

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

~~BIBLIOTEKA GŁÓWNA~~



26

L. inw.

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Von

W. Olszewski

Mit 42 Figuren



909

Sammlung Göschen

Chemische Technologie des Wassers

Von

W. Olszewski

Stadtamtsrat, approb. Nahrungsmittel-Chemiker,
Vorsteher der Laboratorien der städtischen
Wasserwerke Dresden

Mit 42 Figuren



Berlin und Leipzig
Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp.

1925



~~196~~

1-301283

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung,
von der Verlagshandlung vorbehalten.

Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig. 850525

Akc. Nr.

~~4150/51~~

Bau-3-568/2816

Inhaltsverzeichnis.

A. Allgemeine Eigenschaften des Wassers.		Seite
Chemische Zusammensetzung		7
Physikalische Eigenschaften		7
Chemische Eigenschaften		8
Vorkommen und Zustandsänderungen in der Natur		8
Kreislauf des Wassers		8
Einteilung der Lehre vom Wasser		10
B. Abwasserbeseitigung — Wasserversorgung.		
Kreislauf des Wassers über den menschlichen Haushalt und den Fabrikbetrieb		11
Ziel einer Wasserreinigung		12
I. Abwasser.		
Fachausdrücke (Begriffsbestimmungen)		13
Allgemeines		16
Bio-Reduktion		19
Biologische Selbstreinigung		20
Theoretische Grundlagen der Reinigung der Abwässer		22
Untersuchung von Abwasser		23
Abwasserreinigungsverfahren		27
1. Mechanische Reinigung		27
a) Maschinelle Reinigung		27
b) Mechanische Sedimentierung		28
c) Filtration durch Schnellfilter		33
2. Biochemische Aufbereitung		34
a) Bodenbehandlung		34
b) Künstliche biologische Reinigung		36
c) Schlammaktivierungsverfahren		37
d) Fischteichreinigung		37
Schlammabeseitigung		37
Gewerbliche Abwässer		38
II. Oberirdische Gewässer - Vorfluter.		
Kontrolle der Vorfluter		39
Anforderungen an oberirdische Gewässer		42
III. Schwimmbeckenwasser.		
Gründe der Reinigung		43
Reinigungsanlagen		44
IV. Trinkwasser und Brauchwasser (für gewerbliche Zwecke).		
Wahl des Wassers		47
Gewinnung des Wassers		49
1. Quellwasser		50
2. Grundwasser		51
3. Oberirdische Wasserläufe, Seen und Talsperren		56

	Seite
Wasserförderung und Wasserleitung	58
Wassermessung	59
Wasseruntersuchung	61
1. Probeentnahme	62
2. Untersuchung	65
a) Physikalische Untersuchung	65
b) Biologische Untersuchung	67
c) Bakteriologische Untersuchung	68
d) Chemische Untersuchung	74
3. Schema für Untersuchungsbefunde	82
Wasserbehandlung	84
1. Filtration	
a) Theorie der Filtration	85
b) Beurteilung der Filterwirkung	89
c) Natürliche Bodenfiltration	90
d) Künstliche Filtration	91
α) Nicht überstaute Filter	91
β) Stufenfilter mit Belüftung	91
γ) Überstaute Filter	91
Langsame Filter	91
Schnellfilter	92
e) Kunststeinfilter und Kleinfiler	97
f) Wahl des Filtersystems	97
2. Desinfektion	
a) Ultraviolette Strahlen	98
b) Ozon	98
c) Hypochlorite und Ätzkalk	98
d) Organische Chlorpräparate	99
e) Chlorgas	99
3. Entgasung (Entsäuerung)	
a) Theorie der Entgasung	102
b) Entgasungseinrichtungen	104
c) Entsäuerungseinrichtungen	105
4. Enteisung	
a) Theorie der Enteisung	106
b) Enteisungssysteme	110
5. Entmanganung	113
6. Enthärtung	
a) Kesselspeisewasser (Enthärtung und Entgasung)	115
α) Chemische Reinigung	117
β) Thermische Reinigung	125
γ) Spezielle Entgasungsverfahren	125
δ) Elektrolytische Verfahren	126
b) Fabrikationswasser	128
7. Entölung	
a) Wirkung ölhaltigen Kesselspeisewassers	128
b) Entölungsverfahren	129
Anforderungen an Trink- und Brauchwasser	
1. Trinkwasser	130
2. Brauchwasser	134
Sachverzeichnis	136

Literatur.

