

H. Klut

**Untersuchung des Wassers
an Ort und Stelle**

Vierte Auflage

Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle

Von

Prof. Dr. Hartwig Klut

Wissenschaftl. Mitglied der Preuß. Landesanstalt
für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem

Vierte, neubearbeitete Auflage

Mit 34 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1922

ISBN 978-3-662-40506-2

ISBN 978-3-662-40983-1 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-40983-1

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

Copyright 1922 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin **1922**

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 ¹⁾ 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 ²⁾ zusammengestellt wurde. Wie für die Untersuchung des Abwassers, so liegt auch für die Untersuchung des Wassers für Trink- und Brauchzwecke im weitesten Sinne zur Zeit 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 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

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

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

auszudehnen; ferner auch die bakteriologische (Eijkmansehe 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 Wassers¹⁾. 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.

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.

Vorwort zur dritten Auflage.

Die dritte Auflage hat eine teilweise Umarbeitung und auch Erweiterung erfahren. Die Abschnitte der 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

¹⁾ 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.

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.

Vorwort zur vierten Auflage.

Seit dem Erscheinen der dritten Auflage meines kleinen Wasserbuches sind mir von den verschiedensten Seiten zahlreiche Vorschläge zur Ergänzung und Erweiterung gemacht worden. Als die Auflage vergriffen war, konnte ich bei der Neubearbeitung des Buches all diesen geäußerten Wünschen sowie den von mir während des Weltkrieges gesammelten vielfachen Erfahrungen und Beobachtungen an bestehenden Wasserversorgungsanlagen, soweit es der bescheidene Umfang meines Schriftwerkchens zuließ, Rechnung tragen. Mehrere neue Abschnitte mußten aufgenommen werden, so z. B. wurde ich besonders aus Ingenieurkreisen gebeten, um auch an der Eutnahmestelle über den Härtegrad sowie über den Gehalt eines Wassers an Chloriden sogleich unterrichtet zu sein, einfache und schnell auszuführende Bestimmungen mit Bewertung der Befunde anzugeben. Diesem Wunsche bin ich gern nachgekommen ferner auch dem, der Neuauflage einen kleinen Abschnitt über Nachweis und Bedeutung der Radioaktivität im Trinkwasser beizufügen. Während bisher von mir im Abschnitt „Metalle und Mörtelmaterial angreifende Wässer“ fast ausschließlich der Innenangriff durch das eingeschlossene Leitungswasser berücksichtigt wurde, ist jetzt auch der Außenangriff noch hinzugekommen. Dieser Teil ist entsprechend seiner großen Bedeutung für die Praxis wesentlich erweitert und führt die Bezeichnung „Über angreifende Wässer sowie über Rohrmaterial, Mörtel und Boden in ihrem gegenseitigen Verhalten“. Von weiteren Neuerungen seien u. a. noch folgende erwähnt: Aufnahme einer ausführlichen Geschmackstabelle und einer Tafel der Grenzwerte für Mineralwasser. Die Frage etwaiger Gesundheitsschädlichkeit der im Wasser vorkommenden Stoffe wurde bei den einzelnen Abschnitten näher erörtert. Im übrigen wurden überall die Fortschritte der Wissenschaft weitgehend verfolgt. Ein Schriftennachweis über die einschlägigen Veröffentlichungen wurde jedem Abschnitte beigegeben.

Nach wie vor bin ich für weitere Vorschläge sehr dankbar.

Berlin - Dahlem, im Oktober 1921.

Hartwig Klut.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Über den Wert der Ortsbesichtigung	2
Entnahme von Wasserproben	5
Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle	10
Reihenfolge der Untersuchungen	10
Temperaturbestimmung	11
Klarheit und Durchsichtigkeit	13
Prüfung auf Farbe	18
Nachweis der organischen Stoffe	21
Bestimmung des Geruches	25
Prüfung des Geschmackes	28
Prüfung auf salpetrige Säure (Nitrite)	34
Prüfung auf Salpetersäure (Nitrate)	38
Prüfung auf Ammoniakverbindungen	44
Prüfung auf Reaktion	50
Bakteriologische Untersuchung	55
Prüfung auf Eisen	63
Kohlensäure	71
Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes	80
Prüfung auf Blei	93
Biologische Untersuchung des Wassers	95
Prüfung auf Mangan	100
Bestimmung der Chloride	106
Nachweis und Bestimmung der Härte	108
Physikalische Untersuchungsverfahren	119
1. Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit natürlicher Wässer	119
2. Prüfung mit dem Wasser-Interferometer	122
Radioaktivität	123
Muster für die Untersuchung von Grund- und Oberflächenwasser	126
Über die durchschnittliche chemische Zusammensetzung von Grund- und Oberflächenwasser	128
I. Trink- und Wirtschaftswasser	128
II. Kesselspeisewasser	130
III. Fluß-, Seewasser usw.	132
IV. Fischgewässer	134
Über angreifende Wässer sowie über Rohrmaterial, Mörtel und Boden in ihrem gegenseitigen Verhalten	138
Tabelle über die Wasserlöslichkeit einiger wichtiger chemischer Verbindungen (bei Zimmertemperatur)	177
Tafel der Grenzwerte für Mineralwasser	178
Sachverzeichnis	180

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 Ergebnisse 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 für den gewünschten Zweck geeignet, oder ob es 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 Prüfungen an der geschöpften Wasserprobe sogleich vornehmen und einleiten zu können, wenn die gefundenen Resultate später für die Beurteilung Wert haben sollen. Es war in- folgedessen wichtig, die in Frage kommenden Prüfungsverfahren 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 Untersuchung an Ort und Stelle im Laboratorium später nachzuprüfen.

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 Krankheiten¹⁾ in erster Linie Cholera und Typhus übertragen werden. Da die Erreger dieser Krankheiten hauptsächlich mit den menschlichen Entleerungen ausgeschieden werden, können sie bei hygienisch nicht einwandfreien Wassergewinnungsanlagen, 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 möglich. Ähnlich verhält es sich auch, wenn Eier²⁾ 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

¹⁾ R. Abel, Bakteriologisches Taschenbuch. 23. Aufl. Leipzig 1920. S. 129. C. Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie. 6. Aufl. Leipzig 1906. S. 279. L. Heim, Lehrbuch der Bakteriologie. 5. Aufl. Stuttgart 1918. S. 550. A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 2. W. Kruse, Wasserversorgung in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 1. Abtlg. 1. Leipzig 1919. S. 166. W. Prausnitz, Grundzüge der Hygiene. 10. Aufl. München 1916. S. 181. O. Spitta, Grundriß der Hygiene. Berlin 1920. S. 391.

²⁾ Vgl. bei R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911. S. 12. J. Wilhelm, Kompendium der biologischen Beurteilung des Wassers. Jena 1915. S. 50.

ist. Auf dem Lande namentlich lassen die Wasserversorgungsverhältnisse¹⁾ nicht selten noch viel zu wünschen übrig. Wenn Brunnen in der Nähe von Abortgruben und Dungstätten liegen und, wie oft, mangelhaft abgedeckt sind, ist das Trinkwasser häufig merklich verunreinigt. Zeigt die örtliche Besichtigung schon ohne weiteres die nachteilige Beeinflussung eines Trinkwassers²⁾ durch mensch-

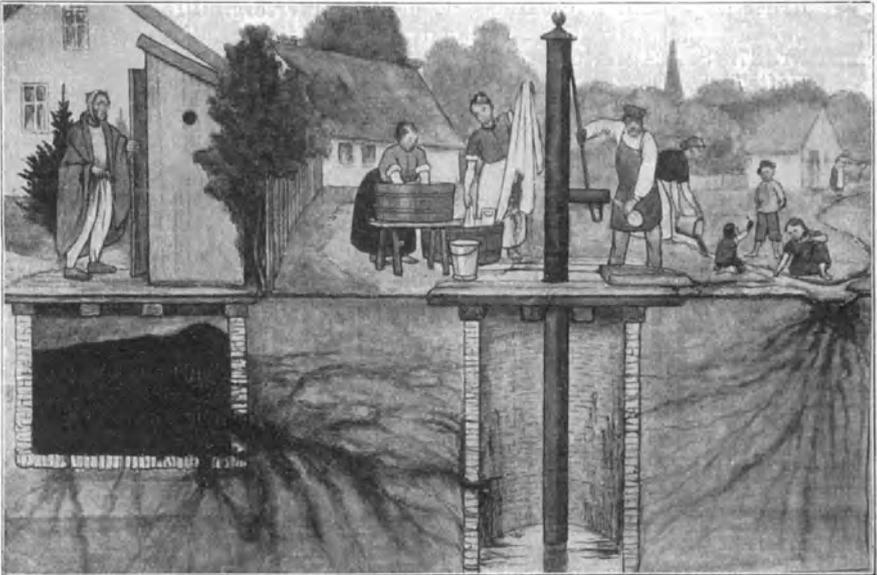


Abb. 1. Verunreinigung eines Kesselbrunnens.

liche oder tierische Abgänge an, so erübrigt sich in der Mehrzahl der Fälle eine eingehendere Untersuchung solchen Wassers.

Über die durchschnittlichen hygienischen Mindestforderungen für Einzelbrunnen nach einer Reihe von den in Deutschland erlassenen Brunnenordnungen vgl. die schematische Darstellung der im Reichsgesundheitsamt angefertigten Zeichnung. Diese findet sich auch abgebildet in dem Buche von O. Spitta, Grundriß der Hygiene. Berlin 1920. S. 393.

¹⁾ Vgl. die Jahresberichte über das Gesundheitswesen des Preussischen Staates, bearbeitet in der Medizinalabteilung des Ministeriums für Volkswohlfahrt zu Berlin 1909–1918.

²⁾ Vgl. K. Schreiber, Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1908. Heft 1 und H. Klut, Hyg. Rundschau 1920. Nr. 17.

Über die etwaige Gefährdung einer Trinkwasserversorgung durch Gifte¹⁾, wie z. B. durch Arsenik, Barium, Zyankalium, Pikrinsäure usw. finden sich nähere Angaben bei F. Fischer, *Das Wasser*. Leipzig 1914. S. 29; A. Gärtner, *Die Hygiene des Wassers*. Braunschweig 1915. S. 31 u. 914; L. Grünhut, *Trinkwasser und Tafelwasser*. Leipzig 1920. S. 382 u. 557; H. Klut, *Hyg. Rundschau* 1920. Nr. 17. S. 518; H. Stooff, ebenda 1920. Nr. 20. S. 613; ferner im *Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg.* 1914. Nr. 40. S. 911 u. 1915. Nr. 25. S. 344; in der Zeitschrift „*Das Wasser*“ 1914. Nr. 27. S. 724; im *Sammelblatt Wasser u. Abwasser* 1915. Bd. 9. Heft 7. S. 198, 222 u. 223. Im allgemeinen kann man sagen, daß Trinkwasser in großen Behältern durch Einbringen von Giften nur schwer zu einer Gefahr für die angeschlossenen Verbraucher gemacht werden kann.

Hinsichtlich der hygienisch einwandfreien Einrichtung von kleinen sowie großen Wasserversorgungsanlagen sei u. a. auf die nachstehenden Schriften verwiesen:

- R. Abel, *Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung*. Berlin 1911.
 F. M. Behr, *Über Trinkwasserbeschaffung im Felde*. Leipzig 1916.
 H. Bunte, *Das Wasser*. Braunschweig 1918.
 Christian, *Trinkwasserversorgung im Felde*. „*Das Wasser*“ 1915. Bd. 11, 9.
 E. v. Esmarch, *Hygienisches Taschenbuch*. 4. Aufl. Berlin 1908.
 Finger, *Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade*. *Klin. Jahrb.* Bd. 19. Jena 1908.
 C. Flügge, *Grundriß der Hygiene*. 9. Aufl. Leipzig 1921.
 R. Fried, *Die Wasserversorgung der Ortschaften, besonders für Feuerlöschzwecke*. München 1903.
 Fromme, *Über Wasserbeurteilung im Felde*. *Münch. med. Wochenschr.* 1918. Nr. 31.
 A. Gärtner, *Leitfaden der Hygiene*. 7. u. 8. Aufl. Berlin 1920 u. *Die Hygiene des Wassers*. Braunschweig 1915.
 E. Götze u. W. Kruse, *Wasserversorgung in Weyls Handbuch der Hygiene*. 2. Aufl. Bd. 1. Abtlg. 1. Leipzig 1919.
 C. Günther, *Wasser und Wasserversorgung in A. Eulenburgs Real-Enzyklopädie der gesamten Heilkunde*. 4. Aufl. Berlin u. Wien 1914.

¹⁾ Über Nachweis und Bestimmung von Giften und seltenen Stoffen u. a. auch im Wasser finden sich nähere Angaben u. a. in folgenden Büchern: W. Autenrieth, *Die Auffindung der Gifte*. 4. Aufl. Tübingen 1909. C. R. Fresenius, *Anleitung zur qualitativen und quantitativen chemischen Analyse*. 4. u. 6. Aufl. Braunschweig 1910. L. Grünhut, *Untersuchung von Mineralwasser in J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel*. 4. Aufl. Bd. 3. Teil 3. Berlin 1918. R. Kobert, *Lehrbuch der Intoxikationen*. 2. Aufl. Stuttgart 1906 u. *Kompendium der praktischen Toxikologie*. 5. Aufl. Stuttgart 1912. E. Mannheim, *Toxikologische Chemie*. 2. Aufl. Berlin u. Leipzig 1917. F. P. Treadwell, *Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie*. Bd. 1 u. 2. 7. u. 8. Aufl. Leipzig u. Wien 1914—1917.

- R. Hilgermann, Grundsätze für Wasserversorgungsanlagen. Jena 1918.
 Kißkalt, Brunnenhygiene. Leipzig 1916.
 L. Kroeber, Anleitung zur Untersuchung des Trinkwassers unter besonderer Berücksichtigung der Brunnenhygiene. München 1919.
 H. Kühl, Die hygienische Bedeutung guter Brunnen. Techn. Gemeindeblatt 1915/16. S. 265. Bd. 18.
 W. Lösenner, Die Trinkwasserversorgung der Truppe. Berlin 1909.
 Messerschmidt, Die Wasserversorgung der Truppe im Kriege. Arch. f. Hyg. 1919. Bd. 88. Heft 3.
 F. Nikolai, Über die Wasserversorgung mittels Zisternen. Arch. f. Hyg. 1917. Bd. 86. S. 318.
 K. Opitz, Brunnenhygiene. Berlin 1910.
 W. Pengel, Der praktische Brunnenbauer. 2. Aufl. Berlin 1914.
 W. Prausnitz, Grundzüge der Hygiene. 10. Aufl. München 1916.
 E. Prinz, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1919.
 H. Salomon, Hygiene der Wasserversorgung in R. Abels Handbuch der praktischen Hygiene. Bd. 1. Jena 1913.
 A. Schacht, Die Einzelhaus-Wasserversorgung. Berlin 1914.
 Th. Schenkel, Die Klein-Wasserversorgung. Wien u. Leipzig 1914.
 H. Selter, Trinkwasserversorgung im Felde. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1918. Bd. 85. S. 323.
 O. Smreker, Die Wasserversorgung der Städte. 5. Aufl. Leipzig u. Berlin 1914. Aus dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 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 u. Grundriß der Hygiene. Berlin 1920.
 G. Thiem, Keimfreies Wasser fürs Heer. Leipzig 1916.
 Th. Weyl, Die Betriebsführung von Wasserwerken. Leipzig 1909.
 R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Leipzig 1914/15.
 — Wasserversorgung der Ortschaften. Göschen. Berlin u. Leipzig 1921.
 Witte, Die Trinkwasseruntersuchung im Felde. Berlin 1917.

Über die

Entnahme von Wasserproben

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

„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 Korke, 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 Kesselbrunnen¹⁾ 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 Wassermenge abgepumpt worden, so kann die Zeitdauer des oben geforderten Abpumpens entsprechend beschränkt werden.

Bei Wasserleitungen muß man das Wasser unmittelbar vor der Entnahme mindestens 20 Minuten lang ablaufen lassen.

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 ausgeführt worden. Man vgl. hierüber beispielsweise nur einmal die vielen Abbildungen in den Preislisten der verschiedenen Firmen. Beim Abschnitt „Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes“

¹⁾ 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. vgl. 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.

Weitere Angaben über Entnahme von Wasserproben vgl. bei Saller im obengenannten Journal 1919. Nr. 25. S. 343 u. L. Schwarz, Die gesunde Stadt (Gesundheit) 1920. Bd. 45. S. 92.

sind mehrere recht brauchbare Apparate beschrieben. Von den vielen sei nebenstehend eine Vorrichtung für Wasserprobe-Entnahme zur chemischen Untersuchung nach Heyroth¹⁾ abgebildet (Abb. 2). Er besteht aus einem Drahtkorb mit Deckel zur Aufnahme der Flaschen für Wasserproben: Innen ist er mit Gummipolster versehen und zur Überwindung des Auftriebes beim Versenken im Wasser besitzt er einen Bleiboden. Zur Befestigung der zum Versenken vorgesehenen Schnur dient ein Karabinerhaken. Um aus beliebigen Wassertiefen Proben entnehmen zu können, ist auf dem Deckel ein Federventil angebracht, das den Flaschenhals verschließt und



Abb. 2. Wasserentnahmeapparat nach Heyroth.



Abb. 3. Glasflasche für Wasserproben.



Abb. 4. Sicherheitsverschluss.

durch Zug an einer zweiten Schnur von oben geöffnet werden kann, sobald sich der Flaschenhals in der gewünschten Entnahmetiefe befindet.

Zur Aufnahme der Wasserproben verwendet die Anstalt meist viereckige Flaschen mit eingeschlifftem Glasstopfen und 1,5 l Inhalt, mit Nummern auf Stopfen und Flasche. Eine Seite des Gefäßes ist matt abgeschliffen für Bleistiftangaben (Abb. 3).

Als Sicherheits-Verschluss dient eine federnde Metallklammer zum Festhalten des Glasstöpsels (Abb. 4).

Zur Aufnahme der entnommenen Wasserproben verwendet die Anstalt den nebenstehend abgebildeten Kasten, der völlig aus

¹⁾ A. Heyroth, Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamt. Bd. 7. 1891. S. 384.

Metall hergestellt und innen zur sicheren Beförderung der Glasgefäße mit einer starken Filzauskleidung versehen ist (Abb. 5).

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.

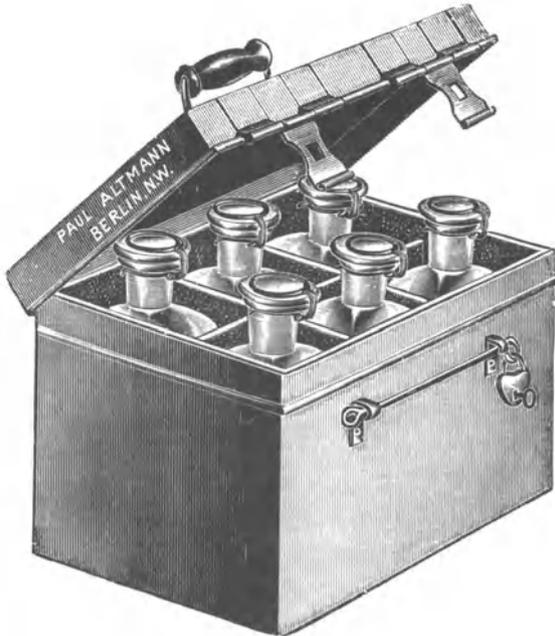


Abb. 5. Versandkasten für Wasserproben.

Der abgebildete „Wasserkasten“ (vgl. Abb. 6) enthält die Apparate nebst Reagenzien in flüssiger Form zur physikalischen und chemischen Vorprüfung eines Wassers an Ort und Stelle. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung erhält man in vielen Fällen schon ausreichende Anhaltspunkte über die Beschaffenheit und Brauchbarkeit eines Wassers.

Der Wasseruntersuchungskasten ebenso wie die anderen erwähnten Apparate sind durch die Firma Paul Altmann, Berlin NW 6, Luisenstr. 47, erhältlich.

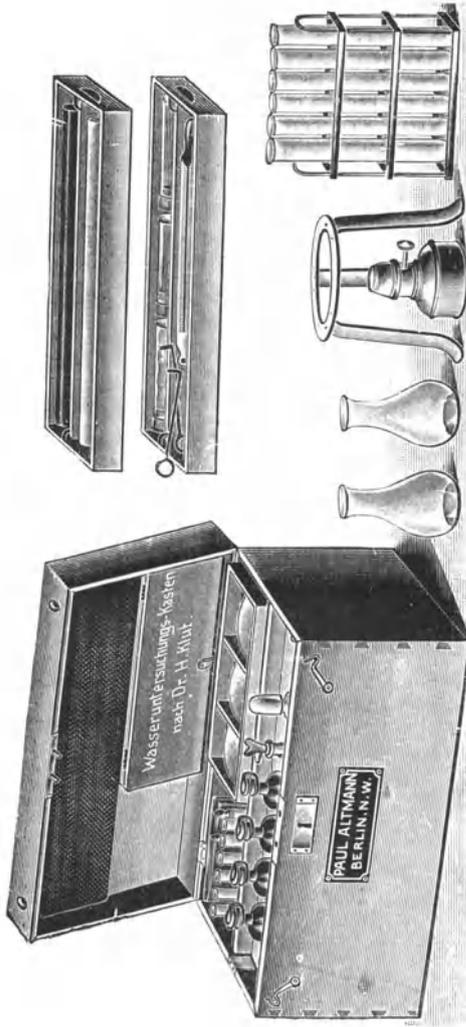


Abb. 6. Wasseruntersuchungskasten nach Klut.

Untersuchung des Wassers ¹⁾ an Ort und Stelle.

Reihenfolge der Untersuchungen.

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

- Bestimmung der Temperatur,
- „ „ Klarheit und Durchsichtigkeit,
- „ „ Farbe (auch als Nachweis der organischen Stoffe),
- „ des Geruches,
- „ „ Geschmacks,
- Prüfung auf salpetrige Säure,
- „ „ Salpetersäure,
- „ „ Ammoniak,
- „ „ Reaktion,
- Einleitung der bakteriologischen Untersuchung.
- Prüfung auf Eisen,
- „ „ Kohlensäure und ihre Bestimmung,
- Bestimmung des gelösten Luftsauerstoffes,
- In gewissen Fällen noch:
- Bestimmung der Chloride,
- „ „ Härte,
- Prüfung auf Blei,

¹⁾ Nachstehend seien außer den bereits mitgeteilten noch einige ausführlichere, neuere Werke über Untersuchung von Wasser angegeben: A. Beythien, C. Hartwich u. M. Klimmer, Handbuch der Nahrungsmitteluntersuchung. Bd. 1. „Wasser“. Leipzig 1913.

Bujard-Baiers Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker. 4. Aufl. Berlin 1920.
Dost-Hilgermann, Grundlinien für die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. 2. Aufl. Jena 1919.

F. Elsner, Die Praxis des Chemikers. 8. Aufl. Hamburg u. Leipzig 1907.
O. Emmerling, Praktikum der chemischen, biologischen und bakteriologischen Wasseruntersuchung. Berlin 1914.

L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920.

J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin 1911 u. Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Aufl. Bd. 3. Teil 3. Berlin 1919.

W. Ohlmüller u. O. Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 4. Aufl. Berlin 1921.

B. Proskauer u. P. Borinski in H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918.

E. Schmidt, Ausführliches Lehrbuch der pharmazeutischen Chemie. Bd. 1. 6. Aufl. Braunschweig 1919.

J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. S. 1915.

L. W. Winkler, Trink- und Brauchwasser in G. Lunge u. E. Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. Bd. 2. 6. Aufl. Berlin 1919.

Mikroskopische Prüfung und Probenahme für die biologische
 Untersuchung,
 Prüfung auf Mangan,
 Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit,
 „ der Radioaktivität,
 Untersuchung mit dem Interferometer.

Temperaturbestimmung.

Die Temperatur eines Trinkwassers liegt, wenn es ein Genußmittel sein soll, am besten zwischen 7° und 11° C¹⁾. Nur reines kühles Wasser ist wohlschmeckend und erfrischend²⁾. Doch wird von den meisten Menschen auch Wasser mit einer Temperatur zwischen 5° und 7° und 12° und 15° C noch nicht unangenehm empfunden. Dagegen erfrischen Wässer mit höheren Wärmegraden nicht mehr, und es ist dies ein Hindernis für ihre Verwendung³⁾. Trinkwässer unter 5° C sind für viele Menschen geradezu gesundheitsschädlich⁴⁾.

Kaltes Wasser ist auch nachteilig beim Trinken des Viehes, z. B. wird beim Rindvieh die Milcherzeugung⁵⁾ hierdurch ungünstig beeinflusst.

Die Ermittlung der Temperatur eines Wassers gibt häufig wertvolle Aufschlüsse über seine Herkunft. Grund- und Quellwässer haben eine gleichmäßige, von den Jahreszeiten wenig beeinflusste Temperatur. Auffällig hohe oder niedere Temperaturen sind oft ein Anzeichen dafür, daß das Wasser aus geringer Tiefe unter der Oberfläche stammt und somit vielleicht eine ungenügende Filtration im Boden erfahren hat. Darauf bezieht sich auch der Ministerial-Erlaß vom 23. April 1907, betr. Leitsätze für die Beschaffung hygienisch einwandfreien Wassers⁶⁾, in welchem es in § 6 heißt: „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.“

Nach E. Prinz⁷⁾ und R. Weyrauch⁸⁾ sind für die Temperatur des unterirdischen Wassers von ausschlaggebender Bedeutung: Die Herkunft des Wassers, die geologische Beschaffenheit und

¹⁾ A. Gärtner, Leitfaden der Hygiene. 7. u. 8. Aufl. Berlin 1920. S. 59.

²⁾ W. Kruse, in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 1. Abtlg. I. Wasserversorgung. Leipzig 1919. S. 243.

³⁾ K. B. Lehmann, Die Methode der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901. S. 236.

⁴⁾ M. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig u. Wien 1907. S. 352.

⁵⁾ Vgl. Wasserwirtschaftl. Rundschau 1915. S. 49.

⁶⁾ Vgl. R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911. S. 15 u. 56.

⁷⁾ E. Prinz, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1919. S. 240.

⁸⁾ R. Weyrauch, Wasserversorgung der Ortschaften. 3. Aufl. Berlin u. Leipzig 1921. S. 17 u. 34.

Mächtigkeit des Wasserträgers, und zwar sowohl in lotrechter als auch in wagrechter Richtung, die Überlagerung des Grund-Wasserspiegels, die Geschwindigkeit der Wasserbewegung, die Nachbarschaft von Oberflächenwasser, die Höhenlage gegen den Meeresspiegel und die geographische Breite.

Über den Einfluß der Fortleitung des Wassers auf seinen Wärme-grad vgl. die näheren Angaben bei L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920. S. 481.

Über die Bewertung der Temperatur bei Versorgung mit Oberflächenwasser vgl. die Ausführungen von E. Götze in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Leipzig 1919. Bd. 1. Abtlg. 1. Wasserversorgung. S. 24.

Messung der Temperatur. Da, wie bereits erwähnt, die Temperatur nicht selten Auskunft zu geben vermag über die Herkunft des Wassers und darüber, ob das Wasser nachteiligen äußeren Einflüssen¹⁾ ausgesetzt ist, so sind Temperaturmessungen von großem Wert. Alle dazu dienenden Thermometer sollten deshalb stets vor ihrem Gebrauch auf ihre Genauigkeit geprüft²⁾ werden. Am einfachsten geschieht dies durch einen Vergleich mit einem Normalthermometer. Man benutze, wenn irgend möglich, zur Temperaturbestimmung Thermometer aus Jenaer Normalglas, da dieses im Laufe der Zeit seinen Null- und Siedepunkt nicht oder kaum verändert. Für praktische Zwecke genügen meist Thermometer, die halbe Grade anzeigen, für genauere Untersuchungen solche mit Einteilung in zehntel Graden. Maximum- und Minimumthermometer sind für Wärmemessungen auch recht geeignet. Für fortlaufende Messungen verwendet man am besten selbstregistrierende Thermometer.

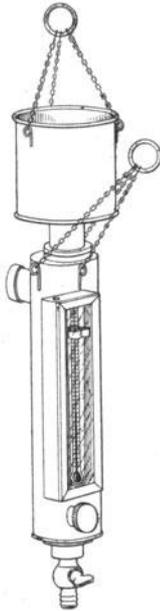


Abb. 7.
Schöpfthermo-
meter nach
K. Thumm.

Zur Bestimmung der Temperatur bei Brunnen- oder Leitungswässern hält man das Thermometer in das fließende Wasser und beobachtet so lange, bis eine Veränderung der Temperatur nicht mehr stattfindet. Bei einem Oberflächenwasser nimmt man für die Temperaturbestimmung zweckmäßig eine große Probe (z. B. einen Eimer voll), taucht das Thermometer ganz in das Wasser und beobachtet bis zum gleichmäßigen Stand. Zum Vergleich mißt man in allen Fällen auch noch die bei der Entnahme der Wasserprobe herrschende Lufttemperatur.

¹⁾ Vgl. A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 41 u. 443.

²⁾ Über die Prüfung der Thermometer s. u. a. bei E. Warburg, Lehrbuch der Experimentalphysik. 12. u. 13. Aufl. Tübingen 1912. S. 137.

Fehlerhaft ist es, wenn die Temperatur außerhalb des fließenden Wassers abgelesen wird, da hierdurch besonders bei windigem Wetter die Bestimmung ungenau wird.

Für genauere Bestimmungen von Grund- und Oberflächenwässern hat K. Thum¹⁾ nach seinen Angaben von der Firma Paul Altmann, Berlin NW 6, ein auf dem Durchflußgrundsatz beruhendes Schöpftthermometer herstellen lassen, das besonders bei umfassenderen Untersuchungen recht zu empfehlen ist. Nebenstehende Abbildung 7 zeigt ein solches Schöpftthermometer, bei dem das Wasser das Thermometer ganz umspült (Vorderansicht).

Klarheit und Durchsichtigkeit.

Trinkwasser soll klar und durchsichtig sein. Schwebestoffe dürfen nicht oder nur in äußerst geringer Menge darin enthalten sein. Selbst leicht getrübbte Wässer stören schon beim Genuß. Der Laie hält vielfach trübes Wasser für gesundheitsschädlich. Wenngleich die ungelösten Bestandteile häufig keine gesundheitlichen Schädigungen bedingen, z. B. Sand-, Lehm-, Tonpartikelchen, Eisenhydroxyd, Karbonate usw., so machen sie doch ein solches Wasser zum mindesten unappetitlich. Bei neuen Fassungsanlagen muß deshalb die Entsandung stets so weit getrieben werden, daß das geförderte Wasser klar und durchsichtig ist. 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 Anzeichen der Verunreinigung des fraglichen Wassers durch äußere Einflüsse, zurückgebliebene Verschmutzungen vom Bau des Brunnens — schlechte Brunnenabdeckung²⁾, Nähe von Wohnstätten usw. — sind.

In dem gemeinsamen Erlaß des Ministers der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten sowie des Innern vom 23. April 1907, betr. die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Trinkwassers 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

¹⁾ K. Thum m, Über Schöpftthermometer und über die Messung der Wassertemperatur überhaupt. Hyg. Rundschau 1916. Nr. 8. S. 237.

²⁾ Sehr lehrreich sind die verschiedenen Abbildungen über schlechte Brunnenabdeckungen in dem kleinen Buche von Kießkalt, Brunnenhygiene. Leipzig 1916.

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 Eisenoxydhydrat¹⁾. 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 Versand und bei der späteren Prüfung durch biologische Vorgänge²⁾ usw. bereits Veränderungen eingetreten sein können.

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 teilweise Dunkelfeldbeleuchtung schaffen und auf diese Weise eine feinere Untersuchung der ungelösten Bestandteile ermöglichen. Bei Zuhilfenahme einer Lupe für diese Zwecke empfiehlt sich eine 10 bis 15malige Vergrößerung.

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 Fluß³⁾ — ziemlich viele Schwebestoffe, und soll seine Durchsichtigkeit⁴⁾ gemessen werden, so wird am besten das unfiltrierte, gut durchgeschüttelte Wasser in einen mit ebenem Boden versehenen aus farblosem Glase hergestellten, mit Zentimetreinteilung und seitlichem, verschließbarem Bodenabflußrohr ausgestatteten Zylinder — Durchsichtigkeits-

¹⁾ 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.

²⁾ Vgl. u. a. bei W. Kruse in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 1. Abtlg. 1. „Wasserversorgung“. Leipzig 1919. S. 245.

³⁾ Eine gewisse Trübung, meist durch tonige und erdige Beimengungen, hat jedes Flußwasser — vgl. u. a. E. Götze in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 1. Abtlg. 1. „Wasserversorgung“. Leipzig 1919. S. 15.

⁴⁾ Vgl. a. N. P. Marasujeff, Über die Bestimmung des Durchsichtigkeitsgrades von Trink- und Gebrauchswässern. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1914. Bd. 27. S. 798.

zylinder (Abb. 8) gegossen, und der letztere über die beigegebene Snellensche Schriftprobe¹⁾ Nr. I

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

gehalten. Durch Öffnen des Verschlusses des Abflußrohres läßt man schnell so lange Wasser abfließen, bis man die einzelnen Buchstaben und Zahlen 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 ungelöster Bestandteile an den Wandungen und am Boden des Gefäßes möglichst zu vermeiden.

Um die Durchsichtigkeit²⁾ bei Oberflächenwässern zu bestimmen, genügt oftmals für die Praxis folgende einfache Methode:

Man versenkt eine reine weiße Scheibe (Abb. 9), am besten aus Porzellan, in das Wasser. Diejenige Tiefe, gemessen von der Wasseroberfläche an, bei der die Scheibe eben für das Auge verschwindet, ist der Maßstab für die Durchsichtigkeit. Bei starker Wellenbewegung unterbleibt diese Art der Bestimmung besser, falls man nicht für diese Untersuchung mit einem Wassergucker³⁾ (Abb. 10) ausgerüstet ist.

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

²⁾ Vgl. Kurpjuweit, Über die Durchsichtigkeitsbestimmung von Vorflutern mit Hilfe einer Scheibe. Offiz. Bericht über die 26. Hauptversammlung d. Preuß. Medizinalbeamten-Vereins. Berlin 1910. S. 80.

³⁾ Vgl. R. Kolkwitz, Biologische Probeentnahme- u. Untersuchungsinstrumente. Mitt. a. d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. Berlin 1907. Heft 9. S. 111. Ferner Pflanzenphysiologie. Jena 1914. Taf. X.

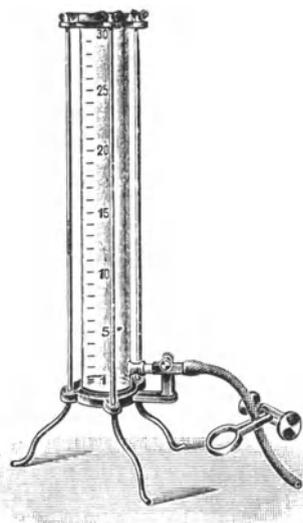


Abb. 8. Durchsichtigkeitszylinder.

Um hier einige Werte zu nennen, sei bemerkt, daß die Scheibe bei stärkerer 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.

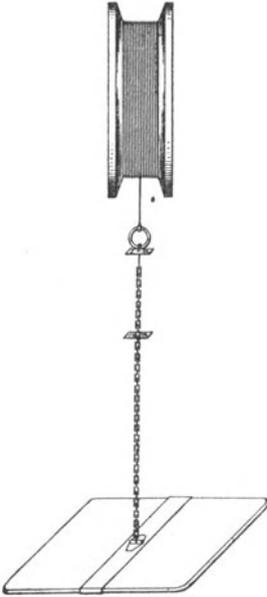


Abb. 9. Sichtscheibe.

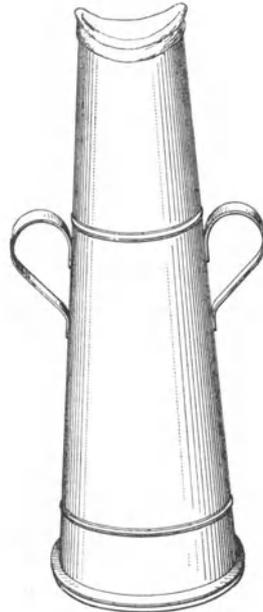


Abb. 10. Wassergucker.

Für genaue Bestimmungen der Klarheit von Wässern ist das von J. König-Münster i. W. vorgeschlagene Diaphanometer¹⁾ 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.

¹⁾ Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1904. Bd. 7. S. 129 u. 587 und J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin 1911. S. 1018 und Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Aufl. Bd. 3. Teil 1. Berlin 1920. S. 131. Das Diaphanometer wird von dem optischen Institut A. Krüß in Hamburg angefertigt.

Von weiteren Verfahren zur genaueren Bestimmung des Durchsichtigkeits- oder Trübungsgrades von Wässern seien genannt:

Das Normal-Trübungsmaß des U. S. geological Survey Department¹⁾ von Allen Hazen und George C. Whipple, das auch bei uns in Deutschland viel benutzt wird. Bei dieser Bestimmung wird ein Maßstab in das zu prüfende Wasser eingetaucht, der an seinem unteren Ende einen Platinstift von 1 mm Stärke trägt. Die Tauchtiefe, bei der die Platinnadel für das Auge eben unsichtbar wird, gilt als Maß der Trübung. Die Einteilung geschieht nach bestimmten Trübungsgraden. Als Vergleichsflüssigkeit dient eine Aufschwemmung von reiner Kieselsäure in Wasser. Als „Einheit der Trübung“ gelten 100 Teile Kieselsäure (SiO_2) zu einer Million Teilen Wasser in feinsten Verteilung. Ausführlich ist dieses Verfahren unter Beigabe von Abbildungen und Zahlentafeln beschrieben bei A. Gärtner²⁾ und O. Spitta³⁾.

An Stelle der Kieselsäure hat man auch die durch das Mastixharz sich im Wasser bildende Trübung⁴⁾ als Vergleich vorgeschlagen.

Jacksons Kerzen-Trübungsmesser (Candle Turbidimeter) wird besonders in Amerika für stärkere Trübungen im Wasser benutzt. Die Vorrichtung besteht aus einem eingeteilten in eine Metallhülse eingeschlossenem Glaszylinder mit ebenem Boden. Unter dem Zylinder steht in einem Abstand von 7,6 cm eine Normalkerze. Von dem zu untersuchenden Wasser wird so lange in den Glaszylinder eingegossen, bis das Bild der Flamme beim Durchblicken von oben gerade verschwindet. Nähere Angaben über die Bestimmung des Trübungsgrades auf Grund von Zahlentafeln finden sich bei O. Spitta⁵⁾.

K. Kißkalt-Kiel⁶⁾ bringt das zu prüfende Wasser in eine 20 cm lange und 7 cm weite Glasröhre, die mit einem Metallmantel umgeben ist. Auf die oben offene und unten mit einer Glasplatte verschlossene Röhre läßt man Licht von bestimmter Stärke (am besten elektrisches Glühlicht) fallen, und zwar von oben durch die Wassersäule auf einen weißen Gegenstand. Die Ermittlung der Lichtstärke geschieht mit dem Weberschen Photometer. Die Prüfung geschieht in einem dunklen Raume.

¹⁾ Vgl. a. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1903. Bd. 6. S. 566 u. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1902. Nr. 38. S. 710.

²⁾ A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915, S. 52.

³⁾ Ohlmüller-Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 8.

⁴⁾ K. G. Dernby im Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1916. Nr. 51. S. 642.

⁵⁾ Ohlmüller-Spitta, a. a. O. S. 11.

⁶⁾ Kißkalt, Eine neue Methode zur Bestimmung der sichtbaren Verunreinigung von Fluß- und Abwasser. Hyg. Rundschau 1904. Nr. 21. S. 1036.

W. Mecklenburg und Valentiner¹⁾ benutzen zur Messung von Trübungen ein besonderes optisches Verfahren, bei dem der Grad der Trübung die Helligkeit des Tyndallstreifens bedingt. Das Tyndall-Phänomen²⁾ wird in der Flüssigkeit von einem eindringenden Lichtbündel erzeugt. Das „Tyndallmeter“ liefert die Firma Franz Schmidt und Haensch, Berlin S 42.

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 kommt. Die chemisch reinem Wasser eigene Farbe³⁾ ist in 5 m hoher Schicht rein himmelblau. Oberflächengewasser⁴⁾ 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. Ein durch natürliche Beeinflussung gefärbtes Wasser, z. B. aus Mooregenden, ist zwar an sich gesundheitlich unbedenklich, regt jedoch zum Genusse nicht gerade an⁵⁾.

In dem bereits erwähnten 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 Trinkwassers 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.“

¹⁾ Mecklenburg u. Valentiner, Ein Apparat zur Messung von Trübungen (Tyndallmeter). Zeitschr. f. Instrumentenk. 1914. S. 209.

²⁾ Über das Tyndall-Phänomen s. bei R. Zsigmondy, Kolloidchemie. 2. Aufl. Leipzig 1918. S. 17.

³⁾ Vgl. K. A. Hofmann, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 2. Aufl. Braunschweig 1919. S. 56; A. F. Holleman, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 21; E. Oettinger, Die Farbe des Wassers. Berlin 1919.

⁴⁾ Vgl. H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918. S. 166 u. 215; W. Halbfuß, Das Süßwasser der Erde. Leipzig 1914. S. 40; K. Mulsow, Die Farbe der Gewässer. Allg. Fischerei-Zeit. 1913. S. 194.

⁵⁾ Vgl. Finger, Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade. Klin. Jahrb. Bd. 19. Jena 1908; A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 47.

Da eine Färbung in einem ursprünglich farblosen Wasser auch nachträglich durch bestimmte Veränderungen wie beispielsweise Ausscheiden von Eisenhydroxyd erfolgen kann, so empfiehlt es sich, zur Erlangung einwandfreier Befunde 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 einfallenden, störenden Lichtstrahlen ist ein Überzug von schwarzem Papier, Lack oder Metallhülle 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 gleich großen, mit destilliertem Wasser gefüllten Zylinders bedienen. In den meisten Fällen wird man hierbei eine Färbung des Wassers beobachten können.

Wasser, das durch ungelöste Stoffe, wie Sand-, Ton- und Lehm-partikelchen usw. gefärbt erscheint, wie man es oft bei neuen Bohrburten beobachtet, muß vorher filtriert werden.

Zur genaueren kolorimetrischen Bestimmung der Farbe eines Wassers sind eine Reihe von Verfahren¹⁾ bekannt. Meist wird die Färbung durch Huminstoffe bedingt (Moorwässer). Der Farbenton solcher Wässer ist je nach der Menge dieser Stoffe gelblich bis gelbbraun; er hat dann viel Ähnlichkeit mit der Farbe verdünnter Karamellösungen, weshalb man diesen Farbstoff als Vergleichsflüssigkeit zur annähernden Bestimmung der Färbung²⁾ eines Wassers besonders früher oft benutzt hat.

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, falls trübe, zu filtrierende Wasser bringt man in den oben beschriebenen Zylinder bis zu einer Höhe von 40 cm. In dem zweiten gleich großen Zylinder wird zu dem

¹⁾ Eine nähere Beschreibung der verschiedenen Verfahren findet man bei J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- u. Genußmittel. Bd. 3. Teil 1. 4. Aufl. Berlin 1920. S. 135 u. bei G. u. H. Krüss, Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse. Hamburg u. Leipzig. 2. Aufl. 1909.

²⁾ Vgl. a. Ohlmüller-Spitta, Wasser und Abwasser. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 12.

destillierten Wasser so lange — ebenfalls in 40 cm Höhe — vorsichtig von der Karamelllösung kubikzentimeterweise zugesetzt, bis beide Farbtöne gleich oder fast gleich sind. Die angewandte Menge Farblösung gibt den Grad der Färbung des betreffenden Wassers an (Verfahren nach Kubel-Tiemann).

In Amerika bedient man sich zur Farbenbestimmung 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 1,01 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 im Liter. (Platin-Kobalt-Verfahren nach Allan Hazen und Whipple.)

An Ort und Stelle der Wasserentnahme verwendet man statt dieser Lösungen zweckmäßig Kobalt-Kaliumplatinchloridglasplatten¹⁾, die entsprechend gefärbt sind und als Verschuß am Ende einer Aluminiumröhre angebracht werden, so daß sie mit einer in einem 20 cm hohen Aluminiumröhre untergebrachten Schicht des zu prüfenden Wassers verglichen werden können. Mit diesem Apparat hat man fast durchweg günstige Ergebnisse erhalten.

Für die Bestimmung der Farbe von Oberflächenwässern versenkt man gleichfalls, wie bei der Bestimmung der Klarheit angeben, eine weiße Scheibe. Dabei wird es im allgemeinen genügen, wenn diese einige Dezimeter bis einige Meter 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 Angabe des Farbtönen ist nur erreichbar durch Vergleichung mit bestimmt getönten Flüssigkeiten oder Glasscheiben²⁾.

Mit Hilfe des von J. König-Münster vorgeschlagenen Diaphanometers läßt sich auch die Farbe der Wasser sehr genau feststellen. Der Apparat kann als Kolorimeter für Farbstofflösungen verschiedenster Art benutzt werden³⁾.

¹⁾ Dieses Verfahren empfiehlt besonders A. Gärtner in seinem Handbuch der Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 56. Der Apparat wird von ihm unter Beigabe von Abbildungen genau beschrieben. Lieferant Paul Altmann, Berlin NW 6.

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 1920. S. 131.

Die Farbe des nicht getrübbten, natürlichen Wassers im durchfallenden Lichte ist blau, blaugrün, grün, gelb oder braun je nach dem Gehalte an färbenden organischen Stoffen. Durch die Vegetationsfarbe infolge Anwesenheit zahlreicher gefärbter Lebewesen kann die Eigenfarbe verdeckt werden, z. B. in „Blutseen“ durch *Euglena sanguinea*. Farbige Abbildungen, die die vorstehenden Darlegungen wiedergeben, finden sich bei R. Kolkwitz¹). In dieser Arbeit ist auch darauf hingewiesen, daß der Kaliumpermanganat-Verbrauch (Bestimmung der organischen Stoffe) in blauen Seen etwa 1—3 mg für 1 l beträgt; in großen grünen Seen 6—14 mg; in gelben Seen 30—40 mg und in braunen (moorigen) Seen meist über 50 mg KMnO_4 für 1 l.

Danach darf ein natürliches Oberflächenwasser, welches in einer größeren Flasche von etwa 1,5 l einen gelblichen Farbenton zeigt, nicht viel weniger als etwa 14 mg KMnO_4 für 1 l zur Oxydation der organischen Stoffe verbrauchen.

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

Nachweis der organischen Stoffe.

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 Stoffe. Man drückt die Menge der organischen Stoffe in einem Wasser am besten durch Angabe der verbrauchten Milligramm Kaliumpermanganat für 1 l aus, oder auch, wie öfters üblich, als 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 unterschiedliche Mengen von Kaliumpermanganat reduziert²). Aus dem Ausfall der Kaliumpermanganatprobe lassen sich nur bedingt allgemeine Schlüsse auf die Menge der in einem Wasser vorhandenen organischen Stoffe

¹) 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. S. 184 u. Otto Freih. von und zu Aufseß, Die Farbe der Seen. Inaug.-Diss. München 1903; W. Bloch, Die Eigenfarbe des Wassers. „Das Wasser“ 1918. Nr. 17. S. 201.

²) Beispielsweise sind zur Oxydation von 1 g Fett und 1 g Zucker ganz verschiedene Mengen von Kaliumpermanganat erforderlich.

ziehen. Nach Tiemann-Gärtner¹⁾ läßt die Kaliumpermanganatmethode nur einen allgemeinen Rückschluß zu, da gleiche Gewichtsmengen verschiedener organischer und stickstoffhaltiger organischer Stoffe wechselnde Mengen von Kohlenstoff oder Kohlenstoff und Stickstoff enthalten. Dennoch ist diese Bestimmung bei der Wasseruntersuchung und Beurteilung von gewisser praktischer Bedeutung. Um vergleichbare Werte zu erhalten, hat man nach J. König²⁾

folgende Vereinbarung getroffen: 40 ccm $\frac{1}{100}$ Normal-Kaliumpermanganatlösung = 12 mg Kaliumpermanganat = 3 mg Sauerstoff = 63 mg organische Stoffe. Zu berücksichtigen³⁾ 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 ₄	
1 „ N ₂ O ₃	„ „ „	1,66	„ „	
1 „ H ₂ S	„ „ „	1,86	„ „	

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

Reine Trinkwässer haben für gewöhnlich einen Kaliumpermanganatverbrauch unter 12 mg KMnO₄ für 1 l. Verunreinigtes Wasser hat fast immer einen höheren Kaliumpermanganatverbrauch. Man darf aber nicht jedes Wasser mit viel organischen Stoffen ohne weiteres als verunreinigt ansehen, wie dies manchmal geschieht. Es gibt viele Trinkwässer, die hygienisch ganz einwandfrei sind und einen oft nicht unwesentlich höheren Kaliumpermanganatverbrauch⁴⁾ aufweisen, z. B. die der Grundwasserversorgung der Stadt Berlin. Die meisten Wässer aus moorigem Untergrunde usw. haben einen höheren Gehalt an organischen Stoffen, der nur selten eine gesundheitliche Bedeutung erlangt (Humussubstanzen). Letztere stellen schwer völlig zu oxydierende Verbindungen dar. Nach E. Wollny⁵⁾ enthalten die Humusstoffe dieselben Bestandteile wie die Pflanzen-

¹⁾ Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 4. Aufl. Braunschweig 1895. S. 4, 251 u. 754.

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

³⁾ Vgl. auch L. W. Winkler, Beitrag zur Bestimmung des Reduktionsvermögens natürlicher Wässer. Zeitschr. f. analyt. Chem. 1914. S. 561.

⁴⁾ Vgl. u. a. Finger, Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade. Klin. Jahrb. 1908. Bd. 19.

⁵⁾ 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; E. Ramann, Bodenkunde. 3. Aufl. Berlin 1918.

und Tierreste, aus denen sie entstanden sind, aber in einem teilweise anderen Mengenverhältnis, je nach dem Grade und den äußeren Ursachen 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 einer Gruppe veränderlicher und noch unzulänglich erforschter Zersetzungsgebilde besteht. Alle Bemühungen, die darauf gerichtet waren, aus dem Humus Verbindungen von stets gleicher Zusammensetzung zu gewinnen, müssen als mehr oder weniger verfehlt angesehen werden. Die aus dem Humus rein dargestellten Bestandteile wie Ulmin, Ulminsäure, Humin, Huminsäure¹⁾, Quellsäure, Quellsatzsäure usw. haben fast ausschließlich wissenschaftliche Bedeutung.

Sind Verunreinigungen des Grundwassers durch tierische und pflanzliche Stoffwechsel- oder Umsetzungsgebilde ausgeschlossen, so zeigt der Kaliumpermanganatverbrauch in der Mehrzahl der Fälle sog. Humusstoffe (Huminstoffe) an.

Bestimmte Reaktionen auf Humusstoffe²⁾ sind, wie auch nach vorstehendem anzunehmen ist, nicht bekannt, dürften auch wohl kaum bei der sehr verschiedenartigen Zusammensetzung dieser Verbindungen 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 Huminstoffe³⁾ im Wasser belanglos, stellen aber einen Schönheits-, zuweilen auch

¹⁾ Über Humussäuren (Huminsäuren) vgl. u. a. H. Stremme, Zeitschr. f. prakt. Geologie 1909. S. 353 u. 528; 1910. S. 389. R. Albert, diese Zeitschr. 1911. S. 72. Ferner A. Baumann, und E. Gully, Mitteil. d. Bayer. Moorkulturanstalt. Heft 4. 1910. S. 31. Ferner Wasser und Abwasser. 1914. Bd. 8. S. 480. Nr. 877 u. 1915. Bd. 9. S. 434. Nr. 806; S. Oden, Die Huminsäuren. Dresden 1919.

²⁾ Klut, Nachweis von Humussubstanzen im Wasser. Pharm.-Ztg. 1906. Nr. 51. S. 777; ferner ebenda 1920. Nr. 87. S. 854 u. Nr. 93. S. 909. — C. Blacher, Chem.-Ztg. 1910. Nr. 148.

³⁾ Gemeinsamer Erlaß der Minister der geistl. Unterrichts- u. Medizinalangelegenheiten u. des Innern v. 23. April 1907, betreffend die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Wassers, zu Nr. 7, Erläuterungen. Ministerialblatt f. Medizinal- u. medizin. Unterrichts-Angelegenh. 1907. Nr. 11. S. 169; u. A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers, Braunschweig 1915. S. 444.

einen Geschmacksfehler dar, der durch Filtration des Wassers wohl gebessert, aber nicht immer beseitigt werden kann.“ Nach Tie-mann-Gärtners Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer (4. Aufl., Braunschweig 1895) sind die Humussubstanzen nicht giftig; selbst Wässer, die verhältnismäßig größere Mengen davon enthalten, wirken, auch wenn sie andauernd genossen werden, nicht gesundheitsschädlich. Wässer mit größerem Gehalt an Huminstoffen beeinträchtigen das gute Aussehen und den Geschmack und sind daher, wenn angängig, als Genuß- und Gebrauchswasser zu vermeiden.

Für gewerbliche Zwecke, wie Bleicherei, Färberei, Papierherstellung usw. ist gelbes Wasser störend. Zu Kesselspeisezwecken sind Torf- und Moorwässer¹⁾ mit viel Huminstoffen nicht geeignet, da sie die Kessel stark angreifen.

Nach E. Prinz²⁾ sollte der Hydrologe von der Verwendung huminstoffreicher Wässer möglichst abraten, da solche meist technisch schwer zu entfarben sind.

Zur Entfärbung solcher Wässer werden häufig mit Erfolg Chemikalien, wie Aluminiumsulfat (z. B. in Hamburg, Neiß, Plauen, Bremen), Eisenverbindungen, Kaliumpermanganat (z. B. in Senftenberg-Lausitz), Ozon usw. verwendet. Nähere Angaben hierüber finden sich in nachstehendem Schriftennachweis:

- H. Bitter und E. Gotschlich, Über Anwendung chemischer Fällungsmittel bei der Sandfiltration, mit besonderer Berücksichtigung der amerikanischen Schnellfilter. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 59. Flügge-Band. 1908. S. 379.
- G. Erlwein, Trinkwasserreinigung durch Ozon in E. Abderhalden. Halle a. S. Fortschr. d. naturwissenschaftl. Forsch. Bd. 10. Heft 5. S. 157. Berlin u. Wien 1914.
- F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914. S. 137.
- A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 58, 542 u. 557.
- 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. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1915. Bd. 58. Nr. 13. S. 155.
- H. Klut, Wasserversorgung der Stadt Neisse. Mitteil. a. d. Landesanstalt f. Wasserhyg. Berlin 1916. Heft 21. S. 262.
- 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 u. 77.
- K. Lemberg, Trinkwasserreinigung durch Schnellsandfiltration. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1912. Bd. 55. S. 981.

¹⁾ Z. d. V. d. I. 1896. S. 609; ferner G. Frantz, Dampfkesselschäden. Kattowitz, O.-S., 1915. S. 68.

²⁾ E. Prinz, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1919. S. 245.

- F. Schütz, Die Reinigung von Flußwasser mit Ozon. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 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 Handb. d. Hyg. 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.
- R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. Leipzig 1916. 2. Aufl. Bd. 2. S. 3 u. 122.

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 allzustark verunreinigten Oberflächenwässern später im Laboratorium noch gut ausgeführt werden. Die erhaltenen Unterschiede 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 beim Versand kühl aufzubewahren sind, darf wohl als selbstverständlich angesehen werden.

