58, **136**.  
 Schädlichkeitsgrenze für Blei 147.  
 Schaurauch A. 77.  
 Schemata für Wasseruntersuchungen 118.  
 Schlammbankbildung 124.  
 Schlammheber 105.  
 Schriftprobe Snellen A. 13.  
 Schürftgräben, Probeentnahme 5.  
 Schumburg-Kulturflasche 65.  
 Schutzanstrich 162, **166**.  
 Schutzbeläge 146.  
 Schutzmaßnahmen 160.  
 Schwebestoffbestimmung 104.  
 Schwebestoffe 12, **104**, 107, 126.  
 Schwefelalkali 49.  
 Schwefeleisen 23, 42, 78.  
 Schwefelkies 42.  
 Schwefelnatrium 77.  
 Schwefelsäure 82, **122**, 123, 140.  
 Schwefelwasserstoff 19, 23, 35, 42, 43, 49, 100, 123, 125, **137**, 164.  
 Schwefelwasserstoff-Nachweis 25, 125.  
 Schwefelzink 35.  
 Seewasser 124.  
 Seifenverbrauch 53.  
 Seignettesalzlösung 48, 84.  
 Sicherheitsverschluß für Flaschen 7.  
 Sichtscheibe A. 12.  
 Siderosthen-Lubrose 166.  
 Sinterbildung 53.  
 Snellensche Schriftprobe A. 13.  
 Sodalösung 84.  
 Sodanatronlauge 35, 48.  
 Spitta-Imhoffs Entnahmeapparat A. 92, A. 94.  
 Stärkefabriken 72, 110.  
 Sterilisation 65.  
 Stickstoff, organischer 18, 35, 125.  
 Stoff-Fasern 11.  
 Stoffwechselprodukte 20, 44.  
 Ströme, elektrische 141, 166.  
 Ströme, vagabundierende 141, 166.  
 Strohreste 11.  
 Sulfate 43, 124, **140**, 164.  
 Sulfathärte 40.  
 Sulfide 43, 125, **137**, 164.  
 Suspendierte Stoffe 10, 13, 107.  
 Synura 24.  
 Tabelle über Geschmack 28.  
 Talsperrenwasser 11.  
 Teer 23, 124.  
 Teichwasser, Probeentnahme 6.  
 Temporäre Härte 49.  
 Temperaturbestimmung 9.  
 Textilindustrie 35.  
 Thermometer 10.  
 Tiefbrunnen 29.  
 Tierreste 20, 23.  
 Tillmans Kohlensäuretabelle 133.  
 Tintiges Wasser 71, 72.  
 Ton 10.  
 Tonteilchen 10, 46.  
 Torfwasser 21.  
 Transitorische Härte 49.  
 Transportkasten für Sauerstoffuntersuchungen A. 96.

- Transportkasten für Wasserproben A. 7.  
 Treskowscher Trichter 64.  
 Trübes Wasser 10, 11, 35, 54, 71, 127.  
 Typhus 2.  
 Typhusbazillen 61.  
  
 Übermangansäure 113.  
 Übersättigung 86.  
 Ulmin 20.  
 Ulminsäure 20.  
 Umrechnungstabelle für Blei 101.  
 Umrechnungstabelle für Eisen 79.  
 Umrechnungstabelle für Mangan 114.  
 Undichtwerden der Leitungen 131.  
 Ungünstige Brunnenanlage 3.  
 Untersuchungskasten nach Klut A. 8.  
  
 Vagabundierende Ströme 141, 166.  
 Vakuumrieselung 162.  
 Vegetationsfarbe 17.  
 Veränderung des Wassers 1.  
 Vergleichslösung für Färbung 16.  
 Verrostungen 149.  
 Versand der Wasserproben 5.  
 Verschlammungen 73.  
 Verschlammungen der Leitungen 72.  
 Verschmutzung des Brunnens 11.  
 Verschmutzungsgrad 88, 102.  
 Verseuchung 26.  
 Verunreinigtes Wasser 19, 29, 62, 66, 87, 99, 101, 107, 114, 122, 124, 126.  
 Verunreinigung des Bodens 36.  
 Verunreinigung eines Brunnens A. 3.  
 Verunreinigungen 14, 65, 87, 123.  
 Verunreinigungsgrad 88.  
 Vorübergehende Härte 49.  
 Voruntersuchung 1.  
  
 Wandbekleidung 23.  
 Warmwasserversorgung 162, 166.  
 Wäschereien 52, 53, 71, 72, 75, 110.  
 Wasserbakterien 66.  
 Wasserentfärbung 21.  
 Wasserentnahme-Apparate 6, A. 92, A. 94.  
 Wasserfassung, mangelhaft 23.  
 Wasser für gewerbliche Zwecke 21.  
 Wassergucker A. 13.  
 Wasser-Interferometer 117.  
 Wasserkasten nach Klut A. 8.  
 Wasserleitungen, Probeentnahme 6.  
 Wasserpflanzen 11.  
 Wasserreinigung 160.  
 Wässer, saure 20, 58, 136.  
 Wasserstoffsperoxyd 34.  
 Wassertiere 11.  
 Wassertrübung 10, 11.  
 Wasseruntersuchungs-Schemata 118.  
 Weiche Wässer 27, 52, 55, 87, 129, 160.  
 Weinsäure 48.  
 Wheatstonesche Brücke 116.  
 Winklersche Sauerstofftabelle 86.  
 Wirtschaftswasser 52, 60, 71, 121.  
 Wucherungen 73.  
  