(Bei den hauptsächlich benutzten Werken sind die Autorennamen **fett**, bei den häufiger herangezogenen **gesperrt** gesetzt.)

Dunbar, Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. München 1912.

Fischer, F., Chemische Technologie — das Wasser. Leipzig 1914.

Gärtner, A., Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915.

Grünhut, L., Trinkwasser und Tafelwasser. Leipzig 1920.

Haselhoff, E., in Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, Bd. 1. Berlin 1921.

Heilmann, A., Wasserversorgung der Städte aus M. Förster, Taschenbuch für Bauingenieure. Berlin 1921.

Imhoff, K., Taschenbuch für Kanalisations-Ingenieure. München 1922.

Keilhack, K., Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1917.

Klut, H., Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Berlin 1922.

Klut, H., Trink- und Brauchwasser. Berlin 1924.

Kolkwitz, R., Pflanzenphysiologie. Jena 1922.

Kolkwitz, Reichle, Spitta, Thumm, Wasser und Abwasser, Sonderband des Handbuchs der Hygiene von Rubner. Leipzig 1911.

Massatsch in Ullmann, Enzyklopädie der technischen Chemie. Berlin 1922.

Mitteilungen aus der Anstalt für Wasserhygiene, Berlin - Dahlem:

Chemisch: Thumm, Pritzkow, Weldert, Zahn, Klut, Stooff.

Biologisch: Kolkwitz, Wilhelmi, Tiegs, Helfer.

Technisch: Reichle, Schiele, Groß.

Bakteriologisch: Bürger, Schreiber.

Ohlmüller und Spitta, Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers. Berlin 1921.

Schiele-Weldert, Wasser und Abwasser, Referatenblatt. Leipzig.

Spitta-Reichle, Wasserversorgung, Sonderband des Handbuchs der Hygiene von Rubner. Leipzig 1924.

Stooff, H., in Dammer, Chemische Technologie der Neuzeit. Stuttgart 1924.

Tillmans, J., Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle a. d. S. 1924.

Veröffentlichungen der Emscher-Genossenschaft :

Technisch: Imhoff.

Chemisch: Bach, Sierp, Spillner.

Veröffentlichungen verschiedener Autoren aus Fachblättern.

Ausführliche Darstellungen findet man am besten in

1. Abwasser-Vorfluter:

Kolkwitz, Reichle, Spitta, Thumm, Wasser und Abwasser. Sonderband aus dem Handbuch der Hygiene von Rubner. Leipzig 1911. (Voraussichtliche Neuauflage: „Abwasserbeseitigung“, Sonderband aus dem Handbuch der Hygiene von Rubner. Leipzig 1925.)

Imhoff, Fortschritte der Abwasserreinigung. Berlin 1925.

2. Trinkwasser:

Spitta-Reichle, Wasserversorgung, Sonderband aus dem Handbuch der Hygiene. Leipzig 1924.

3. Wasseruntersuchung:

Ohlmüller und Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers. Berlin 1921.

4. Eis:

Göttsche, G., Die Kältemaschinen und ihre Anlagen. Hamburg 1915. Voraussichtliche Neuauflage 1925.

A. Allgemeine Eigenschaften des Wassers.

Chemische Zusammensetzung.

Die Ansicht, Wasser sei ein Element, wurde erst 1781 von Cavendish und 1783 von Lavoisier widerlegt. Letzterer ermittelte die Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff. Dumas wies nach, daß 88,89 Gewichtsteile Sauerstoff sich mit 11,11 Wasserstoff zu 100 Gewichtsteilen Wasser verbinden.