Wässer mit einem höheren Gehalt an organischen Stoffen¹⁾ 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 Wässer mit einem Verbrauch von 14 mg KMnO_4 für 1 l aufwärts in dem bei dem Artikel Farbe angegebenen Glaszylinder — frisch geschöpft — schwach gelblich bis gelb, je nach dem KMnO_4 -Verbrauch²⁾, 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.

Bestimmung des Geruchs.

Zu den Anforderungen, die man an die hygienische Trinkwasseruntersuchung zu stellen hat, gehört auch die Geruchsbestimmung³⁾.

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

²⁾ Vgl. auch R. Kolkwitz, l. c., Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1910. Bd. 42. Heft 2 u. Pflanzenphysiologie 1914. S. 184.

³⁾ Vgl. H. Henning, Der Geruch. Leipzig 1916; L. Ruzicka, Die Grundlagen der Geruchschemie. Chem.-Ztg. 1920. Nr. 14 u. 19. S. 93 u. 129. — Nach A. Tschirch (Pharm. Ztg. 1921. Nr. 62. S. 654) ist der Geruch ein chemischer Sinnenreiz.

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. Jeder fremdartige Geruch macht ein Wasser meist 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 Tier- und Pflanzenwelt an diesem häufig ein dumpfiger, muffiger Geruch wahrgenommen werden. Auch durch Auslaugungsstoffe des umgebenden Erdreiches kann Wasser riechende Stoffe aufnehmen. Bei Oberflächenwässern¹⁾, wie Bächen, Flüssen, Seen usw. kann unangenehmer Geruch auf Verunreinigung durch menschliche Abfallstoffe, in Zersetzung befindliche Pflanzen und Tierreste, Teererzeugnisse, Petroleum, Chlor, Moder usw. hinweisen. Grundwässer mit verhältnismäßig viel organischen Stoffen — namentlich mit Huminverbindungen — lassen häufig einen eigenartigen moorigen Geruch erkennen. Stark eisenhaltige Wässer verraten sich ebenfalls häufig durch den Geruch. In Wässern aus tiefen Bodenschichten beobachtet man neben hohem Eisengehalt oft auch Schwefelwasserstoff²⁾, der, wie später noch gezeigt werden soll (vgl. Ammoniaknachweis), durch Umsetzung von Schwefeleisen und Kohlensäure entstehen kann. Bei Berührung eines solchen Wassers mit Luft verschwindet der Geruch in der Regel sehr schnell, da der Schwefelwasserstoff sich bei Sauerstoffzutritt leicht in elementaren Schwefel und Wasser verwandelt: $H_2S + O = S + H_2O$. Der Geruch nach diesem Gase ist für Enteisungsanlagen im allgemeinen kennzeichnend. Bei Flachbrunnen bemerkt man bisweilen einen deutlichen Geruch des Wassers nach Leuchtgas³⁾, der darauf zurückzuführen ist, daß die in der Nähe befindlichen Gasröhren nicht ganz dicht sind. Der chemische Nachweis dieser Verunreinigung ist sehr schwer zu erbringen, wie überhaupt flüchtige Stoffe im Wasser, abgesehen von der Geruchsprüfung, chemisch nur selten 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 diesem Wärmegrad läßt sich das Glasgefäß gerade noch mit der Hand halten. Man verwende nicht zu geringe Mengen

¹⁾ A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 65.

²⁾ Über das Vorkommen von Schwefelwasserstoff im Wasser vgl. bei E. Prinz, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1919. S. 246 u. 272; ferner R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Bd. 1. Leipzig 1914. S. 25.

³⁾ Vgl. a. A. Gärtner, a. a. O. S. 67 u. 444.

von dem zu untersuchenden Wasser. Tiemann-Gärtner¹⁾ 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. A. Gärtner²⁾ gießt zur Geruchsbestimmung aus der mit dem zu prüfenden Wasser angefüllten Glasflasche etwa ein Drittel aus, erwärmt, wenn nötig, auf 20 bis 40° C, schüttelt kräftig — 1 bis 2 Minuten lang — lüftet den Stopfen und riecht sogleich an der Flaschenöffnung. Um in schwefelwasserstoffhaltigen Wässern³⁾ gleichzeitig noch vielleicht vorhandene andere Gerüche erkennen zu können, muß man den Schwefelwasserstoff durch Hinzufügen einiger Kriställchen Kupfersulfat zu dem betreffenden Wasser entfernen, wobei Bildung von geruchlosem Schwefelkupfer vor sich geht. Bei empfindlichem Geruchsinn können manche Personen noch $\frac{1}{5000}$ mg H_2S riechen, aber die Schärfe des Geruchs schwankt bei verschiedenen Menschen in weiten Grenzen. Wir besitzen in der Geruchsprüfung 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 Lebewesen⁴⁾ zurückgeführt werden kann; so kann z. B. *Asterionella* zu einem fischigen, *Synura* zu einem nach frischen reifen Gurken⁵⁾ ähnlichen Geruche Veranlassung geben. Die Geruchsprüfung gibt in solchen Fällen wertvolle Fingerzeige für die mikroskopische Untersuchung.

Will man Schwefelwasserstoff chemisch nachweisen, so genügt für die Praxis gewöhnlich folgendes einfache 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 an⁶⁾. Noch empfindlicher gestaltet sich der Nachweis

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

²⁾ A. Gärtner, a. a. O. S. 68.

³⁾ 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.

⁴⁾ Vgl. auch R. Kolkwitz und F. Ehrlich, Chem.-biolog. Untersuchungen der Elbe u. Saale. Mitt. d. Prüfungsanst. f. Wasserversorg. usw. Heft 9. 1907. S. 22, 51 u. 107.

⁵⁾ R. Kolkwitz, Pflanzenphysiologie. Jena 1914. S. 144; ferner A. Gärtner, a. a. O. S. 66.

⁶⁾ Bildung von Schwefelblei.

durch Hinzufügen einer alkalischen Bleisalzlösung zu dem in Frage kommenden Wasser. In diesem Falle muß aber die Ausscheidung von Kalzium- und Magnesiumverbindungen verhindert, oder es müssen diese Stoffe aus dem Wasser vorher entfernt werden¹⁾.

Über den sehr empfindlichen Nachweis von Schwefelwasserstoff mit p-Amidodimethylanilin nach H. Caro und E. Fischer vgl. die näheren Angaben bei G. Fendler und W. Stüber in der Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1911. Bd. 22. S. 196.

Zur Bestimmung des Schwefelwasserstoffes im Wasser am Orte der Entnahme genügt im allgemeinen das kolorimetrische Verfahren von L. W. Winkler mit Natriumsulfid (Zeitschr. f. analyt. Chem. 1913. Bd. 52. S. 641).

In einigen Wässern besonders schwefelhaltiger Mineralquellen (namentlich Ungarns) findet sich mitunter in sehr geringer Menge Kohlenoxysulfid²⁾ oder Carbonylsulfid (COS). Zum Nachweise dieses Gases³⁾ benutzt man alkalische Bleilösung und auch Palladochlorid. Der Geruch des Kohlenoxysulfides erinnert etwas an den aromatischen Geruch der Harze und teilweise an Schwefelwasserstoff. Nach einigem Stehen einer solchen Wasserprobe spaltet sich das Kohlenoxysulfid⁴⁾ in Schwefelwasserstoff und Kohlensäure. $\text{COS} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$.

Die Beseitigung des Geruches aus Wässern ist, vom Schwefelwasserstoff abgesehen, der sich durch Belüften des Wassers leicht entfernen läßt, meist schwer. Nicht selten sind dazu neben Filtration des Wassers chemische Mittel, wie z. B. Aluminiumsulfat, Chlor, Kaliumpermanganat, Kupfersulfat, Ozon, Kohle erforderlich. Nähere Angaben hierüber findet man bei A. Gärtner a. a. O. S. 69.

Prüfung des Geschmackes.

Daß ein zu Genußzwecken dienendes Wasser frei von jedem unangenehmen Beigeschmack⁵⁾ sein muß, darf wohl als selbstver-

¹⁾ Vgl. Tiemann-Gärtners Handbuch a. a. O. S. 49.

²⁾ E. Hintz u. L. Grünhut im Handbuch der Balneologie, Medizinischen Klimatologie u. Balneographie von Dietrich u. Kaminer. Leipzig 1919. Bd. 1. S. 328; ferner E. Schmidt, Ausführl. Lehrbuch der pharm. Chemie. 6. Aufl. Bd. 1. Braunschweig 1919. S. 575.

³⁾ L. Grünhut, Untersuchung von Mineralwasser in J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Aufl. Bd. 3. 3. Teil. Berlin 1918. S. 621; ferner Chem.-Ztg. 1914. S. 1073 u. 1123.

⁴⁾ K. A. Hofmann, Lehrbuch der anorg. Chem. 2. Aufl. Braunschweig 1919. S. 320.

⁵⁾ Vgl. den Erlaß v. 23. April 1907, betr. die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Wassers. Ministerialblatt f. Medizinal- u. medizinische Unterrichtsangelegenheiten. Bd. 7. 1907. Nr. 11. S. 158. — Über die Anwendung etwaiger Geschmacksverbesserungsmittel bei Trinkwässern vgl. u. a. Pharm. Zeit. 1921. S. 664 und 687.

ständig vorausgesetzt werden. Was man im Einzelfalle unter einem nicht angenehmen Geschmacks eines Trinkwassers versteht, ist häufig schwer zu sagen; denn hier gehen die Ansichten weit auseinander. Die Feinheit des menschlichen Geschmacksinnes wird ja durch verschiedene Umstände, wie Trockenheit der Zunge, kalte und höhere Wärmegrade usw., nicht unwesentlich beeinflusst. Man wird bei der Entscheidung der Frage, ob ein Wasser als wohl-schmeckend anzusehen ist oder nicht, auch das Urteil Ortsangehöriger berücksichtigen müssen, da die Geschmacksempfindung im allge-meinen auch durch die Gewohnheit beeinflusst wird¹⁾. Für die Beurteilung des Geschmacks eines Trinkwassers ist seine Temperatur von großer Bedeutung. Nur kühles Wasser schmeckt erfrischend. Ein Wasser, dessen Wärme 14° C übersteigt, wird im allgemeinen wenig schmackhaft gefunden. Dieser Einfluß der Temperatur auf den Geschmack des Wassers macht sich bei salzreichen Wässern besonders bemerkbar.

Das Schmecken ist im übrigen etwas rein Persönliches. Jüngere Menschen haben meist schärfere Geschmacksempfindungen als ältere. Bei Rauchern und auch Weintrinkern ist der Geschmackssinn in der Regel mehr oder weniger stark abgestumpft für Wasser.

Die Geschmacksprüfung ist am besten bei einer Wassertemperatur von 8 bis 12° vorzunehmen; in gewissen Fällen, z. B. bei Oberflächen-wässern mit Rücksicht auf die Erwärmung im Sommer auch bei höherer Temperatur. Die Art der Geschmacksprüfung selbst hat sich im übrigen möglichst den besonderen praktischen Verhält-nissen anzupassen. M. Rubner²⁾ stellt die Geschmacksprobe in der Weise an, daß er Mengen von 50 bis 60 ccm Wasser im Munde herumbewegt und dann erst schluckt. Soll auf die Geschmacks-prüfung eines Wassers ein besonderes Gewicht³⁾ gelegt werden, so erwärme man es auch noch auf 25 bis 35°. Hierdurch tritt der Geschmack wesentlich schärfer hervor. Liegt auch nur die Möglich-keit der Verseuchung eines Wassers vor, so ist natürlich von der Geschmacksprobe abzusehen.

¹⁾ Vgl. auch A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 59, 66 u. 444.

²⁾ M. Rubner, in der Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätsw. Berlin 1902. 3. Folge. Bd. 24. Suppl.-Heft II. S. 77.

³⁾ Nachstehend seien einige neuere Veröffentlichungen über Geschmacks-prüfungen mitgeteilt: R. Abel in der Zeitschr. „Das Wasser“ 1917. Nr. 1. S. 10; Dunbar im Gesundh.-Inp. 1921. Nr. 15. S. 165; Wasser u. Ab-wasser 1916. Bd. 10. Heft 10 S. 307; Tjaden ebenda 1917. Bd. 11. Heft 3. S. 94; ferner ebenda 1916. Bd. 10. Heft 10. S. 312 u. Beiträge zur Kali-abwässer-Frage. Bremen 1921; W. Marzahn, Mitteil. a. d. Landes-anstalt f. Wasserhyg. Berlin 1915. Heft 20. S. 37; K. Thumm, ebenda. Heft 26. 1921. S. 179 u. Heft 27. 1921. S. 168 u. 174; ferner H. Klut, ebenda. 1919. Heft 25. S. 150, 177 u. 188 u. H. Stooff, ebenda 1917. Heft 22. S. 194.

Vergleich der Versuchsergebnisse mit denen früherer Beobachter.
mg/l des betr. Stoffes.

Berechnungsformel des betr. Stoffes	Bossert	Assmann	Glotzbach	Rubner	Stooff		
					„Grenze der Empfindung“ („Empfindungsschwelle“)	„Grenze der Wahrnehmung“ („Wahrnehmungsschwelle“)	„Grenze der Genießbarkeit“
NaCl	800—1000	312,5	150	350	165	495	660
KCl	—	—	—	—	420	—	525
NH ₄ Cl	—	—	—	—	40	—	150
CaCl ₂	—	—	—	500	470	550	625
(entspr. D. H.)	—	—	—	(25,2)	(23,7)	(27,7)	(31,6)
MgCl ₂	500	1250	—	28	135	400	535
(entspr. D. H.)	(29,4)	(73,7)	—	(1,6)	(7,9)	(23,6)	(31,6)
FeCl ₂	—	—	—	—	0,35	0,9	—
(entspr. Fe)	—	—	—	—	(0,15)	(0,4)	—
MnCl ₂	—	—	—	—	1,8	3,5	—
(entspr. Mn)	—	—	—	—	(0,8)	(1,5)	—
Na ₂ SO ₄	—	—	300	—	150	450	—

K_2SO_4	—	—	—	650	935	1080
$(NH_4)_2SO_4$	—	—	—	70	275	345
$CaSO_4$	unter 500	—	500	70	140	—
(entspr. D. H.)	(unter 20,6)	—	(20,6)	(2,9)	(5,8)	—
$MgSO_4$	1000—1500	312,5	500	250	625	750
(entspr. D. H.)	(46,8—70,2)	(14,6)	(23,4)	(11,7)	(29,2)	(35,0)
$Al_2(SO_4)_3$	—	—	—	—	25	—
$FeSO_4$	75?	1,22	—	1,6	4,8	—
(entspr. Fe)	(28)?	(0,46)	—	(0,6)	(1,8)	—
$MnSO_4$	—	—	—	15,7	—	—
(entspr. Mn)	—	—	—	(5,7)	—	—
$CuSO_4$	unter 5	6,3	—	3,3	—	—
(entspr. Cu)	(unter 1,2)	(1,5)	—	(0,8)	—	—
$NaNO_3$	800—1000	1250	—	70	205	345
KNO_3	300—500	625	—	245	325	410
NH_4NO_3	—	—	—	130	—	—
$Ca(NO_3)_2$	—	312,5	—	200	330	—
(entspr. D. H.)	—	(10,5)	—	(6,7)	(11,2)	—
$NaHCO_3$	200—300	2500	—	415	480	—

Ein unangenehmer Geschmack des Wassers wird hervorgerufen z. B. durch Leuchtgas, Fäulnisstoffe — von Pflanzen und Tieren herührend — Moder usw.; ferner durch häusliche und gewerbliche Abwässer¹⁾. Wässer, die mit Torf- oder Braunkohlenschichten in Verbindung stehen (humushaltige Grundwässer), schmecken meist nicht angenehm²⁾ (torfig). Harte Wässer schmecken im allgemeinen besser als weiche; diese haben meist einen faden Geschmack. Den Härtegrad eines Wassers lediglich durch den Geschmack festzustellen ist kaum möglich³⁾. Die häufig vertretene Ansicht, daß freie Kohlensäure und auch Luft dem Wasser einen angenehmen Geschmack⁴⁾ verleihen, trifft nur in Ausnahmefällen — bei verhältnismäßig hohem Gehalt an diesen Gasen — zu.

Bei der Chlorung von Trinkwasser — zur Abtötung von Krankheitserregern — liegt die Geschmacksgrenze⁵⁾ bei etwa 0,5 mg wirksamen Chlors im Liter.

Neuerdings hat das Mitglied der Landesanstalt für Wasserhygiene Dr. H. Stooff⁶⁾ eingehende Prüfungen über den Geschmack von Salzen und anderen Stoffen im Trinkwasser angestellt. Bei der Wichtigkeit dieser Frage seien seine Ergebnisse nachstehend im Wortlaut wiedergegeben:

Bei den meisten Salzen und Hydroxyden konnte hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Geschmack (Nachgeschmack) des Leitungswassers unterschieden werden eine unterste Grenze der Empfindung („Empfindungsschwelle“), bei der man beginnt eben etwas zu schmecken, ohne daß der sinnliche Eindruck klar und deutlich erfaßt wird, ferner eine Grenze der Wahrnehmung („Wahrnehmungsschwelle“), endlich eine „Grenze der Genießbarkeit“, bei der der Geschmackseindruck als „schlecht“, „unangenehm“ „widerlich“ usw. abgelehnt wird.

Ordnet man die geprüften Salze und Hydroxyde nach steigenden Mengen der den einzelnen Kationen entsprechenden Anionen und legt für jedes dieser Anionen auf Grund der Versuchsergebnisse die eben beschriebenen drei „Schwellenwerte“ fest, so lassen sich verschiedene Regelmäßigkeiten erkennen, nämlich:

¹⁾ Vgl. u. a. H. Stooff in der Chem.-Ztg. 1920. Nr. 97.

²⁾ Vgl. u. a. C. Th. Becker u. R. O. Herzog, Zur Kenntnis des Geschmacks. Zeitschr. f. physiol. Chem. 1907. Bd. 52. Heft 5 u. 6. S. 496.

³⁾ Vgl. auch K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901. S. 196, 237, 241 u. 265.

⁴⁾ Vgl. a. W. Kruse, Wasserversorgung in Weyls Handbuch der Hyg. 2. Aufl. Bd. 1. — Abtlg. 1. Leipzig 1919. S. 243 u. 247; ferner A. Gärtner a. a. O. S. 609.

⁵⁾ H. Klut, Mitteil. a. d. Landesanstalt f. Wasserhyg. Berlin 1913. Heft 17. S. 109.

⁶⁾ H. Stooff, Mitteil. a. d. Landesanstalt f. Wasserhyg. Berlin 1917. Heft 22. S. 194 u. Heft 25. Berlin 1919. S. 274; ferner Wasser u. Gas 1920. Bd. 10. Nr. 13. S. 514.

1. Die Grenzen der Empfindung und der Wahrnehmung lagen am niedrigsten bei Ferro-, am höchsten bei Kaliumsalzen.

2. Von den einzelnen Anionen hat sich die Hydroxylgruppe (OH) am ehesten durch den Geschmack (Nachgeschmack) im Leitungswasser bemerkbar gemacht, dann die Nitrat- (NO_3), die Chlorid- (Cl), die Hydrokarbonat- (HCO_3), schließlich die Sulfatgruppe (SO_4).

3. Unter chemisch verwandten Kationen war im allgemeinen Natrium leichter im Leitungswasser herauszuschmecken als Kalium, Magnesium leichter als Kalzium, Eisen (Ferro-Ion) leichter als Mangan (Mangano-Ion).

4. Ammonium-Ion war in allen Salzen durch eine niedrige „Empfindungsschwelle“ ausgezeichnet.

5. Das Hydroxyd des Kaliums war im Gegensatz zu seinen Salzen im Geschmack (Nachgeschmack) des Leitungswassers eher zu erkennen als das Hydroxyd des Natriums.

Freie Kohlensäure (CO_2) beeinflusste — in Mengen über 100 mg im Liter — derart den Geschmack (Nachgeschmack) des Leitungswassers, daß die beigefügten Salze kaum bemerkt wurden.

Zum Vergleich der hauptsächlichsten vorstehend zusammengefaßten Versuchsergebnisse mit denen früherer Beobachter sind in der Tabelle auf S. 30 u. 31 die von jenen für Chloride, Sulfate, Nitrate und Hydrokarbonate erhaltenen „Schwellenwerte“ mit denen des Verfassers vereinigt.

Durch die neuen Schmeckversuche in der Landesanstalt für Wasserhygiene glaubt Stooff die Richtigkeit der bisher bewährten Grundsätze für die Beurteilung eines Trinkwassers in geschmacklicher Hinsicht aufs neue erwiesen zu haben. Er schlägt deshalb vor, bei denjenigen Schmeckstoffen, die sich durch eine niedrige „Empfindungsschwelle“ („Grenze der Empfindung“) auszeichnen, wie sämtliche geprüften Natriumsalze (außer NaHCO_3), Ammoniumsalze, Gips, Magnesiumchlorid, die geprüften Aluminium-, Eisen-, Mangan- und Kupfersalze, ferner die Hydroxyde, die geschmackliche Bewertung des Trinkwassers nach dieser Grenze gelten zu lassen. Dagegen kann bei NaHCO_3 , bei sämtlichen geprüften Kaliumsalzen, bei Kalziumchlorid und -nitrat wie bei Magnesiumsulfat, die weniger empfindlich auf den Geschmack (Nachgeschmack) wirken, die „Grenze der Wahrnehmung“ („Wahrnehmungsschwelle“) der genannten Trinkwasserbeurteilung zugrunde gelegt werden. Selbstverständlich müssen Salz-, Laugen- und andere Stoffmengen, die im Geschmack (Nachgeschmack) die „Grenze der genießbarkeit“ erreichen, als ein Trinkwasser entwertend angesehen werden.

Mit der Festsetzung von „Erträglichkeits-“ und ähnlichen Grenzen, die, ohne nähere Analyse der Geschmacksempfindungen, allein auf die „Gewöhnung“ Rücksicht nehmen, wird nach Ansicht des Verfassers der bisher von Wissenschaft und Praxis anerkannte

Begriff eines guten Trinkwassers („frei von fremdartigem Geschmack“ und „gern genossen“) umgestoßen. Ein „erträgliches“ Trinkwasser ist kein gutes mehr.

Prüfung auf salpetrige Säure.

Vorkommen. Salpetrige Säure findet man in Grund- und Oberflächenwässern, die zu Trink- und Brauchzwecken herangezogen werden, nicht selten¹⁾. Ihre Menge ist aber meist recht gering — 0,01 bis 1 mg N_2O_3 im Liter. Größere Mengen — bis zu mehreren Milligramm N_2O_3 im Liter — trifft man nur vereinzelt an. Regenwasser enthält fast stets Spuren bis geringe Mengen von Nitriten; es wurden Mengen von 0,01—1,7 mg N_2O_3 im Liter nachgewiesen. Im Meerwasser wurden Mengen von 0,07 mg N_2O_3 im Liter festgestellt. Auch destilliertes Wasser enthält fast immer Spuren von salpetriger Säure, wenn es einige Zeit mit der Laboratoriumsluft in Berührung gewesen ist.

Entstehung. Die salpetrige Säure im Wasser entsteht entweder durch die Reduktion vorhandener Salpetersäure oder durch unvollständige Oxydation von Ammoniak. Die Bildung der salpetrigen Säure kann sowohl auf biologischem als auch auf chemischem Wege erfolgen.

Durch die Tätigkeit bestimmter Kleinlebewesen, „Nitrobakterien“, besonders im Boden, entstehen durch Oxydation von organischen Stickstoffverbindungen oder Ammoniak Nitrite. Andererseits gibt es auch Bakterienarten, welche die Fähigkeit besitzen, Nitrate zu reduzieren und daraus Nitrite zu bilden. Dahin gehören von bekannteren Arten z. B. der Cholera vibrio, das *Bacterium coli commune* und der Typhusbazillus.

Bei der Zersetzung organischer Stoffe, namentlich solcher, die von menschlichen und tierischen Abgängen stammen, entsteht, vorwiegend durch biologische Vorgänge bedingt, neben anderen Verbindungen auch salpetrige Säure. Da die Nitrite im Wasser fast durchweg leicht löslich sind, so gelangen sie ohne weiteres in das Wasser, welches solche Bodenschichten durchläuft, oder bei dem ein Zutritt von nitrithaltigen menschlichen oder tierischen Abfallstoffen möglich ist.

Vorwiegend auf chemischem Wege durch Reduktion von Nitraten bei mangelndem Luftsauerstoff entstehen, in Moorböden neben Ammoniakverbindungen als Zwischenprodukt salpetrigsaure Salze. Man findet deshalb auch öfters in Wässern, die aus Moorboden stammen, Spuren bis geringe Mengen von Nitriten.

Das Vorkommen von salpetriger Säure in Oberflächenwässern (Flüssen, Seen, Talsperren usw.) kann außer durch die genannten Umstände auch dadurch bedingt sein, daß besonders durch elektrische Entladungen bei Gewittern die Luft und somit das Meteorwasser nitrithaltig werden.

¹⁾ In der Hyg. Rundschau 1916. Nr. 2. S. 33 habe ich hierüber unter Beigabe des einschlägigen Schrifttums näher berichtet.

Auch Sonnenlicht¹⁾ verwandelt Nitrate im Wasser teilweise in Nitrite.

Wird ammoniakhaltiges Tiefenwasser in der üblichen Art und Weise durch offene oder geschlossene Anlagen) von seinem Eisengehalt befreit, so beobachtet man mitunter, daß das aus der Enteisungsanlage austretende Wasser Spuren von salpetriger Säure neben Salpetersäure enthält, während Ammoniakverbindungen nicht oder kaum mehr vorhanden sind. Bei dieser Behandlung des Wassers ist das Ammoniak zu Nitrat oxydiert worden, und als Zwischenprodukt hat sich etwas Nitrit gebildet. Im Schrifttum ist es übrigens schon seit Jahren bekannt, daß Eisenhydroxyd Ammoniak in Nitrit überführen kann.

Da die Nitrite unbeständige Verbindungen sind, so gehen sie leicht, besonders in diesen starken wässerigen Verbindungen, durch Oxydation in Nitrat über. Durch diese rasche Umsetzung erklärt es sich auch, weshalb man bei Wasserleitungen in dem aus weiter von dem Werke entfernten Zapfhähnen entnommenen Wasser salpetrige Säure gewöhnlich nicht mehr findet, die in dem Wasser gleich hinter der Enteisungsanlage noch in Spuren nachweisbar war.

Einen hohen Gehalt an Nitraten und Nitriten beobachtet man öfters in Wässern aus neu angelegten, an sich hygienisch einwandfreien Kesselbrunnen, die aus Zementbeton hergestellt oder in Zementmörtel gemauert sind. Das Auftreten genannter Stickstoffverbindungen kann, wenn diese im Grundwasser selbst nicht vorhanden sind, auf Verunreinigungen des Brunnens, besonders beim Bau, oder aber auch auf Auslaugungen der Wandflächen des Brunnens zurückzuführen sein. Bei längerem Gebrauch des Brunnens verlieren sich die Nitrate und Nitrite allmählich aus dem Wasser.

Durch rein chemische Vorgänge läßt sich die Entstehung von salpetriger Säure im Wasser in den nachstehend aufgezählten Fällen erklären:

Beim Bau eines Brunnens mit Hilfe von Dyn amitsprengungen wurden in dem sonst völlig einwandfreien Grundwasser auffallend große Mengen von salpetriger Säure festgestellt, die nach längerem Abpumpen des Brunnens bald verschwanden.

Bei Tiefbrunnenwässern findet man neben Ammoniak zuweilen salpetrige Säure in geringer Menge, deren Bildung sich dadurch erklären läßt, daß das Grundwasser durch undurchlässige Bodenschichten wie Letten, Ton usw. von dem Luftsauerstoff abgeschlossen ist. Die der langsamen Oxydation zugängigen organischen Stoffe entnehmen alsdann den ihnen notwendigen Sauerstoff aus den salpetersauren und schwefelsauren Salzen, wobei sie diese redu-

¹⁾ Vgl. Moore in „Wasser und Abwasser“ 1920. Bd. 14. Heft 7. S. 214.

zieren. Nach den Untersuchungen von H. Kurth¹⁾ kann in Gegenden, wo das tiefere Grundwasser reichlich Ammoniak enthält, die salpetrige Säure in Mengen bis zu 2 mg im Liter im Brunnenbereich des Grundwassers sich ansammeln.

In eisen- und manganhaltigen Wässern, die einige Zeit in der Leitung gestanden haben, findet man häufig ebenfalls Nitrite, die vorwiegend aus Stickstoffverbindungen durch katalytische Wirkungen bei Gegenwart von Eisen oder Mangan im Wasser entstehen können.

Bei der Behandlung nitrathaltiger Wässer mit ultravioletten Strahlen²⁾ beobachtet man nach den Untersuchungen von M. Lombard eine Reduktion der Nitrate zu Nitriten.

Wässer, die freie Kohlensäure und Nitrate gelöst enthalten, reduzieren die salpetersauren Salze bei längerem Verweilen in zinkhaltigem Leitungsmaterial³⁾ teilweise zu Nitriten.

Hygienische Bedeutung. Die oben besprochenen Entstehungsweisen der salpetrigen Säure dürften zeigen, daß ihr Vorkommen im Wasser nicht immer ohne weiteres als Zeichen einer Verunreinigung anzusehen ist, wie das leider noch oft bei der Beurteilung eines Wassers geschieht. Es ist also in allen Fällen, in denen salpetrige Säure im Wasser nachgewiesen ist, nach der Ursache ihrer Entstehung zu forschen. Bei der hygienischen Begutachtung eines Wassers ist auch aus diesem Grunde die genaue Kenntnis der örtlichen Verhältnisse der Wassergewinnungsanlage von großer Bedeutung. Wasserentnahmestellen müssen stets so angelegt sein, daß nachteilige äußere Beeinflussungen des Wassers z. B. durch menschliche oder tierische Abfallstoffe dauernd ausgeschlossen sind. Daß Wässer, die durch in der Nähe befindliche Abort- und Dunggruben verunreinigt sind, sehr häufig neben einem hohen Gehalt an organischen Stoffen, Chloriden und Nitraten auch Nitrite aufweisen, lehrt die praktische Erfahrung und ist auch bereits oben bei der Bildungsweise der salpetrigen Säure näher besprochen worden; in solchen Fällen kann also die Anwesenheit von Nitriten im Wasser einen wichtigen Hinweis auf die gesundheitlich bedenkliche Beschaffenheit des Wassers bilden.

¹⁾ H. Kurth, Über die gesundheitliche Beurteilung der Brunnenwässer im bremischen Staatsgebiet mit besonderer Berücksichtigung des Vorkommens von Ammoniumverbindungen und deren Umwandlungen. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1895. Bd. 19. S. 32, 41 u. 48.

²⁾ M. Lombard, Chemische Wirkung der ultravioletten Strahlen im Chem. Zentralbl. 1910. Bd. 1. S. 1482.

³⁾ H. Klut in „Mitteilungen a. d. Landesanstalt f. Wasserhygiene“. Heft 17. Berlin 1913. S. 39; ferner J. van Eick in „Wasser u. Abwasser“. 1909. Bd. 1. S. 40 u. P. F. Eissfeldt, Zink im Trinkwasser. Inaug.-Diss. Rostock 1914. S. 24.

An sich sind natürlich die Mengen von salpetriger Säure, wie sie im Wasser vorkommen, völlig unschädlich¹⁾.

Beim Kochen von Fleisch, in erster Linie von Rindfleisch, wird häufig die Beobachtung des Eintritts einer Rosa- bis Rotfärbung des Fleisches²⁾ gemacht. Diese Erscheinung ist auf das Vorhandensein von salpetriger Säure im Wasser zurückzuführen, und zwar genügen nach angestellten Untersuchungen³⁾ schon recht geringe Mengen — unter 1 mg N_2O_3 im Liter Wasser — zur Erzeugung der Färbung. Diese Fleischfärbung ist ziemlich beständig; gesundheitlich ist sie unbedenklich. In den Fällen, wo bei Vorhandensein von zinkhaltigem Rohrmaterial, wie bereits oben erwähnt, die geschilderten Fleischverfärbungen beim Kochen beobachtet werden, empfiehlt es sich, zur Vermeidung von solchen Vorkommnissen, das Leitungswasser bei der Entnahme aus den Zapfhähnen zunächst einige Zeit ablaufen zu lassen, also für den Haushalt nur das Wasser zu verwenden; das nicht längere Zeit im Rohr gestanden hat.

Bedeutung in Gewerbebetrieben. Nitrithaltige Wässer sind besonders für die Textil-Industrie⁴⁾ nicht geeignet. Die salpetrige Säure greift nicht nur die meisten Farben an, indem sie ihren Ton verändert, sie greift sogar die tierischen Gespinnstfasern, wie Wolle, Seide, selbst an unter Gelbfärbung: Bildung von Diazoverbindungen.

Im Gärungsgewerbe⁵⁾ stört die Anwesenheit von salpetriger Säure im Wasser ebenfalls. Nitrite im Wasser verursachen beim Maischen Verzögerung des Verzuckerns.

Nachweis der salpetrigen Säure. Zum Nachweis der salpetrigen Säure im Wasser werden im allgemeinen folgende Reagenzien⁶⁾ angewendet:

Indol,
Jodzinkstärkelösung,
Metaphenylendiamin,
 α -Naphthylamin-Sulfanilsäure,
Natriumnaphthionat und β -Naphthol.

¹⁾ R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911. S. 16; ferner A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 75.

²⁾ K. Kießkalt, Über das Rotwerden des Fleisches beim Kochen. Arch. f. Hyg. 1899. Bd. 35. S. 11, 14 u. 16 u. Zeitschr. f. öff. Chem. 1918. S. 276.

³⁾ H. Klut in den „Mitteilungen a. d. Landesanstalt f. Wasserhygiene“. Heft 17. Berlin 1913. S. 36.

⁴⁾ E. Ristenpart, Das Wasser in der Textil-Industrie. Leipzig 1911. S. 9.

⁵⁾ W. Rommel u. K. Fehrmann, Abschnitt: „Bier“ in F. Hayduck, Chemische Technologie der Gärungsgewerbe, Nahrungs- u. Genußmittel. 1. Halbbd. Braunschweig 1915. S. 223.

⁶⁾ Eingehend wird diese Frage behandelt von H. Berger, Kritische Studien über den Nachweis der salpetrigen Säure im Trinkwasser. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1920. Bd. 40. Heft 9 u. 10. S. 225.

Für hygienische sowie für die meisten Zwecke der Praxis, besonders am Orte der Entnahme, genügt in der Regel die Reaktion mit Jodzinkstärkelösung. Über Bereitung und Prüfung dieser Lösung vgl. die Angaben im Deutschen 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 der salpetrigen Säure aus ihren Salzen werden 3—5 Tropfen 25%iger Phosphorsäurelösung hinzugefügt und darauf 10—12 Tropfen Jodzinkstärkelösung. Ist salpetrige Säure zugegen, so tritt je nach ihrer Menge sogleich oder innerhalb einiger Zeit Blaufärbung des Gemisches ein.

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

Da Sonnenlicht die Reaktion stört — durch Jodabspaltung —, so ist bei der Prüfung das Reagenzglas mit der betreffenden Probe am besten in zerstreutes Tageslicht oder in den Schatten zu stellen.

Zur ungefähren Ermittlung des Gehaltes an salpetriger Säure in einem Wasser bei Ausführung der vorstehenden Reaktion diene die nachstehende von L. W. Winkler¹⁾ aufgestellte Tabelle:

Die Flüssigkeit bläut sich: 1 Liter enthält N_2O_3 :	
sofort	0,50 mg oder mehr
nach 10 Sekunden etwa	0,30 „
„ $\frac{1}{2}$ Minute	„ 0,20 „
„ 1 „	„ 0,15 „
„ 3 Minuten	„ 0,10 „
„ 8 „	„ 0,05 „
„ 10 „	Spuren.

Die Reaktion tritt, wenn salpetrige Säure vorhanden ist, gewöhnlich innerhalb 10 Minuten ein. Länger als 10 Minuten zu warten empfiehlt sich schon aus dem Grunde nicht, weil eine später eintretende Bläuung der Flüssigkeit auch durch andere Einflüsse, z. B. durch Eisenoxydverbindungen und Manganperhydroxyden als durch Einwirkung der salpetrigen Säure herbeigeführt werden kann.

Wird, wie oben empfohlen, zum Ansäuern des Wassers — statt wie bisher allgemein üblich, Schwefelsäure — Phosphorsäure angewandt, so stören im allgemeinen die etwa im Wasser gleichfalls vorhandenen Eisenoxydverbindungen in der angegebenen Zeit die Reaktion nicht.

Prüfung auf Salpetersäure.

Die Prüfung eines Wassers auf Nitrate am Orte der Probe-nahme ist nach dem Vorhergehenden ebenfalls zweckmäßig, da es

¹⁾ L. W. Winkler (Budapest), Nachweis und jodometrische Bestimmung der salpetrigen Säure in damit verunreinigten Wässern. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1915. Bd. 29. Heft 1. S. 10 u. 13.

vorkommt, daß infolge der Tätigkeit von Kleinlebewesen 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 den Endpunkt der Oxydation aller stickstoffhaltigen organischen Stoffe im Boden dar (Mineralisierungsvorgang). In reinen Grundwässern findet man sie im allgemeinen nur in sehr geringer Menge. Frisch geschöpfte, eisenhaltige (Ferrobikarbonat) Grundwässer der norddeutschen Tiefebene sind fast stets nitratfrei. Nach der Enteisenung solcher Wässer durch Regenfall oder Rieselung verwandelt sich das in ihnen enthaltene Ammoniak in Nitrat — z. T. auch in Nitrit¹⁾. Gleichwohl kommen auch Brunnenwässer mit einem Gehalt von 10 bis 30 mg Salpetersäure im Liter und auch noch 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 Städten²⁾ einen verhältnismäßig hohen Gehalt an Nitraten:

Aschaffenburg	33 mg N ₂ O ₅ im Liter
Emden	48 „ „ „ „
Goch	37 „ „ „ „
Hamborn	30 „ „ „ „
Hamm	40 „ „ „ „
Köln	31 „ „ „ „
Rastatt	44 „ „ „ „

So großer Gehalt an Nitraten im Wasser, daß er Verdauungsstörungen hervorrufen könnte³⁾, wird wohl nur sehr selten vorkommen. Nitrate an sich sind unbedenklich, sie sind, wie auch die anderen Stickstoffverbindungen, lediglich ein Anzeichen für eine stattgefundenene Verschmutzung⁴⁾ des in Frage stehenden Wassers. Ihr Vorhandensein ist also, wenn sie in größerer Menge in einem Wasser festgestellt wird, und wenn sie nicht auf die geologische Beschaffenheit des Untergrundes zurückgeführt werden kann, als ungünstig und als Zeichen von Verunreinigung des betreffenden Bodens durch organische Stoffe anzusehen. Gewöhnlich geben dann aber auch die

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

²⁾ Vgl. H. Bunte, Chemische Beschaffenheit des Wassers deutscher Städte über 10000 Einwohner. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1915. Bd. 58. Nr. 7. S. 76.

³⁾ M. Rubner, Lehrb. d. Hyg. 7. Aufl. 1903. S. 328.

⁴⁾ Vgl. auch A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers, Braunschweig 1915. S. 74.

übrigen in einem solchen Wasser ermittelten Befunde Anhaltspunkte für die Annahme einer nachteiligen Beeinflussung des Wassers durch menschliche oder tierische Abfallstoffe. K. B. Lehmann¹⁾ hält einen hohen Gehalt eines Wassers an Salpetersäure für ein Anzeichen „starker, aber alter Bodenverunreinigung“.

Wässer mit hohem Nitratgehalt sind nach J. König²⁾ für Brauereien, Gärungsgewerbe und Zuckerfabriken nicht besonders geeignet.

Zum Nachweise der Salpetersäure³⁾ 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°C schmelzende Kristalle von schwach aromatischem, blumenähnlichem Geruche. Es wird am besten in einem braunen Glasstößelgefäße 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. Kopp⁴⁾: 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, 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 Stärke der Reaktion kann man somit einen ungefähren Maßstab über die in einem Wasser

¹⁾ K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. 1901. S. 242 u. 245, ferner Ohlmüller-Spitta, Wasser u. Abwasser. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 331.

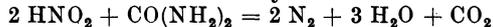
²⁾ J. König, Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. Berlin 1899. Bd. 1. S. 96.

³⁾ Vgl. auch J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. 4. Aufl. Berlin 1920. Bd. 3. Teil I. Allgemeine Untersuchungsverfahren. S. 264.

⁴⁾ Ber. d. Dtsch. chem. Ges. Bd. 5. S. 284.

enthaltene Salpetersäuremenge ableiten. Unter 7 mg N_2O_5 in einem Liter lassen sich in dieser Weise¹⁾ 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; nötigenfalls sind diese aus der Schwefelsäure durch Erhitzen mit etwa 0,5% Ammonsulfat (Pelouze) oder Sättigen der Schwefelsäure mit gasförmiger Salzsäure und darauf folgendes Erhitzen auf 100° (K. A. Hofmann) zu entfernen. Die Reaktion von Diphenylamin auf Nitrate ist ziemlich scharf und durch ihre prachtvolle blaue Färbung sehr gut und deutlich sichtbar. Daß auch andere oxydierende Stoffe, 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 diesem Nachweise besonders die Gegenwart der salpetrigen Säure. Enthält ein Wasser z. B. verhältnismäßig viel Nitrite, so ist Diphenylamin schlecht zu gebrauchen, da ja die eintretende Blaufärbung durch Nitrite noch schneller und wesentlich schärfer als die von Salpetersäure geliefert wird. Man kann sich nun in der Weise helfen, daß man die Nitrite im Wasser durch Harnstoff²⁾ in elementaren Stickstoff und Kohlendioxyd nach der Gleichung:



zerlegt. Am Orte der Entnahme der Probe würde sich dieses Verfahren aber im allgemeinen nicht empfehlen, da die salpetrige Säure durch Harnstoff nicht gleich, sondern erst allmählich — meist nach mehreren 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 Bruzin giftige Eigenschaften hat, weshalb bei der Handhabung von Bruzin etwas Vorsicht geboten ist. Da Bruzin mit Strychnin in Alkaloidform in der Brechnuß von Strychnos Nuse vomica gemeinsam vorkommt, wird vielfach angenommen, es sei ebenso giftig wie Strychnin. Diese Ansicht ist aber unzutreffend. Nach R. Kobert³⁾ bedingt nur das Strychnin die gefährlichen Giftwirkungen.

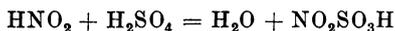
¹⁾ Klut, Nachweis und Bestimmung der Salpetersäure im Wasser und Abwasser. Mitteil. a. d. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwasserbeseitigung. Berlin 1908. Heft 10. S. 86.

²⁾ J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. S. 1915. S. 33.

³⁾ R. Kobert, Kompendium der praktischen Toxikologie. 5. Aufl. Stuttgart 1912. S. 216.

Für die Aufbewahrung des Bruzins gilt das gleiche wie das bei dem Diphenylamin Gesagte, also Luft- und Lichtschutz. Ein nicht schneeweiß aussehendes Präparat darf nicht verwendet werden.

Durch die wertvollen Untersuchungen von G. Lunge und L. W. Winkler¹⁾ ist festgestellt, und bei der Nachprüfung in der Landesanstalt ist das gleiche Ergebnis erzielt worden, 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 das Winklersche²⁾ Verfahren, das genau innezuhalten ist: Man mischt nach Augenmaß mindestens 3 ccm konzentrierte 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 Stärke 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 nicht sogleich, sondern erst nach einigen Augenblicken ein.

Diese Farbentöne sind bei Betrachtung der Proben gegen einen weißen Hintergrund 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.

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1902. S. 170 u. 241; ferner A. Classen, Ausgew. Methoden der analyt. Chem. 1903. Bd. 2. S. 97 u. 288.

²⁾ L. W. Winkler, Trink- und Brauchwasser in G. Lunge und E. Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. 1919. Bd. 2. S. 246.

III. Nachweis mit Diphenylamin bei Gegenwart von Chloriden oder Salzsäure.

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. Sutthoff¹⁾ nachstehendes Verfahren veröffentlicht, das im wesentlichen darauf beruht, daß Diphenylamin bei Gegenwart von Chloriden 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) Vol. 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 wird abgekühlt, nach dem Abkühlen mit konzentrierter Schwefelsäure aufgefüllt und gemischt. Das Reagens ist, in einer geschlossenen Flasche aufbewahrt, gut haltbar²⁾.

Zur Prüfung eines Wassers auf Anwesenheit von Salpetersäure mit diesem Reagens füllt man 4 ccm davon in einen kleinen Meßzylinder, setzt alsdann einen Tropfen Salzsäure und 1 ccm des zu untersuchenden Wassers hinzu und schüttelt durch. Bei Gegenwart von Nitraten entsteht Blaufärbung. Aus der Schnelligkeit, mit der die Reaktion eintritt, sowie der Tiefe der Blaufärbung lassen sich ungefähre Schlüsse auf den Salpetersäuregehalt des Wassers ziehen. Bei geringem Gehalt tritt die Blaufärbung erst nach einiger Zeit und nur schwach auf, verstärkt sich aber allmählich; bei einem hohen Gehalt erfolgt bereits beim Durchschütteln tiefe Bläuung. Selbst bei einem Gehalt unter 1 mg N_2O_5 im Liter ist nach Verlauf einer Stunde eine schwache Blaufärbung vorhanden.

Die blaue Farbe ist nicht sehr 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 wirkt in gleicher Weise ein auf dieses 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.

¹⁾ Zeitschr. f. analyt. Chem. 1911. Heft 8. S. 473 u. J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. S. 1915. S. 33 u. 241.

²⁾ Vgl. auch Fr. Haun, Über die Herstellung von Diphenylamin-Schwefelsäure. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1920. Bd. 39. Heft 11 u. 12. S. 355.

Wie schon in der Einleitung hervorgehoben, ist es immer empfehlenswert, im Laboratorium später die Prüfung auch auf Nitrate zu wiederholen. 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 Papiere¹⁾ etwas Salpetersäure, auch Ammoniak enthalten.

Prüfung auf Ammoniakverbindungen.

Das Vorkommen von Ammoniakverbindungen im Wasser ist auf Reduktionsvorgänge zurückzuführen, die teils rein chemisch-physikalisch, teils unter dem Einfluß von Kleinlebewesen²⁾ vor sich gehen. Im ersteren Fall ist die Gegenwart von Ammoniak im Wasser im allgemeinen ohne gesundheitliche Bedeutung³⁾. Sehr häufig beobachtet man nämlich in eisenhaltigen Grundwässern Ammoniak⁴⁾, 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 (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

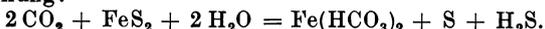
¹⁾ Vgl. auch P. Soltsien, Pharm. Ztg. 1906. Nr. 69. S. 766.

²⁾ C. Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie. 6. Aufl. Leipzig 1906. S. 79.

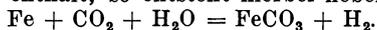
³⁾ J. Hug, Die Bedeutung des Ammoniakgehaltes bei der chemischen Beurteilung unserer Trinkwässer. Das Wasser. 1911. S. 887; ferner Ohlmüller-Spitta, Wasser und Abwasser. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 331; B. van Werveke, Über das Vorkommen von Ammoniak im Trinkwasser. Mitt. d. Geolog. Landesanstalt von Elsaß-Lothringen. Straßburg i. E. 1916. Bd. 10. Heft 1. S. 93.

⁴⁾ J. König, Die Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. 1899. Bd. 1. S. 53; H. Salzmann, Chem.-Ztg. Rep. 1895. S. 127; M. Rubner, Lehrbuch der Hygiene. 7. Aufl. 1903. S. 311 u. 313; H. Klut, Beitrag zur Frage der Entstehung von Ammoniak in eisen- und manganhaltigen Tiefenwässern, Mitt. a. d. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. usw. Berlin 1909. Heft 12. S. 225, und Z. f. angew. Chemie. Bd. 23. 1910. S. 689; L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920. S. 571.

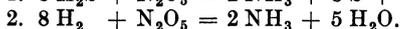
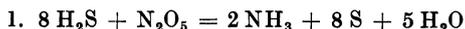
das Schwefeleisen in Ferrobikarbonat und Schwefelwasserstoff nach der Gleichung:



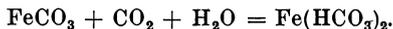
Da Schwefelkies meistens auch noch wechselnde Mengen elementaren Eisens enthält, so entsteht hierbei nebenbei Wasserstoff:



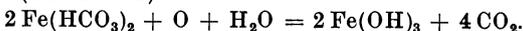
Schwefelwasserstoff sowie Wasserstoff sind, zumal in statu nascendi, kräftige Reduktionsmittel, die den Nitraten und Nitriten den gesamten Sauerstoff entziehen und somit als Enderzeugnis Ammoniak bilden:



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



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



Wird solch ein eisenhaltiges Wasser enteistet, so verschwindet das Ammoniak in der Regel fast völlig. Auf diese Tatsache hat zuerst Proskauer ¹⁾ hingewiesen.

Einen manchmal erheblichen Gehalt an Ammoniakverbindungen trifft man ferner in Grundwässern an, die aus humusreichen Bodenschichten — Moorgegenden ²⁾ — 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 gekennzeichnet. 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 Um-

¹⁾ B. Proskauer, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1890. Bd. 9. S. 148.

²⁾ B. Fischer, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 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. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 19. 1895. S. 1—60. Finger, Die Wasserversorgung in den Marschen des Reg.-Bez. Stade. Klin. Jahrb. Bd. 19. Jena 1908.

ständen 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 Mineralisierungsvorgang der Huminstoffe 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 oder nur in Spuren gefunden. Stammt ein Wasser also nicht aus Boden, in welchem moorige Bestandteile vorhanden sind, so ist das Vorkommen von Ammoniumverbindungen, besonders wenn es sich um mehr als nur Spuren davon handelt, ein ungünstiges Anzeichen, denn dann ist anzunehmen, daß sie bei der Fäulnis von stickstoffhaltigen, organischen Substanzen entstanden oder als Stoffwechselerzeugnisse von Kleinlebewesen in das Wasser hineingekommen sind. Ein solches Wasser ist also wahrscheinlich durch menschliche oder tierische Abfallstoffe nachteilig beeinflusst worden und somit auch krankheitsverdächtig.

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

Zum Nachweise von Ammoniak im Wasser kommt für die Praxis fast ausschließlich das Neßlersche Reagens in Betracht, welches ein in konz. Alkalilauge gelöstes Doppelsalz von Kaliumjodid und Quecksilberjodid $2 \text{KJ} + \text{HgJ}_2$ ist.

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 ist dies ein sehr empfindlicher Nachweis.

Neßlers Reagens. Zur Darstellung dieses Reagens sind verschiedene Vorschriften¹⁾ bekannt. Zu empfehlen ist die nachstehende Bereitungsweise: Frerichs und Mannheim haben Untersuchungen zur einwandfreien Bereitung von Neßlers Reagens²⁾ angestellt, sie geben nachstehende Vorschrift:

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,

¹⁾ Chem.-Zeit. 1899. S. 591, und L. W. Winkler, Trink- und Brauchwasser in G. Lunge und E. Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. Bd. 2. Berlin 1919. S. 263.

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

welche ohne Erwärmen in wenigen Augenblicken erfolgt, werden
100 g Kalilauge (15% KOH)

zugesetzt, 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 Sandes 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 Reagens dient Asbest. Um das Einkitten der Glasstopfen bei dieser stark alkalischen Flüssigkeit zu verhüten, ist Einfetten mit Paraffinsalbe zu empfehlen.

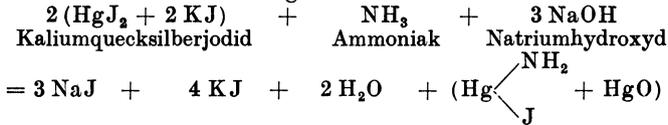
Zur Prüfung eines Wassers auf Ammoniak versetzt man in einem Reagenzglas etwa 10 ccm mit 3 bis 4 Tropfen Neßlers R. Ist Ammoniak zugegen, so entsteht je nach seiner Menge sogleich oder nach ganz kurzer Zeit eine mehr oder weniger starke Gelbfärbung der Flüssigkeit, ja bei viel Ammoniak ein orange- bis 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 Reagens, da dieses ja 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 Neßler-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 Tonteilchen, so empfiehlt es sich, die störenden Bestandteile durch Aluminiumsulfat niederschlagen; und zwar werden 100 ccm von dem Wasser mit ca. 1 ccm einer 2%igen wässerigen 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 Reagens auf Ammoniumverbindungen vor sich gehenden chemischen Umsetzungen lassen sich durch nachstehende Gleichungen veranschaulichen:



Na-Jodid Kaliumjodid Ammoniumquecksilberoxyjodid

Dieses gebildete Ammoniumquecksilberoxyjodid oder Oxydmerkuriammoniumjodid kennzeichnet sich, wie bereits mitgeteilt, durch seine starke 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. 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 schwebenden feinen gelben Teilchen der Quecksilberverbindung ¹⁾ 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

¹⁾ 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 Schwebelösung gehalten wird und daher scheinbar wie gelöst aussieht.

dafür, ob ein Wasser hart ist. Es kommen nun hauptsächlich zwei Verfahren in Frage, um die oben erwähnten Ausscheidungen beim Zusatze des Reagens zu verhindern. Die erstere und bekanntere ist folgende: 100 ccm des betreffenden Wassers ¹⁾ werden mit 0,5 ccm 33%iger 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 Soda-natronlauge völlig ammoniakfrei ²⁾ ist. Von einem Filtrieren des so behandelten Wassers durch Papier muß aber entschieden abgeraten werden, da dieses meist etwas ammoniakhaltig ist. Das Verfahren ist einwandfrei, allerdings etwas zeitraubend.

Die zweite und bei weitem bequemere Arbeitsweise beruht auf folgenden Erfahrungen: Die Weinsäure und zumal ihr Alkalisalz, das Kaliumnatriumtartrat oder Seignettesalz, besitzen 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 ³⁾ 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 ⁴⁾ dargestellt: Eine filtrierte Lösung von 100 g chemisch reinem, kristallisiertem Seignettesalz ⁵⁾ (Kaliumnatriumtartrat oder Tartarus natronatus) in 200 g destilliertem Wasser wird, unenie 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 ⁶⁾ auf.

Bei der Anwendung mischt man in einem Reagenzglase etwa 10 ccm des betreffenden Wassers mit 8—10 Tropfen von dieser Lösung und setzt nun erst Neßlers Reagens hinzu.

¹⁾ Vereinbarungen z. einheitlichen Untersuchung u. Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln. Heft 2. Berlin 1899. S. 153.

²⁾ Soda-Natronlauge ist häufig etwas ammoniakhaltig. Durch Erhitzen der Lösung läßt sich das Ammoniak leicht entfernen.

³⁾ Eisen, das anfangs fast immer als Oxydulsalz im Wasser gelöst ist, wird durch Alkalilauge als Ferrohydroxyd gefällt. Diese Eisenverbindung ist von weißlicher Farbe; sie wird aber durch Luftsauerstoffaufnahme bald schmutzigrün und geht schließlich in braunrotes Ferrihydroxyd — $\text{Fe}(\text{OH})_3$ — über.

⁴⁾ L. W. Winkler in G. Lunge und E. Berl, a. a. O. S. 263. Bd. 2.