 Zehrung, Sauerstoff 88.  
 Zehrungsmethode 88.  
 Zersetzungsprodukte 20, 88.  
 Zeugdruckereien 72.  
 Ziehbrunnen 23.  
 Zink 155.  
 Zinkazetat 35.  
 Zinkgeschmack 26.  
 Zinkhaltiges Material 30, 155.  
 Zinkjodidstärkelösung 32.  
 Zinkröhren 122, 155.  
 Zinn 157.  
 Zinnröhren 157.  
 Zucker 124.  
 Zuckerfabriken 37.  
 Züricher Verordnung 124.  
 Zusammensetzung der Wässer 121.  
 Zusammensetzung von Flußwasser 125.  
 Zusammensetzung von Oberflächenwasser 125.  
 Zusammensetzung von Seewasser 125.

Druck der Königl. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

**Snellensche Schriftprobe 1,0**  
**zur Bestimmung des Durchsichtigkeitsgrades.**

(Siehe S. 13.)

1,0.

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

5 4 1 7 8 3 0 9

1,0.

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

5 4 1 7 8 3 0 9

1,0.

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

5 4 1 7 8 3 0 9

1,0.

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

5 4 1 7 8 3 0 9





## Chemisch-technische Untersuchungsmethoden,

Unter Mitwirkung von hervorragenden Fachgenossen  
herausgegeben von

Prof. Dr. Georg Lunge, und Privatdoz. Dr. Ernst Berl,

Sechste, vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage

In vier Bänden.

Erster Band. 1909. 693 Seiten Text, 72 Seiten  
Tabellen-Anhang. Mit 163 Textfiguren.  
Preis M. 18,—; in Halbleder geb. M. 20,50.  
Zweiter Band. 1910. 885 Seiten Text, 8 Seiten  
Tabellen-Anhang. Mit 138 Textfiguren.  
Preis M. 20,— in Halbleder geb. M. 22,50.

Dritter Band. 1911. 1044 Seiten Text, 24 Seit  
Tabellen-Anhang. Mit 150 Textfiguren.  
Preis M. 22,—; in Halbleder geb. M. 24,50.  
Vierter Band. 1911. 1080 Seiten Text, 58 Seit  
Tabellen-Anhang. Mit 56 Textfiguren.  
Preis M. 24,—; in Halbleder geb. M. 26,50.

## Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker

zum Gebrauch im Laboratorium für die Arbeiten der Nahrungsmittelkon-  
trolle, gerichtlichen Chemie und anderen Zweige der öffentlichen Chemie.

Verfaßt von

Dr. A. Bujard,

un

Dr. E. Baier,

Direktor des städtischen chemischen  
Laboratoriums zu Stuttgart

Direktor des Nahrungsm.-Untersuch.-  
Amtes der Landwirtschaftskammer für  
die Provinz Brandenburg zu Berlin.

Dritte, umgearbeitete Auflage. — In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

## Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel.

Vierte, vollständig umgearbeitete Auflage.

Herausgegeben von

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. J. König, Münster i. W.

In drei Bänden.

- I. Band: **Chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel.** Bearbeitet von Prof. Dr. A. Bömer, Münster i. W. Mit Textabb. In Halbled. geb. Preis M. 36,—.
- II. Band: **Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel,** ihre Herstellung, Zusammensetzung und Beschaffenheit, nebst einem Abriß über die Ernährungslehre. Von Prof. Dr. J. König, Münster i. W. Mit Textabbildungen. In Halbleder geb. Preis M. 32,—.
- III. Band: **Untersuchung von Nahrungs-, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen.** In Gemeinschaft mit Fachmännern bearbeitet von Prof. Dr. J. König, Münster i. W.
  1. Teil: **Allgemeine Untersuchungsverfahren.** Mit 405 Textabbildungen. In Halbleder geb. Preis M. 26,—.
  2. Teil: **Die tierischen und pflanzlichen Nahrungsmittel.** Unter Mitwirkung von Fachmännern bearbeitet von Prof. Dr. J. König, Münster i. W. Mit 260 Abbildungen im Text und auf 14 lithographischen Tafeln. In Halbleder gebunden Preis M. 36,—.Der 3. Teil, der die Untersuchung und Beurteilung der einzelnen Genußmittel und Gebrauchsgegenstände usw. behandelt, ist in Vorbereitung und soll tunlichst bald folgen.

## Lehrbuch der analytischen Chemie.

Von Dr. H. Wölbling,

Dozent und ordentlich Chemiker an der Kgl. Bergakademie zu Berlin.

Mit 83 Textfiguren und einer Löslichkeitstabelle.

Preis M. 8,—; in Leinwand gebunden M. 9,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.









Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297492