Physikalische Eigenschaften.

Die größte Dichte besitzt das Wasser bei 4°. Beim Abkühlen auf 0° gibt 1 Raumteil Wasser 1,1 Raumteile Eis. Bei 100° und einem äußeren Luftdruck von 760 mm (1 Atm.) siedet es, und der Dampf nimmt einen 1700fachen Raum ein. Die Gesamtwärme, die zur Verdampfung eines Wasserquantums notwendig ist, zerfällt in

1. Flüssigkeitswärme, welche die Flüssigkeit auf den Verdampfungspunkt bringt,
2. innere oder latente Verdampfungswärme, die zur Umwandlung in die Dampfform erforderlich ist und
3. äußere oder Raumschaffungswärme, die gegen den äußeren Druck dem gebildeten Dampf Platz schaffen muß.

Um 1 kg Wasser von 0° in Dampf von d° zu überführen, sind $605,5 + 0,305d$ Kal. notwendig. Bei der Steigung der Dampftemperatur ist somit der Verbrauch an Gesamtwärme nicht sehr ansteigend. Maschinen, die mit höher gespanntem Dampf arbeiten, sind daher wirtschaftlicher. Der Siedepunkt des Wassers steigt und fällt mit dem Druck.

Die Zusammendrückbarkeit des Wassers ist sehr gering (hydraulische Presse).

Werden Stoffe im Wasser gelöst, so nimmt

1. die elektrische Leitfähigkeit,
2. die Lichtbrechung zu,
3. der Siedepunkt wird erhöht,
4. der Dampfdruck und der Gefrierpunkt werden erniedrigt.

Chemische Eigenschaften.

Wasser ist ein ausgezeichnetes Lösungsmittel. Die Löslichkeit der Gase ist abhängig vom Druck und ist dem Absorptionsdruck (Partialdruck des Gases) proportional. Mit steigender Temperatur nimmt sie sehr ab. Salze, Säuren und Basen werden unter weitgehender elektrolytischer Dissoziation gelöst. Mit einigen Stoffen geht es Verbindungen (Hydrate) ein. Es lassen sich drei Einwirkungsarten unterscheiden:

1. Oxydationsmittel spalten Sauerstoff ab,
2. Reduktionsmittel Wasserstoff und
3. es tritt Hydrolyse ein.

Vorkommen und Zustandsänderungen in der Natur.

Wasser kommt in allen drei Formen (Eis, Wasser und Wasserdampf) in der Natur vor. Das Volumverhältnis Wasser zu Land auf der Erde verhält sich wie 12:1, das Flächenverhältnis 2,54:1. Vom pflanzlichen und tierischen Körper ist Wasser der Hauptbestandteil.

Kreislauf des Wassers.

Im Haushalte der Natur unterliegt das Wasser einem beständigen Kreislauf. Die treibende Kraft ist die Sonnenwärme. Durch die Verdunstung des Wassers tritt eine Er-

höhung des Feuchtigkeitsgehaltes in der Luft ein. Wenn die Lufttemperatur sinkt, scheidet sich der Wasserdampf in Form von Niederschlägen wieder aus. Durch Luftdruckschwankungen können sehr große Wassermengen weiter fortgeführt werden.

Feuchtigkeit (Begriffsbestimmung). Maximale Feuchtigkeit ist die Wasserdampfmenge, welche die Luft bei bestimmter Temperatur aufnehmen kann. Absolute Feuchtigkeit ist die in 1 cbm Luft enthaltene Wasserdampfmenge durch den jeweiligen Druck in Millimeter Quecksilbersäule ausgedrückt. Relative Feuchtigkeit ist das Verhältnis zwischen maximaler und absoluter Feuchtigkeit.