⁵⁾ Dieses Salz ist vielfach etwas ammoniakhaltig. Wird es mit Natronlauge erwärmt, so darf sich kein Ammoniak entwickeln.

⁶⁾ Einfetten der Glasstopfen mit Paraffinsalbe ist zu empfehlen.

Enthält das zu untersuchende Wasser Schwefelwasserstoff oder Sulfide 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 — HgS — erzeugt¹⁾. 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 wiederholen.

Prüfung auf Reaktion.

Zur Feststellung der Reaktion des Wassers sind in der Praxis für gewöhnlich folgende Indikatoren²⁾ zu empfehlen:

1. Lackmuspapier³⁾.
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	rot	farblos

¹⁾ H_2S sowie die Sulfide entfernt man aus solchem Wasser am besten durch Versetzen von 100 ccm desselben mit etwa 0,5 ccm einer 10%igen wässrigen Zinkacetatlösung. Die über dem abgeschiedenen Bodensatze stehende klare, farblose Flüssigkeit wird vorsichtig abgossen und mit Neßlers Reagens auf Ammoniak untersucht.

²⁾ H. Klut in „Wasser und Abwasser“ 1915. Bd. 9. S. 337.

³⁾ Statt Lackmus kann auch dessen färbender Bestandteil „Azolitmin“ benutzt werden; vgl. E. Schmidt, Ausführl. Lehrbuch der pharm. Chemie. 5. Aufl. 2. Bd. 2. Abtlg. Braunschweig 1911. S. 2049 u. Ohlmüller-Spitta, Wasser und Abwasser. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 27.

Das gebräuchlichste dieser Reagenzien ist das Lackmuspapier¹⁾ das käuflich zu beziehen ist. Zweckmäßig wird das blaue Papier vom roten getrennt und vor Licht geschützt in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahrt.

Herstellung des Lackmuspapiers: Will man sich das Reagenz-papier selbst herstellen, so geschieht es am besten nach der Vorschrift des Deutschen Arzneibuches²⁾. 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 wässrige Lackmuslösung in der Siedehitze tropfenweise mit so viel verdünnter Schwefelsäure — 16% H_2SO_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% H_2SO_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 Lackmusstreifen 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 Stoffe auf den Indikator ein. Die fast in jedem Wasser

¹⁾ Vgl. u. a. A. Beythien, C. Hartwich und M. Klimmer, Handbuch der Nahrungsmitteluntersuchung. Bd. 1 „Wasser“. Leipzig 1913. S. 870; ferner Bujard-Baiers Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker. 4. Aufl. Berlin 1920. S. 454; ferner F. Elsner, Die Praxis des Chemikers. 8. Aufl. Hamburg u. Leipzig 1907. S. 897.

²⁾ 5. Ausgabe. Berlin 1910. S. 588.

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 Lackmustrifen wird also gebläut. Infolge ihres Karbonatsgehaltes vermögen die Wässer häufig nicht unerhebliche Mengen von Säuren zu binden (Säurebindungsvermögen z. B. der Flußwässer) — vgl. H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918. S. 141, 1040 u. 1044).

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 ¹⁾ nicht selten enthalten sind, röten Lackmuspapier ²⁾.

Die Empfindlichkeit von Lackmus ist nicht sehr groß; das Lackmuspapier wird in mancher Beziehung und besonders in der Schärfe des Farbenumschlages durch das Rosolsäure-Reagens von Pettenkofer übertroffen.

Rosolsäurelösung. Bereitung der Lösung nach M. Pettenkofer ³⁾: Man löst 0,2 g reine Rosolsäure in 100 g 80%igem Alkohol und neutralisiert durch tropfenweises Zusetzen von Barytwasser bis zum Eintritt einer rötlichen Färbung. 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 schwenn alkalische oder alkalische Reaktion des Wassers ⁴⁾.

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

Rosolsäure reagiert auch auf freie Kohlensäure, wenn letztere in nicht zu geringer Menge im Wasser vorhanden ist. Nach den

¹⁾ 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.-Zeit. 1906. Bd. 51. Nr. 70. S. 777. R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Bd. 1. Leipzig 1914. S. 27 u. 77.

²⁾ 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.

³⁾ Vgl. in Tiemann-Gärtners Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 4. Aufl. Braunschweig 1895. S. 50 u. 391.

⁴⁾ Vgl. auch Th. Paul, a. a. O. (Literaturverzeichnis).

Untersuchungen von J. Tillmans und O. Heublein¹⁾ verdeckt 1 mg Bikarbonat-Kohlensäure die saure Reaktion von 0,25 mg freier Kohlensäure.

Kongopapier²⁾ und MethylorangeLösung dienen zum Nachweise von freien Mineralsäuren, wie solche zuweilen in Wässern enthalten sind³⁾.

Kongopapier ist käuflich zu beziehen; zur Selbstherstellung des Reagenzpapiers verfährt man am besten nach den Angaben des Deutschen Arzneibuches⁴⁾:

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

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

MethylorangeLösung. Herstellung⁵⁾ der Lösung: Man löst von reiner 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 ccm Wasser mit 1—2 Tropfen dieser Lösung versetzt. Eintretende Rotfärbung der Flüssigkeit zeigt freie Mineralsäure an. Die Reaktion ist sehr scharf. Zum Nachweis organischer Säuren⁶⁾ ist Methylorange nicht besonders geeignet.

Wässer, die gegen einen der oben genannten Indikatoren sauer reagieren, haben fast ausnahmslos Metall- und Mörtel angreifende Eigenschaften⁷⁾.

Phenolphthaleinlösung. Zur Herstellung der Lösung gibt das Deutsche Arzneibuch⁸⁾ folgende Vorschrift: 1 g Phenolphthalein

¹⁾ Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 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 u. W. Zänker u. O. Mann, Färber-Zeit. 1916. Heft 23.

³⁾ H. Klut, Saure Wässer. Hyg. Rundschau 1915. Bd. 25. Nr. 6. S. 202 und H. Lührig, in „Wasser und Abwasser“. Bd. 7. 1913/14. S. 375 u. Bd. 13. 1918. S. 77; ferner 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 1919. 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; ferner A. Gutbier u. L. Birckenbach, Praktische Anleitung zur Maßanalyse. 3. Aufl. Stuttgart 1920. S. 14.

⁷⁾ Vgl. u. a. E. Prinz, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1919. S. 274.

⁸⁾ 5. Ausgabe. Berlin 1910. S. 592.

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 des Wassers wird zuweilen bei neuen Kesselbrunnen beobachtet, denen verhältnismäßig wenig Wasser entnommen wird; diese Erscheinung ist auf Auslaugungen von Kalkhydrat aus dem Zement- und Kalkmörtel der Brunnenwandungen zurückzuführen. Derartige Wässer schmecken auch mehr oder weniger laugenartig und sind auch für Wirtschaftszwecke nur wenig geeignet. Die Alkaleszenz derartiger Wässer verliert sich meist nach einiger Zeit von selbst, nachdem aus dem Brunnen eine größere Wassermenge geschöpft worden ist infolge der Einwirkung der im Wasser und in der Luft enthaltenen Kohlensäure auf das Kalkhydrat unter Bildung von nicht störendem Kalziumkarbonat.

Über die Bestimmung der Reaktion, Alkalinität und Azidität eines Wassers sei auf die Arbeiten von J. Tillmans verwiesen — Zeitschrift f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel 1919. Bd. 38. S. 1 und J. M. Kolthoff, ebenda 1921. Bd. 41. S. 112, ferner L. Michaelis, ebenda 1921. Bd. 42. S. 75.

Nähere Angaben über die Anwendung von Indikatoren finden sich in nachstehenden Veröffentlichungen:

- H. Beckurts, Indikatoren, in Die Methoden der Maßanalyse. 1. Abtlg. Braunschweig 1910.
- N. Bjerrum, Die Theorie der alkalimetrischen und acidimetrischen Titrierungen. Sammlung chemischer und chem.-techn. Vorträge. Bd. 21. Stuttgart 1914.
- 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. Dtsch. 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 und 1907. Bd. 40. S. 3017 und 1908. Bd. 41. S. 1187.
- A. F. Holleman, Theorie der Indikatoren, im Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914.
- G. Lunge und E. Berl, Theorie der Indikatoren, in Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. Bd. 1. 7. Aufl. Berlin 1921. S. 94.
- 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.

- Wilhelm Ostwald, Theorie der Indikatoren in seinem Grundriß der Allgemeinen Chemie. 6. Aufl. Dresden u. Leipzig 1920. S. 462.
- 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 im Chem. Zentralbl. 1904. Bd. 1. S. 210.
- A. Thiel, Der Stand der Indikatorenfrage. Stuttgart 1911 und Sitzungsber. d. Gesellsch. z. Beförderung d. ges. Naturwissensch. zu Marburg Nr. 6 vom 13. November 1912.
- F. P. Treadwell, Indikatoren. Kurzes Lehrbuch der Analytischen Chemie. Bd. 2: Quantitative Analyse. 7. Aufl. Leipzig u. Wien 1917.
- R. Weidert, Der Preschlinsche Apparat zur fortlaufenden Feststellung der Reaktion eines Wassers oder Abwassers. Mitt. a. d. Landesanstalt f. Wasserhygiene. Heft 17. S. 30. Berlin 1912.
- Schriftennachweis über Indikatoren in der Pharm. Zeit. 1921. Nr. 71. S. 750.

Bakteriologische Untersuchung¹⁾.

Die bakteriologische Wasseruntersuchung hat, im Grunde genommen, den Zweck, festzustellen, ob ein Wasser krankheitserregende Bakterien enthält oder enthalten kann. Als solche kommen hauptsächlich Typhus-, Cholera- und Ruhrbazillen in Betracht. Da aber ihr 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 erste Vorbedingung für jede bakteriologische Wasseruntersuchung ist die einwandfreie Entnahme der Wasserproben²⁾.

Zapfhähne, Ausläufe von Pumpbrunnen³⁾ und Quellsfassungen 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 Reagenzgläschen oder Flaschen nach Abbrennen ihres Randes auf.

¹⁾ Dieser Abschnitt ist von dem Mitgliede der Landesanstalt f. Wasserhygiene, Generalarzt a. D. Dr. Globig durchgesehen, wofür ich zu Dank verpflichtet bin.

²⁾ Vgl. A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915; C. Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie. 6. Aufl. Leipzig 1906; L. Heim, Lehrbuch der Bakteriologie. 5. Aufl. Stuttgart 1918; W. Kruse, Einführung in die Bakteriologie. Berlin und Leipzig 1920; Lehmann-Neumann, Bakteriologie. 6. Aufl. München 1920; Ohlmüller-Spitta, Wasser und Abwasser. 4. Aufl. Berlin 1921.

³⁾ R. Abel, Bakteriologisches Taschenbuch. 23. Aufl. Leipzig 1920.

Aus offenen Brunnen, Quellen, Wasserläufen usw. entnimmt man die Wasserprobe durch Herablassen eines keimfreien, beschwerten Röhrechens an einer Schnur, oder man verwendet hierzu besondere Vorrichtungen ¹⁾, welche auch zur Entnahme von Wasser aus größeren Tiefen dienen — „Abschlagvorrichtungen“.

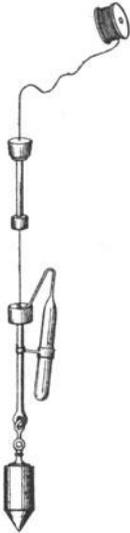


Abb. 11.
Abschlagvor-
richtung nach
Sclavo-
Czaplewski.

Gut bewährt hat sich die nach Sclavo-Czaplewski gebaute Abschlagvorrichtung, bei der ein Senklot mit einer Metallklammer an einer Schnur in die Tiefe hinabgelassen wird. In dieser Klammer befindet sich ein luftleeres Glasröhrechen mit angezogener und umgebogener, zugeschmolzener Spitze, die in der gewünschten Tiefe mittels eines Fallgewichtes abgeschlagen wird, so daß das zu untersuchende Wasser in das Glasröhrechen eintritt (Abb. 11).

Die Keimzählung auf Gelatineplatten ist zur Zeit 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 gefilterten Oberflächenwassers zu, weil eine starke Herabsetzung der Keimzahl im gefilterten Wasser ein Zeichen für das ordnungsmäßige Arbeiten der Filter ist. Ein befriedigend gereinigtes Oberflächenwasser soll beim Verlassen des Filters in der Regel nicht mehr als ungefähr 100 Keime im Kubikzentimeter enthalten ²⁾.

Bei der Untersuchung von Grundwasser ist dagegen die Grenzzahl von 100 Keimen, die für gefiltertes Oberflächenwasser im allgemeinen ihre Gültigkeit hat, nicht maßgebend. 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

¹⁾ Schuhmacher, Gesundheits-Ingenieur 1904. S. 418 und Abschnitt über: „Die Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes“, wo zwei bakteriologische Abschlagvorrichtungen ebenfalls beschrieben werden.

²⁾ Grundsätze f. d. Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration. Rundschreiben des Reichskanzlers vom 13. Jan. 1899. Anlage zu § 4. Veröffentl. des Reichsgesundheitsamtes 1899. S. 108.

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 mittels der Keimzählung noch eine nachteilige Beeinflussung des Flusses feststellen, während der chemische Nachweis nicht mehr gelingt¹⁾. 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 Rubner²⁾ auch der Bodenschlamm berücksichtigt werden.

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 Reichsgesundheitsamt folgende Vorschrift gegeben hat:

1. Herstellung der Nährgelatine. Fleischecktraktepton-Nährgelatine. (Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration³⁾.)

Zwei Teile Fleischecktrakt Liebig	2
Zwei Teile trockenes Pepton Witte	2
und	
Ein Teil Kochsalz	1

werden in

¹⁾ Vgl. u. a. H. Salomon, Über bakteriolog., chem. u. physikal. Rheinwasseruntersuchungen. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin u. öffentl. Sanitätswesen 1901. 3. Folge. Bd. 21. Suppl.-Heft.

²⁾ M. Rubner, Arch. f. Hyg. 1903. Bd. 46. S. 14; ferner A. Lang, Internat. Zeitschr. f. Wasser-Versorg. 1917. Nr. 14—15. S. 82.

³⁾ Veröff. d. Reichsgesundheitsamtes 1899. S. 108.

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 Speisegeatine 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 ¹⁾ 30
zugefügt und weiter tropfenweise so lange von der Normalnatron-
lauge zugegeben, bis eine herausgenommene Probe auf glatte m,
blauviolettem Lackmuspapier neutrale Reaktion zeigt, d. h. die
Farbe des Papiers nicht verändert. Nach viertelstündigem Er-
hitzen im Dampfe muß die Gelatinelösung nochmals auf ihre
Reaktion geprüft und, wenn nötig, die ursprüngliche Reaktion
durch einige Tropfen der Normalnatronlauge wieder hergestellt
werden. Alsdann wird der so auf den Lackmusblauneutralpunkt
eingestellten Gelatine

Ein und ein halber Teil kristallisierte, glasblanke (nicht ver-
witterte) Soda ²⁾ 1 1/2
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 cem eingefüllt und in diesen Röhren durch einmaliges, 15
bis 20 Minuten langes Erhitzen im Dampfe sterilisiert. Die Nähr-
gelatine sei klar und von gelblicher Farbe. Sie darf bei Tempe-
raturen unter 26° nicht weich und unter 30° nicht flüssig werden.
Blauviolettes Lackmuspapier werde durch die verflüssigte Nähr-
gelatine 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 Verun-
reinigung des Wassers zu vermeiden; auch ist darauf zu achten,

¹⁾ An Stelle der Normalnatronlauge kann auch eine 4% ige Natrium-
hydroxydlösung angewandt werden.

²⁾ Statt 1,5 Gewichtsteile krist. Soda können auch 10 Raumteile
Normal-Sodalösung genommen werden.

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 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 ¹⁾."

An Stelle der Petrischälchen kann man auch abgeflachte Kölbchen in der Form von Feldflaschen benutzen, wie sie Schumburg (Abb. 12) und Rozsahegyi (Abb. 13) (siehe die nebenstehenden 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.

¹⁾ Vgl. Veröff. d. Reichsgesundheitsamtes 1899. S. 108.

Ein schwacher Punkt des Gelatineplattenverfahrens ist, daß es mit ihm nicht möglich ist, 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 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, welches

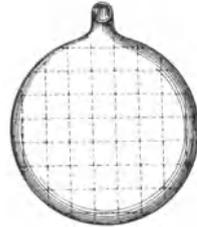


Abb. 12.

Kulturflasche nach Schamburg.



Abb. 13.

Kulturflasche nach Rozsahegyi.

Eijkman¹⁾ angegeben hat. Dieses beruht darauf, daß das *Bacterium coli* der Warmblüter (Mensch, Säugetiere und Vögel) auch bei höherer Temperatur (46°) in traubenzuckerhaltigen Nährlösungen noch Gärung hervorruft. Diese Eigenschaft ist bisher bei keinem harmlosen Wasserkeim gefunden worden. Die Eijkman'sche Probe 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 Eijkman'schen Probe auf die Beschaffenheit des betreffenden Wassers sicherer als von der Keimzahl der Gelatineplatten. Ferner ist die Eijkman'sche Probe ein besserer Indikator für bedenkliche Verunreinigungen

¹⁾ C. Eijkman, Die Gärungsprobe bei 46° als Hilfsmittel bei der Trinkwasseruntersuchung. Zentralbl. f. Bakteriol. usw., Abt. I. 1904. Orig.-Bd. 37. S. 742, und Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1915. Bd. 29. S. 224; ferner Med. Klinik 1916. S. 95 und Nowack, Anstaltsmitteilungen 1907. Heft 9. Ferner F. Worthmann, Anstaltsmitteilungen 1907. Heft 9. S. 185. J. Petruschky und H. Pusch, Zeitschrift f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1903. S. 304 und 1916. S. 15 und Wasser und Abwasser 1919. Bd. 14. S. 60.

eines Wassers, weil dabei viele harmlose Wasserbakterien, die an niedrigere Wärmegrade gewöhnt sind, ausgeschaltet werden. Die krankheitserregenden 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 nachweisbar ist, in Gefahr, gelegentlich auch einmal mit den oben genannten krankheitserregenden Bakterien infiziert zu werden.

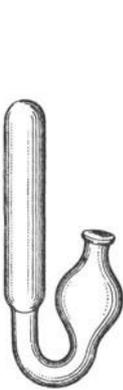


Abb. 14.
Gärungskolben
nach Eijkman.

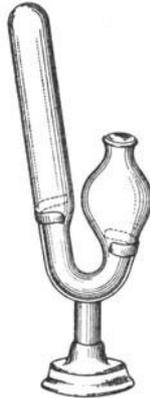


Abb. 15.
Gärungskolben
nach Eijkman
mit Fuß.



Abb. 16.
Dunbarsches Gär-
röhrchen.

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 ¹⁾. Um Zeit zu sparen, kann man natürlich auch gleich von vornherein diese Fleischbrühe-Anreicherung mit ansetzen oder einen ebenso beschickten Gärkolben wie bei 46° auch bei 37° halten.

Bei Oberflächenwasser ²⁾ stellt man die Eijkmansche Probe mit 1 ccm und Bruchteilen eines ccm an und verwendet hierzu Dunbarsche Gärröhrchen, die mit verdünnter — 1/10iger — Eijkmanscher Lösung 24 Stunden bei 46° (und bei 37°) gehalten werden.

Die im vorstehenden erwähnten Vorrichtungen werden von der Firma Paul Altmann in Berlin NW 6, aus sterilisierfähigem Glas vorschriftsmäßig angefertigt.

Abb. 14 zeigt einen Glaskolben zur Aufnahme von ca. 100 ccm Wasser.

Abb. 15 einen solchen mit federndem Metallfuß.

Abb. 16 Gärröhrchen nach Dunbar.

Die Eijkmansche Probe als Indikator für Fäkalverunreinigung ist von J. Bulir ³⁾, Christian ⁴⁾, C. Hagemann ⁵⁾, G. Neumann ⁶⁾, J. Thomann ⁷⁾, Ohlmüller und Spitta ⁸⁾, R. Hilgermann ⁹⁾, W. Fromme ¹⁰⁾, L. Grünhut ¹¹⁾ und Grijs ¹²⁾ als zuverlässig oder wertvoll bezeichnet worden. Kruse ¹³⁾, Konrich ¹⁴⁾

¹⁾ K. Nowack, Mitt. a. d. 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.

²⁾ Vgl. auch Kißkalt und Hartmann, Praktikum der Bakteriologie und Protozoologie. Jena 1907.

³⁾ Arch. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1907. Bd. 62. S. 1—13.

⁴⁾ Arch. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1905. Bd. 54. S. 386.

⁵⁾ Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin und öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. 1905. Bd. 29. Heft 2. S. 424.

⁶⁾ Arch. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1906. Bd. 59. Heft 2. S. 174.

⁷⁾ Schweizer. Wochenschr. Chem. und Pharm. 1906. S. 113. Ferner Hyg. Rundschau 1907. S. 857.

⁸⁾ Unters. u. Beurt. d. Wassers u. Abwassers. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 244.

⁹⁾ Der Wert des B. coli-Befundes z. Beurt. d. Reinh. eines Wassers, in: Klin. Jahrb. Bd. 22. 1909. S. 236.

¹⁰⁾ Über die Beurt. d. Kolibakterienbefundes im Trinkwasser, in: Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 65. 1910. S. 251.

¹¹⁾ Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914. Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920. S. 587.

¹²⁾ Zentralbl. f. Bakteriol. usw., 2. Abt. Bd. 50. S. 64.

¹³⁾ Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1908. Bd. 59. S. 6—94.

¹⁴⁾ Zur Bewert. d. Bact. coli im Wasser, in: Klin. Jahrb. Bd. 23. 1910. S. 1.

Der Vorgang der Eisenausscheidung läßt sich oft bei Wässern schön beobachten. Das aus der Tiefe geförderte eisenhaltige Wasser sieht in der Regel anfangs klar und farblos aus. Aber schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit der Aufbewahrung der Probe an der 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 (Eisenerocker) klärt es sich nach einiger Zeit meist wieder. Bei vielen Wässern, namentlich bei solchen mit höherer (Karbonat-) Härte, geht diese Eisenausscheidung verhältnismäßig schnell — in einigen Stunden — vor sich; bei manchen, besonders weichen oder humusreichen Wässern, sind hierzu Tage, auch wohl Wochen erforderlich. Der Grund hierfür liegt teils in dem mehr oder weniger hohen Eisengehalt, teils, und zwar vorwiegend, in der chemischen Zusammensetzung des Wassers überhaupt. Ganz allgemein läßt sich sagen, daß durch Schütteln der betreffenden Wasserprobe mit Luft die Eisenausscheidung in den weitaus meisten Fällen erheblich beschleunigt wird, sofern das Eisen sich auf solche Weise überhaupt ausscheiden läßt ¹⁾.

Gesundheitsschädlich ²⁾ ist ein hoher Eisengehalt des 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 ³⁾ des Wassers stark. Schon 0,3 mg Fe im Liter Wasser als Eisenoxydul gelöst, verleihen demselben einen deutlichen Geschmack nach Tinte ⁴⁾ und in Verbindung mit Humusstoffen einen moorigen Geschmack. Das ausgeschiedene (unlösliche) Eisenhydroxyd in Wasser ist dagegen ohne Geschmack.

¹⁾ Vgl. auch L. Darapsky, Das Gesetz der Eisenabscheidung aus Grundwässern. Gesundheit 1906. Nr. 13 u. 14. Ferner Journ. f. Gasb. u. Wasservers. 1907. Nr. 52.

²⁾ Vgl. M. Rubner, Lehrb. d. Hyg. 8. Aufl. Leipzig u. Wien 1907. S. 366 u. 367, C. Flügge, Grundriß der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig 1915. S. 132—133 u. Ohlmüller-Spitta, Wasser und Abwasser. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 334.

³⁾ 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.“

⁴⁾ Vgl. auch A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 63 u. 87.

Für viele Wirtschaftszwecke, wie z. B. Waschen, ist der Eisengehalt störend durch Gelbfärbung der Wäsche und Erzeugung von Rostflecken; außerdem verleiht er der Wäsche einen unangenehmen (muffigen) Geruch. Das Eisen haftet an den im Haushalt verwendeten Gefäßen sowie an den Gewebefasern ziemlich fest. Zur Bereitung von Kaffee¹⁾, Tee usw. ist eisenhaltiges Wasser wenig oder gar nicht geeignet. Für viele gewerbliche Betriebe wie Bleichereien, Gerbereien, Färbereien, Zeugdruckereien, Wäschereien, Leim-, Stärke-, Papiergewinnung, Herstellen photographischer Platten, künstlicher Zellstoffseide usw. ist eisenhaltiges Wasser nicht anwendbar. Hier können schon Mengen über 0,1 mg Fe im Liter Wasser stören. Ebenso wenig eignet es sich zum Bewässern von Gartenanlagen, zum Speisen öffentlicher Springbrunnen usw., da es die Figuren und Becken mit braunem Eisenoxyd (Eisenerocker) überzieht. Ferner ist eisenhaltiges Wasser ungeeignet für eine Zentralversorgung, da es leicht Verschlämmungen des Rohrnetzes und die damit verbundenen Mißstände — wie Betriebsunterbrechungen usw. — herbeiführen kann.

Im Molkereibetriebe²⁾ verleiht eisenhaltiges Wasser der Milch, dem Rahm und der Butter metallischen (tintenartigen) Geschmack und erzeugt im Käse Rostflecke.

Das Glas- und Tonwarengewerbe braucht ebenfalls eisenfreies Wasser.

Oberflächenwasser, das Eisenoxydschlamm führt, ist für Fische³⁾ 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. Wasser 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 kennzeichnenden Eisenausscheidungen aus Wässern bei Berührung mit der 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 Wasser mit verhältnismäßig viel organischen Stoffen⁴⁾ (Huminstoffen) — angezeigt durch den hohen Kaliumpermanganatverbrauch — das Eisen für gewöhnlich nur schwer

¹⁾ K. Lendrich, Gesundheitsing. 1916. S. 389.

²⁾ A. Hesse, Molkerei-Ztg. 1905. S. 181.

³⁾ B. Hofer, Allg. Fischerei-Ztg. 1894. S. 394.

⁴⁾ Dunbar, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1896. S. 105 Bd. 22.

ausscheiden. Derartige Wässer entstammen sehr häufig moorigem Untergrund und sind in der Regel durch folgende Merkmale¹⁾ 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 Wässer 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 Röhren²⁾ 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, die sich durch Einlagerung von Eisenverbindungen stark bräunen. Durch diese verquollenen, stark mit Eisen durchsetzten Scheiden wird der Umfang 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. Zentralbl. f. Bakteriologie usw., Abt. II, 1904. Bd. 11. S. 215 u. 277.
- W. Benecke, Bau und Leben der Bakterien. Leipzig 1912.
- A. Beythien, Über ein Vorkommen von Eisenbakterien im Leitungswasser. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. Bd. 9. 1905. S. 529.
- A. Beythien, H. Hempel, L. Kraft, Beiträge zur Kenntnis des Vorkommens von *Crenothrix polyspora* in Brunnenwässern a. a. O. Bd. 7. 1904. S. 215.
- Cohn, Über den Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*). Beiträge z. Biologie der Pflanzen. Bd. 1. 1870.
- R. Kolkwitz, Schizomyeetes, 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 u. 1915. Bd. 9. S. 140.

¹⁾ Klut, Über den Nachweis von Humussubstanzen im Wasser. Pharm. Ztg. 1906. Nr. 51. S. 777 u. 778, ferner 1921. Nr. 84. S. 904.

²⁾ 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 bewährt hat. Vgl. auch Schorler, Die Rostbildung in den Wasserleitungsröhren. Zentralbl. f. Bakteriologie usw., Abt. II, 1906. Bd. 15. Nr. 17 u. 18. Ferner Ermel, Ergebnisse mit Rohrreinigungsapparaten am Wasserrohrnetze der Stadt Krefeld. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907. Nr. 30. S. 695—697; ferner „Wasser und Abwasser“ 1917. Bd. 11. Heft 13. S. 395.

- R. Lieske, Zur Ernährungsphysiologie der Eisenbakterien. Zentralbl. f. Bakteriol. usw., Abt. II, 1919. Bd. 49. S. 413—425.
- Migula, System der Bakterien. Jena 1897—1900.
- H. Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892; ferner: 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. Zentralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh., Abt. II Orig., 1906. Bd. 15, S. 564, ferner 1904. Bd. 12. Abt. II. S. 681. Beiträge zur 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 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. Zur Speisung größerer Zentralwasserversorgungen kann man ein Wasser mit einem Eisengehalt bis zu 0,2 mg Fe in 1 l verwenden, weil in solchen Fällen keine erheblichen Störungen im Betriebe und bei der Verwendung hervorgerufen werden und eine künstliche Enteisung des Wassers nicht durchaus notwendig ist.

Für gewisse Gewerbe¹⁾, z. B. Färbereien, Wäschereien, Papierbereitung 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, Herstellung sehr feiner weißer Papiere auch diese Menge bereits stören kann, und nur ein nahezu eisenfreies Wasser unter 0,05 mg Fe im Liter brauchbar ist. Eine dauernde gleichmäßige Herabsetzung des Eisengehaltes eines Wassers bis 0,1 mg Fe im Liter dürfte für die meisten gewerblichen Zwecke ausreichend sein.

Inwieweit eine derartige Entfernung des Eisens in der Praxis durchführbar ist, hängt einmal von der chemischen Zusammen-

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

setzung des betreffenden Wassers, andererseits von dem geübten Enteisungsverfahren ¹⁾ 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 angezeigt.

Mehr als 3 mg Fe in 1 l Wasser wird wenigstens in der norddeutschen Tiefebene nicht allzu oft 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 seien einige Veröffentlichungen über Enteisung des Wassers bei Zentralversorgungen mitgeteilt:

- G. Anklam in H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918. S. 667.
 C. Bärenfänger, Enteisung von Grundwässern, in Th. Weyl, Die Betriebsführung städtischer Werke. Bd. 1. Wasserwerke. Leipzig 1909. S. 162.
 J. Brix, Über die Enteisung des Wassers. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1915. Bd. 2. Nr. 23. S. 190.
 L. Darapsky, Enteisung von Grundwasser. Leipzig 1905, und das Gesetz der Eisenabscheidung aus Grundwässern. Leipzig 1906.
 F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914. S. 153.
 E. Götze, Wasserversorgung, in Weyls Handb. d. Hyg. 2. Aufl. Bd. 1. — Abt. I. Leipzig 1919. S. 132.
 R. Haack, Eisen und Mangan im Wasser, in der Zeitschr. „Das Wasser“ 1919. Bd. 15. Nr. 33. S. 375.
 O. Kröhnke, Die Reinigung des Wassers. Stuttgart 1900. S. 60.
 Prigge, Über neuere Enteisungssysteme. Hyg. Rundschau Bd. 19. 1909. S. 1161.
 A. Schmidt und K. Bunte, Über die Vorgänge bei der Enteisung des Wassers. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. Bd. 46. 1903. Nr. 25. S. 481.
 H. Schwerts, 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.
 O. Smreker, Der Wasserbau. 3. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften. Bd. 3. Die Wasserversorgung der Städte. 5. Aufl. Leipzig und Berlin 1914. S. 360.
 J. Tillmans, Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung. Halle a. S. 1912. S. 28.

¹⁾ Vgl. auch: Über die Grenze der Enteisung von Trinkwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1912. Bd. 55. Nr. 43. S. 1058 u. bei E. Götze in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 1. Abt. I. Wasserversorgung. Leipzig 1919. S. 22 u. R. Weyrauch, Wasserversorgung der Ortschaften. 3. Aufl. Berlin u. Leipzig 1921. S. 122.

- H. Többen, Über die besten Verfahren der Reinigung des Grundwassers von Eisen und Mangan. Gesundheits-Ing. Nr. 46 u. 47.
 R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. Leipzig 1916. 2. Aufl. Bd. 2. S. 83.

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 0,5 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 Wirtschaftszwecken, besonders zum Waschen finden soll.

Nachstehend einige Veröffentlichungen über Enteisung des Wassers in kleinen Betrieben:

- E. v. Esmarch, Hyg. Taschenbuch. 4. Aufl. Berlin 1908. S. 38.
 Finger, Klin. Jahrb. Bd. 19. 1908.
 Gans, Wasser und Abwasser. Bd. 3. 1911. S. 499 u. 501.
 A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 200.
 Klut, Pharmazeut. Zeit. 1906. Nr. 86.
 K. Opitz, Klin. Jahrb. Bd. 26. Jena 1912. S. 449.
 Peters, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 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 Einteilung nur einen ungefähren Anhalt für die Beurteilung der Höhe des Eisengehaltes eines Wassers bieten kann.

Bei Erschließung eines neuen Grundwasserträgers 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 gewerbliche Zwecke eine künstliche Enteisung des Wassers erforderlich ist.

Als Reagens zum Nachweis von Eisenoxydul- oder Ferro-Verbindungen ¹⁾ im Wasser, wie solche ja vorwiegend im Wasser vorhanden sind, hat sich allgemein die vom Verfasser empfohlene 10%ige Natriumsulfidlösung bewährt ²⁾. Das zur Verwendung

¹⁾ Über die sonstigen Methoden des Eisennachweises im Wasser vgl. Klut, Mitt. a. d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Heft 8. 1907, und Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1907. Nr. 39. S. 898.

²⁾ Finger, Wasserversorgung in den Marschen. Klin. Jahrb. 1908. Bd. 19.

gelangende Natriumsulfid muß natürlich chemisch rein sein. Das im Handel erhältliche Natriumsulfid ist meist nicht von genügender Reinheit. Es enthält häufig störende Polysulfide. Das chemisch reine Schwefelnatrium ($\text{Na}_2\text{S} + 9 \text{H}_2\text{O}$) 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 einzufetten.

Nach den Untersuchungen von L. W. Winkler¹⁾ hält sich die Natriumsulfidlösung wesentlich besser, und kittet auch der Glasstopfen kaum ein, wenn man die Lösung nach folgender Vorschrift bereitet:

5 g chemisch reines Natriumsulfid ($\text{Na}_2\text{S} + 9 \text{H}_2\text{O}$) werden in 25 ccm destilliertem Wasser gelöst und die Lösung mit 25 ccm chemisch reinem Glycerin versetzt. Diese Lösung ist auch gut haltbar.



Abb. 16a.
Schaufrohr.

Bei Ausführung der Prüfung eines Wassers auf Eisen versetzt man am besten in einem Zylinder aus farblosem Glase von 2 bis 2,5 cm lichter Weite, ca. 30 cm Höhe und ebenem Boden, der durch Lacküberzug oder noch besser mit abnehmbarer schwarzer Metallhülle usw. gegen seitwärts einfallendes Licht geschützt ist — vgl. die nebenstehende Abb. 16a —, das auf Eisen zu untersuchende Wasser mit 2 bis 3 Tropfen Natriumsulfidlösung. Man blickt von oben durch die Wassersäule auf eine in einiger Entfernung (3 bis 4 cm) befindliche weiße Unterlage, z. B. eine Porzellanplatte. Je

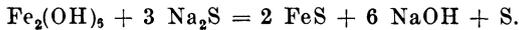
nach der vorhandenen Eisenmenge tritt sogleich oder innerhalb kurzer Zeit — 2—3 Minuten — eine grüngelbe, unter Umständen bis braunschwarze Färbung ein. Das im Wasser vorhandene Eisen wird hierbei in Ferrosulfid verwandelt, das in kolloidaler Form in Lösung bleibt. Bei geringen Eisenmengen im Wasser ist es ratsam, zum Vergleich stets einen Versuch mit einem eisenfreien Wasser, am besten destilliertem, 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 Reagenzglase 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 haupt-

¹⁾ L. W. Winkler, Zeitschr. f. angew. Chem. 1916. Bd. 29. Nr. 43. S. 218.

sächlich Blei —, so tritt hierbei ebenfalls durch Natriumsulfid diese Färbung ein. Liegt eine solche Möglichkeit vor, so säuert man die gefärbte Flüssigkeit mit einigen cem 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 Eisenoxyd (Ferri-)verbindungen Schwefelnatrium weit weniger stark reagiert. Es beruht dies darauf, daß die Ferriverbindungen zu Ferroverbindungen reduziert werden unter Abspaltung von Schwefel, der in fein verteilter Zustande durch seine weißliche Färbung stört:



Handelt es sich darum, auch Eisenoxydverbindungen in einem Wasser nachzuweisen, so geschieht der Nachweis am besten mit Kaliumsulfozyanat (Rhodankalium) in salzsaurer Lösung. Die hierbei eintretende Rosa- bis Rotfärbung zeigt Ferriverbindungen an.

Sollen Eisen — und auch Mangan — mit praktisch ausreichender Genauigkeit für den Wassertechniker bestimmt werden, so sind die kolorimetrischen Verfahren von W. O. Heublein — vgl. in der Zeitschrift „Das Wasser“ 1920, Bd. 16, Nr. 20, S. 237 — besonders zu empfehlen.

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 (Eisenoxydul, FeO)	= 0,778	1,0	1,11
1 „ Ferrioxyd (Eisenoxyd, Fe ₂ O ₃)	= 0,7	0,9	1,0

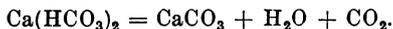
Kohlensäure.

Man unterscheidet im Wasser verschiedene Arten des Vorkommens von Kohlensäure:

I. Festgebundene oder, besser ausgedrückt, ganz gebundene Kohlensäure, wie in Monokarbonaten, z. B. Kalzium- und

Magnesiumkarbonat CaCO_3 , 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. Die Karbonate von Ca und Mg bilden die vorübergehende, temporäre, transitorische oder, wissenschaftlich besser ausgedrückt, Karbonathärte oder auch Kohlensäurehärte eines Wassers. Über ihre hygienische und technische Bewertung vgl. S. 170.

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 ¹⁾ mehr als 99% CO_2 und zu 0,7% als hydratisierte Kohlensäure: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ im Wasser gelöst (absorbiert). Die Kohlensäure ist im Wasser leicht löslich. Nach Landolt-Börnstein ²⁾ löst 1 Liter Wasser bei:

0°	1713 ccm (Normalvol.)	= 3343 mg CO_2
4°	1473 „ „	= 2869 „ „
8°	1282 „ „	= 2491 „ „
10°	1194 „ „	= 2316 „ „
12°	1117 „ „	= 2164 „ „
15°	1019 „ „	= 1969 „ „

1 Liter Kohlensäure (CO_2) 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).

Über ihre Bedeutung und Menge sowie über Metalle und Mörtel angreifende sog. aggressive Kohlensäure im Wasser vgl. die näheren Angaben auf S. 139.

Am Orte der Entnahme kommt meist nur die Bestimmung der freien Kohlensäure neben der aggressiven in Frage, da beim

¹⁾ Vgl. u. a. A. F. Holleman, Lehrb. d. anorg. Chem. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 229 und K. A. Hofmann, Lehrb. d. anorg. Chem. 2. Aufl. Braunschweig 1919. S. 298.

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

Versand von Wasserproben Kohlensäureverluste sehr leicht möglich sind.

Zum Nachweis der freien Kohlensäure ist das bisher vielfach benutzte M. v. Pettenkofersche Reagens Rosolsäure ¹⁾ nicht zuverlässig genug. Man wendet deshalb 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. S. 53.

Da alle natürlichen Wässer mehr oder weniger freie Kohlensäure ²⁾ gelöst enthalten, erübrigt sich in der Regel ihr Nachweis.

Bestimmung der freien Kohlensäure ³⁾.

Wohl allgemein als die beste volumetrische Bestimmung der freien Kohlensäure im Wasser gilt jetzt das Verfahren von J. Tillmans, nach dem auch in der Landesanstalt für Wasserhygiene gearbeitet wird. Nachstehend sei die genaue Beschreibung des Verfahrens nach Angabe von J. Tillmans und O. Heublein in der Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1917, Bd. 33, Heft 7, S. 299, mitgeteilt:

„Man läßt am Orte der Entnahme das Wasser aus einem Schlauch, der an den Hahn angesetzt oder in die Ausflußöffnung eingesetzt ist, zunächst eine Zeitlang austreten. Der Wasserdurchfluß durch den Schlauch soll so reguliert werden, daß keine Luftblasen mitkommen, sondern das Wasser in stetigem, langsamem Strahle austritt. Man setzt nun den Schlauch in ein 200 ccm-Meßkölbchen bis fast auf den Boden. Das Kölbchen hat am Halse eine bauchige Erweiterung. Diese Einrichtung verfolgt einen doppelten Zweck: Einmal wird durch die Kugel das Mischen erleichtert, ferner faßt aber das Kölbchen auch mehr Titrationsflüssigkeit. Sobald das Gefäß nahezu gefüllt ist, zieht man den Schlauch langsam heraus. Das etwa zuviel eingefüllte Wasser entfernt man durch vorsichtiges Abschwenken. Darauf wird mit einer Pipette 1 ccm einer Lösung zugegeben, welche 0,375 g reines Phenolphthalein in 1 l Alkohol

¹⁾ H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918. S. 267.

²⁾ Vgl. u. a. E. Schmidt, Ausführl. Lehrb. d. pharm. Chem. Bd. 1. 6. Aufl. Braunschweig 1919. S. 165 und K. A. Hofmann, Lehrb. d. anorg. Chem. a. a. O. S. 54.

³⁾ Ausführlich habe ich über „Die freie Kohlensäure im Trinkwasser und ihre Bestimmung an Ort und Stelle“ geschrieben unter Beigabe des einschlägigen Schrifttums in den Berichten der Dtsch. Pharm. Gesellschaft 1919. Bd. 29. Heft 4. S. 344—359.

enthält. Man träufelt nun aus einer genauen, in $\frac{1}{10}$ cem geteilten, kleinen Bürette $\frac{1}{20}$ N.-Natronlauge zu. Nach jedesmaligem Zusatz setzt man einen reinen Korkstopfen auf und mischt durch öfteres Umkehren des Kölbchens. Das Ende der Reaktion ist erfolgt, wenn eine eben, aber deutlich sichtbare Rosafärbung vorhanden ist. Die Färbung muß nach 5 Minuten noch unverändert bestehen bleiben. Bei Wässern, die unter 9° C warm sind, wartet man am besten 10 Minuten, da bei abnorm kalten Wässern die Reaktion deutlich verlangsamt ist.

Bei wichtigen Bestimmungen empfiehlt es sich, die Titration noch einmal in der Weise zu wiederholen, daß man die beim ersten Versuch verbrauchte Laugenmenge auf einmal zusetzt, mischt und nun innerhalb 5 Minuten einen etwa vorhandenen Rest noch nachtitriert.

1 cem $\frac{1}{20}$ N.-Natronlauge entspricht 2,2 mg CO_2 . Um auf 1 l zu berechnen, hat man also die verbrauchten Kubikzentimeter Natronlauge mit der Zahl 11 zu multiplizieren. Man kann an Stelle von $\frac{1}{20}$ N.-Lauge auch $\frac{1}{22}$ N.-Lauge verwenden. Das hat den Vorzug, daß man das Resultat der Titration nur mit 10 zu multiplizieren braucht, um sofort mg.-Kohlensäure für 1 l zu erhalten.

Hat das Wasser am Schlusse der Titration mehr als 440 mg Bikarbonatkohlensäure (220 mg geb. $\text{CO}_2 = 27^{\circ}$ Karbonathärte) oder tritt während der Titration eine Trübung unter Entfärbung des Phenolphthaleins auf, so muß vorher verdünnt werden. Man verfährt dann folgendermaßen:

In das Titrationskölbchen werden 100 cem kohlensäurefreies destilliertes Wasser aus einem genauen Meßkölbchen eingefüllt. Das kohlensäurefreie destillierte Wasser bereitet man, indem man gewöhnliches destilliertes Wasser in einem großen Jenenser Becherglas auf dem Drahtnetz $\frac{1}{4}$ Stunde lang auskocht. Man kühlt sofort ab und bestimmt nach der obigen Methode in einer Probe die noch vorhandene Kohlensäuremenge. Zum gemessenen Rest gibt man die nach der Bestimmung zur Bindung der noch vorhandenen Kohlensäure erforderliche Laugenmenge hinzu.

Das erkaltete Wasser bewahrt man in einer Jenenser Flasche auf. Derartiges Wasser hält man am besten stets vorrätig. Man füllt nun aus dem Schlauch das Kölbchen gerade bis zur Marke an, setzt Phenolphthalein hinzu und verfährt im übrigen wie oben.

Eine weitere Verdünnung wie 1 : 1 vorzunehmen, dürfte wohl in der Praxis kaum erforderlich werden.“

Kohlensäurebestimmung an Ort und Stelle.

Bei den häufigen Kohlensäurebestimmungen, die ich an Ort und Stelle auszuführen habe, fand ich, daß sich das Tillmansche Verfahren sowohl noch verbessern als auch vereinfachen läßt. Zunächst stört bei dieser Bestimmung ein höherer Gehalt an Eisenoxydul, der in Grundwässern oft angetroffen wird. Durch Zusatz

von etwas Seignettesalz¹⁾, Kaliumnatriumtartrat oder Tartarus natronatus des Deutschen Arzneibuches zum Wasser läßt sich der Übelstand leicht beseitigen. Gleichzeitig werden auch hierbei in harten Wässern die Kalk- und Magnesiaverbindungen²⁾ nicht ausgeschieden, die sonst durch ihre Ausscheidungen Trübungen im Wasser hervorrufen, die den Endpunkt der Bestimmung alsdann schlecht erkennen lassen. Die Härte ist somit praktisch ebenfalls ohne Einfluß auf die Bestimmung. Ferner ist es bei der Kohlensäurebestimmung an Ort und Stelle im allgemeinen bequemer, statt Anwendung von 1 ccm der Phenolphthaleinlösung nach Tillmans Vorschrift diese in der Form zu benutzen, daß einige Tropfen davon für die Prüfung genügen. Ich benutze für meine Untersuchungen eine gewöhnliche Tropfflasche von 10 ccm Inhalt und nehme eine Lösung von 1 g Phenolphthalein in 100 ccm Alkohol von 98% Tr. Phenolphthalein und Alkohol müssen natürlich chemisch rein sein. Der Weingeist darf nicht etwa von saurer Reaktion sein, er muß den Anforderungen³⁾ des Deutschen Arzneibuches — 5. Ausg. 1910 — entsprechen. Unter Umständen ist er mit Natronlauge bis zur schwach rosaroten Färbung gegen Phenolphthalein⁴⁾ zu neutralisieren.

Tropfengewicht.

Unter Berücksichtigung der Tropfentabelle von F. Eschbaum⁵⁾ sowie durch Versuche⁶⁾ mit der von mir benutzten Tropfflasche fand ich, daß zur Kohlensäurebestimmung 3 Tropfen der 1%igen Indikatorlösung erforderlich sind. Da die Tropfenzahl besonders von der Abtropffläche des Glases abhängig ist, so empfiehlt es sich, durch Vergleich mit der Phenolphthaleinlösung von Tillmans zweckmäßig die nötige Tropfenzahl erst durch einen Versuch zu ermitteln und diese alsdann auf der zu benutzenden Tropfflasche zu vermerken. Sehr geringe Abweichungen gegenüber der Tillmanschen Lösung können praktisch vernachlässigt werden, um so mehr, da ja auch alle natürlichen Wässer in ihrer Zusammensetzung, sowie ebenfalls in ihrem Kohlensäuregehalt in den verschiedenen Jahreszeiten gewisse Schwankungen⁷⁾ aufweisen.

¹⁾ Vgl. a. L. W. Winkler, Zeitschr. f. angew. Chem. 1916. Bd. 29. Nr. 69. S. 335.

²⁾ Vgl. L. W. Winkler, Trink- und Brauchwasser in G. Lunge, und E. Berl., Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. Bd. 1. 7. Aufl. Berlin 1921. S. 530.

³⁾ Nach D. A. B. 5. S. 486, darf Weingeist Lackmuspapier nicht verändern.

⁴⁾ Auch Phenolphthalein muß den Anforderungen des Deutschen Arzneibuches — S. 395 — entsprechen.

⁵⁾ Abgedruckt im Pharmazeutischen Kalender.

⁶⁾ Vgl. ferner J. M. Kolthoff im Chem. Zentralbl. 1918. Bd. 1. S. 299 und Zeitschr. f. anorg. u. allgem. Chem. 1917. Bd. 100. S. 143.

⁷⁾ Vgl. a. A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 163, 289, 314 u. 318.

Über die Bewertung der Tropfflaschen sowie über die Bestimmung des Tropfengewichtes sei im Anschluß hieran noch auf nachstehende Veröffentlichungen kurz hingewiesen:

- F. Eschbaum, Über ein Verfahren, allen Flüssigkeiten das gleiche Tropfengewicht zu geben. Berichte der Deutschen Pharmazeutischen Gesellschaft. Berlin 1908. Bd. 18. S. 297 und 1921. Bd. 31. S. 211.
- H. Kunz-Krause, Über einen neuen Normaltropfenzähler. Pharm. Zentralhalle 1911. S. 1311.
- J. Livingston, Über das Tropfengewicht usw. im Chem. Zentralbl. 1912. Bd. 1. S. 541 und 1914. Bd. 1. S. 836—839.
- J. Traube, Bemerkungen zu der Tropfglasfrage. Pharm. Zeit. 1909. Bd. 54. Nr. 20. S. 203.
- Derselbe, Über das Viginta-Tropfglas. Pharm. Zeit. 1913. Bd. 58. Nr. 100. S. 999.
- H. Winterhoff, Tropfgläser. Pharm. Zeit. 1913. Bd. 58. Nr. 95. S. 950.
- Vgl. ferner noch die Angaben im Deutschen Arzneibuch 5. Ausgabe. Berlin 1910. S. XXVIII über Normaltropfenzähler.

Phenolphthaleinlösung.

Bei der Bereitung der Phenolphthaleinlösung spielt auch, wie vergleichende Prüfungen mir zeigten, die Stärke des Alkohols eine Rolle. Verwendet man zur Lösung des Phenolphthaleins verdünnten Weingeist, so erhält man höhere Kohlensäuremengen.

Vereinfachung der Kohlensäurebestimmung.

Verwendet man zur Titration eine schwächere Natronlauge, als Tillmans angibt, so kann man auch statt 200 ccm ebensogut 100 ccm Wasser nehmen, was vielfach bei Untersuchungen an Ort und Stelle von praktischem Vorteil sein dürfte. Auch das für die Untersuchung mitzunehmende Glasgefäß ist alsdann dementsprechend wesentlich kleiner. Zur Bestimmung der freien Kohlensäure eines Wassers sind außer Natronlauge Kalkwasser und Sodalösung geeignet. Von diesen drei Flüssigkeiten hält sich am besten die Sodalösung, welche ich deshalb auch verwende¹⁾. Kalkwasser²⁾ und Natronlauge³⁾ ziehen leicht Kohlensäure aus der Luft an, wodurch ihr Wirkungswert alsdann geringer wird. Um Fehlerquellen in der Praxis möglichst zu vermeiden, benutze ich für die Kohlen-

¹⁾ Vgl. a. L. Grünhut, Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914. S. 11; F. Hundeshagen, Zeitschr. f. angew. Chem. 1918. Bd. 31. Nr. 49. S. 123; L. W. Winkler, ebenda 1916. Bd. 29. Nr. 69. S. 335.

²⁾ H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918. S. 304; A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 878.

³⁾ Vgl. a. J. M. Kolthoff, Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel 1921. Bd. 41. S. 104.

säurebestimmungen eine Sodalösung, bei der jeder Kubikzentimeter nur 0,5 mg CO_2 anzeigt, also bei Anwendung von 100 ccm Wasser demnach jeder Kubikzentimeter Na_2CO_3 -Lösung 5 mg CO_2 im Liter entspricht. Zur Bestimmung bediene ich mich einer gewöhnlichen, mit Stopfen verschließbaren Glasflasche von 125 bis 130 ccm Inhalt, die bei 100 ccm Rauminhalt eine eingezätzte Ringmarke besitzt. Zur Titration am Orte der Entnahme verwende ich eine kleine handliche 10 ccm-Bürette mit Glashahn, die in $\frac{1}{10}$ ccm eingeteilt ist. In der beschriebenen Weise lassen sich bis zu 100 mg CO_2 im

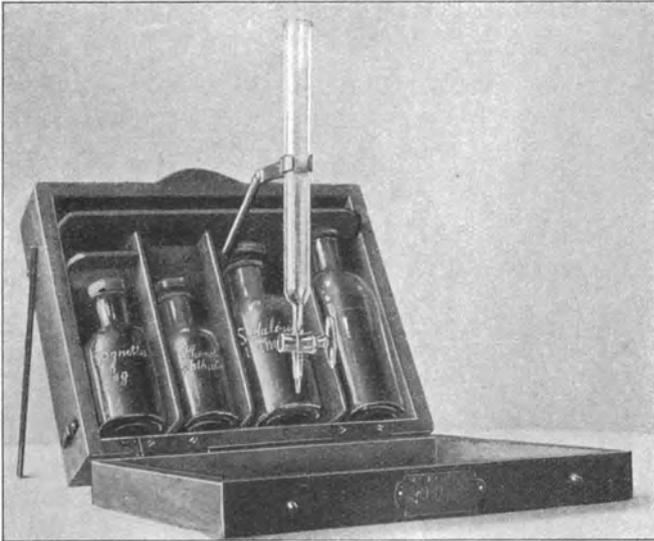


Abb. 17. Apparat zur Bestimmung der freien Kohlensäure im Wasser nach Klut.

Liter bequem bestimmen. Bei größeren Kohlensäuremengen, die aber in gewöhnlichen Wässern nur selten gefunden werden, wäre eine Glasflasche von 150 bis 175 ccm Inhalt oder eine stärkere Sodalösung — etwa 1 ccm Na_2CO_3 -Lösung = 1 mg CO_2 — zu verwenden.

Untersuchungskasten.

Für meine Untersuchungen an Ort und Stelle bediene ich mich seit mehreren Jahren eines kleinen handlichen Untersuchungskastens ¹⁾ (Abb. 17). Dieser enthält eine 10 ccm fassende Tropf-

¹⁾ Zu beziehen von den Firmen Paul Altmann, Berlin NW 6, und Bleckmann & Burger, Berlin N 24.

flasche für die 1^o/₁₀ige Phenolphthaleinlösung, auf der die für die Kohlensäurebestimmung erforderliche Tropfenzahl (etwa 3 Tropfen) verzeichnet ist; ferner eine etwa 30 ccm-Flasche mit Seignettesalzlösung, sodann eine etwa 100 ccm-Flasche mit der Sodalösung und außerdem das bei 100 ccm Inhalt mit eingätzter Ringmarke versehene Titrationsgefäß. Die ebenfalls beigegebene Glashahnbürette kann durch eine kleine Metallklammer an der Innenseite des Kastens leicht befestigt werden, so daß sich die Kohlensäurebestimmung bequem ausführen läßt.

Die Innenseite des Kastendeckels, auf dem die Untersuchungsflasche aufgestellt wird, ist mit einer weißen Asbestplatte belegt zur deutlicheren Beobachtung des Farbenüberganges bei der Titration.

Erforderliche Lösungen.

1,2045 g bei 160 bis 180° getrocknetes reines Natriumkarbonat werden in ausgekochtem destilliertem Wasser gelöst und auf 1 l aufgefüllt. Jeder Kubikzentimeter der Lösung entspricht 0,5 mg CO₂. Zweckmäßig hält man sich eine zehnfach stärkere Lösung hiervon vorrätig (also 1 ccm = 5 mg CO₂).

1 g reines Phenolphthalein wird in 100 ccm Alkohol von 98% Tr. gelöst. Bei etwaiger saurer Reaktion ist der Weingeist mit Natronlauge bis zur eben eintretenden Rosafärbung gegen diesen Indikator zu versetzen.

Man verwende eine etwa 33^o/₁₀ige wässrige Lösung von reinem Seignettesalz (Kaliumnatriumtartrat). Die Flüssigkeit muß gegen Phenolphthaleinlösung neutral¹⁾ reagieren.

Entnahme der Wasserproben.

Das zu untersuchende Wasser wird unter möglichster Vermeidung von Gasverlusten in die Kohlensäureflasche bis zur Ringmarke gebracht. Bei Entnahme aus Leitungen zieht man zweckmäßig einen Gummischlauch über den Zapfhahn und läßt das Wasser in kleinem Strahle 10 bis 20 Minuten lang abfließen, bevor man es in die Untersuchungsflasche bis zur Marke laufen läßt. Bei Pumpenbrunnen bedient man sich zweckmäßig eines Trichters, dessen Röhre durch einen Gummischlauch verlängert ist. Das Abpumpen des Wassers hat zur Verhütung von Gasverlusten langsam und gleichmäßig zu geschehen. Bei Kohlensäurebestimmungen von Oberflächenwässern, z. B. Flüssen, Seen, verwendet man am besten die gleichen Vorrichtungen, wie solche bei der Feststellung des im Wasser gelösten Luftsauerstoffs benutzt werden. Beim Fehlen geeigneter Entnahmevorrichtungen genügt für die Praxis in vielen Fällen

¹⁾ Siehe Deutsches Arzneibuch. 5. Ausg. Berlin 1910. S. 395 u. 509.

schon ein einfacher Eimer, der zuvor wiederholt mit dem zu prüfenden Wasser ausgespült wird. Aus der Mitte des mit Wasser angefüllten Eimers läßt man alsdann durch einen Gummischlauch heberartig das Wasser in die Untersuchungsflasche bis zur Marke einfließen.

Ausführung der Kohlensäurebestimmung.

Die Kohlensäurebestimmung wird nun am Orte der Entnahme am besten in folgender Weise ausgeführt:

Ist die Untersuchungsflasche mit dem zu prüfenden Wasser vorsichtig ohne Kohlensäureverluste bis zur Ringmarke — gleich 100 ccm — aufgefüllt, so werden 20 bis 25 Tropfen Seignettesalzlösung¹⁾ und darauf die erforderlichen — etwa 3 Tropfen — Phenolphthaleinlösung hinzugefügt; alsdann wird das Gefäß verschlossen und durch behutsames Umschwenken eine innige Vermischung des Wassers mit den beiden Lösungen bewirkt. Jetzt erst führt man die Titration mit der Sodalösung aus. Nach jedem Zusatz wird die Flasche zur Vermeidung von Kohlensäureverlusten wieder verschlossen und wenig umgeschwenkt, so daß das Wasser in drehender Bewegung bleibt. Die Bestimmung ist beendet, wenn die Flüssigkeit nach 5 Minuten langem Stehen noch eine deutlich sichtbare Rosafärbung — bei Betrachtung gegen einen weißen Hintergrund — besitzt. Zur Sicherheit empfiehlt es sich, noch eine zweite Bestimmung sofort vorzunehmen, bei der man gleich beim Beginn des Titrierens fast die ganze Menge der Natriumkarbonatlösung, die bei dem ersten Versuche verbraucht wurde, auf einmal zur Wasserprobe hinzufügt und nun vorsichtig bis zu Ende titriert.

Bei gefärbten Wässern ist der Endpunkt der Bestimmung mitunter schlecht zu erkennen; man benutzt in solchen Fällen zweckmäßig eine zweite Probe des gleichen Wassers als Vergleichsflüssigkeit.

Eisen, Mangan und Härtebildner in den Mengen, wie sie in natürlichen Wässern vorzukommen pflegen, beeinflussen bei dieser Ausführungsart das Ergebnis praktisch nicht.

Berechnung.

Diese ist sehr einfach. Jeder Kubikzentimeter Sodalösung zeigt 0,5 mg CO₂ an. Bei Anwendung von 100 ccm Wasser brauchen die erhaltenen Kohlensäurewerte, die man allgemein als Milligramm CO₂ im Liter angibt, nur mit 10 multipliziert zu werden.

Über Messen und Verwenden von frei abströmender Quenlkohlensäure vgl. L. Sipöcz-Karlsbad in der Zeitschrift für Balneologie, Klimatologie und Kurort-Hygiene 1918—19, Bd. 11, Nr. 13 und 14, S. 75.

¹⁾ Vgl. a. H. Hager, B. Fischer und C. Hartwich, Kommentar zum Arzneibuch für das Deutsche Reich. 3. Ausg. 2. Aufl. Berlin 1895. Bd. 1. S. 208.

Bestimmungen des in Wasser gelösten Sauerstoffes.

Nach den Feststellungen von L. W. Winkler ¹⁾ löst (absorbiert) 1 Liter Wasser bei nachstehenden Temperaturen folgende Mengen Luftsauerstoff:

	Sauerstoff ccm (Normalvol.)	Sauerstoff mg		Sauerstoff ccm (Normalvol.)	Sauerstoff 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 ²⁾ nicht selten beobachtet, sind auch vom Sauerstoff bekannt. Durch langsames Erwärmen gesättigter Lösungen von Sauerstoff in Wasser, z. B. während der warmen Jahreszeit, können ebenfalls übersättigte Lösungen erhalten werden. Nach ausgeführten Versuchen von K. Dost ³⁾ steigt der Gehalt an überschüssigem Sauerstoff bis auf 20% der Winklerschen Werte.

Bei Oberflächenwässern beobachtet man gleichfalls, namentlich in der wärmeren Jahreszeit, eine Übersättigung ⁴⁾ mit Sauerstoff. Durch die Anwesenheit von chlorophyllhaltigen Lebewesen

¹⁾ In G. Lunge und E. Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. Bd. 1. 7. Aufl. Berlin 1921. S. 573; vgl. ferner T. Carlson, Zeitschr. f. angew. Chem. 1913. Bd. 26. S. 713.

²⁾ Vgl. u. a. A. F. Holleman, Lehrb. d. anorg. Chem. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 315 und Wilhelm Ostwald, Grundriß der allgemeinen Chemie. 6. Aufl. Dresden und Leipzig 1920. S. 358.

³⁾ K. Dost, Die Löslichkeit des Luftsauerstoffs im Wasser. Mitt. aus d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Berlin 1906. Heft 7. S. 168.

⁴⁾ Vgl. H. Grosse-Bohle, Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Rheinwassers. Mitt. a. d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Berlin 1906. Heft 7. S. 172.

im Wasser wird durch deren Lebensvorgang aus Kohlensäure im Licht Sauerstoff gebildet, worauf die Übersättigung¹⁾ zurückzuführen ist. Nach Beobachtungen von C. Weigelt²⁾ 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 (O₂) wiegt bei 0° und 760 mm Druck in Meereshöhe unter 45° geographischer Breite 1,42906 g³⁾. Die Dichte des Sauerstoffes beträgt 1,1052 (Luft = 1). 1 mg Sauerstoff hat das Volum (bei 0° und 760 mm) von 0,6998 ccm.

Die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes in einem zu Trinkzwecken dienenden Wasser ist für gewöhnlich nicht nötig, da in gesundheitlicher Hinsicht der Gehalt eines Wassers an gelöstem Sauerstoff an sich nur untergeordnete Bedeutung hat. Bei Zentralversorgungsanlagen sowie für Kesselspeisewecke dagegen ist besonders bei weichen (karbonatarmen) Wässern ein hoher Luftgehalt insofern von Nachteil, als solche Wässer mehr oder weniger metallangreifende Eigenschaften besitzen. — Vgl. Abschnitt „Angreifende Wässer“.

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. meist großen Wert⁴⁾. Aus der Bestimmung des sog. Sauerstoff-Defizits kann man unter Umständen bereits

¹⁾ Vgl. J. Tillmans, Über den Gehalt des Mainwassers an freiem, gelöstem Sauerstoff. Mitt. a. d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung. Heft 12. Berlin 1909. S. 195.

²⁾ C. Weigelt, Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Berlin 1900. S. 33.

³⁾ Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 4. Aufl. Berlin 1919. S. 148.

⁴⁾ O. Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg. Bd. 38. 1900. S. 160 u. 215, und weitere Untersuchungen über Flußverunreinigung. Arch. f. Hyg. Bd. 46. S. 64, und W. Ohlmüller und O. Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 49 u. 329. Ferner R. Kolkwitz, Die biologische Selbstreinigung der natürlichen Gewässer, in Lafar, Handb. d. techn. Mykologie. Bd. 3. 1906. Ferner Derselbe, Pflanzenphysiologie. Jena 1914. K. Knauthe, Das Süßwasser. Chemische, biologische und bakteriologische Untersuchungsmethoden. Neudamm 1907. R. Volk, Hamburgische Elbuntersuchung. VIII. Hamburg 1906. S. 53; Kißkalt, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 53, und S. Korschun, Über die Bestimmung des Sauerstoffes im Wasser nebst einigen Beobachtungen über Sauerstoffzehrung. Arch. f. Hyg. 1907. Bd. 61. S. 324.

Schlüsse auf den Grad der Belastung des Wassers mit zersetzlichem, organischem Material ziehen, insofern als mit wachsender Menge des letzteren das Defizit ¹⁾, d. h. der Unterschied 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 oder besser bei 22° C in völlig gefüllter und geschlossener Flasche, so ergibt die Differenz der beiden Bestimmungen die sog. Sauerstoffzehrung 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. Dies Verfahren unterstützt hauptsächlich die Bestimmung der Keimzahl im Wasser, mit der ihre Ergebnisse gewöhnlich übereinstimmen. 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 Zehrungsmethode aber häufig nicht ganz zuverlässige Werte, doch kann man so viel 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 Geschicklichkeit voraus.

Kurz zusammengefaßt gibt das Sauerstoffdefizit oder der Sauerstoffehlbetrag an, wieviel organische, zersetzungsfähige Abwässer einen Vorfluter geschädigt haben. Die Sauerstoffzehrung zeigt an, wieviel organische Stoffe noch in einem Vorflutwasser enthalten sind, also unter ungünstigen Verhältnissen den Vorfluter noch hätten schädigen können.

Über die Abhängigkeit der Sauerstoffzehrung natürlicher Wässer von der Versuchsdauer und der Versuchstemperatur macht Pleißner ²⁾ den Vorschlag einer „Normal-Sauerstoffzehrung natürlicher

¹⁾ K. Thumm, Abwasserreinigungsanlagen. Berlin 1914. S. 84.

²⁾ M. Pleißner, Arb. a. d. Reichsgesundheitsamte 1910. Bd. 34. Heft 2. S. 230. E. Brezina, Über die Verwertbarkeit der Sauerstoffzehrung. Wien. klin. Wochenschr. 1908. Nr. 44. S. 1525; A. Müller, Beiträge zur Beurteilung der Empfindlichkeit der Sauerstoffzehrung und ihrer Beeinflussung durch Plankton und Detritus. Arch. f. Hyg. 1920. Bd. 89. S. 135.

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 eine 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, da nach den fast übereinstimmenden Untersuchungen von J. König und Hünnecker und Kupzis¹⁾ Sauerstoffmangel bei Fischen in der Regel erst bei einem Gehalte unter 1 ccm Sauerstoff für 1 l eintritt. Als tödlich gilt im allgemeinen ein Herabsinken bis auf 0,6 ccm für 1 Liter; näheres siehe im Abschnitt „Fischgewässer“.

Für die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes eines Wassers hat sich allgemein das jodometrische Verfahren von L. W. Winkler²⁾ am besten bewährt³⁾; es ist einfach und schnell ausführbar. Das Verfahren ist eingehend auch in jedem Handbuche über Wasseruntersuchungen beschrieben und beruht auf folgendem Grundsatz:

Man oxydiert durch den in einer gemessenen Menge Wasser gelösten Sauerstoff überschüssiges Manganhydroxyd in Gegenwart von Alkali (zu Manganhydroxyd⁴⁾). Alsdann gibt man zur Flüssigkeit Kaliumjodid und Salzsäure, wobei eine dem gelösten Sauerstoff

¹⁾ J. Kupzis, Über den niedrigsten für das Leben der Fische notwendigen Sauerstoffgehalt des Wassers usw. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1901. S. 385 u. 631.

Derselbe (Zeitschr. f. Fischerei. 1902. Heft 3. S. 150) gelangt zu dem Ergebnis, daß bei den Fischen bei einem Sauerstoffgehalt von etwa 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.

²⁾ L. W. Winkler (Budapest), Über die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. Zeitschr. f. analyt. Chem. 1914. Bd. 53. S. 665 und L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920. S. 519.

³⁾ 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. Chem. 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.

⁴⁾ L. W. Winkler, Trink- und Brauchwasser, in G. Lunge und E. Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. Bd. 2. Berlin 1919. S. 279.

entsprechende Menge Jod frei wird. Dieses titriert man mit Natriumthiosulfatlösung, woraus sich die Sauerstoffmenge berechnen läßt.

Zur Bestimmung des gelösten Sauerstoffes sind folgende Lösungen ¹⁾ 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, das besonders nitritfrei sein muß, wird in 2 Gewichtsteilen destilliertem Wasser gelöst.

Kaliumjodidhaltige Natronlauge. Man gibt zu 100 ccm der 33,3%igen 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 (weiß oder weißlich), so ist kein oder kaum Sauerstoff vorhanden. B. Hofer ²⁾, München, hat für diese Zwecke eine Farbentafel herausgegeben, aus der man die Farbentöne miteinander vergleichen kann, um über den ungefähren 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.

Früher gab man die gefundene Sauerstoffmenge meist in Kubikzentimeter in 1 l Wasser an; neuerdings wird diese vielfach und auch weit zweckmäßiger in Milligramm ³⁾ in 1 l ausgedrückt zur Vermeidung der mehr oder weniger umständlichen Reduktionsrechnungen. In der Preuß. Landesanstalt für Wasserhygiene werden die Ergebnisse der Sauerstoff-Bestimmungen in Milligramm 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 genaue Bestimmung ohne weiteres beeinträchtigt.

¹⁾ L. W. Winkler, Über die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs. Zeitschr. f. analyt. Chem. 1914. Bd. 53. S. 666.

²⁾ Bei Paul Altmann, Berlin NW 6, Luisenstr. 47, u. a. erhältlich. Vgl. Allgem. Fischerei-Zeit. 1902. Nr. 22. S. 408: Über eine einfache Methode zur Schätzung des Sauerstoffgehaltes im Wasser.

³⁾ Vgl. auch Ohlmüller und Spitta, a. a. O. S. 45.

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 etwa 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 ungenau 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 schon öfters hervorgehoben, von einer richtigen Probenahme bei der Ausführung dieser Bestimmung viel abhängt, ist es meistens nötig, diesen Forderungen bei Flüssen, Seen genau nachzukommen. Es ist ohne besondere Vorrichtungen häufig nicht leicht möglich, den Zutritt von Luft-sauerstoff zu der zu untersuchenden Wasserprobe zu verhüten, und auch ferner Wasser nur aus der gewünschten Tiefe zu haben. Spitta und Imhoff ¹⁾ haben für diese Zwecke recht sinnreiche



Abb. 18.
Wasserentnahmeapparat
nach Spitta-Imhoff.

¹⁾ Apparate zur Entnahme von Wasserproben mit Abbildungen. Mitt. a. d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. 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.

Apparate erfunden, die nicht nur für große planmäßige Flußuntersuchungen, sondern auch für den gewöhnlichen Gebrauch gute Dienste leisten. Sie gestatten eine einwandfreie und bequeme Probenahme und sind zumal bei der Ausführung der Bestimmung der Sauerstoffzehrung besonders zweckmäßig. Die Apparate gestatten ferner die gleichzeitige Entnahme von chemischen und bakteriologischen Proben und gewährleisten somit eine große Zeitersparnis gegenüber anderen Vorrichtungen.

Die nebenstehenden Abbildungen zeigen die beiden hauptsächlich in Betracht kommenden Apparate ¹⁾.

Abb. 18 stellt einen handlichen Wasserentnahmeapparat, nach Spitta-Imhoff vor.

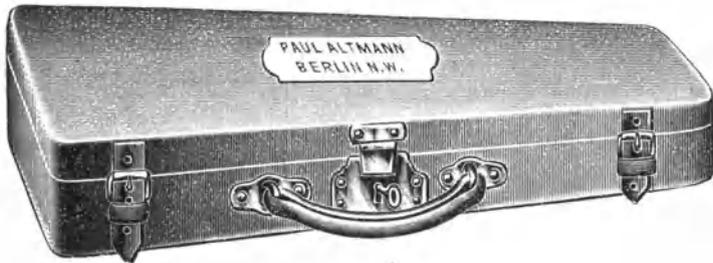


Abb. 19. Leder-Besteck für den Wasserentnahmeapparat nach Spitta-Imhoff.

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

Infolge des Auftriebes, den die große viereckige Flasche unter Wasser erfährt, wird selbsttätig 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 befestigten 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. Zur bequemen Beförderung auf Reisen dient das Abb. 19 abgebildete dauerhafte Lederbesteck.

Abb. 20 zeigt einen großen Wasserentnahmeapparat nach Spitta-Imhoff für planmäßige Untersuchungen von Oberflächenwässern. Die Wasserproben können hier aus beliebigen Tiefen entnommen

¹⁾ Die Apparate liefert für die Anstalt die Firma Paul Altmann, Berlin NW 6, Luisenstr. 47.

werden. Im übrigen beruht auch dieser auf den gleichen Grundsätzen wie der andere Apparat:

1. Möglichst gleichzeitige Entnahme aller drei Proben — für die bakteriologische, chemische und Sauerstoffuntersuchung. Wesentlich ist auch hier, daß alle Wasserproben aus derselben Tiefe und somit von genau gleicher Beschaffenheit 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 etwa 2,5 l, für die Sauerstoffproben die graduierten und genau ausgemessenen Flaschen und für die bakteriologischen Proben die luftleeren und zugeschmolzenen Abschlagröhrchen.

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

Für praktische Zwecke genügt auch häufig folgende, von dem Laboratoriumsgehilfen der Landesanstalt für Wasserhygiene Dinse ersonnene einfache und gegenüber den bisher üblichen



Abb. 20. Großer Wasserentnahmeapparat nach Spitta-Imhoff.

größeren Entnahmeapparaten preiswerte Schöpfvorrichtung für Oberflächenwasser — vgl. die Abb. 22.

Diese Vorrichtung besteht aus einem viereckigen Metallbecher mit umgebogenem oberem Rande und einer durch Scharnier damit

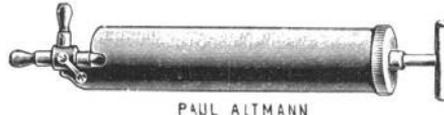


Abb. 21. Ventillose Handpumpe mit Zweivegeahn.

verbundenen bewegbaren Metallklammer zum Festhalten der Entnahmeflaschen. Der kleine Becher dient zur Aufnahme einer Winklerschen Sauerstoffflasche und der große zur Aufnahme zweier solcher Flaschen, für die gleichzeitige Entnahme von Wasserproben

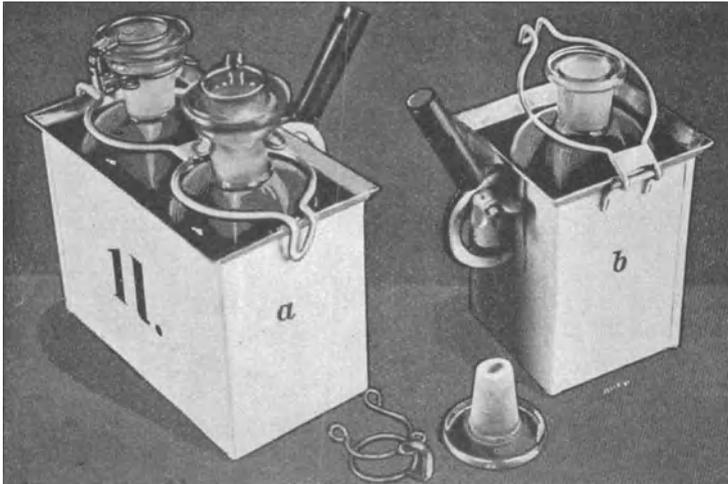


Abb. 22. Entnahmebecher nach J. Dinse.

für die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes sowie seiner Zehrung. Die Becher sind für die Entnahme aus beliebiger Tiefe mit einem röhrenartigen Ansatzgelenk zur Befestigung an einem ausziehbaren Stabe versehen. Zur Füllung der Flaschen können die Becher ohne weitere Vorrichtung unter die Wasseroberfläche getaucht werden. Zur besseren Durchströmung des Wassers kann man auch die Flaschen mit

einem Stopfen schließen, durch dessen doppelte Durchbohrung zwei Glasröhren geführt sind. Das eine Rohr reicht bis auf den Boden der Flasche, es dient zum Eintritt des zu untersuchenden Wassers, während das andere dicht unter dem Stopfen abschneidet, und für den Austritt der verdrängten Luft bestimmt ist. Der kleine Becher hat einen Inhalt von 0,5 und der große von 1,0 Liter, um auch für bestimmte Zwecke die erforderlichen Wassermengen entnehmen zu können¹⁾. Es ist dies z. B. von Wichtigkeit für die quantitative Ermittlung der belebten (Plankton) und unlebten Schwebestoffe eines Oberflächenwassers.

Die für die Sauerstoffbestimmung erforderlichen Flaschen, Pipetten usw. Zur Ausführung dieser Untersuchung verwendet man zweckmäßig ziemlich starkwandige Glasflaschen (Abb. 23) 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 Volumeninhaltes im Handel erhältlich. Zum Verschluß der Gläser haben sich die bekannten Lübbert-Schneiderschen Metallklammern (s. Abb. 4) bei uns gut bewährt. Eine Nachprüfung der Gefäße kann immerhin empfohlen werden. Ein Teil der Glasfläche dieser Flaschen ist matt geätzt zum Aufschreiben einiger Angaben 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 wird dies sonst oft recht unangenehm empfunden. Auch besitzen diese Sauerstoffpipetten vorteilhaft nach oben hin eine kugelförmige



Abb. 23. Sauerstoff-
flasche.



Abb. 24.
Sauerstoff-
pipette.

¹⁾ Diese Apparate liefert die Firma Bleckmann & Burger in Berlin N 24.

Erweiterung zur Vermeidung des etwaigen Hineingelangens der ätzenden Flüssigkeiten in die Mundhöhle (Abb. 24).

Kästen mit Reagenzien, Pipetten und 2—4 Flaschen für die Sauerstoffbestimmung hat für die Landesanstalt für Wasserversorgung usw. die Firma Paul Altmann, Berlin NW 6, angefertigt. Einen bequemen Versandkasten mit sechs Sauerstoffflaschen für Reisen zeigt Abb. 25. Der Kasten besteht ganz aus Metall und ist innen mit starker Filzauskleidung versehen.

Ausführung der Sauerstoffbestimmung. In die kunstgerecht eingefüllten Wasserproben werden gleich nach der Entnahme mit Hilfe der oben beschriebenen langstieligen sog. Sauer-

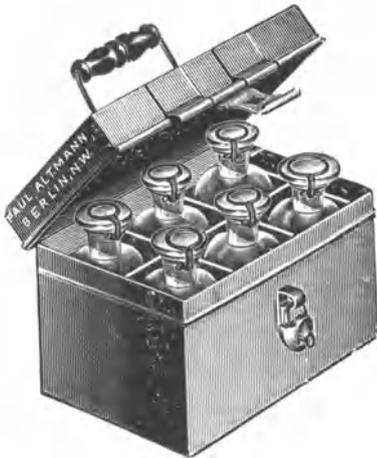


Abb. 25. Versandkasten für Sauerstoffflaschen.

stoffpipetten 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. 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 ohne Verlust in einen Erlenmeyerkolben und titriert über einer weißen Unter-

lage das ausgeschiedene Jod unter Zusatz von Stärkelösung¹⁾ als Indikator mit $\frac{n}{100}$ Natriumthiosulfat²⁾.

Ist es nicht möglich, gleich nach der Entnahme die Sauerstoffproben 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 Luft-sauerstoff eindringen kann.

Ist der Manganniederschlag durch Salzsäure gelöst, so muß, wie die Untersuchungen von W. Cronheim³⁾ ergeben haben, die Sauerstoffbestimmung sogleich zu Ende geführt werden, da sonst die organischen Stoffe des betreffenden Wassers durch das freie Jod oxydiert und somit leicht falsche Befunde 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.

¹⁾ 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, Lehrb. d. anal. Chem. 5. Aufl. Leipzig und Wien 1911. Bd. 2. S. 536. Vgl. ferner L. Vanino und A. Schinner, Zur Kenntnis der Jodstärke. Arch. d. Pharm. 1915. Heft 1. S. 37.

²⁾ Über die Haltbarkeit der Thiosulfatlösungen vgl. P. Bohrisch, Pharm. Zeit. 1914. S. 360 und 1917. S. 249; F. P. Treadwell, a. a. O. Bd. 2. S. 530 und M. Kolthoff, Pharm. Zeit. 1919. S. 455.

³⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1907. Bd. 20. S. 1939.

Das Endergebnis zeigt 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:

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

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 berücksichtigen. Hierzu dient 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 ¹⁾.

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 vollständig in Natriumkarbonat verwandelt und somit Manganokarbonat anstatt Hydroxyd gefällt werden, das den Verlauf der Reaktion nachteilig ²⁾ beeinflusst.

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

Bei dem Winklerschen Verfahren stören Wasser, die Nitrite ³⁾, Eisenoxydverbindungen und viel organische Stoffe — also namentlich verunreinigte Wasser — enthalten. Der Einfluß von Eisenoxydverbindungen auf Kaliumjodid läßt sich durch Ansäuern mit Phosphorsäure aufheben. Die störenden Nitrite und organischen

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

²⁾ E. Schmidt, Ausführl. Lehrb. d. pharm. Chem. 6. Aufl. 1919. Bd. 1. S. 1026. Ferner Zeitschr. f. angew. Chem. 1897. S. 658.

³⁾ L. W. Winkler, Trink- und Brauchwasser in G. Lunge und E. Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. Bd. 2. Berlin 1919. S. 281.

Stoffe im Wasser lassen sich nach den Beobachtungen von G. Bruhns¹⁾ in einfacher Weise durch Zusatz von 1,5 g kristallisiertem Kaliumbikarbonat nach dem Ausfällen der Manganoxyde, nochmaliges Absetzenlassen nach der Umsetzung in Karbonat durch Umschütteln, Abgießen und erforderlichenfalls Auswaschen und Absaugen durch Wattefilterrohr entfernen. Die Bruhnschen Abänderungen können gut auch als Allgemeinverfahren benutzt werden, da diese alle Hindernisse des Winklerschen Verfahrens aus dem Wege räumen und spätere Untersuchungen noch ermöglichen. Durch die Umwandlung der Manganoxyde in Karbonat mittels KHCO_3 können die so erzeugten Niederschläge in den Sauerstoffflaschen verbleiben und beliebig später gemessen werden. Das Verfahren von Bruhns hat H. Noll²⁾ nachgeprüft und bestätigt; auch in unserer Anstalt wurden mit den Bruhnschen Verbesserungen gute Ergebnisse erhalten.

Zur schnellen und annähernden Bestimmung des gelösten Sauerstoffes in Wasser empfiehlt L. W. Winkler den photographischen Entwickler Adurol-Hauff³⁾ (Chlorhydrochinon). Diese Verbindung 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° getrocknetem Borax und mit 3 Teilen bei 100° 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 nicht selten Wasser bleiauflösende Eigenschaften haben. Vgl. Abschnitt „Angreifende Wässer“ und meinen Aufsatz in der Zeitschrift „Das Wasser“ 1920, Nr. 13.

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, das längere Zeit — etwa 6 bis 24 Stunden — in der Bleileitung gestanden hat. Von

¹⁾ G. Bruhns, Zur Sauerstoffbestimmung nach L. W. Winkler I, II und III. Chem.-Zeit. 1915. S. 845; 1916. S. 45, 71, 985 und 1011.

²⁾ H. Noll in der Zeitschr. f. angew. Chem. 1917. S. 105.

³⁾ L. W. Winkler in der Zeitschr. f. anal. Chem. 1914. S. 672.

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 3 bis 4 Tropfen einer 10%igen Lösung von chemisch reinem Natriumsulfid ¹⁾ ($\text{Na}_2\text{S} + 9 \text{H}_2\text{O}$) 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 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 ²⁾ enthält. Die Reaktion tritt fast sogleich ein. Die etwaige weißliche Trübung der Flüssigkeit, die nach einigen Minuten entstehen kann, rührt von fein verteiltem Schwefel her, der sich durch Oxydation des Schwefelwasserstoffs an der Luft allmählich bildet.

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

Soll an eingesandten Wasserproben eine quantitative Bleibestimmung vorgenommen werden, so sei hier noch auf die Beobachtungen von K. Scheringa ⁵⁾ 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

¹⁾ Über die Herstellung der Natriumsulfid-Lösung s. Abschnitt Eisen, S. 70.

²⁾ Vgl. auch O. Weigel, Zeitschr. f. physik. Chem. 1907. Bd. 58. S. 293 und Wasser und Abwasser 1920. Bd. 14. Heft 7. S. 213.

³⁾ B. Kühn, Über den Nachweis und die Bestimmung kleinster Mengen Blei im Wasser. Arb. a. d. Reichsgesundheitsamte. 1906. Bd. 23. Heft 2. S. 389 und 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. Chem. 1913. Bd. 26. Nr. 5. S. 38.

⁵⁾ K. Scheringa, Blei im Trinkwasser. Wasser und Abwasser. Bd. 1. 1909. S. 438.

der Einheitlichkeit halber wie bei Eisen und Mangan empfehlen, Blei nur als Pb anzugeben.

Über die Verhältniszahlen obiger Verbindungen unterrichtet die nachstehende

Umrechnungstabelle.

1 Teil PbO	= 0,93	Teile Pb
1 „ PbS	= 0,87	„ „
1 „ PbO ₂	= 0,87	„ „
1 „ PbSO ₄	= 0,68	„ „
1 „ PbCrO ₄	= 0,64	„ „
1 „ Pb	= 1,08	„ PbO.

Biologische Untersuchung des Wassers¹⁾.

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:

- H. Helfer, Geschichte der biologischen Wasseranalyse. Arch. f. Hydrobiol. u. Planktonkunde Bd. 11. 1916.
 E. Hentschel, Das Leben des Süßwassers. München 1909.
 K. Knauthe, Das Süßwasser. Neudamm 1907.
 R. Kolkwitz, Pflanzenphysiologie. Versuche und Beobachtungen an höheren und niederen Pflanzen (einschließlich Bakteriologie und Hydrobiologie mit Planktonkunde). Mit 11 farbigen und schwarzen Tafeln und zahlreichen Textfiguren. 2. Aufl. Jena 1921.
 Derselbe, Biologie des Trinkwassers, Abwassers und der Vorfluter, in M. Rubner, Handb. d. Hyg. Bd. 2. II, Leipzig 1911.
 R. Kolkwitz und M. Marsson, Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. a. d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung 1902. Heft 1. S. 33.
 Dieselben, Ökologie der Saprobien. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 1908. Bd. 26a. 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. Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspflege 1911. Bd. 43. Heft 1. S. 116.
 K. Lampert, Das Leben der Binnengewässer. 3. Aufl. Leipzig 1920/21, neu herausgegeben von R. Lauterborn.
 C. Mez, Mikroskopische Wasseranalyse. Berlin 1898 und Das Mikroskop und seine Anwendung. 12. Aufl. Berlin 1920.
 P. Schiemenz, Zeitschr. f. Fischerei. 1901 u. ff.

¹⁾ Dieser Abschnitt ist von dem Abteilungsleiter der Preuß. Landesanstalt für Wasserhygiene, Privat-Dozent Prof. Dr. R. Kolkwitz, durchgesehen, wofür ich ihm zu Dank verpflichtet bin.

- E. Senft, Mikroskopische Untersuchung des Wassers. Wien 1905.
 G. Steiner, Untersuchungsverfahren und Hilfsmittel zur Erforschung der Lebewelt der Gewässer. Stuttgart 1919.
 G. Ch. Whipple, The Microscopy of Drinking Water. New York 1908.
 J. Wilhelmi, Kompendium der biologischen Beurteilung des Wassers. Jena 1915 und derselbe Die Schwebestoffe des Wassers. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1916. Heft 12. S. 91.
 O. Zacharias, Das Süßwasser-Plankton. Leipzig 1907.



Abb. 26.
Der Ausziehstock.

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)¹⁾ entnommener Proben, gelöst werden kann.

Die Beurteilung des Zustandes der zu untersuchenden Gewässer geschieht nach den darin vorhandenen Lebewesen, die nach R. Kolkwitz und M. 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 Kenntnis über die biologischen Gerätschaften sollen im nachstehenden einige derselben kurz beschrieben werden, und zwar:

- Ausziehstock,
- Planktonnetz und Kupfersieb Nr. 260,
- Pfahlkratzer,
- Dreische und Schlammheber,
- Planktonkammer,
- Planktonlupe,
- Einschlag-Lupe,
- Exkursionsmikroskop.

Für eingehendere Forschung auf diesem Gebiete sei auf die genannte Arbeit verwiesen.

1. Der Ausziehstock (Abb. 26) 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 mittels 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

¹⁾ Vgl. u. a. R. Kolkwitz, Entnahme und Beobachtungsinstrumente für biologische Wasseruntersuchungen. (Mit 22 Textabbildungen.) Mitt. a. d. Landesanstalt für Wasserhygiene. Heft 9, 1907, und Pflanzenphysiologie. Jena, 2. Aufl., 1921. Taf. X.

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 Versand bequem in einer Handtasche verpacken. Bei den vielen Probeentnahmen durch die Landesanstalt hat er sich durchweg gut bewährt.

2. Das Planktonnetz kleinsten Umfanges (Abb. 27) mit Vorrichtung zur Befestigung am Ausziehstock besteht im wesentlichen aus einem etwa 35 cm langen Seidenbeutel, der an seinem unteren Ende einen mit verschließ-



Abb. 27. Das Planktonnetz.



Abb. 28. Das Planktonsieb.

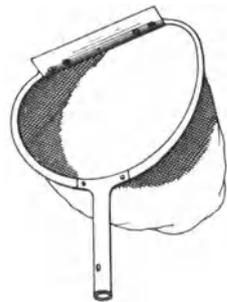


Abb. 29. Der Pfahlkratzer.

barem Ausflußrohr versehenen Metallbecher trägt. Die Maschenweite des Seidenstoffes (Müllergaze Nr. 20) beträgt etwa 0,05 mm; dieser feinste Seidenstoff ist also noch verhältnismäßig 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 mittels des Ringes, der die drei Aufhängeschnüre vereinigt, mit einer gewachsenen Schnur verbunden; soll es dagegen am Ausziehstock befestigt werden, so wird dazu die Aufsteckhülse verwendet. Um Rückstände einzusammeln, die kleine Fasern vom Netzstoff enthalten oder den Ablassschlauch des Netzes verstopfen würden, verwendet man das Kupfersieb Nr. 260 (Abb. 28). Seine Reinigung geschieht am leichtesten durch Abwaschen mittels 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 Absetzenlassen in graduierten

Röhrchen (sog. Planktongläsern) nach Zufügen von etwa 1 ccm käuflichen Formalins.

Über die Menge der absiebbaren Schwebestoffe möge die folgende Zusammenstellung nach R. Kolkwitz¹⁾ Aufschluß geben:

Art des Wassers	in 50 l Wasser	also berechnet auf 1 ccm	Verhältnis
Trinkwasser	höchstens 0,05 ccm	höchstens 1 ccm	1 : 1000000
Klare Seen	etwa 0,1 ccm	etwa 2 ccm	1 : 500000
Flüsse	etwa 1,0 ccm	etwa 20 ccm	1 : 50000
„ bis	etwa 4,0 ccm	etwa 80 ccm	1 : 12000

Das Verfahren ist allgemein gültig, also auch auf Abwässer anwendbar.

3. Der Pfahlkratzer (Abb. 29) 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. Größere Pfahlkratzer mit festem Stiel werden nach P. Schiemenz mit bestem Erfolg zur Untersuchung des Ufergebietes auf Fischnahrung angewendet.

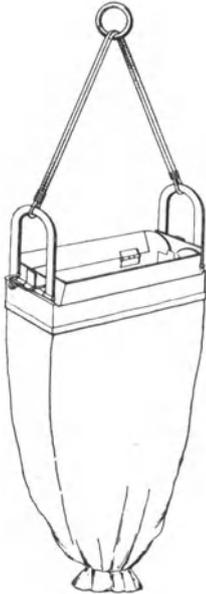


Abb. 30. Die zusammenklappbare Dretsche.

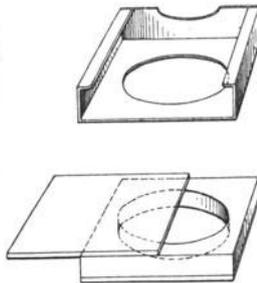


Abb. 31. Die Planktonkammer.

4. Die zusammenklappbare Dretsche (Abb. 30) ist viereckig, sie besitzt umlegbare Schneiden und Gleitbügel, wodurch die ganze Vorrichtung auf Reisen möglichst handlich ist. Die Dretsche dient zur Aufnahme von Grundproben, wie Steinen, Schlamm, Schnecken usw. Behufs Anwendung wird sie an einer langen, gewachsenen, starken Leine von 5—8 mm Durchmesser

befestigt und am Boden des zu untersuchenden Gewässers langsam

¹⁾ R. Kolkwitz im Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1914. Nr. 29.

hingezogen. Gewicht 2,6 kg. Kleinere Schlammengen entnimmt man mittels des Schlammhebers.

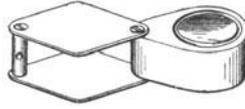
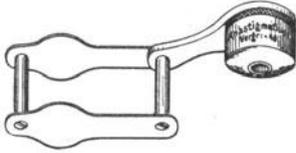


Abb. 32. Die Planktonlupe. Abb. 33. Die aplanatische Einschlaglupe.

5. Die Planktonkammer (Abb. 31) faßt einen Raum von genau 1 ccm und dient zur direkten Entnahme einer kleinen, aber abgemessenen 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 frischen Schöpfproben auch mit den Netz- oder Siebfängen füllen. Zum Schutz der Kammer empfiehlt sich das Einschieben in eine locker übergepaßte Fassung von der in der Abbildung wiedergegebenen Form.

6. Die Planktonlupe (Abb. 32) ist eine 40fach vergrößernde Anastigmatlupe. (Firma Carl Zeiß-Jena.) Sie hat den Zweck, auf Ausflügen ein schwach vergrößerndes Mikroskop zu ersetzen, und dient besonders im Verein mit der Planktonkammer dazu, die Planktonlebewesen möglichst an Ort und Stelle zu erkennen. Für den gleichen Zweck sind auch billigere Aplanatlupen im Handel.

7. Die aplanatische Einschlaglupe (Abb. 33) vergrößert 14 mal; sie dient zur Durchmusterung mancher Proben an Ort und Stelle, bei der ein größeres Gesichtsfeld wünschenswert und eine geringere Vergrößerung ausreichend ist.

8. Das Reisemikroskop (Abb. 34) nach R. Kolkwitz, über das auch in der Pharmaz. Zeit. 1908, Nr. 51, von mir näher berichtet wurde, ist eine mit normalen Objektiven ausgestattete Vorrichtung von besonderer Leichtigkeit — Aluminium-Nickel-



Abb. 34. Das Reisemikroskop.

— Aluminium-Nickellegierung des Fußes und der Säule — und geringem Umfang bei

völliger Festigkeit und zweiseitigem, gleichartigem Bau. Die Vergrößerungen betragen 100 und 400. Die Schalenkulptur von *Pleurosigma angulatum* wird aufgelöst. Zur Befestigung dieses Mikroskopes dient eine Klammer, die leicht an jedem Tisch usw. angebracht werden kann, wodurch das Instrument eine sehr große Standfestigkeit erlangt, die zumal auf schwankendem Dampfer recht wertvoll ist. Das Gewicht beträgt 600 g. Das Mikroskop ist von der Firma Otto Himmler, Berlin N 24, Oranienburgerstr. 64, gefertigt. Dasselbe kann leicht auf Reisen mitgenommen werden und hat sich allgemein gut bewährt¹⁾.

Bei Untersuchung von Brunnen²⁾, besonders von Schachtbrunnen, die erfahrungsgemäß meist ziemlich viele ungelöste Bestandteile enthalten, ferner von Absitzbecken, Filtern usw., ist es zweckmäßig, 1 bis mehrere 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 Lebewesen 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 Lebewesen und Beimengungen.

Prüfung auf Mangan.

Durch das plötzliche Auftreten großer Mengen von Mangan im Breslauer Leitungswasser hat neuerdings dieses Element 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. prakt. Geologie 1907. Bd. 15. S. 153 bis 164.
- Debusmann, Die Ursachen der Wasserkalamität in Breslau. Journ. f. Gasbeleucht. 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. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 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.-Zeit. 1907. Bd. 31. S. 255—257.

¹⁾ 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.

²⁾ R. Kolkwitz, Die Biologie der Sickerwasserhöhlen, Quellen und Brunnen. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1907. Nr. 37.

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

Magistrat Breslau, (Ergebnisse der Untersuchungen über die Ursachen der Grundwasserverschlechterung in Breslau. Teil I—III. 1907—1913.

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 ¹⁾ Körper 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 Odertal, wie Glogau, Neiße, Stettin ²⁾; ferner z. B. Erlangen ³⁾, Dresden Björnstorp in Schweden ⁴⁾ usw.

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

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 ⁶⁾ im Wasser befördern. Gewisse Crenothrixformen ⁷⁾ 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 ⁸⁾, und zwar häufig in noch höherem Grade, als es beim Eisen der Fall ist.

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

²⁾ Chem.-Zeit. 1906. S. 448 und Wasser und Abwasser 1918. Bd. 13. Heft 2. S. 54.

³⁾ E. v. Raumer, Zeitschr. f. anal. Chem. 1903. Bd. 42. S. 600.

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

⁵⁾ Vgl. auch Klut, Mitt. a. d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung. Berlin 1909. Heft 12. S. 183.

⁶⁾ Vgl. u. a. Vollmar, in der Zeitschr. „Gesundheit“ 1915. S. 349, und E. O. Rasser, in der Zeitschr. „Das Wasser“ 1918. Nr. 13. S. 147; ferner L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920. S. 429 und 596.

⁷⁾ B. Schorler, Die Rostbildung in den Wasserleitungsröhren. Zentralbl. f. Bakteriol., Abt. II, 1906. Bd. 15. Nr. 17 u. 18. R. Kolkwitz, Pflanzenphysiologie. Jena 1914. Mit Abbildungen von Eisen- und Manganbakterien. Über Röhrenreinigung vgl. Abschnitt Eisen.

⁸⁾ J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 3. Aufl. Berlin 1906. S. 844 und Vollmar, Dresden, Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1914. Nr. 43. S. 944.

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 ¹⁾ Grundwässer, die größere Mengen von Manganoxydulverbindungen gelöst enthielten, und welche in Leitungen gleiche Mißstände 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 ²⁾, 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 ³⁾ und K. B. Lehmann ⁴⁾ liegt eine gesundheitsschädliche Wirkung des manganhaltigen Wassers nicht vor.

Für technische Betriebe ⁵⁾ wie Wäschereien, Bleichereien, Färbereien ⁶⁾, Papier-, Stärkefabriken usw. ist manganhaltiges Wasser ebenso ungeeignet wie eisenhaltiges. Nach H. Lührig und W. Becker ⁷⁾ machen sich schon sehr geringe Manganmengen in 1 l Wasser bei der Wäsche höchst unangenehm bemerkbar. Bereits 0,5 mg Mangan in 1 l erzeugen auf Wäsche eine sichtbare Dunkelfärbung. Bei Chlorkalkzusatz wird die Färbung noch verstärkt. Der viel verwendete Mineralfarbstoff Manganbraunbister = Mn_3O_4 wird ja durch Behandeln von Mangankarbonat mit Chlorkalklösung erhalten.

Geschmacklich ⁸⁾ machen sich Manganverbindungen im Wasser meist von 0,5 mg Mn im Liter an bemerkbar. Ähnlich dem Eisen stört Mangan im Wasser auch bei der Kaffee- und Teebereitung.

¹⁾ Offizieller Bericht über die XVIII. Hauptversammlung d. Preuß. Medizinalbeamten-Vereins zu Berlin 1901. S. 58.

²⁾ Ministerialblatt f. Medizinal- u. med. Unterrichtsangelegenheiten 1907. Nr. 11. S. 169; ferner Racine in der Zeitschr. f. Med.-Beamte 1916. Heft 9. S. 253.

³⁾ Grundriß der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig 1915. S. 133. Mangan wird übrigens in der Heilkunde gemeinsam mit Eisen vielfach innerlich gegen Bleichsucht angewendet. Es steht dem Eisen pharmakologisch sehr nahe. — Th. Bokorny, Über die Ungiftigkeit des Mangans. Chem.-Zeit. 1914. S. 1290.

⁴⁾ K. B. Lehmann, Sonderkatalog über die chemische Industrie und die Gesundheit. Verlag d. Internat. Hygiene-Ausstellung. Dresden 1911. S. 32.

⁵⁾ Klut, Gesundheit Bd. 35. 1910. S. 45.

⁶⁾ W. Zänker und P. Weyrich, Färber-Zeit. 1912. Bd. 23. Heft 16.

⁷⁾ Chem.-Zeit. 1908. S. 532.

⁸⁾ Vgl. auch A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 63.

Für Zentralversorgungsanlagen sollte der Mangengehalt eines Wassers zur Vermeidung von irgendwelchen Störungen im Betriebe 0,1 mg Mn in einem Liter nicht übersteigen. Aug. Gärtner, Jena, verlangt sogar 0,05 mg Mn (Die Hygiene des Wassers a. a. O. S. 88).

Über geeignete Verfahren zur Entmanganung von Wasser sei auf die nachstehende Literatur verwiesen (vgl. auch Abschnitt Eisen, S. 68):

- R. Gans, Die Mangengefahr bei der Benutzung von Grundwasser zur Trinkwasserversorgung und deren Beseitigung. Die chemische Industrie 1910. S. 48.
- L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920. S. 428.
- H. Klut, Wasserversorgung der Stadt Neisse. Mitt. a. d. Preuß. Landesanstalt f. Wasserhygiene 1916. Heft 21. S. 262.
- 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. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. Nr. 34. S. 826.
- H. Thiesing, Versuche über die Entmanganung von Grundwasser. Mitt. a. d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. Berlin 1912. Heft 16. S. 210.
- J. Tillmans, Über die Entmanganung von Trinkwasser. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1914. Nr. 29. S. 713.
- J. Tillmans und O. Heublein, Versuche zur Theorie der Entmanganung von Grundwasser. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 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.
- Vollmar, Die Entmanganung des Grundwassers im Elbtale und die für Dresden ausgeführten Anlagen. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1914. 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. Marshall¹⁾. Etwa 50 ccm des zu prüfenden Wassers werden mit 8—10 Tropfen reiner Salpetersäure von 25%

¹⁾ H. Marshall, Chem. News 1904. Bd. 83. S. 76 und Zeitschr. f. angew. Chem. 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. Unters. f. Nahrungs- u. Genußm. 1914. Bd. 27, S. 553 bis 562.

angesäuert und darauf vorsichtig mit soviel einer 5%igen Silbernitratlösung versetzt, bis alle Chloride gefällt sind und ein geringer Überschuß von Silbernitrat im Wasser vorhanden ist. Alsdann setzt man 5 ccm einer 6%igen Ammoniumpersulfatlösung hinzu und erhält nun die Flüssigkeit — ohne von dem Chlorsilber abzufiltrieren ¹⁾ — 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 ²⁾ löslich ist.

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

Prüfung nach J. Tillmans und H. Mildner ³⁾. 10 ccm des zu prüfenden Wassers werden in einem durch Glasstopfen verschließbaren Mischzylinder von 25 ccm Inhalt mit einer geringen Menge (etwa 0,1 g) kristallisierten, festen Kaliumperjodats kräftig während einer Minute durchgeschüttelt. Nach dem Ansäuern der Reaktionsflüssigkeit mit 3 Tropfen (nicht mehr) Eisessig gießt man langsam einige Kubikzentimeter einer frisch bereiteten Lösung Tetramethyldiamidodiphenylmethan oder kurz von Tetramethylbase ⁴⁾ in Chloroform zu und mischt gut durch. 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 bereitete 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 nicht als zuverlässig anzusehen.

¹⁾ H. Lührig und W. Becker, Pharm. Zentralhalle 1907. Bd. 48. S. 137 und Chem.-Zeit. 1914. S. 781.

²⁾ L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920. S. 537.

³⁾ J. Tillmans und H. Mildner, Mangan im Wasser, sein Nachweis und seine Bestimmung. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1914. Bd. 57. S. 496, ferner Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle (Saale) 1915. S. 120.

⁴⁾ Vgl. auch A. Trillat, in Chem.-Zeit. 1903. S. 555.

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 erst im Filtrat die Mn-Prüfung vorzunehmen.

Empfindlichkeitsgrenze bei dieser Manganreaktion 0,05 mg Mn in 1 Liter.

Prüfung nach J. Volhard¹⁾. Etwa 50 ccm des zu prüfenden Wassers werden mit 5 ccm reiner Salpetersäure (25%) 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 Bleisuperoxyds²⁾ 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 Hintergrund. 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 Chloriden³⁾ ist bei diesem Verfahren in den weitaus meisten Fällen ohne störenden Einfluß. Nur bei sehr hohem Chlorgehalt — etwa von 300 mg Cl im Liter an — 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. Noch besser ist es, die Wasserprobe mit Schwefelsäure abzurauchen und den Rückstand alsdann auf Mn in obiger Weise zu prüfen.

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

¹⁾ J. Volhard, *Annal. Chem. u. Pharm.* 1879. Bd. 198. S. 362; ferner P. A. Meerburg, im *Chem. Zentralbl.* 1905. Bd. 2. S. 1466 und Bujard-Baier, *Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker.* 4. Aufl. Berlin 1920. S. 460.

²⁾ Vgl. auch A. Classen, *Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie.* Bd. 1. Braunschweig 1901. S. 360 u. E. Schmidt, *Ausführ. Lehrbuch d. pharm. Chemie.* Bd. 1. 6. Aufl. Braunschweig 1919. S. 1001.

³⁾ H. Klut, *Nachweis und Bestimmung von Mangan im Trinkwasser.* Mitt. a. d. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Berlin 1909. Heft 12. S. 185.

ist oder nicht — vgl. a. Abschnitt Eisen, S. 71. Bei Gegenwart von Mangan wären im Anschluß an die bei der Entnahme gemachten Ermittlungen quantitative Bestimmungen im Laboratorium erforderlich. Das Mangan wird mit Recht als ein unangenehmer Bestandteil ¹⁾ 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 ²⁾ setzt sich beim Atmen der Fische mit dem Atemwasser auf den 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 gesunde Entwicklung der Fische nicht stattfinden kann.

Nach R. Leuckart ³⁾ 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. Der Einheitlichkeit halber wäre zu empfehlen, Mangan nur als Mn anzugeben.

Über die Verhältniszahlen obiger Verbindungen unterrichtet die nachstehende

Umrechnungstabelle.

1 Teil MnO	=	0,77	Teile Mn
1 „ MnCO ₃	=	0,48	„ „
1 „ MnSO ₄	=	0,36	„ „
1 „ MnS	=	0,63	„ „
1 „ Mn ₃ O ₄	=	0,72	„ „
1 „ Mn ₂ P ₂ O ₇	=	0,39	„ „
1 „ Mn	=	1,29	„ MnO.

Bestimmung der Chloride.

Bei der Erschließung neuer Wasserbezugsquellen ist es besonders für den Hydrologen häufig von großem praktischen Wert ⁴⁾, schnell

¹⁾ Vgl. auch O. Materne, Manganhaltige Ablagerungen in den Röhren der Wasserleitung von Verviers. Bull. Soc. Chim. de Belg. 1904. Bd. 18. S. 365—367 u. R. Weyrauch, Wasserversorgung der Ortschaften. 3. Aufl. Berlin u. Leipzig 1921. S. 20.

²⁾ B. Hofer, Allgem. Fischerei-Zeit. 1894. S. 394.

³⁾ In J. König, Die Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. Berlin 1899. Bd. 1. S. 91.

⁴⁾ E. Prinz, Handb. d. Hydrol. Berlin 1919. S. 255.

und zuverlässig über die Menge der Chloride eines Wassers und somit auch über seinen Salzgehalt unterrichtet zu sein. Der Gehalt an Chloriden spielt eine wichtige Rolle bei der Beurteilung der Beeinflussung von Grundwässern¹⁾ durch Flußwässer und Abwässer, die z. B. Endlaugen aus Kaliwerken oder sonstige salzhaltige Abgänge aufweisen, wie die Saale beim Beesener Wasserwerk der Stadt Halle a. S.

Die meisten Trinkwässer weisen einen Gehalt an Chloriden bis zu 30 mg Cl im Liter auf. Verunreinigte Wässer haben fast immer einen hohen bis sehr hohen Chloridgehalt — über 50 bis 1000 mg Cl im Liter und noch mehr —. Umgekehrt darf man aber nicht ohne weiteres jedes Wasser mit großen Chloridmengen als verunreinigt ansehen. Man kennt eine Reihe hygienisch durchaus einwandfreier Trinkwässer mit viel Chloriden²⁾, deren Menge durch geologische Verhältnisse bedingt ist, z. B. in der Nähe des Meeres und in Gegenden, wo Kochsalz aus der Tiefe in die wasserführenden Bodenschichten eindringt. Nachstehend seien einige Orte mit hohem und sehr hohem Gehalt des Trinkwassers an Chloriden genannt. (Die Zahlen bedeuten mg Cl im Liter.) Bonn über 70; Salzwedel über 80; Potsdam über 100; Cranz über 125; Cöpenick über 150; Norderney über 175; Merseburg über 200; Emden über 225; Charlottenburg, Wasserwerk Tiefwerder über 300. Lediglich die genaue Kenntnis der örtlichen Verhältnisse kann Aufschluß darüber geben, ob ein hoher Gehalt eines Wassers an Chloriden³⁾ auf nachteilige äußere Beeinflussungen zurückzuführen ist oder nicht.

Ein hoher Gehalt eines Wassers an Chloriden, zumal bei Gegenwart von viel Magnesium und wenig Karbonaten (geringer Karbonathärte) hat metallangreifende Eigenschaften (vgl. S. 149).

Über die Schmeckbarkeit der Chloride im Wasser vergl. die Angaben auf S. 30.

Bestimmung der Chloride. Auf mehrfachen Wunsch, besonders aus Ingenieurkreisen, habe ich deshalb in dieser Auflage die verhältnismäßig leicht und einfach auszuführende Bestimmung der Chloride im Wasser aufgenommen. Am Orte der Entnahme der Wasserproben ist diese Bestimmung insofern nicht erforderlich, als jederzeit noch später im Laboratorium an eingesandten Proben einwandfrei der Chloridgehalt ermittelt werden kann. Eine vorherige Prüfung auf Anwesenheit von Chloriden kommt bei natürlichen Wässern praktisch nicht in Frage, da chloridfreie Wässer kaum vorkommen.

¹⁾ R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Bd. 1. Leipzig 1914. S. 470; ferner C. Reichle und H. Klut in den Mitt. a. d. Landesanstalt f. Wasserhyg. Berlin 1921. Heft 26. S. 188 und Heft 27. S. 227.

²⁾ A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 162 und O. Spitta, Grundriß der Hygiene. Berlin 1920. S. 270.

³⁾ J. König, Chemie der Nahrungs- und Genußmittel sowie der Gebrauchsgegenstände. 2. Bd. 5. Aufl. Berlin 1920. S. 722 u. 746.

Zur Ausführung der Bestimmung der Chloride im Wasser an Ort und Stelle genügt für die Praxis fast allgemein das maßanalytische Verfahren von Mohr mit Silbernitrat und Kaliumchromat als Indikator mit der Abänderung von J. Tillmans und L. W. Winkler¹⁾. Eine genaue Nachprüfung der Ergebnisse später im Laboratorium ist stets zu empfehlen. Notwendig ist diese Nachuntersuchung in erster Linie bei Wässern mit hohem Eisen- und Mangan-gehalt, ferner bei Wässern mit sehr viel oder sehr wenig Chloriden²⁾. Deutlich bis stark alkalisch oder sauer reagierende Wässer müssen zuvor neutralisiert werden. Das Mohrsche Verfahren beruht darauf, daß durch Silbernitrat die in einem Wasser vorhandenen Chloride in weißes Silberchlorid verwandelt werden. Dieses Silberchlorid scheidet sich unlöslich aus dem Wasser in weißer, käsiger Form aus. Sind alle vorhandenen Chloride in das Silbersalz verwandelt, so bewirkt der geringste weitere Zusatz von Silbernitrat die Bildung von rotem Silberchromat. Eine auftretende rötliche Färbung zeigt demnach das Ende der Bestimmung an.

Zur Ausführung der Bestimmung sind erforderlich:

- a) Eine weiße Porzellanschale von etwa 200 ccm Inhalt,
- b) eine braune Glashahnbürette von 25 ccm Inhalt,
- c) eine 1 ccm-Pipette,
- d) ein Glasstab,
- e) eine Silbernitratlösung, von der jeder Kubikzentimeter 1 mg Cl anzeigt (4,791 g chemisch reines Silbernitrat werden in 1 Liter destillierten Wassers gelöst). Die Lösung ist auch käuflich zu beziehen; in einer braunen Glasstöpselflasche aufbewahrt, hält sie sich lange Zeit.
- f) eine 10⁰/₁₀ige Kaliumchromatlösung, die ebenfalls lange haltbar ist.

Die Bestimmung selbst führt man in folgender Weise aus: 100 ccm Wasser werden in der Porzellanschale mit 1 ccm der Kaliumchromatlösung versetzt. Dazu läßt man langsam aus der Bürette solange von der Silbernitratlösung zufließen, bis die tiefgelbe Flüssigkeit nach dem Umrühren mit dem Glasstabe eben dunkler geworden ist, also ein Farbenumschlag von gelb in hellbraun eingetreten ist, der mindestens drei Minuten lang bestehen bleibt.

Den Gehalt eines Wassers an Chloriden gibt man in mg Cl im Liter an.

Prüfung und Bestimmung der 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,

¹⁾ J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. d. S. 1915. S. 44.

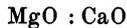
²⁾ Vgl. bei H. Klut, Die chemische Trinkwasseruntersuchung. Hyg. Rundschau 1918. Nr. 22. S. 770.

temporäre oder transitorische Härte, die man jetzt wissenschaftlich allgemein als Karbonathärte oder auch noch besser nach A. Gärtner-Jena als Kohlensäurehärte bezeichnet. Die Chloride, Nitrate, Sulfate, Phosphate und Silikate des Kalziums und Magnesiums stellen die bleibende = permanente Härte, Mineralsäure- oder Nichtkarbonathärte¹⁾ dar.

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

1 deutscher Härtegrad:	10 mg CaO in 1 l Wasser,
1 französischer Härtegrad:	10 mg CaCO ₃ in 1 l Wasser,
1 englischer Härtegrad:	10 mg CaCO ₃ in 0,7 l Wasser,
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:



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

Mit Rücksicht auf die fortschreitende Wichtigkeit der Inanspruchnahme der Vorfluter durch Kali- und Ammoniakfabrikabwässer und die dadurch bewirkte gelegentliche Beeinflussung von Wassergewinnungsanlagen seien noch folgende weitere auch für die Wasserenthärtung in Frage kommende Umrechnungsarten mitgeteilt:

Einem deutschen Härtegrade²⁾ = 10 mg CaO in einem Liter H₂O entsprechen:

von Ca	7,14 mg	von N ₂ O ₅	19,26 mg
„ CaCl ₂	19,79 „	„ SiO ₂	10,75 „
„ CaCO ₃	17,85 „	„ SO ₃	14,28 „
„ CaSO ₄	24,28 „	„ SO ₄	17,13 „
„ Mg	4,28 „	„ BaCl ₂	37,14 „
„ MgO	7,19 „	„ BaCO ₃	35,20 „
„ MgCl ₂	16,98 „	„ Ba(OH) ₂	30,56 „
„ MgSO ₄	21,47 „	„ Na ₂ CO ₃	18,90 „
„ Cl	12,65 „	„ NaOH	14,27 „
„ CO ₂	7,85 „		

¹⁾ 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 landwirtschaftlicher und gewerblicher wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin 1911. S. 984 u. 986; J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. d. S. 1915. S. 134; O. Spitta, Grundriß der Hygiene. Berlin 1920. S. 270.

²⁾ Vgl. a. Lunge-Berl, Taschenbuch für die anorganisch-chemische Großindustrie. 6. Aufl. Berlin 1921. S. 133.

Im allgemeinen überwiegen im Wasser die Kalksalze 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 Einteilung:

Gesamthärtegrad (deutsche Grade) des Wassers	Benennung
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 Landesanstalt kennt eine Reihe von Orten, deren Wässer sowohl sehr weich als auch sehr hart — bis zu 100 deutschen Graden und mehr — sind, und worauf im nachstehenden noch näher eingegangen werden soll. Aus diesen

Ortschaften sind durch den Genuß solch weicher und 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 erzeugen und auch beim Waschen die Haut etwas reizen soll.

Nach C. Flügge ¹⁾ ist weiches Wasser insofern nicht angenehm, als es häufig einen faden Geschmack hat; eine Beobachtung, die ich ebenfalls vielfach gemacht habe, zumal wenn die Wässer nicht kühl waren.

Harte Wässer, besonders mit einem Gehalt an Kalziumbikarbonat ²⁾, schmecken im allgemeinen gut, während solche mit einem hohen Gehalt an Chloriden, namentlich des Magnesiums, unangenehm, bittersalzig schmecken. Vgl. Abschnitt Geschmack S. 29.

Im folgenden dürfte eine kleine Zusammenstellung der Ansichten einiger bekannter Wasserhygieniker über die gesundheitliche Bedeutung der Härte von Wert sein. So äußert sich Aug. Gärtner in seiner Hygiene des Wassers, Braunschweig 1915, S. 77 und 78, hierüber wie folgt: „Wir müssen konstatieren, daß Gesundheitsschädigungen durch harte Wässer nirgends in der Literatur in zweifelloser Weise nachgewiesen sind und wir haben kein Recht, wegen ganz hypothetischer Gefahren harte Wässer nur wegen ihrer

¹⁾ C. Flügge, Grundriß der Hygiene. 8. Aufl. Leipzig 1915. S. 133.

²⁾ Vgl. auch Rubner, Die hygienische Beurteilung der anorganischen Bestandteile des Trink- und Nutzwassers. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öff. Sanitätsw. Berlin 1902. 3. Folge. Bd. 24. Suppl.-Heft II. S. 80 u. 95 u. 1921. 3. Folge. Bd. 61. 1921. Heft II. S. 155.

Härte zu verurteilen. Wir kennen ein Krankenhaus von etwa 300 Betten, wo die Patienten Jahre hindurch ein Wasser von 79 deutschen Härtegraden ohne Nachteil getrunken haben. Viele Ortschaften sind uns bekannt, wo das Grund- und Quellwasser 50 und mehr Härtegrade hat, wo aber all und jede Schädigung fehlt.“

Hinsichtlich des Genusses von sehr weichem, Regen- und destilliertem Wasser nimmt Gärtner — a. a. O. S. 76 — folgenden Standpunkt ein: „Alle theoretischen Betrachtungen über die Schädlichkeit des weichen Wassers werden durch die praktischen Erfahrungen widerlegt. In weiten Gebieten der Urgesteine, des Buntsandsteins, der Porphyre, Porphyrite, Granite usw. beträgt die Härte des Wassers nur 1 bis 2 deutsche Grade. Aber man kann die Bewohner des Schwarzwaldes, eines großen Teiles Thüringens, Schwedens und Norwegens nicht als degeneriert bezeichnen; sie haben einen genau so kräftigen Knochen- und Körperbau wie ihre harte Wasser trinkenden Stammesgenossen. In wieder anderen Gegenden sind die Menschen auf den Genuß von Regenwasser angewiesen. Auch diese Leute — es sei an die Marschbewohner Holsteins erinnert — gehören zu den kräftigen Menschen. Als man auf den Seeschiffen das destillierte Wasser als Trinkwasser einführen wollte, wurden erst jahrelange Versuche an Galeerensträflingen gemacht, um zu sehen, ob das Destillat unschädlich sei. Niemand wird behaupten wollen, daß die Kost dieser Leute besonders üppig gewesen wäre, und doch sind gesundheitliche Schädigungen nicht aufgetreten. Nach ihnen haben Tausende und Aber-tausende von Seeleuten jahraus jahrein destilliertes Wasser ohne jede gesundheitliche Beeinträchtigung genossen. Man darf also nicht sagen, daß weiche Wässer wegen ihres geringen Kalkgehaltes die Gesundheit beeinträchtigen.“

Walther Kruse, Die hygienische Untersuchung und Beurteilung des Trinkwassers in Weyls Handbuch der Hygiene, 2. Aufl., I. Bd., 1. Abtlg., Leipzig 1919, S. 167, vertritt folgenden Standpunkt: „Man hat den Gipsgehalt oder überhaupt die zu große Härte mancher Trinkwässer als Ursache von Diarrhöen, besonders bei Neuankömmlingen angeschuldigt; auch hier ist aber der Einwand möglich, daß nicht gelöste Stoffe, sondern lebende Keime im Wasser die eigentliche Ursache der Störungen seien. Alltäglich ist jedenfalls die Erfahrung, daß man sich sehr bald an ein neues Trinkwasser gewöhnt, wenn es auch noch so hart ist. So kennt man ja auch Beispiele, daß ganze Bevölkerungen Wässer von 40, ja 100 Härtegraden dauernd ohne Beeinträchtigung ihrer Gesundheit verbrauchen. Andererseits hat man oft von Gefahren gesprochen, die der Genuß von Regen- oder Schmelzwässern der Gletscher oder von destilliertem Wasser mit sich bringen. Man hat sie begründen wollen durch den Mangel an Mineralbestandteilen, der die tierischen Gewebe schädige. Ziemlich allgemein glaubt man jetzt, dergleichen Vorwürfe

in das Gebiet der Vorurteile verweisen oder durch zufällige Eigenschaften, wie zu niedrige Temperatur der Gletscherbäche, die Magenverstimmung hervorrufen, erklären zu dürfen. Man weiß ja, wie lange das Wasser der Zisternen und das destillierte Wasser unserer Seeschiffe ohne jeden Schaden genossen werden kann.“

K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, 2. Aufl., Wiesbaden 1901, S. 241, schreibt folgendes: „Ein sehr hartes Wasser (30—40 deutsche Härtegrade), wie wir es in Würzburg trinken, schmeckt dem Ungewohnten im Anfang zuweilen nicht besonders, doch tritt rasch Gewöhnung ein. Von anfänglichen Störungen der Magendarmfunktionen habe ich nicht viel in Erfahrung bringen können und vereinzelte Angaben beweisen bekanntlich nichts. Die Stadt Schwäbisch-Hall trinkt zu Zeiten, wenn die Versorgung mit weichem Wasser (Rückstand etwa 400 lmg) nicht ausreicht, nach den in meinem Institut ausgeführten Analysen, ein Wasser mit 2756 lmg Rückstand, 875 lmg CaO und 127 lmg MgO = 105 deutschen Härtegraden und 1146 lmg SO₃, ohne daß dadurch irgendwelche sicheren Störungen der Gesundheit beobachtet wären.“

M. Rubner sagt (Arbeiten a. d. Reichsgesundheitsamte, Berlin 1907, Bd. 25, S. 333) nachstehendes: „Es ist bekannt, daß natürliche Wässer von 50 und mehr deutschen Härtegraden von den daran gewöhnten Konsumenten ohne Nachteil genossen werden. Doch ist hier die Härte vorwiegend durch Kalksalze bedingt; anders stellt sich die Sache, wenn die Magnesiumsalze als härtegebende Bestandteile des Genußwassers im Übergewicht sind. Der Kalk ist ein unentbehrlicher Bestandteil unserer Ernährung, in weit geringerem Grade trifft dies für das Magnesium zu.“ Vgl. auch R. Emmerich und O. Loew, Über den Kalkbedarf des menschlichen Organismus in der Chem. Zeit. 1913, Nr. 18, S. 185; ferner F. Bösser in der Pharm. Zeit. 1921, Nr. 25, S. 267.

O. Spitta, Die Wasserversorgung im Handbuch der Hygiene von M. Rubner, M. v. Gruber und M. Ficker, Bd. „Wasser und Abwasser“. Leipzig 1911, S. 29, teilt folgendes mit: „Die Erfahrung lehrt, daß harte Wässer, zumal wenn die Härte vorwiegend durch kohlen-sauren Kalk bedingt ist, wenigstens dem Wohlbefinden der Konsumenten keinen Abbruch tun.“

Im Anschluß hieran seien noch einige kurze Angaben aus den Veröffentlichungen der letzten Jahre auf diesem Gebiete gemacht: Im Kreise Peine hat der dortige Kreisarzt Dr. Karl Opitz eingehende Erhebungen über Trinkwasserhärte und Volksgesundheit (vgl. Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1917, Bd. 30, Heft 17, S. 469) angestellt und ist dabei u. a. zu dem Ergebnis gelangt, daß die dortige Bevölkerung unter einer reichlicheren Zufuhr von Kalk sich im allgemeinen kräftiger und gesünder entwickelt, als dies beim Genuß weichen Wassers der Fall ist. Auch aus anderen Veröffentlichungen

— W. Gärtner, Untersuchung über die Ursachen der Sterblichkeitsverschiedenheit in den Gemeinden Staßfurt und Leopoldshall, unter besonderer Berücksichtigung der Trinkwasserverhältnisse, Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankh. 1914, Bd. 79, S. 1; W. Gärtner, Beitrag zur Schädlichkeitsfrage kalzium- und magnesium-(endlaugen-)haltigen Trinkwassers. Ebenda 1917, Bd. 83, S. 303; H. Precht, Die Untersuchungen des Trinkwassers von Leopoldshall und Bernburg, Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1919, Bd. 62, Nr. 19, S. 241 und A. Pusch, Wasseruntersuchungen in Güsten, Ilberstedt, Rathmannsdorf und Neundorf, Zeitschr. f. angew. Chem. 1917, Bd. 30, Nr. 27, S. 93, — geht hervor, daß selbst sehr harte Wässer nicht gesundheitsschädlich sind. In dem kürzlich erstatteten Bericht der Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem über die Wasserversorgung von Göllingen und Oldisleben, Mitt. a. d. Landesanstalt für Wasserhygiene, Berlin 1919, Heft 25, S. 188, heißt es: „Nachweisliche Gesundheitsschädigungen durch den Genuß der sehr harten und salzreichen Göllinger und Oldislebener Trinkwässer konnten nicht festgestellt werden. Bei Menschen mit empfindlicher Haut soll allerdings das harte Wasser beim Waschen anfangs durch Bildung leichter Ausschläge etwas stören.“ — Über den günstigen Einfluß kalkreichen Trinkwassers auf den Zustand der Zähne vgl. noch die Arbeit von K. Opitz in der Zahnärztl. Rundschau 1919, Nr. 34, S. 343 und Dtsch. med. Wochenschr. 1920, Nr. 50; ferner G. Port, Hygiene der Zähne und des Mundes im gesunden und kranken Zustande. 2. Aufl. Stuttgart 1913, S. 46.

Über etwaige kropfbildende Eigenschaften von Trinkwässern äußert sich W. Kruse (a. a. O., S. 166) wie folgt: Das Wesen des Kropfes ist nach wie vor dunkel, aber auch bei dieser Krankheit neigt man jetzt dazu, das Trinkwasser nicht als Ursache anzuschuldigen. Eingehend behandelt diese Frage A. Splittgerber (Wasser und Gas 1920, Heft 3, S. 82) „Die neueren Forschungen über den Zusammenhang zwischen Kropf und Trinkwasser“.

Auch für die Abhängigkeit von Kretinismus, Rachitis, Steinkrankheiten u. a. von der chemischen Beschaffenheit, wie Salzgehalt, der Härtegrad des Trinkwassers, z. B. aus bestimmten geologischen Gesteinsschichten, hat man nach Kruse keine ausreichenden Beweise.

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

Es ist eine altbekannte Tatsache, daß Fleisch und Hülsenfrüchte in hartem Wasser¹⁾ schwer weich kochen, auch die

¹⁾ Vgl. u. a. bei W. Kruse, in Weyls Handbuch der Hygiene Bd. 1. Abtlg. 1, Wasserversorgung. Leipzig 1919. S. 250.

Ausnutzung der letzteren wird heruntergesetzt. Bei verschiedenen Getränken, wie Kaffee, Tee¹⁾, beeinträchtigt hohe, zumal durch Chlormagnesium bewirkte Härte, den Wohlgeschmack. 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 wohl-schmeckend wie mit weichem Wasser bereitetes. Ebenso werden Mehlsuppen (Hafer, Grünkernmehl) auch bei langem Kochen nicht „glatt“, sondern bleiben flockig²⁾.

Zum Waschen ist hartes Wasser aus dem Grunde nicht recht brauchbar, weil die Kalk- und Magnesiumsalze mit den Fettsäuren der Seife unlösliche Verbindungen liefern. Die unlöslichen Kalk- und Magnesiumseifen können die Poren der Haut verstopfen; deshalb ist hartes Wasser (nach H. Paschkis)³⁾ für die Hautpflege nur wenig geeignet, da es feine Haut, besonders des Gesichts und der Hände, leicht rau und spröde macht. Auch setzen sich diese unlöslichen Fettseifen in den Fasern der Gewebe fest, die dadurch an Weichheit und Biegsamkeit verlieren. Die Wäsche nimmt hierbei häufig auch noch einen unangenehmen Geruch an. 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 berechnen⁴⁾.

Bei Trinkwasserleitungen spielt besonders die vorübergehende (Karbonat- oder Kohlensäure-)Härte eines Wassers eine große Rolle. Für das Rohrmaterial sind am besten Wasser geeignet, die eine Karbonathärte von 7 bis 9 deutschen Graden aufweisen, vgl. Seite 170.

Wässer mit hoher Karbonathärte scheiden, wie die Erfahrung lehrt, auch schon bei gewöhnlicher Temperatur mehr oder weniger Kalziumkarbonat ab, das die Leitungsröhren allmählich mit einer feinen Schicht überzieht — Kalksinterbildung — vgl. S. 142. Für Warmwasserversorgungsanlagen sind Wässer mit einer hohen Kohlensäurehärte — in der Regel etwa von 12 deutschen Graden an —

¹⁾ J. Ginzburg, Die Verwendung mit Permutit behandelten Wassers zum Genuß. Inaug.-Dissert. Königsberg i. Pr. 1913, ferner H. Stooff in Heft 22 der Mitt. a. d. Landesanstalt f. Wasserhygiene. Berlin 1917. S. 194.

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

³⁾ H. Paschkis, Kosmetik für Ärzte. Wien 1893. S. 84 u. E. Saalfeld, Kosmetik. 5. Aufl. Berlin 1920.

⁴⁾ Vgl. auch „Wasser und Abwasser“ 1913. Bd. 6. S. 107 und L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920. S. 611.

insofern weniger geeignet, als bei ihnen die Sinterbildung weit schneller und weit stärker eintritt als bei Wasser von gewöhnlicher Temperatur. Die Folge davon ist, daß Warmwasserleitungen bei Speisung mit derartigen Wässern in verhältnismäßig kurzer Zeit durch starke Kalkablagerungen ihren Querschnitt erheblich verringern.

Aus verunreinigten Bodenschichten herrührende Wässer haben vielfach eine hohe oder sehr hohe Härte, die meist durch die Chloride, Nitrate und auch Sulfate von Ca und Mg bedingt ist.

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

Weitere Angaben hierüber siehe S. 130.

Nachstehend seien noch einige Orte mit weichem bis hartem Trinkwasser namhaft gemacht. Die Angaben stammen aus dem Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1915, Nr. 7, S. 76, und G. F. Schaars Kalender für das Gas- und Wasserfach. München und Berlin 1920.

Die beigefügten Zahlen bedeuten die Gesamthärte in deutschen Graden:

Friedrichsroda	0,5	Dessau	4,8
Zittau	0,7	Emden	5,0
Gotha	1,0	Witten-Ruhr	5,0
Freiburg i. B.	1,1	Rudolstadt	6,7
Wilhelmshaven	1,1	Bautzen	7,1
Chemnitz	1,4	Dortmund	9,9
Wiesbaden	1,5	Halberstadt	23,5
Siegen	1,7	Biebrich	24,0
Solingen	1,9	Wernigerode	24,9
Remscheid (Talsperre)	2,0	Oschersleben	25,9
Saarbrücken	3,3	Hamel	26,3
Crefeld	3,5	Helmstedt	28,0
Heidelberg	3,8	Münster i. W.	30,4
Bochum	3,9	Reichenbach (Schles.)	36,0
Celle	4,2	Würzburg	36,1
Görlitz	4,6	Calbe a. S.	42,1
Cassel	4,7	Merseburg	45,5

Prüfung auf Härte.

Zur schnelleren Gewinnung eines Einblicks, ob ein Wasser hart ist oder nicht, hat man bei der Prüfung auf Ammoniak mit Neblers Reagens häufig schon einen recht guten Anhaltspunkt. Tritt, wie bereits beim Ammoniaknachweis erwähnt wurde, bei Zusatz von Neblers Reagens — natürlich ohne Zufügen von Seignettesalzlösung — 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.

Bestimmung der Härte.

Härtebestimmungen lassen sich an eingesandten Wasserproben, richtige Probeentnahme und guter Verschluss der Flaschen vorausgesetzt, ohne weiteres ausführen. Häufig ist es aber erwünscht, schon an Ort und Stelle schnell und ungefähr unterrichtet zu sein, ob ein Wasser hart oder weich ist. Besonders aus Ingenieurkreisen wurde ich mehrfach gebeten, einfache und verhältnismäßig schnell auszuführende Verfahren zur Prüfung und auch Bestimmung der Härte in der Neuauflage meines Buches anzugeben. In der Praxis werden für diese Zwecke verschiedene Verfahren empfohlen, die meisten sind jedoch am Orte der Entnahme etwas umständlich und auch mehr für Chemiker oder geübte Untersucher geeignet. Neuerdings hat A. C. Röttlinger (Zeitschr. des Vereins d. Gas- und Wasserfachmänner in Österreich und Ungarn 1919, Heft 2 und 3) und (Wien. klin. Wochenschr. 1917, Nr. 33) zur annähernden Bestimmung der Wasserhärte das maßanalytische Verfahren von C. Blacher mit Kaliumpalmitatlösung in geeigneter Weise verbessert. Wohl ohne Zweifel erhält man in dieser Umänderung gute Ergebnisse und der nach seinen Angaben von der Firma R. Siebert in Wien IX, Garnisongasse 9, zusammengestellte Wasserhärtekasten ist zu empfehlen, aber auch nur für geübte Untersucher, da hier Vertrautsein mit maßanalytischen Arbeiten mehr oder weniger vorausgesetzt wird. An der Wassergewinnungsstelle ¹⁾ möchte ich nachstehende einfache Härtebestimmungen in Vorschlag bringen:

Die Ermittlung der Gesamthärte eines Wassers an Ort und Stelle geschieht am besten mit Seifenlösung nach Clark ²⁾. Zu ihrer Bestimmung sind erforderlich:

a) Eine in $\frac{1}{10}$ ccm eingeteilte Bürette von 50 ccm Inhalt.

b) Ein Glasstöpselgefäß von etwa 200 ccm Inhalt.

c) Clarksche Seifenlösung, die käuflich zu beziehen ist. Die Bereitung und Prüfung dieser Lösung geschieht nach den Angaben von J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. S. 1915, S. 245. Bei gutem Verschluss und nicht zu kühler Aufbewahrung ist die Clarksche Seifenlösung lange haltbar.

d) Destilliertes Wasser.

¹⁾ Vgl. auch E. Prinz, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1919. S. 253.

²⁾ Vgl. Klut, Über vergleichende Härtebestimmungen im Wasser. Mitt. a. d. Landesanstalt für Wasserhygiene. Berlin 1908. Heft 10. S. 75 u. A. Gärtner a. a. O. S. 813.

e) Ein 100 ccm fassender Glaszylinder in Kubikzentimeter eingeteilt.

Die Bestimmung selbst geschieht wie folgt:

100 ccm des zu untersuchenden Wassers, bei härteren Wässern entsprechend weniger — 50 bis 10 ccm — und dann mit destilliertem Wasser auf 100 ccm verdünnt, bringt man in das Glasstöpselgefäß. Dazu läßt man aus einer Bürette die Clarksche Seifenlösung langsam zufließen und schüttelt nach jedesmaligem Zusatz von Seifenlösung kräftig durch. Die Kalk- und Magnesiumsalze des Wassers werden hierbei als unlösliche Kalk- und Magnesiumseifen ausgefällt. Ein Überschuß von Seife zeigt sich beim Schütteln durch einen sich bildenden dichten Schaum an. Der Schaum muß sich mindestens 5 Minuten lang im wesentlichen unverändert auf der Oberfläche der Flüssigkeit halten. Bei einiger Übung erhält man mit der Clarkschen Seifenlösung praktisch brauchbare Werte selbst bei einem hohen Magnesiumgehalt des Wassers. Wer viel Härtebestimmungen nach Clark ausgeführt hat, hört schon oft an einem eigenartigen dumpfen Geräusch beim Schütteln, daß der Endpunkt der Reaktion erreicht ist. Das Schütteln muß immer in derselben Weise geschehen; es ist am besten von oben nach unten zu schütteln, wobei der Stöpsel und Hals des Glases mit der rechten, der Boden mit der linken Hand gefaßt wird. Man soll, um praktisch gute Ergebnisse zu erhalten, nur so viel Wasser anwenden, daß nicht mehr als 45 ccm Seifenlösung verbraucht werden. Die Härtegrade kann man aus der nachstehenden Tabelle ablesen. Ist das Wasser verdünnt worden, so muß vorher noch mit dem jeweiligen Verdünnungsfaktor multipliziert werden.

Härtegrade.

ccm Seifenlösung	Härtegrade	Differenz	ccm Seifenlösung	Härtegrade	Differenz
1,4	0	—	15	3,46	0,26
2	0,15	0,15	16	3,72	„
3	0,40	0,25	17	3,98	0,27
4	0,65	„	18	4,25	„
5	0,90	„	19	4,52	„
6	1,15	„	20	4,79	„
7	1,40	„	21	5,06	„
8	1,65	„	22	5,33	„
9	1,90	0,26	23	5,60	„
10	2,16	„	24	5,87	„
11	2,42	„	25	6,15	0,28
12	2,68	„	26	6,43	„
13	2,94	„	27	6,71	„
14	3,20	„	28	6,99	„

ccm Seifenlösung	Härtegrade	Differenz	ccm Seifenlösung	Härtegrade	Differenz
29	7,27	0,28	38	9,87	0,30
30	7,55	„	39	10,17	„
31	7,83	„	40	10,47	„
32	8,12	0,29	41	10,77	„
33	8,41	„	42	11,07	„
34	8,70	„	43	11,38	0,31
35	8,99	„	44	11,69	„
36	9,28	„	45	12,00	„
37	9,57	„			

Bei der Bedeutung der Karbonathärte, besonders bei Leitungswässern, sei nachstehend noch diese verhältnismäßig einfache und leicht auszuführende Bestimmung mitgeteilt:

Bestimmung der Karbonat-(Kohlensäure-)Härte.

Zu dieser Bestimmung sind erforderlich:

- Eine Bürette von 10 ccm Inhalt mit $\frac{1}{10}$ ccm Einteilung.
- Ein Erlenmeyer-Kolben von etwa 250 ccm Inhalt.
- $\frac{n}{10}$ -Salzsäure.
- Methylorangelösung (0,1%ige wässrige Lösung).
- Ein Glaszylinder von 100 ccm Inhalt.

Man führt die Bestimmung zweckmäßig in folgender Weise aus: 100 ccm Wasser werden mit 2 Tropfen Methylorange als Indikator versetzt, wodurch die Flüssigkeit gelb gefärbt wird. Tritt hierbei keine Gelbfärbung, sondern eine Orange- oder gar Rosarotfärbung der Flüssigkeit ein, so besitzt das Wasser keine Karbonathärte; es kann sogar freie Mineralsäure enthalten.

Um den Farbenumschlag gut sehen zu können, stellt man den Glaskolben auf eine weiße Unterlage und läßt zu dem gelb gefärbten Wasser so lange vorsichtig $\frac{n}{10}$ -Salzsäure zufließen, bis eben ein Farbenumschlag in gelbbraun eintritt. Jeder Kubikzentimeter $\frac{n}{10}$ -Salzsäure zeigt 2,8° Karbonathärte (deutsche Grade) an. Ist der gefundene Wert für die Kohlensäurehärte größer als die ermittelte Gesamthärte, so sind Alkalikarbonate im Wasser zugegen, die mitunter in Grundwässern, z. B. in der Nähe des Meeres, angetroffen werden. Bei einem höheren Gehalt des Wassers an Eisen- oder Manganbikarbonat¹⁾ müssen Verbesserungen vorgenommen werden, was am besten später im Laboratorium²⁾ geschieht. Das

¹⁾ Vgl. bei H. Noll in der Zeitschr. f. angew. Chem. 1908. S. 640 u. 1455; ferner 1910. S. 2025. 10 mg Eisen (Fe_2O_3) im Liter Wasser erhöhen die Karbonathärte um 0,7° d. Grade.

²⁾ Über weitere Verbesserungen vgl. bei J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. d. S. 1915. S. 88 u. 133.

Verfahren beruht darauf, daß durch die Salzsäure die im Wasser vorhandenen Karbonate in Chloride verwandelt werden; die hierbei freiwerdende Kohlensäure ist auf Methylorange praktisch ohne Einfluß.

Die verbrauchten Kubikzentimeter $n_{/10}$ -Salzsäure mit 2,2 multipliziert, geben gleichzeitig den Gehalt des Wassers an gebundener Kohlensäure an. 1 deutscher Grad Karbonathärte entspricht rund 8 mg gebundener Kohlensäure.

Unter der Alkalität¹⁾ oder Alkalinität eines Wassers versteht man ferner allgemein die Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter $n_{/10}$ -Säure für 1 Liter, ebenso unter dem Säurebindungsvermögen eines Wassers — besonders eines Oberflächenwassers — die Menge $n_{/10}$ -Säure zur Neutralisation für ein Liter, ausgedrückt in mg SO_3 im Liter nach C. Weigelt²⁾.

Physikalische Untersuchungsverfahren.

Von physikalischen Untersuchungsverfahren, die in den letzten Jahren zur schnellen Feststellung der Beschaffenheit der Wässer an Ort und Stelle praktische Anwendung gefunden haben, seien zwei 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. Kohlrachs Beobachtungen für verdünnte Lösungen — etwa bis zu $1/100$ normal — das Leitvermögen der hier in Frage kommenden Salze sehr nahe liegt. Somit gibt für die natürlichen Wässer das Leitvermögen einen guten Maßstab für die Menge der im Wasser gelösten Salze. R. Weldert³⁾ hat sich neuerdings in Gemeinschaft mit K. v. Karaffa-Korbitt eingehend mit der Anwendbarkeit dieses elektrischen Verfahrens

¹⁾ L. W. Winkler, Trink- und Brauchwasser in G. Lunge und E. Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 6. Aufl. Berlin 1919. Bd. 2. S. 230.

²⁾ C. Weigelt, Das Säurebindungsvermögen der Wässer in H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918. S. 141, 1040 u. 1044.

³⁾ Über die Anwendbarkeit der Bestimmung des elektrischen Leitvermögens bei der Wasseruntersuchung. Mitt. a. d. Landesanstalt für Wasserhygiene. Berlin 1914. Heft 18. S. 139; ferner ebenda Heft 21. Berlin 1916. S. 63 u. 90.

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 Abdampfückstandes 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 dieses Verfahrens sind besonders: Seine rasche Ausführbarkeit, die 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 Prüfung auf eine gleichmäßige chemische Zusammensetzung des Wassers von zentralen Wasserversorgungsanlagen, Flüssen und Seen ist dieses physikalische Verfahren zu empfehlen, da auf Grund einer einzigen Leitfähigkeitsbestimmung 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 mittels selbstregistrierender Apparate¹⁾ 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,

¹⁾ B. Wagner, in Wasser und Abwasser. Bd. 7. 1913/14. S. 326. Bd. 10. M. 1916. S. 299 und Pleißner, Bericht über die Prüfung der im Flußgebiet eingebauten Registrierapparate für die elektrische Leitfähigkeit. Vierteljahrs-Bericht der Untersuchungsstelle Sondershausen über die Ergebnisse der amtlichen 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.

sondern sie soll lediglich als ein Anzeichen dienen, ob und wo eine eingehendere Untersuchung nötig ist.

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit eines Wassers geschieht allgemein durch Widerstandsmessung in der bekannten Weise 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 den nachstehenden Veröffentlichungen enthalten:

- M. le Blanc, Lehrbuch der Elektrochemie. 5. Aufl. Leipzig 1911.
 R. Emslander, Die Analyse natürlicher Wässer durch die elektrische Leitfähigkeitsmethode. Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen 1916. S. 137.
 F. Foerster, Elektrochemie wässriger Lösungen. 2. Aufl. Leipzig 1915.
 L. Graetz, Die Elektrizität und ihre Anwendungen. 17. Aufl. Stuttgart 1914.
 L. Grünhut, Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, in seinem Buche „Trinkwasser und Tafelwasser“. Leipzig 1920. S. 523.
 F. Kohlrausch, Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. 2. Aufl. Leipzig und Berlin 1907.
 F. Kohlrausch und L. Holborn, Das Leitvermögen der Elektrolyte. Leipzig und Berlin 1898.
 J. M. Kolthoff, Bedeutung des elektrischen Leitvermögens für die Analyse von Trinkwasser in „Wasser und Abwasser“ 1918. Bd. 13. Heft 2. S. 46 u. Bd. 14. 1920. Heft 7. S. 212.
 Lange, In welcher Weise kann man die Versalzung von Flußwasser rasch ermitteln? Zeitschr. d. Vereins d. dtsch. 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. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 19.
 W. Ostwald und R. Luther, Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer 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. Arb. a. d. Reichsgesundheitsamte 1909. Bd. 30. S. 483 und Wasser und Abwasser 1910. Bd. 2. S. 249.
 O. Spitta und M. Pleißner, Neue Hilfsmittel für die hygienische Beurteilung und Kontrolle von Wässern. Arb. a. d. Reichsgesundheitsamte 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 1920. S. 62.
 W. Wöllmer, Bestimmung des Salzgehaltes natürlicher Wässer durch Messung ihrer elektrischen Leitfähigkeit. Chem.-Zeit. 1918. S. 601. Nr. 148.

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 bezogen werden kann. Eine ausführliche Gebrauchsanweisung wird jedem Apparat beigelegt. In der Landesanstalt für Wasserhygiene wird der Pleißnersche Apparat seit längerer Zeit mit Erfolg angewandt.

In dem Zentralblatt „Wasser und Abwasser“ hat Pleißner¹⁾ 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 Unterrichtung über die chemische Beschaffenheit eines Wassers besitzt man neuerdings auch in dem Wasser-Interferometer von F. Löwe, das von der Firma Carl Zeiß in Jena gebaut wird. Während durch die Leitfähigkeitsbestimmungen lediglich der Gehalt eines Wassers an anorganischen Verbindungen ermittelt wird, kann mit dem Interferometer auch noch der Gehalt des Wassers an organischen Verbindungen festgestellt werden. Zur Bestimmung der Kolloidstoffe²⁾ in Wässern soll sich das Interferometer besonders eignen. In der Landesanstalt für Wasserhygiene wird das Instrument seit einiger Zeit bereits angewandt (vgl. W. Marzahn, Mittl. a. d. Landesanstalt für Wasserhygiene. Berlin 1916, Heft 21, S. 63 und 92).

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 Arten feiner schwarzer und farbiger Streifen übereinander erzeugen. Die Lichtbündel treten durch 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. Der Apparat ist leider ziemlich kostspielig. Nähere Angaben über Bau und praktische Anwendung des Wasser-Interferometers sind in nachstehenden Veröffentlichungen zu finden:

¹⁾ Bd. 2. 1910. S. 249.

²⁾ Vgl. auch Ohlmüller-Spitta, Wasser und Abwasser. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 24.

- F. Haber und F. Löwe, Ein Interferometer für Chemiker nach Rayleigh'schem Prinzip. Zeitschr. f. angew. Chem. 1910. Bd. 2. Heft 30. S. 1393.
- R. L. v. Klemperer, Einige Anwendungen des Interferometers. Chem.-Zeit. 1911. Bd. 35. S. 557.
- F. Löwe, Ein neues Interferometer für Gase und Flüssigkeiten. Physik. Zeitschr. 1910. Bd. 11. Nr. 23. S. 1047; ferner Wasser und Abwasser 1917. Bd. 11. Heft 5. S. 159 u. Bd. 16. 1921. Heft 2. S. 57.
- Derselbe, Ein tragbares Interferometer für Flüssigkeiten und Gase. Zeitschr. 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.-Zeit. 1912. Nr. 58. S. 537. Interferometer für Gas und Wasser. Kali 1913. Bd. 7. S. 169 und Kolloidchem. Beihefte 1914. Nr. 5. S. 375.

Radioaktivität.

Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß fast alle Grund- und Quellwässer mehr oder weniger radioaktiv¹⁾ sind. Die Radioaktivität eines Wassers wird im wesentlichen durch den Gehalt an gasförmiger Emanation bedingt, daneben können auch geringe Mengen von radioaktiven Salzen im Wasser zugegen sein. Die Emanation ist in Wasser löslich und läßt sich durch genügendes Schütteln daraus entfernen. Die Bestimmung der Radioaktivität kommt für gewöhnlich bei Trink- und Wirtschaftswässern²⁾ nicht in Betracht, während sie bei Mineralwässern³⁾ meist von größerer Bedeutung ist.

Radioaktive Stoffe äußern ihre Eigenschaft in zwei Richtungen; sie senden Strahlen aus und erzeugen ein Gas, das als Emanation bezeichnet wird. Die Prüfung eines Wassers auf Radioaktivität erstreckt sich zur Zeit allgemein nur auf den Nachweis und die Bestimmung der gasförmigen Emanation durch physikalische Messung. Dies geschieht in der Weise, daß man die gelöste Radiumemanation durch geeignete Maßnahmen, z. B. durch längeres Schütteln, aus dem Wasser entfernt und sie alsdann nach Vermischung mit einer bekannten Raummenge Luft in einen metallischen Behälter, die „Ionisierungskammer“ oder „Zerstreuungskammer“ einschließt. Die

¹⁾ F. Henrich, Chemie und chemische Technologie radioaktiver Stoffe. Berlin 1918. S. 86; O. Ruff, Über die Radioaktivität der Danziger Wässer. Schriften d. Naturf.-Gesellsch. in Danzig 1913; W. Starke, Die Radioaktivität einiger Brunnen der Umgegend von Halle a. d. S. Halle a. d. Saale 1911.

²⁾ H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918. S. 260; E. Prinz, Handb. d. Hydrol. Berlin 1919. S. 248; J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. d. S. 1915. S. 11.

³⁾ Vgl. u. a. H. Sieveking, Die Radioaktivität der Heilquellen. „Naturwissenschaften“ 1913.

Luft wird durch die von den zerfallenden Emanationen ausgesandten α -Strahlen ionisiert, d. h. sie vermag Elektrizität fortzuleiten. Der Grad dieser Ableitung ist ein Maß für die Menge der entstandenen Gasionen und somit auch für die Menge der sie hervorbringenden Emanation. Diese Leitfähigkeit wird durch ein Elektroskop nachgewiesen; seine Blättchen fallen im ungeladenen Zustande zusammen, im geladenen Zustande dagegen stoßen sie sich ab. Die Spreizungsänderung der Blättchen in einer bestimmten Zeit gibt den Gehalt an Radiumemanation an. Zur Prüfung eines Wassers auf Radioaktivität sind eine ganze Reihe ¹⁾ von Verfahren bekannt, z. B. von C. Engler, H. Sieveking, A. Koenig, H. Mache, Stefan Meyer, H. W. Schmidt.

Da der Nachweis und die Bestimmung der Radioaktivität eines Wassers einwandfrei nur am Ort der Entnahme ausgeführt werden können, so kommen für die Untersuchung vor allem handliche, bequem mitzunehmende Apparate in Betracht. Meist benutzt man für die genannten Zwecke das Fontaktoskop von C. Engler und H. Sieveking ²⁾, das von der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig zu beziehen ist und aus zwei Teilen, einer Blechkanne und dem Elektroskop besteht. Die genaue Gebrauchsanweisung liegt jedem Apparat bei.

Die Radioaktivität wird ausgedrückt durch Mache-Einheiten (M E) = 10^3 elektrostatische Einheiten ³⁾. Wässer mit weniger als 3,5 Mache-Einheiten Radiumemanation in 1 Liter haben nach L. Grünhut ⁴⁾ noch keine praktische Bedeutung. Nach E. Prinz kann man im allgemeinen Wässer von 20 Mache-Einheiten als für Heilzwecke geeignet betrachten, bei besonders günstigen Bedingungen hinsichtlich Menge, Temperatur und Fassung auch solche von 10 Mache-Einheiten. Man ist übereingekommen, den Gehalt an Emanation im Liter im Augenblick der Wasserentnahme als die Stärke der Quelle zu bezeichnen. Nachstehend sei der Gehalt einiger Mineralwässer an Radiumemanation mitgeteilt:

Kreuznach, Inselquelle	=	30	ME.
Baden-Baden, Büttquelle	=	126	„
Gastein, Hauptquelle	=	133	„
Bad Landeck i. Schl., Frauenbad	=	206	„
Brambacher Sprudel	=	2200	„

¹⁾ Weidig, Zeitschr. f. öff. Chem. 1912. Bd. 18. Heft 4; ferner Wasser und Abwasser 1918. Bd. 13. Heft 1. S. 15 u. Bd. 16. 1921. H. 2. S. 51.

²⁾ Zeitschr. f. anorg. Chem. 1907. Bd. 53. S. 1 u. Physik. Zeitschr. 1913. Bd. 14. S. 451; ferner Chem.-Zeit. 1914. Bd. 38. S. 426 u. 447 u. 1919. Bd. 43. S. 597; ferner P. Ludewig, Radioaktivität. Berlin und Leipzig 1921. S. 95.

³⁾ F. Henrich, a. a. O., S. 94; ferner E. Prinz, a. a. O., S. 248.

⁴⁾ L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920. S. 667.

Nach H. von Tappeiner-München¹⁾ hat die Entdeckung der Radioaktivität nur für einige Mineralwässer die gehoffte Erklärung ihrer therapeutischen Wirkung in zureichendem Maße gebracht; denn nur sehr wenige altbewährte Mineralwässer sind in höherem Grade radioaktiv, die übrigen dagegen wenig oder garnicht, wie gewöhnliches Quell- und Gebrauchswasser auch. Die Radioaktivität bildet eben nur einen, und zwar nur bei wenigen Mineralwässern in den Vordergrund tretenden Bestandteil der die Gesamtwirkung einer Quelle bedingenden Faktoren.

Über die zur Heilung von Krankheiten erforderlichen Emanationsmengen gehen die Ansichten auseinander. Sicher ist nach P. Ludewig²⁾, daß Wasser mit einem Gehalt bis zu etwa 100 Mache-Einheiten im Liter bei täglicher Verabreichung von etwa 1 Liter keine nennenswerten Heilwirkungen ausübt. Gute Wirkungen soll man erzielen mit etwa 1000 ME. am Tage. So gibt z. B. Lazarus an, daß er die Trinkkur bei Gicht und Rheumatismus mit 1000 ME. täglich beginnt und sie von zwei zu zwei Tagen um je 1000 ME. bis auf etwa 10000 ME. steigert. Gudzent soll noch höhere Werte empfehlen.

Schädigende Wirkungen der Emanation sind nach Ludewig nur selten. Man hat sie bei sehr großen Mengen festgestellt, und zwar tritt dann Kopfdruck, Schwindel, Mattigkeit und Herzklopfen ein.

Im Anschluß hieran sei noch erwähnt, daß nach den Beobachtungen von A. Forster in Plauen i. V. stark radioaktive Wässer metallangreifende Eigenschaften haben.

Auf der letzten Radiumtagung³⁾ (am 27. und 28. Mai 1921 in Freiberg i. Sa.) wurde beschlossen, als Wirkungswert radioaktiver Wässer statt der bisher allgemein üblichen Mache-Einheit die „Eman“-Einheit zu wählen. Ein Wasser, das bisher eine Aktivität von 1000 Mache-Einheiten hatte, wird in Zukunft durch die Zahl von etwa 3600 Eman gekennzeichnet sein.

Bekanntere Werke über Radioaktivität.

- K. Aschoff, Die Radioaktivität der Heilquellen. Leipzig 1912 und Hundert Jahre Bad Kreuznach, herausgegeben von der Kurverwaltung. 1917.
 G. Bugge, Strahlungserscheinungen und Radioaktivität. 4. Aufl. Leipzig 1920.
 M. Centnerszwer, Das Radium und die Radioaktivität. 2. Aufl. Leipzig und Berlin 1919.
 P. Curie und B. Finkelstein, Die Radioaktivität. Leipzig 1912.

¹⁾ H. v. Tappeiner, Lehrbuch der Arzneimittellehre. 14. Aufl. Leipzig 1920. S. 79.

²⁾ P. Ludewig, Radioaktivität. Berlin und Leipzig 1921. S. 118.

³⁾ Vgl. Ludewig, Vereinheitlichung der Meßweise radioaktiver Quellen. Die Umschau 1921. Nr. 28. S. 396.

- Dietrich und Kammerer, Handbuch der Balneologie, medizinischen Klimatologie und Balneographie. Leipzig 1919.
- K. Fajans, Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 2. Aufl. 1920.
- A. Gockel, Die Radioaktivität von Boden und Quellen. Braunschweig 1914.
- P. Gruner, Kurzes Lehrbuch der Radioaktivität. Bern 1911.
- F. Gudzent, Grundriß zum Studium der Radiumtherapie. 1919.
- L. Grünhut, Untersuchung von Mineralwasser in J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Aufl. Bd. 3. Berlin 1921.
- F. Henrich, Chemie und chemische Technologie radioaktiver Stoffe. Berlin 1918.
- Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik. Verlag von S. Hirzel in Leipzig; ferner Zeitschr. Radium-Therapie. Berlin.
- E. S. London, Das Radium in der Biologie und Medizin. Leipzig 1911.
- Lucas, Bibliographie der radioaktiven Stoffe. Hamburg 1908.
- P. Ludewig, Radioaktivität. Berlin und Leipzig 1921.
- E. Marx, Handbuch der Radiologie. Leipzig 1920.
- St. Meyer und E. R. von Schweidler, Radioaktivität. Leipzig und Berlin 1916.
- W. Ramsay, Die edlen und die radioaktiven Gase. Leipzig 1916.
- E. Rutherford und Aschkinab, Die Radioaktivität. Braunschweig 1907.
- Fr. Soddy und G. Siebert, Die Natur des Radiums. Leipzig 1909.
- E. Sommer, Emanation und Emanationstherapie. München 1911.
- J. Tuma, Die Radioaktivität der Heilquellen. Österr. Bäderbuch. Berlin und Wien 1914.
- P. Wichmann, Radium in der Heilkunde. Leipzig 1911.

Muster 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 Bestandteile bei den einzelnen Proben zu machen. In den beifolgenden Mustern sind einige Beispiele für die Untersuchung von Trink- und Brauchwasser sowie Kesselspeise- und Oberflächenwasser aufgeführt.

Wie die einzelnen Muster erkennen lassen, stellen diese verschiedenen 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 der Praxis jedes Schematisieren möglichst vermieden werden¹⁾. Die angegebenen

¹⁾ L. van Werveke, Gegen die schematische Wasseranalyse. Intern. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1917. Bd. 4. Nr. 20/21. S. 112.

Muster sollen, wie gesagt, nur Anhaltspunkte bieten für den besonderen Fall im einzelnen.

Die einzelnen Beispiele habe ich der Gebühren-Ordnung¹⁾ der Preuß. 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).
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).
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 Stoffe, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Eisen, Mangan, Kaliumpermanganatverbrauch, Kalk, Magnesia, Gesamthärte, temporäre Härte, bleibende Härte, freie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, mikroskopisch-biologischer Befund).
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).
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).

¹⁾ Diese ist abgedruckt im Ministerialblatt für Medizinal- und medizinische Unterrichts-Angelegenheiten. Berlin 1910. Bd. 10. Nr. 16. S. 307.

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).
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).
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).

Über die durchschnittliche chemische Zusammensetzung von Grund- und Oberflächenwasser.

Im nachstehenden seien noch einige Angaben über die durchschnittliche chemische Zusammensetzung von Grund- und Oberflächenwasser¹⁾ gemacht. Einleitend muß jedoch gleich bemerkt werden, daß ich diesen Abschnitt auf besonderen, von verschiedenen Seiten angelegten Wunsch verfaßt habe. Ich bin mir bewußt, daß diese Angaben allgemein nicht oder mindestens schwer zu lösen ist. Die mitgeteilten Zahlen sind von mir auf Grund langjähriger Untersuchungen sowie unter weitgehender Berücksichtigung des mir zur Verfügung stehenden Schrifttums zusammengestellt.

I. Trink- und Wirtschaftswasser.

Früher war es allgemein üblich, sog. „Grenzzahlen“ für den Gehalt eines guten Trink- und Wirtschaftswassers aufzustellen. Dies ist jedoch nicht angängig.

¹⁾ Vgl. auch A. Reich, „Das Wasser“ 1920. Nr. 22. Bd. 16. S. 261.

Grenzwerte für Wasser 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. Bunte¹⁾ und J. König²⁾ über die chemische Zusammensetzung des Leitungswassers der größten deutschen Städte. Aus dieser Zusammenstellung ist deutlich ersichtlich, daß genaue Grenzwerte für Wasser sich nicht geben lassen. J. König³⁾ 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 gewöhnlicher Trink- und Wirtschaftswässer mitzuteilen, die lediglich als Vergleichswerte dienen sollen. Auf Grund der vielen Wasseruntersuchungen, die im Laufe der Jahre in der Landesanstalt für Wasserhygiene ausgeführt wurden, bin ich zu nachstehenden Ergebnissen⁴⁾ — Durchschnittswerten — gelangt, die im wesentlichen auch mit den im Schrifttum längst bekannten Grenzzahlen für gutes Trinkwasser übereinstimmen.

In guten Wässern sind meist enthalten, ausgedrückt in Litermilligramm — lmg:

Abdampfrückstand:	unter 500
Nitrate (Salpetersäure) (N_2O_5):	„ 30
Nitrite (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.

¹⁾ Chemische Beschaffenheit des Wassers deutscher Städte. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1915. Bd. 58. Nr. 7. S. 76.

²⁾ Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel Bd. 2. 4. Aufl. Berlin 1904. S. 1404.

³⁾ Die Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. Bd. 1. Berlin 1899. S. 56.

⁴⁾ H. Klut, Wie muß gutes Trink- und Brauchwasser beschaffen sein? Wasser und Gas 1919. Bd. 10. Nr. 3. S. 81.

Ammoniak (NH_3): Spuren. In eisenhaltigen Grundwässern sowie in Moorwässern oft bis 0,5, ja 1 mg NH_3 im Liter.

Chloride (Chlor)	(Cl):	unter	30
Sulfate (Schwefelsäure) (SO_3):		„	60
Kaliumpermanganat-Verbrauch:		„	12
Gesamthärte (deutsche Grade):		„	18°

Reaktion gegen Lackmuspapier und Rosolsäurelösung: schwach bis deutlich alkalisch.

Phosphorsäure (P_2O_5): höchstens Spuren. Größere Mengen deuten fast immer auf Verunreinigungen des Wassers hin.

Kaliverbindungen fehlen meist. Die Anwesenheit größerer Mengen — etwa über 10 mg K_2O in 1 l — läßt sehr häufig auf nachteilige äußere Beeinflussungen des Wassers schließen.

II. Kesselspeisewasser.

Anschließend hieran seien ferner einige Angaben über die chemische Zusammensetzung geeigneter Kesselspeisewässer ¹⁾ gemacht. Die nachstehenden Zahlen — Milligramm in 1 l — sollen ebenfalls nur als Anhaltspunkte gelten. Vgl. den Schriftennachweis auf S. 171.

Reaktion gegen Lackmuspapier: schwach bis deutlich alkalisch. Salpetersäure (N_2O_5) ²⁾:

		unter	50
Ammoniak (NH_3):		„	1
Chlor (Cl):		„	200
Schwefelsäure (SO_3) in Form von Gips:		„	20—30

(Gips ist mit der gefährlichste Kesselsteinbildner.)

Kaliumpermanganat-Verbrauch ³⁾: unter 60

Keine [aggressive] Marmor (CaCO_3) auflösende Kohlensäure.

Der Gehalt an Kohlensäure im Dampf soll nach E. E. Basch,

a. a. O., 0,002% nicht übersteigen.

Luftsauerstoff: möglichst wenig ⁴⁾.

Schwefelwasserstoff: höchstens Spuren.

Gesamthärte (deutsche Grade). Hierüber äußert sich F. Barth ⁵⁾ 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 von der Betriebsdauer und der Beanspruchung abhängt. Während z. B. Hochleistungswasserrohrkessel nur mit ganz reinem Wasser (Turbinkondensat) gespeist werden sollten, ist bei Flammrohrkesseln und Lokomobil-

¹⁾ Vgl. auch E. E. Basch, Vom Ablassen und von den Salzen des Kesselwassers. Chem.-Zeit. 1913. S. 289 u. 1910. S. 646.

²⁾ Vgl. auch H. Lührig, Wasser u. Abwasser Bd. 2. 1910. S. 526.

³⁾ Vgl. u. a. Zeitschr. d. Vereins dtsh. Ingenieure 1896. S. 609 und C. Blacher, Chem.-Zeit. 1910. S. 1314; ferner G. Frantz, Dampfkesselschäden. Kattowitz, O.-S. 1915. S. 68.

⁴⁾ Vgl. auch Wasser u. Abwasser 1910/11. Bd. 3. S. 54 und Bd. 9. 1915. S. 223; G. Frantz, a. a. O. S. 70.

⁵⁾ F. Barth, Die Dampfkessel. 3. Aufl. Bd. 2. Leipzig 1920. S. 102.

kesseln 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°.

Abdampfdruckstand¹⁾: unter 300. Kieselsäure²⁾ (SiO_2): unter 15. Das Kesselblech wird ferner angegriffen: durch freie Säuren, Öl, Fett, Teer, Chlormagnesium, Zucker usw.³⁾. Weitere Angaben sind u. a. enthalten in den Mitteilungen des Magdeburger Vereins für Dampfkesselbetrieb; und J. Plaßmann, Jahrbuch der angewandten Naturwissenschaften 1914—1919, Bd. 30, S. 56, Freiburg i. Br. 1920; ferner G. Bruhns in der Chem.-Ztg. 1921. Nr. 111. S. 885 u. F. Heinicke in Wasser u. Abwasser 1921. Bd. 16. Heft 3. S. 92.

Über den Einfluß des Kesselsteins auf die Leistung und Sicherheit der Dampfkessel äußert sich F. Krauß in der Zeitschrift der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft 1918, Nr. 2, S. 15—17, in folgender Weise: Zur Verhütung des Ablagerns fester Speisewasserrückstände in Dampfkesseln ist am besten reines Dampfkondensat als Kesselspeisewasser zu verwenden. Alle natürlichen Wässer, selbst Regenwässer, liefern in Dampfkesseln bei längerer oder kürzerer Betriebszeit Kesselsteinansatz oder Schlammablagerung. Es muß aber betont werden, daß die dem Kesselstein häufig zugeschriebenen schädlichen Folgen — meist nach Ingenieur Wilson, wonach das Vorhandensein einer Kesselsteinschicht von 1,5 mm Dicke einen Kohlenmehrverbrauch von 15% und bei 6 mm Dicke einen Kohlenmehrverbrauch von 50% verursacht — unzutreffend sind. Man hat vielmehr beobachtet, daß eine dünne Kesselsteinschicht die Verdampfung fördert, wie dies z. B. bei Lokomotiven festgestellt worden ist.

¹⁾ Vgl. auch Eisenbahn-Nachrichten-Blatt des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten 1907. Nr. 34. S. 140; ferner Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1912. S. 1236.

²⁾ W. Thörner, Chem.-Zeit. 1905. S. 802. R. Krzizan, Chem.-Zeit. 1906. S. 354 und A. Goldberg, Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1914. Bd. 27. S. 265 und Zeitschr. d. Vereins dtsch. Ing. 1918. Bd. 62. S. 279. Nr. 19.

³⁾ Vgl. L. E. Andés, Der Kesselstein, seine Entstehung und Verhütung. Wien und Leipzig 1910; E. Heidepriem, J. Bracht und G. Hausdorff, Die Reinigung des Kesselspeisewassers. 2. Aufl. Berlin 1909, K. Schmid, Reinigung und Untersuchung des Kesselspeisewassers. 2. Aufl. Stuttgart 1921 u. A. Zschimmer in Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 7. Aufl. Berlin 1921. Bd. 1. S. 465.

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. Grenzwerte lassen sich schon aus diesem Grunde bei Oberflächenwasser kaum aufstellen. Flußverunreinigungen ersten Grades können Schlammbankbildungen und dadurch eine Hebung der Flußsohle hervorrufen. Eingehend über die Bedeutung der Grenzwerte bei Oberflächenwässern äußert sich G. Adam¹⁾. An Hand einer ausführlichen Tabelle zeigt er, wie verschiedenartig die Grenzwerte sind, die vorgeschlagen oder gefordert wurden. Nachstehend sei als Anhalt die Züricher Verordnung²⁾ vom 1. Juni 1881 mitgeteilt, die auch K. B. Lehmann³⁾-Würzburg in seinem bekannten hygienischen Handbuch abgedruckt hat.

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 ungelöste organische Stoffe, als etwa 60 mg Kaliumpermanganat verbrauchen.

b) etwa 1 mg organischen Stickstoff.

c) 2 mg Kupfer oder Blei. (Die Bleizahl halte ich, wenn gegebenenfalls das Wasser dem menschlichen Genuß dienen soll, für zu hoch. 0,5 mg Pb in 1 l würde ich schon als höchstzulässig bezeichnen. Vgl. unter „Blei“. D. Verf.)

d) 0,05 mg Arsen⁴⁾ in irgend einer Form.

e) 1 mg wirksames Chlor (durch Säuren frei werdend).

f) 1 mg Schwefelwasserstoff (auch als 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 Bestandteile, daß das Wasser in 10 cm hoher Schicht in einem weißen Gefaße 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 Verhält-

¹⁾ G. Adam, Der gegenwärtige Stand der Abwässerfrage. Braunschweig 1905. S. 62—63.

²⁾ Vgl. C. Schlatter, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1890. Bd. 9. S. 58.

³⁾ K. B. Lehmann, Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901. S. 260—261.

⁴⁾ Vgl. auch A. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 31 u. 546.

nissen und den durch die Benutzungsart des Wassers gebotenen Anforderungen zu entscheiden haben.

Eine ungefähre chemische Zusammensetzung von Flußwasser und Wasser aus Seen möge folgende Zahlentafel zeigen:

	Nicht verunreinigt, langsam fließender Fluß	Großer reiner See
	mg im Liter	
Schwebestoffe	3—10	1—3
Abdampfrückstand	bis 200	100—200
Permanganatverbrauch	15—30	3—20
Phosphorsäure, Kali und Eisen	Spuren	Spuren
Gesamtstickstoff	0—2	0,2—2
Gelöster Sauerstoff	etwa 8—14	etwa 8—14

Über die Bestimmung der absiebbaren Schwebestoffe in Flüssen vgl. S. 98; ferner die Literaturzusammenstellung in der Pharm. Ztg. 1921. Nr. 55. S. 576.

Schriftennachweis über Verunreinigungen der Gewässer.

H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918.
 Dunbar, Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. 2. Aufl. München und Berlin 1912.
 Fickert, Die Verunreinigung und Selbstreinigung der fließenden Gewässer. Bautzen 1919.
 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 und B. Proskauer, Enzyklopädie der Hygiene. Bd. 1. S. 311—320. Leipzig 1905.
 H. Große-Bohle, Prüfung und Beurteilung des Reinheitszustandes der Gewässer. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1906. Bd. 12. Heft 1 u. 2.
 E. Hentschel, Ergebnisse der biologischen Untersuchungen über die Verunreinigung der Elbe bei Hamburg. Mitteilungen aus dem Zoolog. Museum. Bd. 34. Hamburg 1917.
 Holtz, Die Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer auf Grund der allgemeinen Verfügung vom 20. Februar 1901. Berlin 1902.
 K. Knauthe, Das Süßwasser. Neudamm 1907.
 R. Kolkwitz, Die biologische Selbstreinigung der natürlichen Gewässer in Lafar's, Handbuch der technischen 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.
- C. W. Schmidt, Der Fluß. Leipzig 1917.
- O. Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg. 1900. Bd. 38. S. 233.
- Derselbe, Weitere Untersuchungen über Flußverunreinigung. Arch. f. Hyg. 1903. Bd. 46. S. 64 u. Grundriß der Hygiene. Berlin 1920.
- A. Splittgerber, Die in Literatur und Praxis gemachten Fortschritte auf dem Gebiete der Überwachung der Flüsse. Heft 5. (Verein für Wasser- und Gaswirtschaft, E. V.). Berlin-Friedenau 1917.
- C. Weigelt, Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Berlin 1900 u. in H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918.
- 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.
- A. Wulsch, Über das Fließen und die Selbstreinigung der Flüsse in Wasser und Abwasser 1916. Bd. 10. Heft 7. S. 199.
- H. Zellner, Die Verunreinigung der deutschen Flüsse durch Abwässer der Städte und Industrien. Berlin 1914.
- Mitteilungen aus der Preuß. Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem. Berichte über die Beseitigung der Kaliabwässer. Berlin 1916—1921. Heft 21—26.

IV. Fischgewässer.

Bei der in Deutschland jetzt allgemein zunehmenden Bedeutung des Fischereiwesens seien noch kurz die Anforderungen aufgezählt, die man an die chemische Beschaffenheit eines Fischgewässers zu stellen pflegt. Die Angaben verdanke ich der freundlichen Mitteilung des Direktors der Landesanstalt für Fischerei am Müggelsee bei Friedrichshagen und Professors an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin, Herrn Geh. Regierungsrates Dr. P. Schiemenz.

Im allgemeinen lieben Fische ein helles und klares Wasser, doch ziehen manche trüberes Wasser vor z. B. der Zander, und viele Arten gedeihen ebenso in klarem wie trübem Wasser. Empfindlich gegen häufig vorkommende Wassertrübungen ist die Forelle, sie verschwindet allmählich aus Gewässern, die wiederholt und häufig getrübt werden.

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. Der 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. Teichfische vertragen einen viel größeren Sauerstoffmangel als Wildfische. Erklärlich ist dies, weil die Teichfische von Jugend auf an sauerstoffärmeres Wasser gewöhnt sind. Versuche in dieser Richtung mit Teichfischen sind daher ganz wertlos.

Ein Fischwasser darf nicht sauer reagieren, schon eine geringe Menge Säure kann ein Fischleben unmöglich machen. Zu starke Alkalinität ist aber auch schädlich.

Manche Abwässer, welche das Leben der 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 und petroleumähnlichen in Vorfluter gelangenden Stoffen.

Im allgemeinen schaden die organischen Bestandteile der Abwässer der Fischerei erheblich mehr als die anorganischen, weil sie durch ihre mit Hilfe von Bakterien verursachte Zersetzung den Sauerstoff des Wassers verbrauchen. Diese Schädigung pflegt in fließenden Gewässern meist erst eine mehr oder weniger große Strecke unterhalb des Einlaufes einzutreten.

Die organischen Abwässer können auch nebenher Schaden anrichten durch die von ihnen meistens hervorgerufene Pilzwucherung, welche die sauerstoffspendenden niederen Pflanzen, namentlich Fadenalgen und Diatomeen, überwuchern und vernichten und auch sonst die Nahrung der Fische beeinträchtigen.

Bei der Wirkung der Abwässer ist nicht nur ihre chemische Beschaffenheit von Bedeutung, sondern es kommt ebenso sehr auf die physikalischen Verhältnisse des die Abwässer aufnehmenden Vorfluters an, ja diese sind bisweilen ausschlaggebend dafür, ob ein Abwasser schädlich wirkt oder nicht. Auch die meteorologischen Bedingungen üben einen Einfluß aus, z. B. werden in vielen Seen die organischen Abwässer erst dann schädlich, wenn der Frost das Wasser durch eine Eisdecke von der Luft abschließt und so die Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft seitens des Wassers behindert.

Anorganische Abwässer wirken immer am stärksten dicht am Einflusse der Abwässer und verlieren ihre schädliche Wirkung mit der Entfernung und Verdünnung. Organische Abwässer entwickeln in Flüssen dagegen ihre schädliche Wirkung meist erst in größeren

Entfernungen vor ihrem Einlauf. Stauung des Wassers verstärkt die Wirkung der organischen Abwässer.

Besonders gefährlich werden der Fischerei Abwasserwellen, d. h. größere Mengen von Abwässern, die auf einmal abgelassen werden.

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 Grade der Verdünnung, die das Abwasser hierbei erfährt.

Welchen Einfluß die in den Gewässern enthaltenen verschiedenen chemischen Verbindungen 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 anbelangt, 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 gekennzeichnet wird, daß nicht nur die eigentlichen Wanderfische, als Lachse, Aale, Meerstintze u. a., ohne Schaden aus dem Meerwasser in das Süßwasser, als auch umgekehrt übertreten, sondern daß auch unsere eigentlichen Süßwasserfische, wie Hecht, Barsch, Kaulbarsch, 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, wie 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 Stoffen von den Fischen gut oder schlecht vertragen werden, besitzen wir zur Zeit leider noch nicht, und es gehen sogar auch die praktischen Ansichten z. B. über die bedingte Bekömmlichkeit des harten und weichen Wassers für die einzelnen Fischarten sehr auseinander.

Nach B. Hofer ¹⁾ 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 Tier- und Pflanzenwelt nicht schädlich.

Nachstehend einige Schriften über Fischgewässer:

- 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. Abtlg. VIII. Internat. Revue d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie 1910. Bd. 2. S. 105.
- K. Eckstein, Fischerei und Fischzucht. Leipzig 1902.
- E. Haselhoff, Wasser und Abwässer. 2. Aufl. Berlin u. Leipzig. 1919 u. in Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 7. Aufl. Berlin 1921. Bd. 1. S. 628.
- B. Hofer, Über Mittel und Wege zum Nachweis von Fischwasserverunreinigung durch Industrie- und Städteabwässer. Allg. Fischerei-Zeit. München 1901.
- Derselbe, Handbuch der Fischkrankheiten. München 1904.
- Derselbe, 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. 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.
- K. Lampert, Das Leben der Binnengewässer. 3. Aufl. Leipzig 1921.
- H. Reuß, Die Wirkung der Kohlensäure auf Fische. Stuttgart 1909.
- E. Walter, Einführung in die Fischkunde unserer Binnengewässer und unsere Süßwasserfische. Leipzig 1913.
- C. Weigelt, Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Berlin 1900.
- J. Wilhelmi, Kompendium der biologischen Beurteilung des Wassers. Jena 1915.
- Zeitschrift für Fischerei. Herausg. v. P. Schiemenz u. A. Buschkiel. Berlin, Gebr. Borntraeger.
- Allgemeine Fischerei-Zeitung. München.

¹⁾ Arb. a. d. Reichsgesundheitsamte. Berlin 1907. Bd. 25. S. 407. Einwirkung der Flußverunreinigung auf die Fischerei; ferner Hämpel in Wasser u. Abwasser 1917. Bd. 11. Heft 12. S. 369 u. 1921 Bd. 16. Heft 3. S. 77.

Über angreifende Wässer sowie über Rohrmaterial, Mörtel und Boden in ihrem gegenseitigen Verhalten.

Diese Frage hat in den letzten Jahren eine erhöhte praktische Bedeutung erlangt, da man allgemein erkannt hat, welche nachteiligen Eigenschaften manche Wässer und Bodenarten gegenüber den verschiedenen Metallen und Baustoffen besitzen. Von mehreren Seiten wurde ich gebeten, in meinem Buche dieser Frage einen besonderen Abschnitt zu widmen, und zwar wären nicht nur der Innenangriff durch das eingeschlossene Leitungswasser, sondern gleichzeitig auch der Außenangriff durch die einzelnen Bodenarten, Mörtel und Wasser zu berücksichtigen mit anschließenden kurzen Angaben über geeignete Schutzmaßnahmen.

Über diese gesamte Frage habe ich mich schon in mehreren Veröffentlichungen unter Beigabe des einschlägigen Schrifttums näher geäußert. Vgl. das nachstehende Verzeichnis:

Metalle und Mörtelmaterial angreifende Wässer. Hyg. Rundschau 1915. Nr. 6 u. 7.

Über eisenauflösende Wässer. Ebenda 1916. Nr. 24.

Über die aggressiven Wässer und ihre Bedeutung für die Wasserhygiene. Med. Klinik 1918. Nr. 17 bis 19.

Die Bewertung der freien Kohlensäure im Wasser bei Zentralversorgungen. Hyg. Rundschau 1919. Nr. 18.

Rohrmaterial, Mörtel und Boden in ihrem gegenseitigen Verhalten. Ebenda 1920. Nr. 5 u. 6.

Die Angriffsfähigkeit des Wassers auf Bleirohre und die Schutzmaßregeln gegen Bleivergiftungen. Das Wasser 1920. Nr. 13.

Die Bedeutung der chemischen Beschaffenheit des Wassers bei Zentralversorgungen. Hyg. Rundschau 1920. Nr. 17.

Über geeignetes Material für Rohrbrunnen. Ebenda 1921. Nr. 3.

Die bisher nicht berücksichtigten neueren Arbeiten auf dem genannten Gebiete sind im folgenden als Fußnoten mitgeteilt.

Wässer für Trink- und Brauchzwecke haben, wie eingangs erwähnt, nicht selten die Eigenschaft, Metalle und Mörtel anzugreifen. So hat man bei verschiedenen Wasserwerken, wie z. B. in Breslau, Dessau, Jauer, Wilhelmshaven, beobachtet, daß allmählich durch das Leitungswasser nicht nur das Rohrnetz sondern auch das Material der Aufspeicherungsbehälter angegriffen wurde. Auch das Undichtwerden von Leitungen ist oft auf die chemische Beschaffenheit des Wassers zurückzuführen. Bei Sammelbehältern kann unter Umständen durch die zerstörenden Eigenschaften des Wassers das ganze Mauerwerk gefährdet werden wie z. B. in Frankfurt a. M. Ebenso sind durch schädliche äußere Einflüsse im Laufe der Jahre zahlreiche Zerstörungen von Metall- und Zementbetonröhren, von Betonmauerwerk und Mörtelstoffen bekannt geworden.

Sauerstoff. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß alle weichen, lufthaltigen Wässer sowie solche mit geringer Karbonathärte (Kohlen-

säurehärte) — etwa unter 7 deutschen Graden — mehr oder weniger metallangreifende Eigenschaften besitzen.

Je höher der Luftsauerstoff des Wassers, um so stärker ist auch meist seine angreifende Wirkung auf das Leitungsmaterial. Mit Luft gesättigtes destilliertes oder auch Regenwasser wirkt daher auf viele Metalle besonders 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 9 mg Sauerstoff in 1 l noch nicht stören.

Über die Löslichkeit von Luftsauerstoff in Wasser vgl. S. 80.

Mit steigendem Wärmegrad des Wassers nimmt auch die Oxydationswirkung des Sauerstoffs zu, wie die Erfahrungen bei Warmwasserversorgungs- und Dampfkesselanlagen 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 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 gelangt Luft in die Röhren und somit später in das Wasser.

Haben Wässer infolge ihrer chemischen Beschaffenheit die Fähigkeit, allmählich auf der Innenwandung der Leitungen einen feinen Wandbelag von Kalziumkarbonat, wie z. B. in Berlin, Charlottenburg, Danzig, Flensburg, Tilsit usw., 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. Über biologische und eisenockerhaltige Schutzbeläge vgl. Abschnitt „Blei“.

Bei weichen und karbonatarmen Leitungswässern haben sich gegen die angreifende Wirkung des Luftsauerstoffes in der Praxis gut asphaltierte Eisenrohre allgemein bewährt.

Über die Entfernung des Sauerstoffes aus dem Wasser vgl. die Angaben unter „Wasserbehandlung“.

Kohlensäure. Alle in der Natur vorkommenden Wässer enthalten mehr oder weniger freie Kohlensäure gelöst. Sehr reich an Kohlensäure sind insbesondere die als Sauerlinge oder Sauerbrunnen bezeichneten Mineralwässer. In den gewöhnlichen natürlichen Wässern beträgt der Gehalt an freier Kohlensäure meist unter 50 mg CO_2 in 1 l, aber auch Mengen über 100 mg CO_2 in 1 l findet man mitunter, während Mineralwässer nicht selten weit über 1000 mg in 1 l enthalten.

Mit zunehmendem Gehalt an Karbonaten, in erster Linie an solchen, welche die vorübergehende oder Karbonathärte bedingen,

steigt auch die Menge der freien Kohlensäure regelmäßig im Wasser an, wie die praktische Erfahrung lehrt. Schon längst wußte man, daß das Kalziummonokarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser unter Bildung von Bikarbonat verhältnismäßig leicht löslich ist. J. Tillmans¹⁾ hat neuerdings genau festgestellt, welche Mengen von freier Kohlensäure zur Auflösung von kohlensaurem Kalk in destilliertem Wasser erforderlich sind. Seine Untersuchungsergebnisse stimmen auch mit den von F. Auerbach gefundenen Zahlen, die von diesem aus den Gesetzen des chemischen Gleichgewichtes ermittelt wurden, gut überein. Im nachstehenden sind die von den genannten Forschern gefundenen Kohlensäurewerte (Milligramm im Liter) mitgeteilt, die sich auf die im kohlensauren Kalk gebundene Kohlensäure beziehen. Nebenbei sei bemerkt, daß 100 Teile CaCO_3 44 Teile gebundene CO_2 enthalten. 5 mg gebundene CO_2 sind demnach enthalten in $\frac{5 \cdot 100}{44} = 11,36$ mg CaCO_3 .

Kohlensäure-Tabelle²⁾.

Gebundene CO_2 (die Hälfte der Bikarbonat- CO_2) und zugehörige freie CO_2 ,
mg im Liter.

gebundene CO_2	freie CO_2		gebundene CO_2	freie CO_2		gebundene CO_2	freie CO_2	
	gefunden (Tillmans u. Heublein)	berechnet (Auerbach)		gefunden (Tillmans u. Heublein)	berechnet (Auerbach)		gefunden (Tillmans u. Heublein)	berechnet (Auerbach)
5	0	0,003	45	2,4	2,3	80	11,5	13,0
—	—	—	47,5	2,7	—	82,5	12,8	—
15	0,25	0,08	50	3,0	3,2	85	14,1	15,6
17,5	0,4	—	52,5	3,5	—	87,5	15,6	—
20	0,5	0,2	55	3,9	4,2	90	17,2	18,5
22,5	0,6	—	57,5	4,25	—	92,5	19	—
25	0,75	0,4	60	4,8	5,5	95	20,75	21,7
27,5	0,9	—	62,5	5,25	—	97,5	22,75	—
30	1,0	0,7	65	6,0	7,0	100	25	25,4
32,5	1,2	—	67,5	6,75	—	102,5	27,3	—
35	1,4	1,1	70	7,5	8,7	105	29,5	29,5
37,5	1,6	—	72,5	8,3	—	107,5	32,3	—
40	1,75	1,6	75	9,25	10,7	110	35	34
42,5	2,1	—	77,5	10,4	—	112,5	37,8	—

¹⁾ J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle (Saale) 1915. S. 94.

²⁾ Vgl. ferner J. M. Kolthoff und J. Tillmans, Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- u. Genußmittel 1921. Bd. 41. S. 97 u. Bd. 42. S. 98.

gebundene CO ₂	freie CO ₂		gebundene CO ₂	freie CO ₂		gebundene CO ₂	freie CO ₂	
	gefunden (Tillmans u. Heublein)	berechnet (Auerbach)		gefunden (Tillmans u. Heublein)	berechnet (Auerbach)		gefunden (Tillmans u. Heublein)	berechnet (Auerbach)
115	40,75	39	145	85	77	175	143,8	136
117,5	43,8	—	147,5	89,1	—	177,5	149,1	—
120	47	44	150	93,5	86	180	154,5	148
122,5	50,2	—	152,5	98	—	182,5	160	—
125	54	50	155	103	95	185	165,5	161
127,5	57,4	—	157,5	107,5	—	187,5	171	—
130	61	56	160	112,5	104	190	176,6	175
132,5	64,7	—	162,5	117,5	—	192,5	182,3	—
135	68,5	63	165	122,5	114	195	188	189
137,5	72,3	—	167,5	127,6	—	197,5	194	—
140	76,4	70	170	132,9	125	200	199,5	203
142,5	80,5	—	172,5	138	—	—	—	—

Konstitution: Die freie Kohlensäure ist im Wasser zum größten Teil gasförmig, also als Kohlendioxyd gelöst; hierauf beruht ihre recht schwache Säurenatur im Vergleich zu den Mineralsäuren. Neuere Untersuchungen von A. Thiel und R. Strohecker haben ergeben, daß bei 4° C in einer wässrigen Lösung von 0,35 mg CO₂ in 1 l Wasser nur 0,7% als hydratisierte Kohlensäure (H₂CO₃) vorhanden sind, während mehr als 99% als freies Anhydrid (CO₂) darin enthalten und infolgedessen als Säure nicht wirksam sind. Hierdurch erklärt es sich auch, daß die Neutralisation einer wässrigen Kohlendioxydlösung durch Alkali, das mit Phenolphthalein gerötet ist, einige Zeit braucht, weil sich immer erst H₂CO₃ aus Wasser und Kohlendioxyd bilden muß.

Löslichkeit: Kohlendioxyd ist in Wasser leicht löslich. Vgl. die näheren Angaben hierüber auf S. 72.

Hygienische Bedeutung: Der Gehalt eines Trinkwassers an freier Kohlensäure hat gesundheitlich keine nachteilige Bedeutung; im Gegenteil verleiht ein hoher CO₂-Gehalt einem Wasser einen angenehmen, erfrischenden Geschmack. Vorausgesetzt ist hierbei, daß auch die Temperatur des Wassers niedrig ist, am besten unter 12° C, denn nur ein kühles Wasser wirkt erfrischend. Mengen unter 100 mg Kohlensäure in 1 l, wie sie die meisten natürlichen Wässer nur gelöst enthalten, schmeckt man aber nach unseren Wahrnehmungen noch nicht. Mit Recht sagt W. Kruse¹⁾, daß die noch weit verbreitete

¹⁾ W. Kruse, die hygienische Untersuchung und Beurteilung des Trinkwassers in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 1. Leipzig 1919. S. 247.

Annahme, gut schmeckendes Wasser müsse Luft oder Kohlensäure enthalten, als irrig zu bezeichnen ist. In den üblichen Mengen wird weder Luft noch Kohlensäure geschmeckt, in erster Linie ist es der niedrige Wärmegrad des Wassers, der seine erfrischende Wirkung ausübt.

Technische Bedeutung: Für Wasserversorgungsanlagen spielt der Gehalt eines Wassers an freier Kohlensäure eine bedeutende Rolle. Trotz ihrer nur schwachen Säurenatur wirkt sie auf verschiedene Metalle, wie z. B. Blei, Eisen, Kupfer, Zink, ferner auch auf Mörtel nachteilig, d. h. auflösend, ein. Selbst sehr geringe Mengen freier Kohlensäure — schon einige Milligramm CO_2 in 1 l — können metallangreifend wirken, namentlich bei weichen und karbonatarmen Wässern.

Besitzt ein Leitungswasser die Eigenschaft, mit der Zeit an der Innenwandung der Röhren einen feinen Belag von kohlensaurem Kalk zu erzeugen, so schützt dieser Überzug das Metallrohr in praktisch ausreichendem Maße vor der Einwirkung der freien Kohlensäure. Nach meinen bisherigen Erfahrungen haben in der Regel Wasser mit einer Karbonathärte von etwa 7 deutschen Graden aufwärts diese Eigenschaft, einen ausreichenden Schutzbelag zu bilden. Zuweilen wird ein derartiger Rohrwandüberzug auch durch andere im Leitungswasser enthaltene Bestandteile, z. B. durch viel organische Stoffe, Eisenoxyd, ferner auch auf biologischem Wege, z. B. durch Gallertbakterien, hervorgerufen.

Über die Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers auf die für Leitungszwecke hauptsächlich verwendeten Metalle sowie auf Mörtel sei kurz folgendes mitgeteilt:

Blei. Blei wird von Kohlensäure nur bei Gegenwart von Sauerstoff¹⁾ im Wasser angegriffen. Luftfreies, kohlensäurehaltiges Wasser löst also Blei nicht auf.

Nebenbei sei erwähnt, daß auch lufthaltiges und kohlensäurefreies Wasser, je weicher und karbonatärmer dieses ist, um so stärker bleiauflösende Eigenschaften hat. Aus diesem Grunde haben mit Luft gesättigtes destilliertes Wasser und Regenwasser wegen des Fehlens an schützenden Karbonaten ein besonders hohes Bleiauflösungsvermögen.

Eisen. In kohlensäurehaltigem Wasser löst sich Eisen bei Abwesenheit von Sauerstoff unter Wasserstoffentwicklung zu Ferrobikarbonat auf. Diese Eisenverbindung ist bei Luftzutritt nicht beständig; sie zerfällt hierbei unter CO_2 -Abspaltung in Ferrihydroxyd, das sich im Wasser als Eisenoxyd ausscheidet.

Vielfach besteht noch die Ansicht, daß lufthaltiges, aber kohlensäurefreies Wasser Eisen nicht angreift. Diese Auffassung ist,

¹⁾ Vgl. u. a. Wasser u. Abwasser 1921. Bd. 16. Heft 3. S. 85 u. Pharm. Zeit. 1921. Nr. 63. S. 664.

wie auch die praktische Erfahrung lehrt, nicht zutreffend. Neuere Arbeiten, besonders von O. Bauer und O. Vogel aus dem Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem haben gezeigt, daß in lufthaltigem, destilliertem Wasser Eisen sogar stark rostet. Nebenbei sei erwähnt, daß, je alkalischer ein Wasser reagiert, um so weniger eine Oxydation des Eisens eintritt. In praktischer Beziehung ist es von Nachteil, daß das auf den eisernen Röhren entstandene Ferrihydroxyd (Rost) keine zusammenhängende Schicht bildet und deshalb das Leitungsmaterial nicht gegen weitere Angriffe schützen kann. In sauerstoff- und kohlenstofffreiem Wasser ist dagegen Eisen unveränderlich.

Steht an sich eisen- und luftfreies oder luftarmes Wasser, das selbst nur geringe Mengen von freier Kohlensäure gelöst enthält, in eisernen Leitungen ohne genügenden Schutzbelag, z. B. von kohlenstoffreichem Kalk oder ohne sorgfältig aufgetragenen Schutzanstrich, z. B. von Asphalt, so löst es aus den Röhren bei längerem Stillstand in der Leitung, z. B. über Nacht, Eisen auf. Man spricht dann von einer Vereisung des Wassers oder auch von Rohreisen im Gegensatz zum Grundwassereisen. Solches Wasser hat dann die gleichen störenden Eigenschaften wie das aus dem Erdboden kommende Grundwasser. Es fließt also klar und farblos aus der Leitung aus und trübt sich bei Luftzutritt unter Eisenockerabscheidung. Wir haben wiederholt Fälle von Vereisung solcher Leitungswässer beobachtet. Ferner sind uns auch im Laufe der Jahre mehrere Fälle in der Praxis bekannt geworden, in denen gut enteintes, aber kohlenstoffhaltiges und luftarmes oder sauerstoffreiches Wasser aus der Rohrleitung namentlich an Endsträngen Eisen in nicht unerheblicher Menge — mehrere Milligramm und mehr in 1 l — auflöste und so zu einer Wiedervereisung¹⁾ des Wassers führte, welche die bekannten Störungen beim Gebrauch derartigen Wassers verursachten. Über einen bemerkenswerten Fall von Wiedervereisung eines Leitungswässers berichtete vor einigen Jahren H. Noll im Gesundheits-Ingenieur 1917, Bd. 40, Nr. 22, S. 216.

Aus diesen Darlegungen ergibt sich die praktische Folgerung, daß es vorteilhaft ist, wenn Leitungswasser stets etwas lufthaltig ist. Erfahrungsgemäß kann der Luftsauerstoffgehalt des Leitungswässers um so größer sein, je höher die Karbonathärte ist. Weiche Wasser jedoch dürfen wegen ihres nur geringen Gehaltes an schützenden Karbonaten zweckmäßig nicht über 4 mg Sauerstoff in 1 l enthalten, während solche mit höherer Karbonathärte — etwa von 7 deutschen Graden an — bis zu 9 mg Sauerstoff und mehr in 1 l

¹⁾ Vgl. auch A. Massink und J. A. Heymann, Über Wiedervereisung in holländischen Leitungswässern in „Wasser u. Abwasser“ 1921. Bd. 15. Heft 11. S. 332.

aufweisen können. Zahlreiche Wasserwerke enteisen ihr Wasser durch starke Belüftung, z. B. durch Regnung oder Rieseln. Solche nicht selten auf diese Weise künstlich mit Luftsauerstoff gesättigten Leitungswässer — bis über 10 mg in 1 l Sauerstoff — greifen ihres hohen Karbonatgehaltes wegen die Eisenrohre nicht oder kaum an, wie das z. B. bei den Wasserversorgungsanlagen von Berlin, Charlottenburg, Flensburg, Tilsit der Fall ist. Derartige Wässer erzeugen auch allmählich an der Innenwand der Leitungen einen feinen, kristallinen Schutzbelag unter Bildung von Kalziumkarbonat, so daß das durchfließende Wasser die metallische Rohrwand, die außerdem fast immer einen Asphaltanstrich hat, kaum noch berührt. Hat die im Wasser vorhandene freie Kohlensäure Eisen aus der Leitung aufgelöst, so wird das entstandene Ferribikarbonat bei Zutritt von Luftsauerstoff sogleich in Ferrihydroxyd übergeführt, das sich als Eisenocker in feiner Form aus dem Wasser abscheidet und die Innenwandung des Rohrmaterials allmählich bedeckt. Solcher Eisenockerbelag kann gelegentlich auch einen gewissen Schutz gewähren. Bei kräftiger Spülung des Rohrnetzes wird dieser Schutzbelag dann aber meistens wieder entfernt, und nach völliger Entfernung des aus Eisenocker bestehenden Wandbelages kann alsdann wieder von neuem ein Angriff zustande kommen. Der Eisenockerüberzug an den Rohrwandungen haftet, wie die Praxis lehrt, im Gegensatz zu dem aus kohlensaurem Kalk gebildeten Schutzbelag nicht besonders fest an den Rohrwandungen.

Verschiedentlich haben wir feststellen können, daß fein vertheiltes Eisenhydroxyd führendes Leitungswasser an der Innenwandung von Bleileitungen mit der Zeit einen schützenden Eisenockerüberzug erzeugte, so daß lufthaltiges weiches und auch kohlen-säurehaltiges Wasser aus solcher Leitung kein Blei aufnahm. Ein derartiger Fall ist besonders in der letzten Zeit ¹⁾ bei der Naunhofer Wasserleitung (bei Leipzig) bekannt geworden. Als dort durch kräftige Rohrspülung der aus Eisenocker bestehende Wandbelag entfernt wurde, nahm das weiche lufthaltige Trinkwasser Blei in gesundheitsschädigender Menge aus der Leitung auf.

Kupfer. Kupfer wird durch kohlen-säurehaltiges Wasser nur bei Gegenwart von Sauerstoff aufgelöst. Fehlt dieser, so ist die Kohlen-säure ohne Einwirkung. Aus diesem Grunde verwendet man dieses Metall gern als Brunnenrohrmaterial für das in der Regel sauerstoff-freie Grundwasser.

Zink. Nach meinen bisherigen Erfahrungen scheint sich das Zink ziemlich ähnlich dem Eisen zu verhalten. Es wird ebenfalls von kohlen-säurehaltigem Wasser bei Fehlen von Luftsauerstoff

¹⁾ Bleihaltiges Leitungswasser der Stadtgemeinde Naunhof bei Leipzig. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1920. S. 375 u. Wasser u. Abwasser 1921. Bd. 16. Heft 3. S. 85—86.

aufgelöst. Nach seiner Stellung in der Spannungsreihe der Metalle wird Zink weit eher angegriffen als Eisen. Verzinkte (galvanisierte) Eisenrohre rosten daher auch an Stellen, wo der Zinküberzug mangelhaft ist, zunächst nicht so stark wie unverzinktes Eisen. Wegen der rostschützenden Wirkung des Zinks sei besonders auf die neueren Arbeiten von O. Bauer und O. Vogel in den Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem 1918, Heft 3 und 4, hingewiesen.

Zinn. Zinn wird von kohlenensäure- und sauerstoffhaltigem Wasser kaum angegriffen. Auch wegen seiner sonstigen Beständigkeit ist es für Wasserleitungen in dieser Hinsicht gut geeignet.

Mörtelangriff. Der im abgeordneten Mörtel enthaltene kohlen-saure Kalk wird, wie bereits einleitend bemerkt, durch die freie Kohlensäure des Wassers in Kalziumbikarbonat übergeführt, das verhältnismäßig leicht löslich ist. Der Grad der Löslichkeit von Kalziumkarbonat — Magnesiumkarbonat, das vielfach auch in geringer Menge im Mörtel zugegen ist, verhält sich ähnlich — ist einmal abhängig von der Menge der im Wasser vorhandenen freien Kohlensäure sowie zweitens von den bereits im Wasser gelösten Bikarbonaten. Wie Tillmans und Heublein durch eingehende Versuche nachgewiesen haben, kann Kalziumbikarbonat im Wasser nur beständig sein, wenn gleichzeitig eine im Verhältnis zu dem Bikarbonatgehalte schnell ansteigende Menge freier Kohlensäure zugegen ist. Wird diese Kohlensäuremenge dem Wasser in irgend einer Weise genommen, so ist das Bikarbonat nicht mehr beständig, es spaltet sich in freie Kohlensäure und Kalziummonokarbonat. Hierauf beruht in erster Linie der schützende Überzug an kohlen-saurem Kalk — Kalksinterbildung — an der Innenwandung von Leitungsröhren, wie schon oben auseinandergesetzt ist. In der eingangs veröffentlichten Tabelle sind die von Tillmans gefundenen Zahlen angegeben, welche die wachsenden Mengen von freier Kohlensäure zeigen, die bei zunehmendem Gehalt an Kalziumbikarbonat zur Lösung erforderlich sind. Ist in einem Wasser gerade nur soviel freie Kohlensäure vorhanden, als zur Erhaltung des chemischen Gleichgewichts für das Bikarbonat notwendig ist, so kann natürlich diese Kohlensäuremenge weiteres Kalziumkarbonat nicht mehr auflösen. Kohlensäuren Kalk enthaltender Mörtel, z. B. in Sammelbrunnen, Sammelbehältern, Gebäudemauerwerk, wird daher von derartigen kohlen-säurehaltigen Wässern nicht angegriffen. Jeder Überschuß an freier Kohlensäure im Wasser, also die Kohlensäuremenge, die über die zur Lösungshaltung der im Wasser bereits vorhandenen Bikarbonate erforderliche Menge hinausgeht, wirkt jedoch lösend auf kohlensäuren Kalk ein. Von einem Wasser, das mit Mörtel in Berührung kommt, wie das wohl bei fast allen Wasser-versorgungsanlagen der Fall ist, muß zur Verhütung von Angriffen und wegen der hierdurch unter Umständen bedingten, nicht

unbedenklichen Gefährdung des Mauerwerks verlangt werden, daß es keine kohlensauren Kalk auflösende freie Kohlensäure mehr enthält; oder, wie sich Tillmans ausdrückt, das Wasser muß frei von „aggressiver Kohlensäure“ sein.

An Hand der auf S. 140 veröffentlichten Kohlensäure-Tabelle kann man theoretisch bei jedem Wasser den Gehalt an 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 Wassers, das 80 mg gebundene und 50 mg freie Kohlensäure enthält, betrüge demnach 22,5 mg im Liter.

Genauer kann man die angreifende Kohlensäure aus einer Kurve entnehmen. Auerbach 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 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 Bestandteile, wie Eisen-, Mangan-, 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.

Bestimmung der Mörtel angreifenden „aggressiven“ Kohlensäure. Diese geschieht am besten durch den von C. Heyer-Dessau vorgeschlagenen Marmorversuch, aus dem ersichtlich ist, ob und wieviel ein Wasser kohlensauren Kalk aufzulösen imstande ist. Die Menge von Kalziumkarbonat, die hierbei vom Wasser aufgelöst wird, gibt man zweckmäßig als Milligramm CaCO_3 im Liter an. Nachstehend die Beschreibung dieses leicht auszuführenden Versuches: Man füllt eine Flasche von 300 bis 500 ccm Inhalt möglichst ohne Gasverluste bis zum Halse mit dem zu untersuchenden Wasser an, fügt 1—2 g grob gepulverten Marmor hinzu, mischt gut und läßt es 3—5 Tage unter öfterem Umschütteln verschlossen stehen. Man filtriert alsdann 100 ccm ab und bestimmt darin die — etwaige — Karbonatzunahme maßanalytisch mit $\frac{1}{10}$ HCl und Methylorange als Indikator. Jeder Kubikzentimeter $\frac{1}{10}$ -Säure Mehrverbrauch gegenüber dem ursprünglichen Wasser zeigt 5 mg CaCO_3 an. Der Marmorversuch¹⁾ sollte bei Wässern, die für Zentralversorgungen in Frage kommen, stets vorgenommen werden.

Neuere Untersuchungen von H. Noll-Hamburg (Zeitschr. f. angew. Chem. 1920, Nr. 58, S. 182) haben folgendes ergeben: Die Bestimmung der angreifenden Kohlensäure in eisenbikarbonathaltigen Wässern kann sowohl nach Tillmans wie nach Heyers Angaben nur dann zu richtigen Ergebnissen führen, wenn die nötigen Verbesserungen auf Eisen bei der Berechnung der freien und gebundenen Kohlensäure angewandt werden; und zwar müssen für jedes Milligramm $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,1 \text{ mg CO}_2$ in Abzug gebracht werden.

Bei eisenfreien Wässern sind die nach Noll durch den Marmorversuch ermittelten Werte am zuverlässigsten, besonders wenn sich außer Kalziumbikarbonat größere Mengen an Magnesium- oder Natriumbikarbonat im Wasser befinden.

Der Marmorversuch gibt im übrigen die genaueste Auskunft über den Gehalt an aggressiver Kohlensäure, die weit zuverlässiger und auch einfacher ist als jede Berechnung.

Über Schutzmaßnahmen sowie über die Entfernung der freien Kohlensäure aus dem Wasser vgl. S. 173.

¹⁾ Vgl. auch J. M. Kolthoff u. J. Tillmans, Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- u. Genußm. 1921. Bd. 41. S. 104; 107 u. Bd. 42. S. 100.

Saure Wässer. Alle sauer reagierenden Wässer haben Metalle und Mörtel angreifende Eigenschaften. Die saure Reaktion 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 Mineralsäure¹⁾ im Wasser, wie Salpetersäure oder Schwefelsäure, hervorgerufen. Letztere hat man namentlich in einigen Grundwässern Schlesiens beobachtet.

Auch organische Säuren, die in Wässern mit hohem Gehalt an organischen Substanzen (Huminstoffen), in sog. Moorwässern, mitunter enthalten sind, greifen das Material der Leitungen und der Dampfkessel an. In gesundheitlicher Hinsicht sind die Huminstoffe²⁾ an sich belanglos.

Freie Kieselsäure findet man besonders in weichen Wässern öfters in größerer Menge bis zu 40 mg SiO_2 im Liter und mehr; sie stört bei der Verwendung des Wassers zu Kesselspeisezwecken³⁾.

Gesundheitlich hat selbst ein hoher Kieselsäuregehalt⁴⁾ eines Trinkwassers keine Bedeutung.

Über Entsäuerung des Wassers sowie über Schutzmaßnahmen bei Angriff von außen vgl. unter Wasserbehandlung auf S. 174.

Schwefelwasserstoff und Sulfide. Alle Wässer, die Schwefelwasserstoff oder Sulfide — Vorkommen besonders in Thermalwässern — enthalten, wirken zerstörend auf das Leitungsmaterial. Schwefelwasserstoff besitzt die Eigenschaft einer schwachen Säure, als deren salzartige Verbindungen die Sulphydrate und Sulfide anzusehen sind. Die meisten Metalle werden von Schwefelwasserstoff und seinen Verbindungen angegriffen. Es sei im Anschluß daran erinnert, daß in eisenhaltigen Grundwässern Schwefelwasserstoff in sehr geringer Menge häufig angetroffen wird, der aber durch Belüftung und Belichtung des Wassers schnell zerstört wird.

¹⁾ Vgl. u. a. L. Grünhut, Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914. S. 509 u. 514.

²⁾ Vgl. bei R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911. S. 19.

³⁾ A. Goldberg und A. Barth in der Chem.-Zeit. 1917. Nr. 103. S. 683; ferner J. Tillmans, Die chemischen Untersuchungen von Wasser und Abwasser. Halle (Saale) 1915. S. 76.

⁴⁾ Vgl. u. a. R. Kobert, Über kieselensäurehaltige Heilmittel. 2. Aufl. Rostock 1918; ferner Pharm.-Zeit. 1918. Nr. 38. S. 228 u. 1919. Nr. 53. S. 381 u. 1921. Nr. 69. S. 725—726; ferner B. Pfyl, Arb. a. d. Reichsgesundheitsamte. Berlin 1915. Bd. 48. S. 326.

Mörtelmaterial wird ebenfalls von Wasser, das Schwefelwasserstoff oder Sulfide gelöst enthält, angegriffen. Über Schutzmaßnahmen vgl. unter Mörtel-Angriff S. 151.

Chloride. Ein hoher Gehalt eines Wassers an Chloriden begünstigt den Angriff auf Metalle.

Je weicher und karbonatarmer ein Wasser ist, um so mehr macht sich der Einfluß der Chloride bemerkbar. Bei solchen Wässern können schon 200 mg Cl in 1 Liter Metallanfressungen bedingen, wie Fälle aus der Praxis zeigen.

Bei höherer Temperatur des Wassers, wie solche z. B. in Dampfkesseln herrscht, wird die Angriffswirkung der Chloride zumal bei Gegenwart von Magnesiaverbindungen noch verstärkt. Unterstützend wirkt hierbei auch der höhere Druck, unter dem das Wasser in den Kesseln steht.

Starker Kochsalzgehalt im Wasser, z. B. wie im Meerwasser, greift auch Eisenbeton an.

Hypochlorite. Zur Entkeimung von Trinkwasser werden neuerdings Hypochlorite, z. B. Chlorkalk, und auch freies Chlor angewendet; Mittel, die an sich auf Metalle stark oxydierend wirken. Bei den in der Praxis hierzu erforderlichen sehr geringen Chlormengen sind aber im allgemeinen nennenswerte Angriffe kaum zu befürchten. Bei sehr weichen Wässern könnte allerdings unter Umständen eine nachteilige Einwirkung auf das Leitungsmaterial durch diese Oxydationsmittel hervorgerufen werden.

Nitrate. Ein hoher Gehalt an Nitraten — unter Umständen schon 50 mg N_2O_5 in 1 Liter Wasser — kann besonders bei Wässern mit geringer Karbonathärte Metallangriffe im Leitungsnetz hervorrufen. In hygienischer Hinsicht ist von Bedeutung, daß nitratreiche Wässer bleiauflösende Eigenschaften besitzen. Dampfkessel werden durch nitrathaltiges Wasser sehr angegriffen.

Sulfate. Ein hoher Gipsgehalt des Wassers ist besonders für Kesselspeisezwecke schädlich. Kalziumsulfat im Wasser erzeugt einen festen Kesselstein. Gips gilt allgemein als der gefährlichste Kesselsteinbildner, der schwer zu entfernen ist und der nur eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzt.

Sehr hoher Sulfatgehalt eines Wassers ist auch für Mörtelmaterial schädlich.

Öle und Fette¹⁾. Öle und Fette im Wasser greifen schon in geringer Menge Beton und Metalle an infolge Spaltung in freie Fettsäuren. Bei Warmwasserversorgungszwecken ist besonders darauf zu achten, daß das Wasser möglichst frei von Öl und Fett ist. Bei Kesselspeisewässern sollen schon Mengen von 5—10 mg Öl oder Fett im Liter Anfressungen der Kesselwandungen hervorrufen können.

¹⁾ Einwirkung von Öl auf Beton. „Zement“ 1920. Nr. 26. S. 328 u. Wasser u. Abwasser 1921. Bd. 16. Heft 4. S. 120.

Auch die nicht verseifbaren Mineralöle sollen nach den mir aus der Praxis gemachten Mitteilungen für Speisezwecke insofern nachteilig sein, als sie den Kesselstein für Wasser undurchlässig machen, wodurch die Kesselwandung leicht bis zum Erglühen überhitzt werden kann.

Elektrische (vagabundierende) Ströme. Elektrische (umherirrende) Ströme greifen das Leitungsmaterial nicht selten stark ¹⁾ an, wie die Erfahrungen namentlich bei den Wasserversorgungsanlagen im Landkreise Aachen und im Kreise Helbra-Mansfeld es gezeigt haben. Auch in der Stadt Gablonz a. N. 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 scheinen elektrische Ströme im allgemeinen nicht besonders einzuwirken.

Im Anschluß hieran sei erwähnt, daß der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern E. V. in Berlin W 35, u. a. nachstehende zwei Veröffentlichungen auf diesem Gebiete herausgegeben hat, die auch näher die Frage der Schutzmaßregeln behandeln und 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.

Im einzelnen sei über das bei Wasserversorgungsanlagen hauptsächlich verwendete Material noch kurz folgendes gesagt:

Mörtelangriff. Bei Wasserfassungsanlagen, Filterbecken und Wasserbehältern überhaupt werden Wassermörtel, Portlandzement für Beton, Eisenbeton usw. viel benutzt. Untersuchungen über Angriffe und Zerstörungen dieser Baustoffe sind in großer Zahl ausgeführt worden. Alle diese Mörtel sowie deren Mischungen sind besonders infolge ihres Gehaltes an kohlenstoffreichem Kalk mehr oder weniger nachteiligen chemischen Einflüssen ²⁾ ausgesetzt.

Chemische Eigenschaften. Die Angriffe durch Grund-, Sicker- oder Abwässer und auch ungeeigneten Boden, besonders Schlacke, können unter Umständen, wie namentlich die Erfahrungen der Emschergenossenschaft in Essen lehren, einen solchen Grad annehmen, daß die Standsicherheit der betreffenden Bauwerke gefährdet ist.

¹⁾ Vgl. auch Lasche in den Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1920. Nr. 273. S. 229.

²⁾ M. Gary in den Mitteilungen a. dem Materialprüfungsamt Berlin Dahlem 1919. Heft 1 bis 4; ferner A. Splittgerber, Das Wasser. 1921. Nr. 8. S. 87.

Mörtel wird angegriffen von Wasser oder Boden mit saurer Reaktion gegen Kongo, Lackmus, Methylorange und Rosolsäure; desgleichen stören Schwefelwasserstoff und Sulfide, Fette und Öle. Marmor auflösende Kohlensäure (aggressive Kohlensäure) im Wasser ist auch für Mörtel sehr schädlich. Besonders nachteilig wirkt auf Mörtel ein hoher Gehalt eines Wassers an Sulfaten und Magnesiaverbindungen. Die zerstörende Wirkung der schwefelsauren Salze auf Mörtel ist darauf zurückzuführen, daß die Schwefelsäure dieser Salze mit dem Kalk zunächst Gips bildet und dieser mit dem im Mörtel vorhandenen Kalziumaluminat zu einer mit viel Wasser auskristallisierenden Doppelverbindung, dem Kalziumsulfaluminat, zusammentritt. Die große Raumbeanspruchung dieser Verbindung bedingt das Gipstreiben, da ihr sehr starker Kristallisationsdruck das Mörtelgefüge mit überaus starker Gewalt sprengt. Das Kalziumsulfaluminat führt vielfach in der Praxis die unzuweckmäßige Bezeichnung „Zementbazillus“.

Mörtel wird außerdem zerstört durch Meerwasser sowie auch durch verwesende stickstoffhaltige Stoffe, wie Jauche, Dünger, häusliche Abwasser (Mauerfraß, Bildung von Mauersalpeter).

Schutzmaßnahmen. Bei der Ausführung von Mörtelarbeiten ist deshalb, um Zerstörungen zu vermeiden, stets Vorsicht geboten. Nicht nur der Baugrund, sondern auch das Grundwasser an der Baustelle wären zuvor daraufhin zu untersuchen, ob sie Mörtel angreifende Stoffe enthalten. Außerdem wäre noch zu prüfen, ob nicht durch Auslaugung schädlicher Stoffe, z. B. aus Schlacken, Schutthalden, Moorboden durch Niederschlagswasser noch Mörtelzerstörungen erfolgen können. Die Prüfung hätte am besten nach der Vorschrift von J. Tillmans¹⁾ zu geschehen.

In den Fällen, wo es möglich ist, sollte man angriffsfähige Wässer, z. B. durch Fernhalten, Absenken des umgebenden Grundwassers, durch gute Drainage usw. unschädlich machen. Im anderen Falle ist ein geeigneter Schutz der Mörtelflächen, z. B. durch Bekleidung mit Steinzeug²⁾ oder hart gebrannten, säurefesten Klinkern, Asphalttafeln, Fluatn u. dgl. anzuordnen. Umpackungen mit asphaltierten Geweben, wasserabweisenden Anstrichen usw. ist nach den Erfahrungen der Emschergenossenschaft nicht als ausreichender Schutz anzusehen. Auch sollen nach Helbing und Bach-Essen (Ruhr) Hochofenzemente und der Michaelische Erzzement einen weit höheren Grad der Widerstandsfähigkeit gegen aggressive Stoffe besitzen als Portlandzemente.

Bei angriffsfähigem Boden kann auch unter Umständen schon eine 30 bis 50 cm starke Sandbettung neben geeigneten Anstrichmitteln sich als praktisch ausreichend erweisen.

¹⁾ J. Tillmans im Gesundheits-Ingenieur 1911. S. 161.

²⁾ Vgl. auch Wasser u. Abwasser. 1921. Bd. 16. Heft 2. S. 49 u. Heft 4. S. 121.

Metallangriff. Metallmaterial. Für das in der Wasserwerkpraxis in Betracht kommende metallische Leitungsmaterial sei auf nachstehende Bücher hingewiesen:

- R. Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911 und Handb. d. prakt. Hyg. Jena 1913.
- P. Brinkhaus, Das Rohrnetz städtischer Wasserwerke. 2. Aufl. München und Berlin 1919.
- H. Bunte, Das Wasser. Braunschweig 1918.
- F. Fischer, Das Wasser. Leipzig 1914.
- C. Flügge, Grundriß der Hygiene. 9. Aufl. Berlin u. Leipzig 1921.
- M. Foerster, Taschenbuch für Bauingenieure. Berlin 1911.
- A. Friedrich, Kulturtechnischer Wasserbau. 3. Aufl. Berlin 1914.
- A. Gärtner, Leitfaden der Hygiene. 7. u. 8. Aufl. Berlin 1920 und Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915.
- Gmelin-Krauts, Handbuch der anorganischen Chemie. 7. Aufl. Heidelberg 1909—1915.
- E. Götze und W. Kruse, Wasserversorgung in Weyls Handbuch der Hygiene. 2. Aufl. Bd. 1. I. Abt. Leipzig 1919.
- L. Grünhut, Untersuchung und Begutachtung von Wasser und Abwasser. Leipzig 1914 und Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920.
- C. Günther, Wasser und Wasserversorgung. A. Eulenburgs Real-Enzyklopädie der gesamten Heilkunde. 4. Aufl. Berlin und Wien 1914. Bd. 15. S. 413.
- E. Heyn und O. Bauer, Metallographie. 2. Aufl. Berlin und Leipzig 1920.
- „Hütte“, Akadem. Verein. Des Ingenieurs Taschenbuch. Berlin 1914.
- R. Kobert, Kompendium der praktischen Toxikologie. 5. Aufl. Stuttgart 1912 und Lehrbuch der Intoxikationen. 2. Aufl. Stuttgart 1902—1906.
- Kurzak, Sonder-Katalog f. d. Gruppe Wasserversorgung der wissenschaftlichen Abteilung der Internationalen Hygiene-Ausstellung. Dresden 1911.
- K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. 2. Aufl. Wiesbaden 1901.
- K. B. Lehmann, Würzburg, und Franke, Frankfurt a. M., Sonderkatalog über die chemische Industrie und die Gesundheit der wissenschaftlichen Abteilung der Internationalen Hygiene-Ausstellung. Dresden 1911.
- O. Lueger, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Abt. Leipzig 1908 und Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften. 2. Aufl. Stuttgart u. Leipzig. Deutsche Verlagsanstalt.
- Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem. Jahrgang 1902—1920.
- H. Ost, Lehrbuch der chemischen Technologie. 9. Aufl. Leipzig 1918.
- E. Prinz, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1919.
- E. Schmidt, Ausführliches Lehrbuch der pharmazeutischen Chemie. 6. Aufl. Bd. 1. Anorgan. Chemie. Braunschweig 1919.
- O. Smreker, Der Wasserbau. III. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften. 3. Bd. Die Wasserversorgung der Städte. 5. Aufl. Leipzig und Berlin 1914.

- O. Spitta, Die Wasserversorgung im Handbuch der Hygiene von M. Rubner, M. v. Gruber und M. Ficker. Bd. 2. Abt. 2. Wasser und Abwasser. Leipzig 1911 und Grundriß der Hygiene. Berlin 1920.
- R. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Aufl. Leipzig 1914—1916; ferner Wasserversorgung der Ortschaften. 3. Aufl. Berlin u. Leipzig 1921.
- A. Winckler, Mineralquellentechnik. Leipzig 1916.

Aluminium. Aluminium wird bei Wasserversorgungsanlagen bislang nur vereinzelt angewandt. In seinen chemischen Eigenschaften besitzt das Aluminium viele Vorzüge; so wird es von Schwefelwasserstoff, Sulfiden ¹⁾, freier Kohlensäure, verdünnten organischen Säuren, wie z. B. Zitronensäure, Essigsäure, Fettsäuren, Milchsäure und Weinsäure, nicht angegriffen. Von freier Salpetersäure, ebenso von freier Schwefelsäure wird das Aluminium bei gewöhnlicher Temperatur ebenfalls nicht oder kaum angegriffen. Dagegen wird es von verdünnter Salzsäure, von Laugen sowie von Kochsalzlösungen und Meerwasser verhältnismäßig stark beeinflusst; Aluminiumröhren werden hierbei leicht zerstört. Gegen alkalisch reagierende Stoffe, namentlich Soda, besitzt das Aluminium nur eine geringe Widerstandskraft; daher empfiehlt es sich für die Praxis, Aluminium nicht mit dem stark alkalisch reagierenden Kalkmörtel in unmittelbare Berührung zu bringen. Aluminiumröhren wären daher von außen in solchem Falle in geeigneter Weise zu schützen, z. B. durch asphaltierte Juteumwicklung. Aluminium ist chemischen Einwirkungen gegenüber um so widerstandsfähiger, je reiner es ist.

Aluminium wird von Wasser bei gewöhnlicher Temperatur nur oberflächlich in sehr geringem Grade unter Bildung von Aluminiumhydroxyd ²⁾ angegriffen. Das Metall überzieht sich hierbei mit einem feinen Hydroxyd-Häutchen, das es vor weiteren Angriffen schützt, sog. „Schutzhäutchen“.

Gesundheitlich haben die Mengen von Aluminium ³⁾, die gelegentlich aus den Leitungen aufgenommen werden können und somit in das Trinkwasser gelangen, keine Bedeutung; ebenso auch die Mengen nicht, die bei der Klärung von Trinkwasser durch Aluminiumsulfat, z. B. in Bremen, Neißة usw., noch im Reinwasser enthalten sind.

Blei. Bei Wasserversorgungsanlagen wird Bleirohr viel verwandt. Seine Verlegung ist sehr einfach und bequem, da Blei sich leicht biegen und löten läßt und in zusammenhängenden Stücken bis zu 30 m geliefert werden kann. Von Nachteil ist aber, daß Bleirohr

¹⁾ Vgl. u. a. A. Winckler, Mineralquellentechnik. Leipzig 1916. S. 87.

²⁾ R. Seligman und P. Williams, Die Wirkung von Aluminium auf harte Wässer in „Wasser u. Abwasser“ 1921. Bd. 15. Heft 11. S. 338.

³⁾ R. Kobert, a. a. O., Kompendium S. 171 und O. Spitta, Grundriß der Hygiene. Berlin 1920. S. 408.

bei hohen Drucken nicht genügend widerstandsfähig ist. Allmähliche Zerstörungen der Bleiröhren können daher auch leicht durch die bekannten Wasserschläge in den Leitungen verursacht werden. In wagerechter Lage müssen Bleiröhren möglichst gestreckt verlegt werden, damit sich keine Luftsäcke bilden können. Bleiröhren sollten ferner stets auf fester Unterlage, z. B. Holzplatte usw. verlegt werden, da sie sonst wegen ihres Eigengewichtes und auch wegen ihrer Ausdehnung bei Temperaturerhöhung leicht durchhängen. Blei ist so weich wie Gips. Es läßt sich mit dem Messer bequem schneiden. Wegen dieser Eigenschaft ist es auch gegen äußere Einwirkungen, z. B. Stoß, Anhacken, nur wenig widerstandsfähig. Bei seiner großen Weichheit wird Bleirohr auch leicht von Mäusen und Ratten durchfressen, wie das z. B. in Charlottenburg, Halberstadt, Potsdam, Schroda beobachtet worden ist. Selbst Insekten, z. B. Holzwespen, können Blei durchbohren. Für Warmwasserleitungen, von kurzen Strecken abgesehen, ist Bleirohr nur wenig geeignet. Den Einwirkungen des Frostes leistet dagegen das Blei durch seine Zähigkeit einen ziemlich beträchtlichen Widerstand. Umherirrende (vagabundierende) elektrische Ströme wirken zerstörend auf Bleirohre ein, wie z. B. auch die Erfahrungen in Charlottenburg gezeigt haben. Über geeignete Maßnahmen zum Schutze der Bleiröhren und überhaupt der Metalle gegen elektrische Ströme sei auf die vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern E. V. herausgegebenen Druckschriften hingewiesen (vgl. S. 150).

Wegen seiner praktischen Vorzüge wird besonders in Preußen für die inneren Hausleitungen bei Wasserversorgungsanlagen Bleirohr gern verwandt. Bei geeigneter chemischer Beschaffenheit des Leitungswassers sind auch gesundheitliche Bedenken gegen die Verwendung von Bleirohr nicht geltend zu machen, wie z. B. die jahrelangen Erfahrungen in Berlin dies bestätigen. Dagegen gibt es Wässer mit solchen chemischen Eigenschaften, die mehr oder weniger bleiauflösend wirken und die bei der bekannten Giftigkeit dieses Metalls nicht oder erst nach geeigneter Vorbehandlung, wie z. B. in Dessau und in Frankfurt a. M., durch Bleirohr geleitet werden dürfen.

Über die giftige Wirkung des Bleies auf den menschlichen Körper sei zunächst berichtet. Nach der allgemeinen Ansicht unserer ersten medizinischen Sachverständigen, wie C. Flügge, A. Gärtner, C. Günther, R. Kobert, K. B. Lehmann, W. Prausnitz, M. Rubner und O. Spitta ist Blei sowohl als Metall wie in fast allen seinen Verbindungen ein gefährliches Gift. Die Bleimenge im Wasser, die zu einer Vergiftung nötig ist, läßt sich naturgemäß schwer scharf angeben, da die Bleivergiftung fast nur in der chronischen Form auftritt, und das Blei außerdem „akkumulierende“ Eigenschaften besitzt. Die Empfindlichkeit gegen Blei ist wie gegen andere Gifte erfahrungsgemäß bei den verschiedenen Menschen verschieden.

Eine scharfe Grenze für die Schädlichkeit läßt sich nicht ziehen. Schon sehr geringe Bleimengen genügen vielfach für den Menschen, um eine chronische Erkrankung hervorzurufen. So erkrankten beispielsweise in Dessau im Jahre 1886 von den 28 000 Einwohnern nicht weniger als 92 unter schweren Krankheitserscheinungen. Der durchschnittliche Gehalt an Blei, der an verschiedenen Stellen der Stadt Dessau entnommenen Wasserproben betrug hier 4,14 mg Blei (Pb) im Liter. Empfindliche Menschen sollen bereits durch weniger als 1 mg täglich resorbiertes Blei allmählich chronisch bleikrank werden. Im Gegensatz hierzu sind akute Bleivergiftungen nach den Beobachtungen von K. B. Lehmann-Würzburg selten, da ziemlich große Bleimengen bei einmaliger Zufuhr fast immer unschädlich sind. Das geltende Deutsche Arzneibuch (5. Ausgabe) gibt z. B. für diese Zwecke als größte Einzelgabe für das essigsaure Bleisalz (Plumbum aceticum) 100 mg = rund 55 mg Pb an.

Die chronische Bleivergiftung äußert sich nach K. B. Lehmann u. a. in folgender Weise: Schwärzlicher Bleisaum am Zahnfleische, schlechtes Aussehen, Verdauungsstörungen, Auftreten von Körnchen in den roten Blutkörpern, heftige, krampfartige Leibschmerzen bei Verstopfung und hartem, eingezogenem Leibe (Bleikolik), langsamer Puls, Schmerzen in den Gelenken, oft von deutlich gichtartigem Charakter, Erkrankung der Nieren, Lähmung bestimmter Nervenbahnen usw. Weitere Angaben hierüber findet man u. a. in dem — 1919 — erschienenen „Bleimerkblatt für Ärzte“, das vom Reichsgesundheitsamte bearbeitet ist; ferner in der Schrift von L. Teleky, H. Gerbis und P. Schmidt „Die Frühdiagnose der Bleivergiftung“. Berlin 1919. Beide im Verlage von Julius Springer, Berlin W 9.

In den letzten Jahrzehnten sind eine Reihe von Bleivergiftungen, die durch Leitungswasser bedingt waren, bekannt geworden. Es seien z. B. genannt die Orte Calau, Crossen, Dessau, Emden, Naunhof bei Leipzig, Offenbach, Weißwasser O.-L., Wilhelmshaven. Man ist freilich oft gezwungen, an irgend einer sog. „Grenzzahl“ festzuhalten. Daß dies sehr schwer ist, geht aus dem Gesagten hervor. Am besten ist es natürlich, wenn das Trinkwasser bleifrei ist oder nur solche geringe Mengen von Blei im Liter enthält — etwa unter 0,1 mg Pb im Liter —, daß sie sich schwer noch chemisch bestimmen lassen — also „Spuren“. Man findet nicht selten höhere Bleimengen im Wasser, besonders wenn das Wasser einige Zeit, z. B. über Nacht, in der Leitung gestanden hat. Nach den Erfahrungen, die man besonders mit dem Berliner Leitungswasser gemacht hat, kann man wohl allgemein sagen, daß ein Wasser, welches etwa bis zu 0,3 mg Blei (Pb) im Liter enthält, als noch nicht schädlich für den menschlichen Genuß¹⁾ angesehen zu werden

¹⁾ Vgl. auch O. Spitta, Grundriß der Hygiene. Berlin 1920. S. 287, ferner Wasser und Abwasser 1921. Bd. 16. Heft 5. S. 156.

braucht. Einen ähnlichen Standpunkt vertreten auch Flügge, Lehmann, Neißer, Prausnitz und Rubner. Wo im Leitungswasser größere Bleimengen nachgewiesen werden, ist entschieden Vorsicht geboten. Es empfiehlt sich in solchen Fällen durch Umfrage bei den im Versorgungsgebiete tätigen Ärzten festzustellen, ob etwa schon Erkrankungen aufgetreten sind, die durch den Genuß von bleihaltigem Leitungswasser bedingt sein könnten.

Vielfach nimmt man noch an, daß nur das im Wasser gelöste Blei giftig wirke, diese Ansicht ist aber irrtümlich. Die Giftwirkung des Bleis wird nämlich nicht nur durch seine wasserlöslichen Verbindungen, sondern auch durch basische Bleikarbonate (Bleiweißverbindungen), die an sich fast unlöslich sind, und dem Leitungswasser je nach ihrer Menge ein mehr oder weniger getrübtcs Aussehen verleihen, verursacht, da sie durch den sauren Magensaft leicht aufgelöst werden. Nicht die Wasserlöslichkeit der Bleiverbindungen, sondern ihre Resorptionsfähigkeit durch die Verdauungssäfte ist ausschlaggebend für ihre Giftwirkung. Es sind deshalb die an sich im Wasser nicht löslichen Bleikarbonate ebenfalls giftig.

Chemische Beschaffenheit bleiauflösender Wässer durch den Angriff von innen, also durch das eingeschlossene Leitungswasser. Die Ursache des Bleiangriffs ist neben der Beschaffenheit des verwendeten Materials — reines oder unreines Blei — hauptsächlich in der chemischen Zusammensetzung des betreffenden Leitungswassers zu suchen.

Eine Aufnahme von Blei aus der Leitung durch das Wasser kann aber nur bei Anwesenheit von Luftsauerstoff erfolgen. Fehlt dieser, so wird Blei unabhängig von der sonstigen chemischen Beschaffenheit des Leitungswassers nicht gelöst. Aus diesem Grunde erklärt es sich auch, daß sonst — besonders Eisen gegenüber — selbst stark aggressive, aber sauerstofffreie Wässer kein Bleiauflösungsvermögen zeigen. In der Praxis muß man aber stets damit rechnen, daß alle Wässer bei der Förderung, Behandlung, z. B. beim Enteisen sowie bei der Fortleitung mehr oder weniger Luft aufnehmen und ferner daß auch gelegentlich ein Leerlaufen der Leitung eintreten kann, wobei alsdann Luft in das Rohrnetz gelangt. Je sauerstoffhaltiger ein Wasser ist, desto mehr kann es auch naturgemäß Blei auflösen.

Mit Luft gesättigtes destilliertes oder Regenwasser hat, wie die Erfahrung lehrt, ein besonders großes Bleiaufnahmevermögen.

Die bleiauflösenden Eigenschaften eines lufthaltigen Wassers werden begünstigt durch Anwesenheit von viel Chloriden — etwa über 100 mg Cl im Liter — und viel Nitraten — etwa über 50 mg N_2O_5 im Liter —, während Karbonate im Wasser die Bleiauflösung herabsetzen. Sulfate im Wasser sind praktisch ohne Einfluß. Wässer, die gegen die Indikatoren Lackmus und Rosolsäure nicht alkalisch reagieren, wirken bleilösend.

Durch elektrolytische Vorgänge kann der Bleiangriff wesentlich erhöht werden. Legiertes, z. B. auch mit Natrium oder unreines Blei wird weit mehr vom Wasser beeinflusst als reines Blei. Den Angriff beobachtet man in der Regel an den Lötstellen. Der stärkste Angriff auf Blei erfolgt aber, wenn Bleiröhren mit Zinn nicht genügend ausgekleidet sind oder wenn der innere Zinnmantel rissig geworden ist.

Alle lufthaltigen Wässer mit Marmor (kohlen saurem Kalk) auflösender Kohlensäure — aggressiver Kohlensäure nach J. Tillmans¹⁾ — haben auch bleiauflösende Eigenschaften.

Aus den obigen Darlegungen folgt, daß alle lufthaltigen Wässer je nach ihrer chemischen Zusammensetzung mehr oder weniger bleiauflösende Eigenschaften besitzen. Diese Tatsache wird auch durch die Praxis bestätigt. Man beobachtet allgemein, daß aus neu angelegten Bleileitungen anfangs Blei vom Wasser aufgenommen wird, und zwar oft in verhältnismäßig nicht unbeträchtlicher Menge. Man sollte deshalb aus gesundheitlichen Gründen nur das Wasser zum menschlichen Genuß verwenden, das nicht längere Zeit, z. B. über Nacht, in der Bleileitung gestanden hat. Man sollte also das Wasser so lange ablaufen lassen, bis man die Gewißheit hat, daß die ganze Leitung vom Straßenrohr ab einmal entleert ist. Vom fließenden Wasser wird kein Blei oder nur belanglose Mengen aus der Leitung aufgenommen.

Viele unserer natürlichen Wässer haben nun die für Leitungen günstige Eigenschaft, mit der Zeit an der Innenwand der Rohre einen Wandbelag zu erzeugen und somit das Metall gegen die Einwirkung des Leitungswassers zu schützen. Insbesondere sind es Wässer mit einem höheren Gehalt an Kalziumbikarbonat²⁾. Dieses bedingt (neben den Karbonaten des Magnesiums) die Karbonat- oder Kohlensäurehärte des Wassers. Das Kalziumbikarbonat zersetzt sich hierbei zum Teil durch katalytische Vorgänge in freie Kohlensäure und Kalziummonokarbonat, das nur sehr wenig löslich aus dem Wasser sich ausscheidet und in feiner weißer, kristallinischer Form die Innenwand der Leitung allmählich umkleidet. Der Schutzbelag von kohlen saurem Kalk kann hierbei so dicht werden, daß selbst bei längerem Stehen des Wassers im Rohrnetz höchstens Spuren des betreffenden Metalls aufgenommen werden. Je höher der Kalziumbikarbonatgehalt eines Wassers ist, um so schneller und stärker bildet sich in der Regel auch der Rohrwandbelag. Langjährige Beobachtungen haben nun gezeigt, daß Wässer mit einer Karbonathärte von etwa 7 deutschen Graden³⁾ an und mehr

¹⁾ J. Tillmans, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. d. S. 1915. S. 94 u. 114.

²⁾ Vgl. auch bei Aug. Gärtner, Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915. S. 38, 79, 99 u. 506.

³⁾ Vgl. auch O. Spitta, Grundriß der Hygiene. Berlin 1920. S. 411.

bei Abwesenheit von aggressiver Kohlensäure die Eigenschaft der Bildung eines solchen Schutzbelages haben. Dieser Kalksinterbelag sitzt meistens sehr fest an der Rohrwandung und läßt sich auch durch die übliche Rohrspülung nicht entfernen. Einen etwas ähnlichen Rohrschutz können auch noch andere im Wasser vorhandene Stoffe ¹⁾ gelegentlich bewirken, z. B. Eisenverbindungen, viel organische Stoffe, wie z. B. in Moorwässern, auch Gallertbakterien, sog. biologischer Wandbelag ²⁾. Im allgemeinen hatten diese Rohrwandüberzüge im Vergleich zu dem kohlen-sauren Kalkbelag nicht besonders fest, sie werden durch kräftige Spülung des Leitungsnetzes leicht entfernt.

Wässer mit einem hohen Gehalt an Chloriden haben vielfach metallangreifende Eigenschaften. Enthalten nun solche Wässer gleichzeitig viel Kalziumbikarbonat, so bildet sich an der Innenseite der Rohre bald ein Wandbelag von kohlen-saurem Kalk, der, wie besonders unsere Erfahrungen in dem kleinen Orte Göllingen ³⁾ an der Wipper dies gezeigt haben, das Metall weitgehend vor dem Angriff des chloridreichen Wassers schützt.

Aus dem Gesagten geht also hervor, daß man aus der chemischen Beschaffenheit eines Wassers in den meisten Fällen schon vorher ersehen kann, ob ein Leitungswasser dauernd die Fähigkeit ⁴⁾ besitzt, bleiauflösend zu wirken. Hat ein Wasser die Eigenschaft, mit der Zeit Wandbeläge zu erzeugen, so tritt je nach seinem Gehalt an diesen Stoffen bald oder nach einiger Zeit eine ausreichende Schutzwirkung ein. Der beste und haltbarste Rohrschutzbelag besteht, wie schon bemerkt, aus kohlen-saurem Kalk.

Schutzmaßregeln. Bei Bleileitungen sollte man zweckmäßig mit Rücksicht auf etwaige Gesundheitsschädigungen von Zeit zu Zeit das Leitungswasser, das mehrere Stunden im Bleirohr gestanden hat, auf seinen Bleigehalt hin untersuchen. In erster Linie käme die Untersuchung dann in Betracht, wenn etwa eine nicht unwesentliche chemische Veränderung des Wassers, wie das zuweilen der Fall ist, eintritt. Wird bei diesen Untersuchungen festgestellt, daß das Wasser Blei in gesundheitsschädlicher Menge enthält, so muß die Einwohnerschaft in geeigneter Weise darauf aufmerksam gemacht werden, wie das z. B. in Dessau durch den Magistrat geschieht. Es darf alsdann zum menschlichen Genuß nur solches Wasser benutzt werden, das nicht längere Zeit — z. B. über Nacht — in der Bleileitung gestanden hat. Es ist also, wie bereits erwähnt, stets für genügendes Ablaufen ⁵⁾ des Wassers zu sorgen.

¹⁾ Vgl. u. a. H. Noll, Gesundheits-Ingenieur 1908. S. 410.

²⁾ H. Klut, Hyg. Rundschau 1916. Nr. 24. S. 802.

³⁾ Mitt. a. d. Landesanstalt, a. a. O., Berlin 1919. Heft 25. S. 160.

⁴⁾ Vgl. auch E. Prinz, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1919. S. 274.

⁵⁾ Vgl. auch R. Hilgermann, Grundsätze für Wasserversorgungsanlagen. Jena 1918. S. 31.

Für Wässer mit dauernd bleiauflösenden Eigenschaften, die also keinen Schutzbelag (von kohlensaurem Kalk) an der Innenwand der Rohre zu bilden vermögen, was namentlich bei weichen, karbonatarmen und nicht alkalisch reagierenden Wässern zutrifft, sollten zu Trinkwasserleitungen keine Bleirohre verwendet werden. Nebenbei sei bemerkt, daß z. B. in Hessen, Oldenburg und Württemberg Bleirohre für Trinkwasserleitungen verboten sind.

Wässer mit Metall und Mörtel angreifenden Eigenschaften sind am besten zentral zu behandeln, bevor sie in das Leitungsnetz gelangen. Dies bezieht sich besonders auf Wässer mit aggressiver Kohlensäure (vgl. S. 139 u. 173).

Bei weichen und karbonatarmen Wässern — also bei solchen ohne die Möglichkeit einer Schutzbelagbildung — sollte Bleirohr aus den angeführten Gründen nicht benutzt werden. Statt dessen wären an erster Stelle eiserne Rohre zu nehmen, die innen gegen Rostschutz mit einem besonders sorgfältig aufgetragenen Überzug aus Asphalt od. dgl. versehen sind. Unter Umständen kämen auch Rohre aus Reinzink (von den Hohenlohe-Werken A.-G. in Hohenlohehütte, O.-S.) in Betracht. Die hierbei aus dem Rohr durch das Leitungswasser aufgenommenen Zinkmengen haben gesundheitlich keine Bedeutung¹⁾ Die verzinkten sog. galvanisierten eisernen Rohre haben sich bei weichen Wässern, wie man in den letzten Jahren dies öfters beobachtet hat, dagegen nicht recht bewährt²⁾. Infolge elektrolytischer Vorgänge wird der Zinküberzug bei diesen Röhren mit der Zeit zerstört. Das darunter freiliegende Eisen rostet je nach dem Luftsauerstoffgehalt des Leitungswassers alsdann mehr oder weniger schnell. Es kommt zur Bildung von Rostknollen, die leicht einen derartigen Umfang annehmen können, daß allmählich das Rohrinne stark verkrustet, und somit der Wasserdurchtritt stark gehemmt wird. Auch P. Brinkhaus³⁾ empfiehlt für solche Wässer verzinktes Eisenrohr nicht, da diese Rohre mit der Zeit bis zu einer sehr geringen Öffnung zugehen, so daß in den obersten Stockwerken kein Wasser mehr ausfließt, wenn in den unteren Räumen gleichzeitig gezapft wird. Als Ersatz gibt Brinkhaus innen heißasphalтиerte schmiedeeiserne Rohre an, die außen gut bejuted sind.

¹⁾ E. Rost, Berichte d. Deutschen Pharm. Gesellsch. Berlin 1919. Heft 7.

²⁾ Vgl. auch E. Bieske im Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1919. Nr. 32. S. 457 und 1916. Nr. 37. S. 471; ferner C. Kippenberger, Berichte d. Deutschen Pharm. Gesellsch. Berlin 1918. Heft 1. S. 30 und O. Hölscher und A. Splittgerber, Süddeutsche Bauzeitung 1919. Nr. 1. S. 11; O. Spiegelberg, Gesundheits-Ingenieur 1919. Nr. 52.

³⁾ P. Brinkhaus, Das Rohrnetz städtischer Wasserwerke. München und Berlin 1912. S. 296.

Von der Anwendung innen geschwefelter oder verzinnter Bleirohre¹⁾ ist man jetzt allgemein abgekommen, da diese sich in der Praxis nicht bewährt haben. Auch die Zinnrohre mit Bleimantel haben sich allgemein nicht als besonders brauchbar erwiesen. Reine Zinnrohre, die für diese Zwecke wohl geeignet wären, kommen ihres sehr hohen Preises wegen für die Praxis kaum in Frage.

Von praktischer Bedeutung ist ferner auch der Angriff des Bleies von außen. Zunächst seien hier besprochen die chemischen Eigenschaften des Bleies und sodann die geeigneten Schutzmaßnahmen.

Chemische Eigenschaften. Bei Luftzutritt wird Blei von organischen Säuren, freier Kohlensäure, Salpetersäure, ferner von Nitraten, Fetten, Ölen, auch Petroleum angegriffen. Gegen freie Salzsäure und Schwefelsäure ist Blei dagegen recht beständig. Gegen alkalisch reagierende Stoffe und Lösungen, z. B. Kalkhydrat, ist Blei nur wenig widerstandsfähig. Zahlreiche Fälle aus der Praxis lehren auch, daß Blei von Kalk und Zementmörtel stark angegriffen wird. Es bildet sich hierbei aus dem Metall meist eine bröckelige Masse. Beachtenswerte Wahrnehmungen über Bildung von Jahresringen an einem Bleirohr durch Zementeinwirkungen wurden in Charlottenburg gemacht: abwechselnd gelbe und rote Ringe, der feuchten und trockenen Jahreszeit entsprechend. Auch durch alkalisch reagierendes Sickerwasser wird Blei erheblich angegriffen.

Schutzmaßnahmen. Beim Verlegen von Bleiröhren sind nach obigen Ausführungen Kalkmörtel, Kalksandmörtel oder Zementkalksandmörtel wegen ihrer starken Alkalität zu vermeiden und an ihrer Stelle Gips- oder Gipsandmörtel zu benutzen, da, wie bereits erwähnt, Blei von Schwefelsäure und ebenso auch von Sulfaten praktisch nicht oder kaum angegriffen wird. Daß namentlich hoher Feuchtigkeitsgehalt des Kalkmörtels den Bleiangriff beschleunigt, darf wohl als bekannt vorausgesetzt werden. In Kiel verwendet man bei Hausanschlüssen in Fällen, in denen Bleirohr unter Putz verlegt werden soll, eine Ummantelung von Filz; ebenso sind auch Schutzröhren aus Eisen oder Steinzeug in solchen Fällen zweckmäßig; G. Anklam empfiehlt in derartigen Fällen, wenn irgend möglich, die Bleiröhren frei zu legen. Zum Dichten von Eisenbetondruckröhren ist Bleiwohle bei unmittelbarer Berührung mit dem Beton ungeeignet. Müssen Bleiröhren in einem verunreinigten, besonders nitrathaltigen Boden verlegt werden, so sind sie zweckmäßig mit einem gut aufgetragenen Überzug, z. B. von Asphalt und außerdem mit Sandumbettung²⁾ zu versehen.

¹⁾ Vgl. bei W. Kruse in Weyls Handbuch der Hygiene, a. a. O. Bd. 1. I. Abtlg. S. 239 und F. Guth in Wasser und Abwasser 1914. Bd. 8. S. 51.

²⁾ Vgl. auch Wasser und Abwasser 1921. Bd. 16. Heft 4. S. 117.

Eisen. Eisernes Rohrmaterial wird bei Wasserversorgungsanlagen in sehr ausgedehntem Maße benutzt.

Über die technischen Eigenschaften der verschiedenen Eisenrohrmaterialien vergleiche besonders die ausführlichen Angaben in den Handbüchern von O. Lueger und O. Smreker, a. a. O., S. 152.

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.-Zeit. 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.
- O. Bauer und O. Vogel, Über das Rosten von Eisen in Berührung mit anderen Metallen und Legierungen. Mittl. a. d. Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem 1918. Heft 3 u. 4.
- Bericht der Röhrenkommission des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1914. S. 629; 1915. S. 386 und 1916. S. 431—471; ferner ebenda 1917. S. 63.
- 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 in Wasser und Abwasser. Bd. 3. S. 56, 421 und 506; ferner 1914. Bd. 7. S. 420.
- F. Goudriaan, Das Rosten des Eisens. Chem. Zentralbl. 1919. Bd. 3/4. S. 1102.
- E. Heyn, Beitrag zur Rostfrage. Mitt. a. d. Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem. Internat. Kongreß Düsseldorf 1910. Abt. II. Vortrag Nr. 14.
- E. Heyn und O. Bauer, Über den Angriff des Eisens durch Wasser und wässrige Lösungen. Mitt. a. d. Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem 1908—1910 u. Metallographie. 2. Aufl. Berlin u. Leipzig 1920.
- A. Keller, Über die Rostgefahr eiserner Rohre. Zentralbl. d. Eisen- u. Metallröhrenindustrie 1910. Nr. 2. S. 35.
- O. Kröhnke, Über die verschiedene Art der Rostung von Guß- und Schmiederohren. Gesundheits-Ingenieur 1910. Nr. 22.
- Derselbe, Über das Verhalten von Guß- und Schmiederohren in Wasser, Salzlösungen und Säuren. München und 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.
- W. D. Richardson, Angriffe von Eisen und Stahl. Chem. Zentralbl. 1920. Bd. 3/4. S. 390.
- 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.
- E. Sendelbach, Mannesmannröhren. Arch. f. Stadthygiene 1913. Heft 1.
- 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.

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 unter Berücksichtigung des Angriffes von innen und von außen.

Chemische Eigenschaften. Eisen rostet als unedles Metall an feuchter Luft leicht. Von luftsaurestoff- und kohlenstoffsaurefreiem Wasser wird Eisen außer bei sehr hoher Temperatur nicht angegriffen. In weichem, karbonatarmem, lufthaltigem (und auch kohlenstoffsaurefreiem) Wasser rostet Eisen schnell, es bildet sich Eisenhydroxyd (Eisenocker), aber nicht als dünne, zusammenhängende und schützende Schicht, sondern in einer solchen Art, daß der Eisenrost immer weiter fressen kann. Von verdünnten Säuren, selbst den schwächsten, wie z. B. der Kohlensäure, wird das Eisen unter Wasserstoffentwicklung aufgelöst¹⁾. Auch Schwefelwasserstoff, der die Eigenschaft einer schwachen Säure hat, ferner Sulfide greifen Eisen an. Gegen konzentrierte Schwefelsäure sowie auch konzentrierte Salpetersäure ist Eisen dagegen sehr widerstandsfähig — Passivität des Eisens —. Ein hoher Gehalt eines Wassers an Chloriden, Nitraten und Sulfaten begünstigt als guter Leiter für Elektrizität das Rosten des Eisens. Aus diesem Grunde erklärt es sich auch, daß Eisen von Meerwasser besonders stark angegriffen wird.

Verzinntes Eisen rostet infolge elektrolytischer Vorgänge weit schneller als unverzinntes, da Zinn, wie die elektrische Spannungsreihe der Metalle lehrt, um 0,27 Volt edler ist als Eisen. Umgekehrt schützt Zink das Eisen vor dem Rosten, da Eisen um 0,34 Volt edler ist als Zink. Erst nach Entfernung des Zinks erfolgt das Eisenrosten.

¹⁾ H. Klut, Über eisenauflösende Wässer. Hyg. Rundschau 1916. Nr. 24. S. 797.

Von alkalisch reagierenden Stoffen, z. B. Sodalösung, wird Eisen nicht angegriffen; sogar von starken Laugen, Kalkhydrat usw. wird es nicht verändert. Aus diesem Grunde benutzt man auch eiserne Kessel zur Darstellung von Alaklilaugen. Man hat sogar wiederholt Entrostungen von Eisen durch unmittelbare Berührung mit alkalisch reagierenden Stoffen beobachtet. Die Rostsicherheit des Eisens bei Eisenbetonbauten lehrt ja auch die praktische Erfahrung. Man weiß schon seit langem, daß z. B. Portlandzement einen ausgezeichneten Rostschutz gewährt.

Über Vereisung und Wiedervereisung von Wasser sowie über deren Verhütung siehe unter Abschnitt Kohlensäure S. 143.

Gesundheitlich ist selbst ein hoher Eisengehalt an sich im Wasser — auch im Mineral-(Eisen-)Wasser ¹⁾ — nach den Ansichten unserer bekannten Wasserhygieniker, wie C. Flügge, A. Gärtner, K. B. Lehmann, M. Rubner, O. Spitta, unbedenklich ²⁾. Hinsichtlich des Geschmackes stört aber der Eisengehalt eines Wassers insofern, als solches Wasser „tintig“ schmeckt. Für Wirtschaftszwecke wie besonders beim Waschen (durch Gelbfärbung der Wäsche und Erzeugung von Rostflecken) sowie für die meisten gewerblichen Zwecke ist eisenhaltiges Wasser wenig oder gar nicht geeignet. Hier können schon Mengen von 0,2 mg Eisen (Fe) im Liter stören. Vgl. S. 66.

Schutzmaßnahmen gegen den Angriff des Eisens von außen. Beim Verlegen von eisernen Rohrleitungen ist zweckmäßig stets folgendes zu beachten: In feuchten Leh- und Tonböden werden eiserne Röhren meist stark angegriffen, wie zahlreiche Erfahrungen aus der Praxis ³⁾ beweisen. Besonders ungünstig ist gipshaltiger feuchter Lehmboden, wobei eine beschleunigte Eisenrostbildung infolge elektrolytischer Wirkungen eintritt. Moorboden ist vielfach von schädlichem Einfluß auf Eisen, da er oft durch die Gegenwart von freien Säuren, wie Kohlensäure, Schwefelsäure, mehr oder weniger stark sauer reagiert. Über die zweckmäßige Prüfung von Moorboden, besonders auf Metalle und mörtelangreifende Stoffe vgl. die näheren Angaben bei J. Tillmans ⁴⁾. Auch Boden, der Hochofenschlacke, Kohlschlacke, Kohlschlutt oder Asche enthält, ist für Eisen ungeeignet, da die in solchen Böden oft enthaltenen Schwefelverbindungen durch Oxydation leicht freie Schwefelsäure bilden, die in das Wasser gelangt und in dieser

¹⁾ Vgl. u. a. H. v. Tappeiner, Lehrbuch der Arzneimittellehre. 14. Aufl. Leipzig 1920. S. 395 u. Ohlmüller-Spitta, Wasser und Abwasser. 4. Aufl. Berlin 1921. S. 334.

²⁾ Vgl. Med. Klinik 1918. Nr. 18. S. 447.

³⁾ Vgl. u. a. O. Kröhnke, Gutachten über die Zerstörung einer Wasserleitung in Kayh in Württemberg. Berlin 1914.

⁴⁾ J. Tillmans, im Gesundheits-Ingenieur 1911. S. 161.

Verdünnung das Eisen leicht zerstört. In aufgefülltem Gelände sind ebenfalls nicht selten eisenzerstörende Stoffe enthalten, namentlich Schwefelverbindungen, die durch Zutritt von Sauerstoff zu Schwefelsäure oxydiert werden.

Im Boden, der durch menschliche und tierische Abgänge wie auch durch Fabrikabfälle verunreinigt ist, dürfen eiserne Röhren nicht ohne weiteres verlegt werden; denn solcher salzhaltiger Boden begünstigt als guter Leiter für Elektrizität die Zersetzung des Eisens in hohem Grade. Böden mit hohem Gehalt an Chloriden, Nitraten und Sulfaten sind demnach für die Verlegung von eisernen Röhren nicht geeignet. Hieraus ergibt sich, daß beim Verlegen von eisernen Röhren die Beschaffenheit des umgebenden Erdreichs für die Haltbarkeit der Röhren von großer Bedeutung ist; eine chemische Untersuchung des Bodens auf angreifende Stoffe ist stets angezeigt; die Prüfung hätte sich auch dahin zu erstrecken, ob der betreffende Boden bei Gegenwart von Wasser und Luft-sauerstoff allmählich aus vorhandenen Schwefelverbindungen freie Schwefelsäure bilden kann.

Die Frage, ob Guß- oder Schmiedeeisen chemischen Einflüssen gegenüber widerstandsfähiger ist, läßt sich ganz allgemein schwer beantworten; auch gehen die Ansichten ¹⁾ der Wasserfachmänner und Hüttenleute hierüber noch ziemlich auseinander. Nach dem Stande unserer heutigen Kenntnisse kann man etwa sagen, daß unter sonst gleichen Umständen gut geschützte Stahl- und Schmiederohre ebenso rostsicher wie gußeiserne sind.

Das beste Mittel gegen den Eisenangriff ist natürlich der völlige Ausschluß von Feuchtigkeit in tropfbar flüssiger Form. In der Praxis läßt sich dies bei Rohrverlegungen aber kaum durchführen. Müssen eiserne Röhren in ungeeigneten, z. B. tonigen, salzhaltigen oder sauren Böden verlegt werden, so sind sie gegen Rostschutz mit einem gut aufgetragenen Anstrich von Asphalt u. dgl. zu versehen; Stahlröhren sind außerdem noch mit asphaltierter Jute sorgfältig zu umkleiden. Als guter Rostschutz hat sich ferner in der Praxis allgemein eine sorgfältige Umbettung der eisernen Leitungen mit Sand oder feinem Kies in einer Lage von 30 bis 50 cm Stärke bewährt — Vgl. auch Wasser und Abwasser 1921. Bd. 16. Heft 4. S. 117. Auch empfiehlt es sich beim Zuschütten der Rohrgräben namentlich darauf zu achten, daß für die unmittelbare Umfüllung der eisernen Röhren möglichst verwittertes und bereits völlig ausgelaugtes Material, also solches von der obersten Bodenschicht, oder sonstiges in der Nähe vorhandenes indifferentes Material verwendet wird. Von alkalisch reagierendem Material, wie Kalk usw., wird Eisen, wie bereits oben erwähnt, nicht angegriffen, sogar im Gegenteil ein Entrosten bewirkt.

¹⁾ Vgl. u. a. Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 1916. S. 457.

Über die Fernhaltung von elektrischen, vagabundierenden Strömen vgl. S. 150. Im allgemeinen hat sich eine sorgfältig ausgeführte Bejutung bei Stahlröhren gegen die Einwirkung dieser Ströme bewährt.

Kupfer. Kupfer wird besonders gern als Rohrbrunnenmaterial für Filterkörbe, Saugrohre, Gewebe usw. verwendet. Für diese Zwecke hat es sich fast durchweg auch gut bewährt. Warmwasserleitungen, Schwimmkugeln, Wasserkessel bestehen ebenfalls häufig aus Kupfer wegen dessen guter Widerstandsfähigkeit gewissen chemischen Einflüssen gegenüber. Kupfer ist ein verhältnismäßig weiches, dabei recht zähes und dehnbares Metall; wegen seiner Zähfestigkeit eignet es sich wie kein anderes Metall überall da, wo hoher Druck in Frage kommt. In der elektrischen Spannungsreihe der Metalle steht das Kupfer¹⁾ neben dem Silber. Einer ausgedehnteren Anwendung des Kupfers sowie seiner Legierungen in der Praxis, z. B. bei Kaltwasserleitungen, steht sein hoher Preis entgegen.

Chemische Eigenschaften. Als Halbedelmetall ist das Kupfer bei gewöhnlicher Temperatur gegen trockene sowie feuchte, kohlenstofffreie Luft recht beständig. Es wird aber bei Gegenwart von Luftsauerstoff²⁾ von den meisten verdünnten Säuren, auch von schwachen, wie z. B. Essigsäure, Kohlensäure, angegriffen oder aufgelöst. Ammoniak, Kalkhydrat, Chloride, z. B. im Meerwasser, Nitrate und Sulfide (Schwefelwasserstoff) wirken auf Kupfer bei Luftzutritt auch in der Kälte schon nachteilig ein. Der Angriff ist um so stärker, je unreiner das Kupfer ist.

Vom gesundheitlichen Standpunkt hat das Vorkommen von Kupferverbindungen im Wasser eine nur geringe Bedeutung. Nach A. Gärtner — Jena und H. v. Tappeiner — München ist eine chronische Kupfervergiftung unbekannt. In der Preuß. Landesanstalt für Wasserhygiene sind gesundheitliche Schädigungen durch den Genuß kupferhaltigen Trinkwassers bislang nicht bekannt geworden. Allerdings ist hierbei zu beachten, daß Kupfer schon in sehr großer Verdünnung im Wasser durch den unangenehmen, ausgesprochen bitteren Nachgeschmack erkennbar ist. 2 mg Cu in Form von Kupfersulfat in 1 Liter destillierten Wassers konnte ich durch den unangenehmen Nachgeschmack deutlich wahrnehmen.

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.

¹⁾ K. A. Hofmann, Lehrb. d. anorg. Chem. 2. Aufl. Braunschweig 1919. S. 385 u. 527; ferner Wilhelm Ostwald, Grundriß der allgemeinen Chemie. 6. Aufl. Dresden und Leipzig 1920. S. 503.

²⁾ E. Schmidt, Ausführliches Lehrbuch der Pharmazeutischen Chemie. Bd. 1. 6. Aufl. Braunschweig 1919. S. 1126.

Über die Giftigkeit des Kupfers äußert sich K. B. Lehmann¹⁾ 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 Grade²⁾. 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 Magenanzügung, Darmleiden usw.

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 sog. Grenzzahl für Kupfer bei Konserven Thierfelder und Rubner³⁾ nachstehendes angeben: 55 mg Kupfer sind in 1 kg Gesamtkonservenmasse als obere zulässige Grenze anzusehen.

Schutzmaßnahmen gegen Angriffe von außen. Bei der nur beschränkten praktischen Anwendung der Kupferröhren ist auch im Schrifttum bislang nur sehr wenig über etwaige Zerstörungen dieses Metalles bekannt geworden. Nach den oben mitgeteilten chemischen Eigenschaften dieses Metalles dürften also zweckmäßig ungeschützte kupferne Röhren nicht in einen Boden verlegt werden, der durch menschliche oder tierische Abgänge verunreinigt ist. Neben Ammoniak enthält solcher Boden meist viele Chloride und Nitrate. Es käme demnach in solchen Fällen zweckmäßig eine genügend dichte Schutzzeineinbettung der Röhren in Betracht, die auch in allen Zweifelsfällen, z. B. in saurem (Moor-)Boden angezeigt ist. Auch Kalk- und Zementmörtel dürften nach obigem nicht in unmittelbare Berührung mit Kupfer gebracht werden. Das Kupfer wäre unter Umständen in geeigneter Weise, z. B. in

¹⁾ Vgl. Med. Klinik 1918. Nr. 18. S. 447.

²⁾ Vgl. u. a. bei E. Rost in den Berichten der Deutschen Pharm. Gesellsch. 1919. Heft 7. S. 549.

³⁾ Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öff. Sanitätsw. Bd. 36. 1908. Heft 4. S. 365.

gemauerten Kanälen oder durch asphaltierte Juteumwicklung, genügend zu schützen.

Über Schutzmaßnahmen gegen die Angriffe von innen siehe S. 172.

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. Gegenstände aus Reinnickel sind sehr haltbar. In der Kälte und bei gewöhnlicher Temperatur wirkt Nickel auf Wasser nicht ein. Steht Nickel längere Zeit mit Wasser und Luft in Berührung, so überzieht es sich allmählich mit einer grünen Oxydschicht. Von Laugen wird das Metall wenig oder gar nicht angegriffen, wohl aber von ammoniakhaltigem Wasser bei Gegenwart von Luft. Die meisten Säuren greifen Nickel an.

In gesundheitlicher Hinsicht¹⁾ sind die Mengen von Nickel, die gelegentlich durch die Aufbewahrung von Nahrungs- und Genußmitteln aus Nickelgeschirren usw. aufgenommen werden, ohne Belang.

Zink. Das Zink wird besonders als Überzug von eisernen Röhren — sog. galvanisierte Röhren — als Rostschutzmittel viel benutzt. Neuerdings werden auch reine Zinkröhren (von den Hohenlohe-Werken A.-G. in Hohenlohehütte, O.-S.) verwendet.

Chemische Eigenschaften. Nach der elektrischen Spannungsreihe der Metalle zählt das Zink zu den weniger edlen Metallen. Es wird auch am leichtesten und stärksten im Vergleich zu den sonst bei Wasserleitungen allgemein benutzten Metallen angegriffen²⁾.

Fast alle Mineral- und organischen Säuren, wie Essigsäure, Kohlensäure, ferner auch Laugen und Alkalikarbonate lösen Zink auf. Desgleichen greift auch ein hoher Gehalt eines Wassers an Chloriden und Sulfaten Zink an. Das Zink wird um so weniger angegriffen, je reiner es ist. In luftfreiem, kohlenensäurehaltigem Wasser löst sich Zink unter Wasserstoff-Entwicklung auf. Weiche Leitungswässer nehmen leicht Zink aus dem Rohrmaterial auf. Aus Messingröhren wird im Laufe der Zeit das Zink durch Wasser herausgelöst.

Von Ton- und Leimboden wird Zink ebenso Eisen stark angegriffen, wie besonders die Erfahrungen in Varel in Oldenburg gezeigt haben. Die Ursache des Angriffs dürfte in ganz ähnlicher Weise wie beim Eisen zu erklären sein.

¹⁾ Med. Klinik 1918. Nr. 18. S. 448; ferner H. v. Tappeiner, Lehrbuch der Arzneimittellehre. 14. Aufl. Leipzig 1920. S. 397.

²⁾ Vgl. auch Muspratts Chemie. 4. Aufl. Bd. 9. Braunschweig. 1920. S. 2081.

In Wässern, die freie Kohlensäure und Nitrate enthalten, werden die letzteren bei längerem Verweilen in zinkhaltigem Leitungsmaterial teilweise zu Nitriten¹⁾ reduziert. 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 Metallen²⁾. In Zinkblendegebenden werden häufig zinkhaltige Wässer getrunken, ohne daß hierdurch irgend eine Gesundheitsstörung beobachtet wurde. In der Landesanstalt für Wasserhygiene sind bislang Vergiftungen durch zinkhaltiges Trinkwasser³⁾ nicht bekannt geworden.

Auch A. Gärtner, W. Kruse und K. B. Lehmann haben bisher Gesundheitsschädigungen durch den Genuß von zinkhaltigem Trinkwasser nicht feststellen können.

Nach Lewin³⁾ sind Mengen von 50—100 mg Zink in 1 Liter bei längerer Zufuhr erst schädlich.

Schutzmaßnahmen. Gegen den Angriff von außen ist infolge der leichten Zerstorbarkeit des Zinks bei der Verlegung solcher Röhren Vorsicht geboten. Im Boden, der durch menschliche und tierische Abgänge verunreinigt ist (Chloride) oder in Moorboden (saure Reaktion) müssen solche Röhren genügend geschützt werden, z. B. durch geeignete Anstriche, wie Asphalt u. dgl., und zweckmäßig außerdem noch durch Sandumbettung von 30 bis 50 cm Stärke.

Nach den eingehenden Untersuchungen von O. Bauer und E. Wetzel im Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, wird Zink von Gipsmörtel stark, dagegen von Kalkmörtel nur schwach angegriffen. Es sind deshalb beim Verlegen von verzinkten oder Reinzinkröhren nicht Gips oder Gippsandmörtel, sondern Kalksandmörtel oder Zementkalksandmörtel zu benutzen. Um den Angriff möglichst zu vermindern, ist es stets ratsam, auf gute Trockenhaltung der das Rohrmaterial umhüllenden Mörtelschichten Bedacht zu nehmen, da der Angriff bei Ausschluß von Feuchtigkeit nicht weiter schreiten kann.

Zinn. Nach F. Fischer und O. Lueger u. a. Fachmännern ist Zinn auch beim Verlegen und beim Einrichten von Wasserleitungen recht geeignet. Zinn ist weich, etwas härter als Blei, sehr dehnbar und geschmeidig. Seine Festigkeit ist jedoch nur gering. Wegen

¹⁾ Vgl. auch Klut, Mitt. a. d. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Berlin 1913. Heft 17. S. 36.

²⁾ Vgl. auch Muspratts Chemie. 4. Aufl. Bd. 9. Braunschweig 1920. S. 2081.

³⁾ Med. Klinik 1918, Nr. 19. S. 470; ferner E. Rost und A. Weitzel, Arb. a. d. Reichsgesundheitsamte. Berlin 1919. Bd. 51. Heft 3.

seines sehr hohen Preises wird es nur selten verwendet. Als Innenmantel für Bleiröhre wird Zinn öfters benutzt, z. B. in Dresden und Wilhelmshaven. Verzinnte Bleiröhren haben sich im allgemeinen nicht bewährt. Für Dampfleitungen sind verzinnte Eisenröhren nicht geeignet.

Chemische Eigenschaften. Nach der elektrischen Spannungsreihe der Metalle ist Zinn um 0,27 Volt edler¹⁾ als Eisen. Das Zinn schützt dieses gegen Rostbildung nur so lange, als keine Verletzung der Oberfläche eintritt. Wird verzinntes Eisen (Weißblech) nur etwas beschädigt, so tritt an der frei gelegten Stelle bei Zutritt feuchter Luft eine im Vergleich zu reinem Eisen beschleunigte Rostbildung auf.

Bei niedriger Temperatur kann Zinn leicht in die graue Form übergehen, wobei es unter starker Volumenvergrößerung zu einem grauen Pulver zerfällt, wie man dies z. B. an alten Orgelpfeifen beobachtet hat. Ansteckung befördert diese „Zinnpest“. Nach den eingehenden Untersuchungen von Cohen kann sich diese graue Zinnform nur unterhalb + 18° C bilden und das weiße, metallische Zinn dieser Umwandlung überall nur da verfallen, wo die mittlere Jahrestemperatur unter dieser Grenze liegt. Hiernach können also im Boden oder sonstwo verlegte Zinnröhren im Laufe der Zeit diesem Zerfall ausgesetzt sein.

Zinn ist als Halbedelmetall chemischen Einflüssen²⁾ gegenüber ziemlich widerstandsfähig. Aus diesem Grunde wird es in der chemischen Industrie viel und gern benutzt. Gegen Alkalien und Erdalkalien, z. B. Kalkhydrat, sowie auch gegen Schwefelwasserstoff und Sulfide ist Zinn bei gewöhnlicher Temperatur beständig. Von verdünnten Mineralsäuren, auch von Kohlensäure, wird es in der Kälte wenig oder gar nicht angegriffen³⁾, dagegen ziemlich leicht von stärkeren (konzentrierteren) Säuren. Gegen organische Säuren, z. B. Essigsäure, ist Zinn ziemlich beständig. Meerwasser wirkt nachteilig auf Zinn ein.

Hygienische Bedeutung⁴⁾. Nach R. Kobert ist echte, reine Zinnvergiftung selten, die Sterblichkeit hierbei sehr gering. Nach K. B. Lehmann, Würzburg ist Zinn wenig schädlich; die meisten sog. Zinnvergiftungen haben andere Ursachen. Auch die chronische Zufuhr von kleinen und mittleren Zinnmengen schadet nichts. Die Fabrikhygiene weiß nichts von Zinnvergiftungen. In der Landesanstalt für Wasserhygiene sind Vergiftungen durch den Genuß

¹⁾ Vgl. Klut, Hyg. Rundschau 1920. Nr. 6. S. 163.

²⁾ G. Romijn, in Wasser und Gas 1920. S. 337; ferner N. G. van Huffel, in Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1906. Bd. 11. S. 417.

³⁾ O. Spiegelberg, im Gesundheits-Ingenieur 1918. Nr. 11. S. 105.

⁴⁾ Med. Klinik 1918. Nr. 19. S. 470; ferner B. C. Goß. im Chem. Zentrabl. 1918. Bd. 1. S. 287.

zinnhaltigen Trinkwassers bislang nicht bekannt geworden. Nach Lehmann werden aus Konservenbüchsen 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 wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen vom 13. Mai 1914 über den Zinngehalt von Gemüsekonserven. Siehe Zeitschr. f. öff. Chem. 1915, Bd. 21, Heft 2, S. 32.

Schutzmaßnahmen gegen den Angriff von außen. Zerstörungen von Zinnröhren bei Wasserleitungen sind bislang nicht bekannt geworden. Beim Verlegen von solchen Röhren ist nach obigen Ausführungen ein Boden mit hohem Gehalt an Chloriden und auch Nitraten wenig geeignet. Etwaiger Schutz wäre auch hier genügend dichte Schutzumbettung.

Zusammenfassung.

Aus den obigen Darlegungen ergibt sich kurz zusammengefaßt, daß im allgemeinen Wasser von nachstehender chemischer Beschaffenheit keine praktisch in Betracht kommenden, Metalle und Mörtelmaterial angreifenden Eigenschaften aufweisen:

Die vorübergehende (Karbonat- oder Kohlensäure-) Härte des Wassers betrage am besten nicht unter 7 deutschen Graden.

Das Wasser sei bei einem geringen Karbonatgehalt möglichst luftsauerstoffarm. Bei sehr weichen Wässern — unter 4 deutschen Graden — können schon geringe Sauerstoffmengen (einige Milligramm Sauerstoff in 1 Liter) auf das Rohrmaterial nachteilig wirken.

Der Gehalt an Chloriden, Nitraten und Sulfaten im Wasser darf nicht hoch ¹⁾ sein.

Aggressive (Marmor auflösende) Kohlensäure und Sulfide (Schwefelwasserstoff) dürfen im Leitungswasser nicht vorhanden sein. Die Reaktion des Wassers gegen Lackmus und Rosolsäure darf nicht sauer sein, da alle sauren sowie die meisten neutral reagierenden Wässer Metalle und Mörtel angreifen oder auflösen.

Möglichste Abwesenheit von Fetten und Ölen im Wasser besonders bei Warmwasserleitungen und bei Kesselspeisewässern ist erforderlich.

Zu erwähnen wäre ferner noch, daß elektrische umherirrende („vagabundierende“) Ströme vom Wasserleitungsnetz fernzuhalten sind.

Wasserbehandlung.

Die Behandlung von Wässern mit angreifenden Eigenschaften ist möglichst zu zentralisieren, bevor sie in das Verteilungsnetz

¹⁾ Über den Begriff „hoher Gehalt“ vgl. u. a. die Angaben auf S. 129.

gelangen. Bei Warmwasserversorgungs- und Dampfkesselanlagen sind angreifend 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.

Von weichen und karbonatarmen 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 angreifenden Eigenschaften der Wässer gemacht werden.

Ausführliche Angaben über Wasserbehandlung finden sich (außer den bereits auf S. 152 genannten) in nachstehenden Büchern und Veröffentlichungen:

- L. E. Andés, 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. 3. Aufl. Leipzig 1919.
- C. Blacher, Gedanken zur Frage der Dampfkessel-Korrosionen. Zeitschr. des Bayerischen Revisionsvereins. 1914. Nr. 10.
- H. Bunte und P. Eitner, Kesselspeisewasser und dessen Reinigung bei G. Eckermann, Berichte über Kesselstein-Geheimmittel. Hamburg 1905.
- E. Claussen, Entstehung und Verhütung des Kesselsteins. 4. Aufl. Berlin 1920.
- 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.
- 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.

- E. Höhn, Die Bekämpfung von Rost und Abzehrungen an Dampfkesseln. Zürich 1919.
- 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.
- E. Leher, Das Wasser und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe. Leipzig 1905.
- A. Marx, Hygiene der Warmwasser-Versorgungsanlagen. Gesundheits-Ingenieur 1913. Nr. 21.
- Ph. Michel, Die Rohrleitungen im Dampfbetrieb. Hannover 1910.
- K. Schmid, Reinigung und Untersuchung des Kesselspeisewassers. 2. Aufl. Stuttgart 1921.
- F. Selberg, Die neueren Verfahren zur Sterilisierung, Reinigung und sonstigen Verbesserung von Wasser für Trink- und Nutzzwecke. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öff. Sanitätsw. 1913. Bd. 45. 3. Folge. S. 418.
- H. Stadlinger, Korrosionen der Dampfkessel. Seifenfabrikant 1914. Nr. 8—11.
- H. Stooff, Wasser in O. Dammers Chemische Technologie der Neuzeit. Bd. I. 2. Aufl. Stuttgart 1921.
- J. Tillmans, Wasserreinigung und Abwässerbeseitigung. Halle a. d. S. 1912.
- H. Wehner, Die Sauerkeit der Gebrauchswässer als Ursache der Rostlust, Bleilösung und Mörtelzerstörung und die Vakuumrieselung. Frankfurt a. M. 1904.
- E. und F. Wehrenpfennig, Über die Untersuchung und das Weichmachen des Kesselspeisewassers. 2. Aufl. Wiesbaden 1905.
- R. Weyrauch, Wasserversorgung der Ortschaften. 3. Aufl. Berlin und Leipzig 1921.

Eine vollständige Besprechung aller einschlägigen Arbeiten auf dem Gebiete der Wasserbehandlung seit dem Jahre 1908 findet sich in dem von A. Schiele und R. Weldert herausgegebenen Sammelblatt „Wasser und Abwasser“, Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin W 35, Schönberger Ufer 12a.

Hoher Luftsauerstoffgehalt eines Wassers läßt sich durch Entgasung beseitigen. Alle anderen Gase, wie freie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff usw., werden hierbei gleichfalls aus dem Wasser entfernt. Erforderliche Apparate zur Entgasung von Wasser liefern z. B. die deutschen Sanitätswerke, G. m. b. H., in Frankfurt a. M. Stark lufthaltiges Leitungswasser, wie z. B. in Swinemünde, läßt sich auch durch einen in die Förderleitung vor Eintritt in den Hochbehälter eingebauten Kessel, in welchem mittels Heberanordnung ein Vakuum von mehreren Metern Wassersäule erzeugt wird, entgasen. Bei Warmwasser- und Dampfkesselanlagen ¹⁾ lassen

¹⁾ L. Jung, Über die Entgasung des Kesselspeisewassers. Zeitschr. d. Ver. Dtsch. Ing. 1920. Nr. 8. S. 186; ferner Wasser und Abwasser 1918. Bd. 12. S. 303 und 1919. Bd. 14. S. 138.

sich die schädlichen Gase aus dem Wasser durch gute Vorwärmung austreiben. Auch Schutzanstriche¹⁾ werden gegen die Angriffe des Wassers empfohlen. Nach A. Marx ist bei Warmwasserversorgungsanlagen das Innere des Speichergefäßes mit hitze- und wasserbeständigem Lack zu streichen. Als einen solchen bezeichnet er den von der Firma Heyn & Manthe, Berlin-Tempelhof, in geeigneter Beschaffenheit unter dem Namen Brauerei-Eisenglasur hergestellten Lack. Nach F. Barth 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 empfiehlt die Vorbehandlung des Speisewassers mit Dampf. Nach H. Bunte und P. Eitner 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 Frage²⁾.

Entfernung der freien Kohlensäure aus Wässern. Bei Leitungswässern ist zweckmäßig zu verlangen, daß sie nur soviel freie Kohlensäure enthalten, als zur Erhaltung des chemischen Gleichgewichtes der Karbonate im Wasser erforderlich ist. Die freie Kohlensäure ist demnach soweit zu entfernen, daß das Wasser Kalziumkarbonat nicht mehr auflösen vermag (Prüfung durch den Heyerschen Marmorversuch).

Bei Wässern mit höherer Karbonathärte — etwa von 7 deutschen Graden an — läßt sich die angreifende Kohlensäure durch Regnung, wie z. B. in Flensburg, oder durch Rieselung, z. B. in Tilsit, leicht entfernen.

Bei weichen und karbonatarmen Wässern ist diese Behandlung jedoch nicht zu empfehlen, da hierbei das Wasser stark luft-sauerstoffhaltig wird und solches Wasser alsdann die metallenen Leitungen auch angreift, wie bereits näher geschildert ist. Besonders bedenklich ist das bei Verwendung von Bleiröhren, da bleihaltiges Wasser giftig ist. Müssen derartige sauerstoffreiche Wässer durch eiserne Röhren geleitet werden, so sind diese mit einem sorgfältig aufgetragenen, am besten verstärkten Anstrich, z. B. aus Asphalt

¹⁾ Vgl. u. a. die Mitteilungen des Magdeburger Vereins für Dampfkesselbetrieb 1914. Nr. 3. S. 11.

²⁾ Über Cumberlands neues elektrolytisches Rostschutzverfahren vgl. im Prometheus 1917. Bd. 29, 6. Nr. 1463. Beiblatt S. 22 u. Wasser u. Abwasser 1921. Bd. 16. Heft 3. S. 89.

u. dgl., gegen das Rosten zu schützen. Nach den bisherigen Erfahrungen wird hierdurch in der Regel ein genügender Schutz gewährt, während der Anstrich bei Gegenwart von angreifender Kohlensäure im Wasser eine Eisenauflösung aus der Rohrleitung meist nicht verhindern kann, da auch dick aufgetragene Anstriche den Durchtritt des kohlenensäurehaltigen Wassers nicht vollständig zu verhindern vermögen.

Freie Kohlensäure (sowie auch alle übrigen im Wasser vorkommenden Gase, wie Sauerstoff, Schwefelwasserstoff usw.) lassen sich auch durch geeignete Entgasungseinrichtungen beseitigen. Solche Anlagen bauen u. a. die Deutschen Sanitätswerke G. m. b. H. in Frankfurt a. M.; die Firma Friedr. Krupp, A.-G., hat derartige Entgasungsanlagen für ihre Werke in Essen und in Kiel aufgestellt.

Bei weichen (karbonatarmen) Wässern ist die freie Kohlensäure zweckmäßig durch chemische Bindung unschädlich zu machen. An erster Stelle ist hierfür das Marmorverfahren geeignet, wie dies seit Jahren mit gutem Erfolg, z. B. in Frankfurt a. M., angewandt wird. Von großem, praktischem Vorteil ist bei dieser Behandlung des Wassers der Fortfall jeder Dosierung, da stets nur soviel kohlenaurer Kalk aufgelöst werden kann, als dementsprechend freie Kohlensäure im Wasser vorhanden ist. Außer Marmor benutzt man ferner zur Bindung der freien Kohlensäure im Wasser mit Erfolg in Dessau Natronlauge, in Emden Sodalösung und in Weißwasser, O.-L., Kalkwasser. Bei Anwendung dieser Chemikalien¹⁾ ist aber eine genaue Dosierung und somit eine ständige Überwachung erforderlich, da ein Chemikalienüberschuß im Wasser leicht störend empfunden werden kann durch eintretende Trübungen und unter Umständen auch durch den — meist etwas laugenhaften — Geschmack des Wassers. Diese Verfahren verlangen also stets eine genaue Anpassung an den jeweiligen Gehalt des Wassers an freier Kohlensäure. Bei der Mehrzahl der natürlichen Wässer ist, wie die Erfahrung lehrt, die Kohlensäuremenge in den verschiedenen Jahreszeiten gewissen Schwankungen unterworfen.

Bei Wässern mit einem Gehalt an freier Mineralsäure kommen Chemikalien, wie Kalkwasser, Soda, Natronlauge usw., zur Bindung der Säure in Anwendung.

Bei Wässern mit viel organischen Stoffen (Huminstoffen), bei sog. Moorwässern, werden in der Regel Aluminiumsulfat oder Eisensulfat mit Kalk, ferner auch Kaliumpermanganat zur Ausscheidung dieser Verbindungen angewendet. Bei Verwendung solcher Wässer zu Kesselspeisezwecken dient meist Soda.

¹⁾ Vgl. auch G. A. Stutterheim, Das Lösungsvermögen des Deventer Leitungswassers (in Holland) für Blei in „Wasser und Abwasser“ 1921. Bd. 15. Heft 11. S. 336.

Kieselsäurereiche namentlich weiche Kesselspeisewässer, die sich sowohl unter Quell- wie auch Flußwässern finden, können nach A. Goldbergs 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 läßt sich durch ausreichende Belüftung aus dem Wasser entfernen und unschädlich machen. Vgl. auch Wasser und Abwasser 1921. Bd. 16. Heft 2. S. 49.

Chloride, Nitrate und Sulfate im Trinkwasser lassen sich in wirtschaftlicher Weise nicht entfernen. Unter Umständen käme eine Destillation des salzhaltigen Wassers¹⁾ in Frage.

Bei Kesselspeisewässern lassen sich Sulfate durch Barytsalze entfernen. Nebenbei sei bemerkt, daß Barytsalze giftig sind.

Fette und Öle aus Wasser besonders für Kesselspeisewecke²⁾ werden in der Regel auf mechanischem Wege durch geeignete Öl- und Fettabscheider oder durch Elektrolyse beseitigt.

Brunnenrohrmaterial. Über geeignetes Material für Rohrbrunnen habe ich mich näher in der Hyg. Rundschau 1921, Nr. 3, geäußert. Hier seien daraus kurz nur die Schlußsätze mitgeteilt:

Am besten wäre es, wenn für Rohrbrunnen nur ein Metall, z. B. Kupfer, besonders auch zur Vermeidung galvanischer Ketten³⁾ verwandt werden könnte, was aber aus wirtschaftlichen Gründen häufig nicht möglich ist.

Als Material für den Filterkorb ist am besten reines Kupfer oder verzinntes Kupfer (nach E. Götze, Bremen) zu empfehlen, wie das ja früher, vor dem Weltkrieg, meist geschah. Leider steht der allgemeinen Verwendung dieser Metalle in der Praxis jetzt ihr hoher Preis entgegen. Muß anderes Material benutzt werden, so käme als billigstes Metall Eisen⁴⁾ in Betracht, das aber gegen die Angriffe des Wassers in allen seinen Teilen, also innen und außen, sorgfältig geschützt (z. B. asphaltiert) sein muß. Der gußeiserne Rohrbrunnen hat sich z. B. nach den mir gemachten Mitteilungen von A. v. Feilitzsch, Direktor der Charlottenburger Wasserwerke A.-G. Berlin-Schöneberg und E. Prinz a. a. O. — S. 328 — bei den Wasserwerken in Berlin, Braunschweig, Charlottenburg, Leipzig u. a. O. gut bewährt.

Das Saugrohr besteht am zweckmäßigsten nur aus Kupfer oder verzinntem Kupfer. Andere Metalle wären hier nicht besonders anzuraten.

¹⁾ Vgl. Bothas, Massendestillation von Wasser. Berlin 1908.

²⁾ Vgl. Wasser und Abwasser 1917. Bd. 11. S. 293 u. 1921. Bd. 16. Heft 1. S. 14 u. Heft 6. S. 192.

³⁾ E. Prinz, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1919. S. 329.

⁴⁾ G. Thiem, Die Entwicklung des gußeisernen Rohrbrunnens. Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. Leipzig 1917. S. 93.

Für den Pumpenzylinder sind am vorteilhaftesten Bronze, Rotguß oder Messing.

Da an den Stellen, an denen sich verschiedenartige Metalle berühren, infolge elektrolytischer Vorgänge erfahrungsgemäß die Angriffe am stärksten sind, so ist hier ein weiterer Schutz durch geeignete Isolierung, z. B. Anwendung von Asphalt oder Gummi, angezeigt.

Bei angriffslustigen Wässern, besonders bei solchen mit aggressiver Kohlensäure, sollte man mehr als bisher von Material Gebrauch machen, das praktisch überhaupt nicht angegriffen wird, wie z. B. Steinzeug, Schamotte, glasierter Ton, Drahtglas, reine Asphaltrohre usw.

Über die Verwendung des Aluminiums im Brunnenbau liegen bislang noch keine größeren praktischen Erfahrungen vor. Im allgemeinen gilt dieses Metall als nicht zähe genug; vielleicht sind aber gewisse Aluminiumlegierungen hierfür doch geeignet.

Brunnenröhren aus Holz für Tiefbrunnen werden wegen ihrer meist beschränkten Dauer, ihrer geringen Festigkeit und auch Quellung sowie zum Teil auch aus hygienischen Gründen im allgemeinen nicht empfohlen. Es ist aber zu beachten, daß gewisse Hölzer, wenn sie ständig unter Wasser, sehr lange haltbar sind. Aus diesem Grunde werden gerade in der neueren Zeit Filterrohre aus Holz öfters verwandt. — Vgl. u. a. O. Lueger, Die Wasserversorgung der Städte. 2. Abtlg. Leipzig 1908. S. 90.

Schutzanstriche.

Bei Wässern mit angreifenden Eigenschaften wird am besten das Material der Leitung und der Aufspeicherungsanlagen zum Schutze mit Anstrichen überzogen. In der Praxis bekannte Mittel sind u. a.: Asphaltteer, Inertol, Mennige¹⁾, Nigrit, Siccolinäum-Noerdlinger, Siderosthen-Lubrose. Allgemein können natürlich Anstriche aus den verschiedensten mineralischen oder organischen Grundstoffen, wie z. B. 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 angriffslustiger Wässer, aber als vollkommen und von unbegrenzter Dauer sind alle diese Mittel, wie die Erfahrung lehrt, nicht zu bezeichnen.

Nachstehend aufgeführte Veröffentlichungen geben hierüber näheren Aufschluß:

¹⁾ Hofmann, Internat. Zeitschr. f. Wasserversorg. 1916. S. 29.

- B. Barham, Anstrichmittel für Eisenkonstruktionen in Wasser und Abwasser. Bd. 7. 1913/14. S. 554.
- Friedmann, Das Rosten eiserner Rohre und ihr Schutz durch den Anstrich. Zeitschr. d. Ver. Dtsch. Ing. 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. Gesundheits-Ingenieur 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 und Bd. 7. 1913/14. S. 204.
- C. Pfeleiderer, Das Rosten des Eisens, seine Ursachen und seine Verhütung durch Anstriche. Zeitschr. d. Ver. Dtsch. Ing. 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.
- Sammelblatt „Wasser und Abwasser“ 1915. Bd. 10. S. 11 u. 50; 1918. Bd. 12. S. 306 u. 364; 1919. Bd. 14. S. 172; 1921. Bd. 15. S. 267.

Tabelle über die Wasserlöslichkeit¹⁾ einiger wichtiger chemischer Verbindungen.

(Bei Zimmertemperatur.)

	mg in 1 Liter
Arsentrisulfid (As_2S_3)	0,5
Baryumkarbonat ($BaCO_3$)	71
Baryumsulfat ($BaSO_4$)	2,5
Bleichlorid ($PbCl_2$)	9340
Bleihydroxyd ($Pb(OH)_2$)	17
Bleiphosphat ($Pb_3(PO_4)_2$)	0,13
Bleisulfat ($PbSO_4$)	42
Bleisulfid (PbS)	0,9
Ferrohydroxyd ($Fe(OH)_2$)	7
Ferrosulfid (FeS)	6,2

¹⁾ 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. Arb. a. d. Reichsgesundheitsamte. Berlin 1907. Bd. 26. Heft 3.

	mg in 1 Liter
Kalziumkarbonat ¹⁾ (CaCO ₃)	31
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	2023
Kupfersulfid (CuS)	0,33
Magnesiumhydroxyd (Mg(OH) ₂)	9
Magnesiumkarbonat ¹⁾ (MgCO ₃)	94,4
Manganhydroxyd (Mn(OH) ₂)	2
Manganosulfid (MnS)	6,3
Zinkhydroxyd (Zn(OH) ₂)	1,3
Zinksulfid (ZnS)	6,9

In kohlensäurehaltigen Wässern sind je nach den vorhandenen CO₂-Mengen ²⁾ Kalzium- und Magnesiumkarbonat verhältnismäßig leicht löslich.

Die neutralen (Mono-)Karbonate ³⁾ 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 ⁴⁾ 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 „ „ „	

Tafel der Grenzwerte für Mineralwässer.

Die Mineralwässer unterscheiden sich von gewöhnlichen Grund- und Quellwässern (nach L. Grünhut, Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920, S. 667) durch:

Gesamtmenge der gelösten festen Stoffe	1 g in 1 kg
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	0,25 „ „ 1 „
Lithium-Ion (Li ⁺)	1 mg „ 1 „

¹⁾ F. Gothe, Über die Löslichkeit des Kalzium- und Magnesiumkarbonats in kohlensäurefreien Wässern. Chem.-Zeit. 1915. Bd. 39. Nr. 51. S. 326; ferner Wasser und Abwasser 1917. Bd. 11. S. 398 und J. M. Kolthoff, Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußm. 1921. Bd. 41. S. 99.

²⁾ Vgl. u. a. Gmelin-Krauts Handbuch der anorganischen Chemie. 7. Aufl. Bd. 2. Abt. 2. S. 335 u. 469. Heidelberg 1909.

³⁾ Vgl. auch A. F. Holleman, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Aufl. Leipzig 1914. S. 229; ferner E. Schmidt, Ausführ. Lehrb. d. Pharm. Chem. 6. Aufl. Bd. 1. Braunschweig 1919. S. 569 u. 840.

⁴⁾ H. Erdmann und P. Köthner, Naturkonstanten. Berlin 1905. S. 17.

Strontium-Ion (Sr^{++})	10 mg in 1 kg
Baryum-Ion (Ba^{++})	5 " " 1 "
Ferro- oder Ferri-Ion (Fe^{++} bzw. Fe^{+++})	10 " " 1 "
Brom-Ion (Br')	5 " " 1 "
Jod-Ion (J')	1 " " 1 "
Fluor-Ion (F')	2 " " 1 "
Hydroarsenat-Ion (HAsO_4'')	1,3 " " 1 "
Meta-Arsenige Säure (HAsO_2)	1 " " 1 "
Gesamt-Schwefel (S), entspr. Hydrosulfid-Ion + Thiosulfat-Ion + Schwefelwasserstoff	1 " " 1 "
Meta-Borsäure (HBO_2)	5 " " 1 "
Engere Alkalität	4 Milli-Valen in 1 kg entspr. 0,34 g NaHCO_3 in 1 kg
Radium-Emanation	3,5 Mache-Ein- heiten in 1 Liter
Temperatur	+ 20° Celsius.

Wird einer dieser Werte überschritten, so kann das betreffende Wasser als Mineralwasser angesehen werden.

Sachverzeichnis.

(A = Abbildung.)

- Abdampfdruckstand 129, 133.
Abfallstoffe 2, 34.
Ablaufenlassen des Wassers 171.
Abortgruben 2.
Abschlagvorrichtungen, bakteriol.
56 A.
Abwässer 82, 135.
Adurol-Hauff 93.
Aggressive Kohlensäure 146, 147.
Aggressivität 138.
Aggressivität, Schutz 171.
Algen 136.
Alkaleszenz 54.
Alkalihydrat 54.
Alkalikarbonate 118.
Alkalinität 54, 119.
Alkalität 119.
Aluminium 153.
Aluminiumlegierungen 176.
Aluminium-Litermaß 97 A.
Aluminiumrohre 153, 176.
Aluminiumsulfat 24, 153.
Ammoniak 130.
Ammoniak, Entstehung 44.
Ammoniak, gesundheitl. Bedeutung
44.
Ammoniak, Prüfung 44, 47.
Ammoniak, Vorkommen 44.
Ammoniumpersulfatlösung 104.
Ammoniumquecksilberoxyjodid 48.
Angreifendes Wasser 138.
Anorganische Salze 120.
Arsen 4, 132.
Asche 163.
Asphaltanstrich 144, 151, 168.
Asphaltierte Eisenrohre 159, 171.
Asphaltrohre 176.
Asphalttafeln 151.
Asphaltteer 176.
Asphaltüberzug 160.
Asterionella 27.
Außenangriff 138.
Auslaugungen 54.
Ausziehstock 96 A.
Azidität 54.
Badewasser 2.
Bakterien 13, 135.
Bakterien, pathogene 2, 55.
Bakterienvermehrung 56, 66.
Bakteriologische Untersuchung 55.
Bakteriologische Wasserentnahme
55.
Barytverbindungen 4, 175.
Behälter 139.
Bestandteile, ungelöste 100.
Beton 150.
Bebrütungstemperatur 59.
Bikarbonate 145.
Bikarbonatkohlensäure 74.
Biologische Apparate 96.
Biologische Untersuchung 95.
Biologische Wandbelege 158.
Blei 71, 142, 153.
Bleiauflösendes Wasser 156.
Blei, Bestimmung 94.
Bleichereien 24, 65, 102.
Bleigiftigkeit 154.
Bleigrenze 155.
Bleikarbonate 72.
Bleilösung 28.
Blei, Nachweis 93.
Bleipapier 27.
Bleirohre 154.
Bleirohre, geschwefelte 160.
Bleirohre, Jahresringe 160.
Bleirohre, Zerstörungen 154.
Bleisuperoxyd 105.
Bleivergiftung 155.

- Bleiweiß 156.
 Blutseen 21.
 Boden, angriffsfähiger 151.
 Bodenarten 138, 151.
 Bodenfiltration 13.
 Bodenschlamm 57.
 Bodenverunreinigung 89, 160, 164,
 166, 168.
 Borax für Sauerstoffbestimmung 93.
 Brauereilack 173.
 Braunkohlenschichten 32.
 Braunstein 106.
 Braunsteinschlamm 106.
 Bronze 176.
 Brunnenabdeckung 3.
 Brunnenlage, ungünstige 2.
 Brunnenordnungen 3.
 Brunnenrohrmaterial 175.
 Brunnenverunreinigung 3 A.
 Brutschrank 59.
 Bruzin 41.
- Carbonylsulfid 28.
 Chemische Zusätze 174.
 Chlamydothrix 66.
 Chlor 41.
 Chlor, freies 149.
 Chlor, wirksames 132.
 Chloride 130, 149.
 Chloride, Bedeutung 107.
 Chloride, Bestimmung 107.
 Chloride, Entfernung 175.
 Chlorkalk 149.
 Chlorhydrochinon 93.
 Chlormagnesium 114, 131.
 Chlorung 32.
 Cholera 2.
 Cholerabazillen 55.
 Cholerakeime 34.
 Coli-Bakterien 60.
 Colikeime 34.
 Crenothrix 66, 101.
- Dampfkessel 139.
 Dampfkesselanlagen 171.
 Destillation von Wasser 175.
 Destilliertes Wasser 34, 111, 139, 156.
 Detritus 13.
 Diaphanometer 16, 20.
- Diatomeen 135.
 Dikarbonate 72.
 Diphenylamin 40, 43.
 Diphenylaminlösung 43.
 Diphenylamin und Chloride 43.
 Dorfbrunnen 3.
 Drahtglas 176.
 Dretsche 98 A.
 Dunbars Gärröhrchen 61 A.
 Dungstätten 3.
 Durchschnittswerte 129.
 Durchsichtigkeit 13.
 Durchsichtigkeitsgrad 15.
 Durchsichtigkeits Scheibe 16 A.
 Durchsichtigkeitszylinder 15 A.
- Eier von Eingeweidewürmern 2.
 Eigenfarbe 21.
 Eijkmansche Gärungskolben 61 A.
 Eijkmansche Probe 60.
 Einrichtung von Wasserwerken 4.
 Einschlaglupe, aplanatische 99 A.
 Eisen 44, 94, 136, 142.
 Eisenablagerung 66.
 Eisenangriff 163.
 Eisenausscheidungen 14, 64, 65.
 Eisenbakterien 66, 101.
 Eisen, Bestimmung 71.
 Eisenbeton 150, 163.
 Eisenbetonröhren 160.
 Eisenbikarbonat 147.
 Eiseneigenschaften 162.
 Eiseneinlagerungen 66.
 Eisenfreies Wasser 67.
 Eisen für Fische 136.
 Eisengehalt 63, 65.
 Eisengeschmack 64.
 Eisengrenzzahl 65.
 Eisen, hygienische Bedeutung 163.
 Eisenhydroxyd 19, 63, 65.
 Eisenkarbonate 72, 118.
 Eisen, Nachweis 69.
 Eisenocker 45, 64, 65, 143, 162.
 Eisen, organisches 65.
 Eisenoxyd 38.
 Eisenoxyd bei O-Bestimmung 92.
 Eisenoxydhydrat 19, 63, 65.
 Eisenoxydnachweis 71.
 Eisenoxydul 22, 63, 74.
 Eisenoxydulnachweis 70.

- Eisenpassivität 162.
 Eisenprüfung 63.
 Eisenrohre 161.
 Eisenrohre, Schutz 164.
 Eisenrost 142, 162.
 Eisen, Schädlichkeit 64.
 Eisenverbindungen 24.
 Eisen, verzinnertes 162.
 Eisenwasser 163.
 Elektrische Leitfähigkeit 119.
 Elektrische Ströme 150, 165.
 Elektrolyse 175.
 Elektroskop 124.
 Elektrostatische Einheiten 124.
 Emanation 123.
 Emanationsmengen 125.
 Eman.-Einheit 125.
 Empfindungsschwelle 32.
 Endo Agar 62.
 Enteisenung 67.
 Enteisenungsgrenze 67.
 Entfärbung 24.
 Entgasung 172.
 Enthärtung 109.
 Entmanganung 103.
 Entnahmeapparate 6.
 Entnahmeapparate für O-Bestimmung 85 A.
 Entnahme von Wasserproben 5.
 Entrosten 164.
 Erdströme 150.
 Erfrischendes Wasser 11.
 Erträglichkeitsgrenze 33.
 Erzzement 151.
 Essigsäure für Pb-Bestimmung 94.
 Euglena sanguinea 21.
- Fabrikabfälle 164.
 Fadenalgen 135.
 Fäkalverunreinigung 60.
 Farbe 16.
 Farbenprüfung 18.
 Farbentafel für O-Bestimmung 84.
 Farbstoffe 18, 20.
 Färberei 24, 65, 102.
 Färbung 18.
 Fäulnisgeruch 26.
 Fäulnisstoffe 46.
 Ferrihydroxyd 142.
- Ferrioxyd-Nachweis 70.
 Ferriverbindungen 71.
 Ferrobikarbonat 45, 63.
 Ferrooxyd-Nachweis 70.
 Fettabscheider 175.
 Fette 131, 149, 151.
 Fette, Entfernung 175.
 Fettsäuren 114, 153.
 Filterkorb 175.
 Filtration, ungenügende 11.
 Filtrierpapier 44.
 Fische 134.
 Fische, Eier 136.
 Fischgeruch 27.
 Fischgewässer 65, 83, 134.
 Fischnahrung 135.
 Fischsterben 83.
 Fleischextraktpepton-Nährgelatine 57.
 Fleischkochen 113.
 Fleischrotfärbungen 168.
 Fluete 151.
 Flüchtige Stoffe 26.
 Flußversalzenungen 137.
 Flußverunreinigung 57, 132.
 Flußwasser 132.
 Fontaltoskop 124.
 Formalin 98.
 Fragebogen der Landesanstalt 5.
 Fuchsinglanz 62.
- Gallertbakterien 142.
 Gallertscheiden 66.
 Gallionella 66.
 Galvanische Ketten 175.
 Galvanisierte Eisenrohre 145.
 Galvanisierte Rohre 159, 167.
 Gärröhrchen 61 A.
 Gärungsgewerbe 37.
 Gartenbewässerung 65.
 Gelatineplatten 59.
 genießbarkeitsgrenze 32.
 Gerbereien 65.
 Geruch, Bestimmung 25.
 Geruch, Chlor 26.
 Gesamtstickstoff 133.
 Geschmack 28.
 Geschmack, Prüfung 29.
 Geschmacks-Tabelle 30.

- Gesundheitschädliches Wasser 11.
 Gewerbliche Betriebe 113.
 Gewerbliches Wasser 37.
 Gewöhnung 33.
 Giftstoffe 4, 82.
 Gips 130, 149, 151.
 Gipshaltiger Boden 163.
 Gipshärte 111, 130.
 Gipsmörtel 168.
 Gipstreiben 151.
 Gipswasser 111.
 Glasgewerbe 65.
 Gramsche Färbung 62.
 Grenzwerte für Flußwasser 132.
 Grenzwerte für Kesselspeisewasser 130.
 Grenzwerte für Trinkwasser 129.
 Grenzzahlen 128.
 Grobgbereitung 114.
 Grundwassereisen 65, 143.
 Gußeiserne Rohrbrunnen 175.
 Gußrohre 161.
- Handpumpe** 88 A.
 Harnstoff 41, 43.
 Härte 48, 64, 75, 109, 137.
 Härte, Bedeutung 110.
 Härte, Bestimmung 116.
 Härtebildner 114.
 Härte, bleibende 109.
 Härte, Gesamt- 117.
 Härte, Geschmack 114.
 Härte, gesundheitliche Bedeutung 110.
 Härtegrade 109, 117.
 Härte, Hautpflege 114.
 Härte, Karbonat 72, 109.
 Härte, Kohlensäure 72, 109.
 Härte, Mineralsäure 109.
 Härte, Nichtkarbonate 109.
 Härte, permanente 109.
 Härte, Prüfung 115.
 Härte, Schädlichkeit 113.
 Härtestufen 110.
 Härtetabelle der Orte 115.
 Härte, temporäre 72, 109.
 Härte, transitorische 72, 109.
 Härte, vorübergehende 72, 108.
 Härte, wirtschaftliche Bedeutung 113.
- Heyroth-Apparat 7 A.
 Hochofenschlacke 163.
 Hochofenzement 151.
 Holzfasern 13.
 Holzrohre 176.
 Hülsenfrüchte 113.
 Humin 23.
 Huminsäure 23.
 Huminstoffe 18, 19, 22, 65.
 Humus 23.
 Humussäure 23.
 Humusstoffe 45, 52.
 Humusstoffe, Entfernung 174.
 Humusstoffe, Nachweis 23.
 Humusstoffe, Schädlichkeit 23.
 Hypochlorite 149.
- Indol** 37.
 Inertol 176.
 Infiziertes Wasser 2.
 Innenangriff 138.
 Interferometer 122.
 Ionisierung 123.
- Jodzinkstärkelösung** 38.
- Kaffeebereitung** 65, 114.
 Kakaobereitung 114.
 Kaliumbikarbonat für O-Bestimmung 93.
 Kaliumchromatlösung 108.
 Kaliumjodidhaltige Natronlauge 84.
 Kaliumnatriumtartrat 49, 75.
 Kaliumpalmitatlösung 116.
 Kaliumperjodat 104.
 Kaliumpermanganat 24.
 Kaliumpermanganatverbrauch 21, 82.
 Kaliumplatinchlorid 20.
 Kaliumplatinchloridglasplatten 20.
 Kaliumstoffe 65.
 Kaliumsulfozyanatlösung 71.
 Kaliverbindungen 130, 133.
 Kalk 136.
 Kalkausscheidung 14.
 Kalkbelag 158.
 Kalkhydrat 54.
 Kalkmörtel 160, 166, 168.

- Kalkreiches Wasser 113.
 Kalkseife 114.
 Kalksinter 114, 145.
 Kalkverbindungen 108.
 Kalkwasser 76.
 Kalkwasser, gesättigtes 177.
 Kalziumbikarbonat 14, 145.
 Kalziumkarbonate 71, 139, 140.
 Kalziumsalze 110.
 Kalziumsulfaluminat 151.
 Karamellösung 19.
 Karbonatarmes Wasser 169.
 Karbonate, Löslichkeit 170.
 Karbonate, neutrale 72.
 Karbonate, saure 72.
 Karbonathärte 72, 109, 114, 139, 143, 157.
 Karbonathärte, Bestimmung 118.
 Katalytische Wirkungen 157.
 Keimvermehrung 56.
 Keimzählung 56, 59.
 Kesselbrunnen, neue 35.
 Kesselspeisewasser 24, 115, 130.
 Kesselstein 131.
 Kesselsteinbildner 130.
 Kesselsteinschicht 131.
 Kieselsäure 17, 131, 148.
 Kieselsäure, Unschädlichmachung 175.
 Klarheit 13.
 Kleinlebewesen 39, 44.
 Klinker 151.
 Kobaltchlorid 20.
 Kochsalz 136.
 Kohlenasche 163.
 Kohlendioxyd 72.
 Kohlenoxysulfid 28.
 Kohlensäure 71, 139.
 Kohlensäure, aggressive 72, 146.
 Kohlensäure, angreifende 145.
 Kohlensäure, Anhydrid 141.
 Kohlensäure, Bedeutung 141.
 Kohlensäure-Bestimmungs-Apparat 77.
 Kohlensäure, Bikarbonate 140.
 Kohlensäuredichte 72.
 Kohlensäure, festgebundene 71.
 Kohlensäure, freie 52, 72, 139, 145.
 Kohlensäure, freie, Bestimmung 73, 79.
 Kohlensäure, freie, Entfernung 173.
 Kohlensäure, ganz gebundene 71.
 Kohlensäure, gebundene 140.
 Kohlensäure, Geschmack 141.
 Kohlensäure, Gewicht 72.
 Kohlensäure, halbgebundene 72.
 Kohlensäurehärte 72, 109.
 Kohlensäure, Konstitution 141.
 Kohlensäurekurve 146.
 Kohlensäure, Löslichkeit 72, 141.
 Kohlensäure, Nachweis 73.
 Kohlensäure, Tabelle 140, 146.
 Kohlensäure, Unschädlichmachung 173.
 Kohlensäure, Verluste 73.
 Kohlensäure, Werte 140.
 Kohlensäure, zerstörende Wirkung 142.
 Kohlensaurer Kalk 157.
 Kohlenschlacke 163.
 Kohlenschutt 163.
 Kolloidstoffe 122.
 Kolorimeter 20.
 Kondensat 131.
 Kongo-Papier 53.
 Kongorot 50.
 Kontaktwirkung 157.
 Korrosionen 162.
 Kotverunreinigung 55, 60.
 Kultur-Anlagen 58.
 Kulturschalen 59.
 Kupfer 70, 144, 165.
 Kupfer, Eigenschaften 165.
 Kupfer, gesundheitliche Bedeutung 165.
 Kupfer, Grenze 166.
 Kupferrohr 165, 175.
 Kupferrohrschutz 166.
 Kupfersieb 97 A.
 Kupfersulfat 28.
 Kupfer, Vergiftung 165.
 Kupfer, verzintes 175.
 Krankheitserreger 2, 32, 55.
 Kreisarzt 1.
 Kretinismus 113.
 Kropf 113.
 Lackmus 50.
 Lackmus-Papier 51.
 Laugengeschmack 174.
 Leerlaufen von Leitungen 139.

- Lehm 13, 19.
 Lehm Boden 163, 167.
 Leimgewinnung 65.
 Leitfähigkeit, elektrische 119.
 Leitungswasser 139.
 Leitvermögen 119.
 Leuchtgas 26, 32.
 Löslichkeitstabelle 177.
 Luftarmes Wasser 171.
 Luftblasen 13.
 Luftreiches Wasser 139.
 Luftsauerstoff 80.
 Lummer-Brodsunsches Prisma 16.
 Lupen 99 A.
- Mache-Einheiten 124.
 Magnesia 117.
 Magnesia, Seife 114.
 Magnesia, Verbindungen 108, 151.
 Magnesiumchlorid 114.
 Magnesiumkarbonate 72.
 Magnesiumreiches Wasser 113.
 Mangan 100.
 Mangan, Bestimmung 71, 105.
 Manganbakterien 66, 101.
 Manganbraun-Bister 102.
 Manganochloridlösung 84.
 Mangan, Entfernung 103.
 Mangan für Fischzucht 106.
 Mangan für Kaffee- und Teebereitung 102.
 Mangan, Grenze 103.
 Mangankarbonate 72, 118.
 Mangan, Nachweis 103.
 Manganperoxyd 38.
 Mangan, Schädlichkeit 102.
 Manganschlamm 101, 106.
 Mangan, techn. Bedeutung 102.
 Mangan, Vorkommen 101.
 Marmorversuch 147.
 Mastixharz 17.
 Mauerfraß 151.
 Mauersalpeter 151.
 Mauerwerk-Gefährdung 146.
 Meerwasser 34, 136, 151.
 Mehlsuppenbereitung 114.
 Mennige 176.
 Meso-Saprobien 96.
 Messing 176.
 Metall angreifendes Wasser 138.
- Metall-Angriff 125, 152.
 Metall-Becher 88 A.
 Metall-Klammer 89 A.
 Metaphenylendiamin 37.
 Methylorange 50.
 Methylorange, Lösung 53, 118.
 Mikroskopische Untersuchung 99.
 Mikroskop für Reise 99 A.
 Mindestforderungen 3.
 Mineralisierungsvorgang 39.
 Mineral-Öle 150.
 Mineralquellen 50.
 Mineralsäuren 53, 73, 148.
 Mineralsäuren, Bindung 174.
 Mineralsäuren, Härte 109.
 Mineralwasser 123, 125, 139, 178.
 Mineralwasser, Grenzwerte 177.
 Moder 32.
 Molkerei 65.
 Monokarbonate 71.
 Moorboden 34, 151, 163.
 Moorboden, Prüfung 163.
 Moorwasser 18, 22, 45, 52, 64, 130.
 Mörtel 138.
 Mörtel, angreifendes Wasser 138.
 Mörtelangriff 145, 150.
 Müllergaze 97.
 Muster für Wasseruntersuchungen 126.
- Nachgeschmack 32.
 Nährgelatine, Herstellung 57.
 β -Naphthol 37.
 α -Naphthylamin-Sulfanilsäure 37.
 Natriumhydrat für O-Zehrung 91.
 Natriumkarbonatlösung für CO₂ 78.
 Natriumnaphthionat 37.
 Natriumsulfidlösung 70.
 Natriumsulfidlösung für Pb-Bestimmung 94.
 Natriumthiosulfat für O-Bestimmung 84.
 Natronlauge $\frac{1}{20}$ N 74.
 Natronlauge für O-Bestimmung 84.
 Neßlers Reagens 46, 115.
 Nichtkarbonathärte 109.
 Nickel 167.
 Nickelarmaturen 167.
 Nickel, Eigenschaften 167.

- Nickel, gesundheitliche Bedeutung 167.
 Nigrit 176.
 Nitrate 129, 149.
 Nitrate, Entfernung 175.
 Nitrate, Gehalt 39.
 Nitrite 41, 129.
 Nitrite, Bedeutung 36.
 Nitrite bei O-Bestimmung 92.
 Nitrite, Nachweis 34, 37.
 Nitrobakterien 34.
 Nitrosulfonsäure 42.
 Nitrosylmonochlorid 105.
 Normal-Sauerstoffzehrung 82.
 Normal-Thermometer 12.
- Oberflächenwasser 95.
 Oberflächenwasser, Grenzwerte 133.
 Oberflächenwasser, natürliches 132.
 Oberflächenwasser, Probeentnahme 85.
 Öle 131, 149, 151.
 Öle, Entfernung 175.
 Oligo-Saprobien 96.
 Organische Säuren 52, 148, 153.
 Organische Stoffe 82.
 Organische Stoffe, Entfernung 174.
 Organische Stoffe, Nachweis 21.
 Organische Stoffe bei O-Bestimmung 92.
 Organische Verbindungen 122.
 Ortsbesichtigung 2, 129.
 Oxydierbarkeitsbestimmung 21, 25.
 Oxydimerkuriammoniumjodid 48.
 Ozon 24, 28.
- Palladochlorid 28.
 Papierfabriken 102.
 Papierherstellung 24, 65.
 Petrischalen 59.
 Petroleum 135.
 Pfahlkratzer 98 A.
 Phenol 135.
 Phenolphthalein 50.
 Phenolphthaleinlösung 53, 73.
 Phenolphthaleinlösung für CO₂ 76, 78.
 Phosphorsäure 92, 130, 133.
 Photographische Platten 65.
- Photometer 17.
 Pikrinsäure 4.
 Pilzfäden 13.
 Pilzwucherungen 135.
 Planktonalgen 82.
 Planktongläser 98.
 Planktonkammer 99 A.
 Planktonlebewesen 99.
 Planktonlupe 99 A.
 Planktonnetz 97 A.
 Planktonsieb 97.
 Plattenanlegen 57.
 Pleurosigma angulatum 100.
 Poly-Saprobien 96.
 Portlandzement 150, 163.
 Porzellanscheibe 15 A, 20.
 Probeentnahme aus neuangelegten Brunnen 5.
 Pumpenkolben 176.
- Quellen-Kohlensäure 79.
 Quellsalzsäure 23.
 Quellsäure 23.
- Rachitis 113.
 Radioaktivität 123.
 Radioaktivität, Bestimmung 124.
 Radioaktivität, Nachweis 124.
 Radiumemanation 123.
 Reagenzpapier 51.
 Reaktion, alkalische 54.
 Reaktion, amphotere 52.
 Reaktion, Bestimmung 54.
 Reaktion, Prüfung 50.
 Reaktion, saure 53.
 Registrierapparat 120.
 Reihenfolge der Untersuchungen 10.
 Reinzink 159.
 Regenwasser 34, 111, 139, 156.
 Regnung 144.
 Rieselung 144.
 Rhodankaliumlösung 71.
 Rohreisen 143.
 Rohrmaterial 138.
 Rohrschutzbelag 158.
 Rohrverengung 66.
 Rohrverschlämmung 65.
 Rohrverstopfungen 66.
 Rohrwandungen 144.

- Rohrzerstörung 138.
 Rosolsäure 50, 73.
 Rosolsäurelösung 52.
 Rost 142.
 Rostflecke 65, 163.
 Rostknollen 159.
 Rostschutz 145, 164.
 Rostsicherheit 163.
 Rotfärbung von Fleisch 37.
 Rotguß 176.
 Ruhrbazillen 55.
- Salpeter 151.
 Salpetersäure 129.
 Salpetersäure, Prüfung 38.
 Salpetrige Säure 22, 34, 43, 129.
 Salpetrige Säure, Entfernung 41, 92.
 Salpetrige Säure, Entstehung 34.
 Salpetrige Säure, Nachweis 34.
 Salpetrige Säure, Vorkommen 34.
 Salzgehalt 113.
 Salzreiches Wasser 113.
 Salzsäure für O-Bestimmung 90.
 Sand 13, 19.
 Sandbettung 151, 160, 168.
 Sandfilter 56.
 Saprobien 96.
 Sauerstoff 134, 138.
 Sauerstoffgehalt, Bedeutung 81.
 Sauerstoff, Bestimmung 80, 83, 90.
 Sauerstoff, Bestimmung annähernd 93.
 Sauerstoff, Berechnung 91.
 Sauerstoff, Defizit 81.
 Sauerstoff, Dichte 81.
 Sauerstoff, Fehlbetrag 82.
 Sauerstoff, Flaschen 89 A.
 Sauerstoff, Gewicht 81.
 Sauerstoff, Löslichkeit 80.
 Sauerstoffmangel 83.
 Sauerstoff-Pipetten 89 A.
 Sauerstoffreagenzien 84.
 Sauerstoffreiches Wasser 144.
 Sauerstoff, Schätzung 93.
 Sauerstoff, Schutz 173.
 Sauerstoff, Tabelle 80.
 Sauerstoff, Übersättigung 80.
 Sauerstoffverarmung 83.
 Sauerstoff Verbrauch 21.
 Sauerstoff, Zehrung 82.
- Sauerbrunnen 139.
 Säuerlinge 139.
 Saugrohre 175.
 Säurebindungsvermögen 119.
 Säure, freie 53, 148.
 Saure Karbonate 72.
 Saures Wasser 135, 148.
 Schädlichkeitsgrenze für Blei 155.
 Schamott 176.
 Schauraohr 70 A.
 Schlacke 150.
 Schlamm 98.
 Schlammablagerungen 131.
 Schlammbankbildung 132.
 Schlammheber 99.
 Schmelzwasser 111.
 Schmiedeeisenrohre 161.
 Schnecken 98.
 Schöpftthermometer 13 A.
 Schriftprobe, Snellen 15.
 Schumburgflaschen 60 A.
 Schutthalden 151.
 Schutzanstriche 173, 176.
 Schutzbelag 157.
 Schutzbelag aus Eisenocker 139.
 Schutzbelag (biolog.) 139, 142, 144.
 Schutzbelag (chem.) 139, 142, 144.
 Schutzbettungen 166.
 Schutzmaßnahmen 170.
 Schwebstoffe 13, 14, 100, 133.
 Schwebstoffe, absiebbare Menge 98.
 Schwefeleisen 44.
 Schwefelkies 44.
 Schwefelnatriumlösung 70.
 Schwefelsäure 73, 130, 163.
 Schwefelsäure, nitratfrei 41.
 Schwefelverbindungen 163.
 Schwefelwasserstoff 22, 27, 45, 50, 130, 148, 151.
 Schwefelwasserstoff, Bestimmung 28.
 Schwefelwasserstoff, Entfernung 175.
 Schwefelwasserstoff, Nachweis 27.
 Schwellenwerte 32.
 Seewasser 132.
 Seidenstoff 97.
 Seifenlösung für Härte-Bestimmung 116.
 Seignettesalz 49, 75, 78.
 Seignettesalz für O-Bestimmung 93.
 Selbstregistrierende Apparate 120.
 Siccolineum 176.

- Sicherheitsverschlüsse 7 A.
 Sichtscheibe 16 A.
 Siderosthen-Lubrose 176.
 Silbernitrat 108.
 Sinkstoffe 100.
 Sinter 114, 145.
 Snellensche Schriftprobe 15.
 Sodalösung 76.
 Sodanatronlauge 49.
 Spannungsreihe der Metalle 145, 165.
 Stahlrohre 161.
 Stärkefabriken 102.
 Stärke, Gewinnung 65.
 Stärke, Lösung 91.
 Stärke, wasserlöslich 91.
 Steinkrankheiten 113.
 Steinzeug 151, 176.
 Stickstoffhaltige organische Stoffe 22.
 Stickstoff, organischer 132.
 Stoffasern 13.
 Stoffe, seltene 4.
 Strohreste 13.
 Sulfate 46, 130, 149, 151.
 Sulfate, Entfernung 175.
 Sulfathärte 130.
 Sulfide 50, 148, 151.
 Sulfide, Entfernung 175.
 Suspendierte Stoffe 133.
 Süßwasser 136.
 Synura 27.

 Tartarus natronatus 49, 75.
 Tauchröhren 16.
 Teebereitung 114.
 Temperatur 29.
 Temperatur, Bestimmung 11.
 Temperatur, Schwankung 11.
 Temporäre Härte 109.
 Tetramethylbase 104.
 Textilindustrie 37.
 Thermalwasser 148.
 Thermometer, selbstregistrierende 12.
 Tiefbrunnenwasser 35.
 Tiere, kleine 2.
 Tiere, Reste 23.
 Tintiger Geschmack 64, 163.
 Ton 13, 19.
 Ton, Boden 163, 167.
 Ton, glasierter 176.

 Tonteilchen 48.
 Tonwaren 65.
 Torfschichten 32.
 Torfwasser 24.
 Transitorische Härte 109.
 Traubenzuckernährlösung 60.
 Tränkwasser 11.
 Tropfengewicht 75.
 Tropfflaschen 76.
 Trübungen 13.
 Trübungseinheit 17.
 Trübungsmaß, Normal 17.
 Trübungsmesser-Kerzen 17.
 Tyndellmeter 18.
 Typhus 2.
 Typhusbazillen 55.
 Typhuskeime 34.

 Übermangansäure 105.
 Übersättigte Lösungen 80.
 Übersättigung 80.
 Überzüge 145, 176.
 Ulmin 23.
 Ulminsäure 23.
 Ultraviolette Strahlen 36.
 Umherirrende Ströme 150.
 Untersuchungskästen 9 A.
 Untersuchungskästen für CO₂ 77 A.

 Vagabundierende Ströme 150.
 Vakuum-Behandlung 172.
 Vegetationsfarbe 21.
 Veränderung des Wassers 1.
 Verdauungsstörungen 39.
 Vereisung 143.
 Vergleichswerte 129.
 Vernickelungen 167.
 Versandkasten 8 A.
 Versandkasten für O-Bestimmung 90 A.
 Verschlammungen 66.
 Verschmutzung 39.
 Verschmutzungsgrad 96.
 Verseuchung 2, 55.
 Verteilungsnetz 139.
 Verunreinigungen 13, 122.
 Verunreinigungen eines Brunnens 3 A.
 Verunreinigungsgrad 81.

- Verzinnte Bleirohre 160.
 Verzinntes Eisen 162.
 Verzinkte Rohre 145, 159, 171.
 Vorübergehende Härte 108.
 Voruntersuchungen 1.
- Wahrnehmungsschwelle 32.
 Wandbelag 139, 144.
 Warmwasserleitung 165.
 Warmwasserversorgung 114, 139, 171.
 Wäsche, Gelbfärbung 163.
 Wäschereien 65, 102.
 Waschwasser 2, 64, 114.
 Wasser, angreifendes 53.
 Wasser, Behandlung 170.
 Wasser, Entfärbung 24.
 Wasser, Entnahme für CO₂ 78.
 Wasser, Farbe 18.
 Wasser, Fassung 3.
 Wasser für gewerbliche Zwecke 67, 102, 113.
 Wassergucker 16 A.
 Wasser, hartes 110, 113.
 Wasserhärtekasten 116.
 Wasserkessel 165.
 Wasser, Löslichkeit chemischer Verbindungen 177.
 Wasser, Mörtel 150.
 Wasser, Pflanzen 13.
 Wasser, Tiere 13.
 Wasser Untersuchungskasten 8 A.
- Wasser, weiches 110.
 Wasser, wohlschmeckendes 11.
 Wasserzusammensetzung 128.
 Wiedervereisung 143.
 Widerstandsmessung 121.
- Zellstoffseide 65.
 Zementbazillus 151.
 Zementmörtel 168.
 Zeugdruckereien 65.
 Ziehbrunnen 3.
 Zink 144, 167.
 Zink, Eigenschaften 167.
 Zink, galvanisiertes 167.
 Zinkjodidstärkelösung 38.
 Zinkkarbonate 72.
 Zinkrohre 36, 129, 167.
 Zink, Schädlichkeitsgrenze 168.
 Zink, Schutz 168.
 Zinn 145, 168.
 Zinn, Eigenschaften 169.
 Zinn, gesundheitliche Bedeutung 169.
 Zinn, Pest 169.
 Zinnrohre 160, 169.
 Zinnrohre, Angriff 170.
 Zinn, Schutz 170.
 Zisternwasser 112.
 Züricher Verordnung 132.
 Zusammensetzung der Wässer 129.
 Zusammensetzung der Oberflächenwässer 133.
 Zyankalium 4.

Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers. Ein Leitfaden für die Praxis und zum Gebrauch im Laboratorium. Von Geh. Regierungsrat Dr. W. Ohlmüller, früherer Vorsteher des Hygienischen Laboratoriums im Reichsgesundheitsamt, und Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Oscar Spitta, Privatdozent der Hygiene an der Universität Berlin und Vorsteher des Hygienischen Laboratoriums im Reichsgesundheitsamt. Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit 96 Textfiguren und 6 zum Teil mehrfarbigen Tafeln. 1921. Preis M. 88.—; geb. M. 96.—

Neuere Erfahrungen über die Behandlung und Beseitigung der gewerblichen Abwässer. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. J. König (Münster i. W.). Vortrag, gehalten in der Sitzung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege am 5. September 1910 in Eßberfeld. 1911. Preis M. 1.—

Handbuch der Hydrologie, Wesen, Nachweis, Untersuchung und Gewinnung unterirdischer Wasser: Quellen, Grundwasser, unterirdische Wasserläufe, Grundwasserfassungen. Von Zivilingenieur E. Prinz. Mit 331 Textabbildungen. 1919. Preis M. 36.—

Das Mikroskop und seine Anwendung. Handbuch der praktischen Mikroskopie und Anleitung zu mikroskopischen Untersuchungen. Von Dr. Hermann Hager. Nach dessen Tode vollständig umgearbeitet und in Gemeinschaft mit bedeutenden Fachgelehrten herausgegeben von Professor Dr. Carl Mez in Königsberg. Zwölfte, umgearbeitete Auflage. Mit 495 Textfiguren. 1920. Gebunden Preis M. 38.—

Einführung in die Mikroskopie. Von Professor Dr. P. Mayer. Mit 28 Textfiguren. 1914. Gebunden Preis M. 4.80

Mikroskopische Wasseranalyse. Anleitung zur Untersuchung des Wassers mit besonderer Berücksichtigung von Trink- und Abwasser. Von Prof. Dr. C. Mez (Breslau). Mit 8 lithographischen Tafeln und in den Text gedruckten Abbildungen. 1898. Preis M. 20.—

Die angewandte Zoologie als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer und kultureller Faktor. Von Prof. Dr. J. Wilhelm, wissenschaftliches Mitglied der Landesanstalt für Wasserhygiene, Berlin-Dahlem. 1919. Preis M. 5.—

Ergebnisse der Hygiene, Bakteriologie, Immunitätsforschung und experimenteller Therapie. (Fortsetzung des Jahresberichtes über die Ergebnisse der Immunitätsforschung.) Unter Mitwirkung hervorragender Fachleute herausgegeben von Professor Dr. W. Weichardt, Erlangen.

I. Band.	1914.	Preis M. 20.—; gebunden M. 22.60
II. Band.	Mit 77 Textfiguren. 1917.	Preis M. 38.—
III. Band.	Mit 20 Textfiguren. 1919.	Preis M. 42.—
IV. Band.	1920.	Preis M. 88.—
V. Band.		Erscheint Anfang 1922.

Zu den angegebenen Preisen der angezeigten älteren Bücher treten Verlagsteuerzuschläge, über die die Buchhandlungen und der Verlag gern Auskunft erteilen.

Grundriß der Hygiene. Für Studierende, Ärzte, Medizinal- und Verwaltungsbeamte und in der sozialen Fürsorge Tätige. Von Prof. Dr. med. O. Spitta, Geh. Reg.-Rat, Privatdozent der Hygiene an der Universität Berlin. Mit 197 zum Teil mehrfarbigen Textabbildungen. 1920. Preis M. 36,—; gebunden M. 42.80

Bujard-Baiers Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker zum Gebrauch im Laboratorium für die Arbeiten der Nahrungsmittelkontrolle, der gerichtlichen Chemie und anderen Zweigen der öffentlichen Chemie. Vierte, umgearbeitete Auflage. Von Prof. Dr. E. Baier, Direktor, Berlin. Mit 9 Textabbildungen. 1920. Gebunden Preis M. 90.—

Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. Von Dr. J. König, Geh. Reg.-Rat, o. Professor an der Westfälischen Wilhelms-Universität und Vorsteher der Landw. Versuchsstation Münster i. W. In drei Bänden nebst Nachträgen.

Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel sowie der Gebrauchsgegenstände. Organ des Vereins Deutscher Nahrungsmittelchemiker und unter dessen Mitwirkung herausgegeben von Dr. A. Bömer, Professor an der Universität, Vorsteher der Versuchsstation, Münster i. W., Dr. A. Juckenaek, Geh. Reg.-Rat, Prof., Vorsteher der Staatl. Nahrungsmittel-Untersuchungsanstalt Berlin, Dr. J. König, Geh. Reg.-Rat, Professor an der Universität Münster i. W., Dr.-Ing. h. c. Erscheint monatlich zweimal. Halbjährlich M. 120.—

Anleitung zur qualitativen Analyse. Von Geh. Regierungsrat Dr. Ernst Schmidt, Professor an der Universität Marburg. Neunte, neu bearbeitete Auflage, bearbeitet von Geh. Regierungsrat Professor Dr. J. Gadamer, Marburg. In Vorbereitung

Der Gang der qualitativen Analyse. Für Chemiker und Pharmazeuten bearbeitet von Dr. F. Henrich, Professor an der Universität Erlangen. Mit 4 Textfiguren. 1919. Preis M. 2.80

Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, unter Mitwirkung zahlreicher hervorragender Fachleute herausgegeben von Ing.-Chem. Prof. Dr. E. Berl, Darmstadt. Siebente, vollständig umgearbeitete Auflage. In 4 Bänden. Erster Band. Mit 291 Textfiguren und einem Bildnis. 1921. Gebunden Preis M. 294.—

Die übrigen Bände befinden sich bereits unter der Presse und werden alsbald folgen.

Zu den angegebenen Preisen der angezeigten älteren Bücher treten Verlagsteuerzuschläge, über die die Buchhandlungen und der Verlag gern Auskunft erteilen.