Wenn nicht sichtbare Erscheinungen, wie Niederschläge, Sturm usw. auftreten, verläuft der Kreislauf des Wassers unbemerkt. Halbfas ermittelte für Sachsen-Weimar die oberflächliche Abflußmenge der Niederschläge zu 20%, die Verdunstung, den Gebrauch der Pflanzen zu 54% und die Versickerung zu 26%. Der Boden nimmt außerdem ständig Wasserdampf auf, der in den Boden eindringt und sich in kälteren Schichten verdichtet.

Bodenfeuchtigkeit. Die Fähigkeit eines Bodens, Wasser aufzunehmen, wird gemessen, indem 100 g Boden mit einer bestimmten Wassermenge übergossen werden und der Überschuß in einen Meßzylinder fließt. Wenn kein Wasser mehr abtropft, wird Wasser und Gewicht der Erdprobe bestimmt. Da es für die Landwirtschaft von erheblicher Bedeutung ist, die Bodenfeuchtigkeit zu kennen, hat Görz einen elektrischen Feuchtigkeitsbestimmungsapparat¹⁾, der auf den Widerstandswerten einer Gleichstrom- und einer Wechselstrommessung basiert, konstruiert.

¹⁾ Fa. Siemens & Halske, Siemensstadt b. Berlin.

Veränderungen des Wassers beim Kreislauf.

Außer physikalischen Vorgängen und rein chemischen Umsetzungen spielen sich im Wasser biologische Vorgänge ab, die durch biochemische Wirkung der Mikroorganismen zu erklären sind. Die biochemischen Umsetzungen werden wahrscheinlich meist durch enzymatische Ausscheidungen hervorgerufen. Teils ist der Luftsauerstoff Lebensbedingung der Organismen (obligatorisch aërobe Organismen), teils ist der Luftsauerstoff nicht unbedingte Notwendigkeit (fakultativ Anaërobier), teils gedeihen sie nur beim Fehlen von Sauerstoff (obligatorische Anaërobier). Hauptsächlich sind die organischen Stoffe die Träger der biologischen Vorgänge. Es gibt aber auch Anorgoxydanten, zumeist pflanzliche Lebewesen (z. B. Schwefelbakterien, nitrifizierende Bakterien [Winogradsky], Eisen- und Manganbakterien), die anorganische Stoffe verarbeiten.

Einteilung der Lehre vom Wasser.

1. Die Meteorologie befaßt sich u. a. mit den Veränderungen, welche die Niederschläge durch Aufnahme von Stoffen aus der Atmosphäre erleiden;
2. die Flußkunde oder Potamologie befaßt sich mit oberirdisch fließendem Wasser;
3. die Seenkunde oder Limnologie mit stehendem Süßwasser;
4. die Meereskunde oder Ozeanographie mit Meereswasser;
5. die Grundwasserkunde oder Hydrologie mit der Erforschung des Grundwassers.

B. Abwasserbeseitigung — Wasser- versorgung.

Kreislauf des Wassers über den menschlichen Haushalt und den Fabrikbetrieb.

Nach Präsident Dr. Beninde (Berlin) „bedürfen die in den Industrieorten immer mehr zusammengeballten Menschenmassen reinen und reichlichen Trinkwassers und häuslichen Gebrauchswassers; die Industrie kann nicht arbeiten ohne ausreichendes und geeignetes Wasser, das zur Fabrikation jeweils gebraucht wird. Aber weder das Trink- und Gebrauchswasser, noch das Fabrikationswasser verschwindet im menschlichen Haushalt und im Fabrikationsvorgang, sondern es findet sich am Ende des Verarbeitungsprozesses fast zu 100% in mehr oder minder verunreinigtem Zustande, d. h. als Abwasser wieder. Trink-, Gebrauchs- und Fabrikationswasser holen wir entweder aus den großen unterirdischen Wasservorräten, dem Grundwasser oder entnehmen es den Oberflächenwasseransammlungen, den Flüssen, Seen und Teichen. Das Abwasser muß beseitigt werden. Das kann aber nicht anders geschehen, als daß es denselben Stellen zugeführt wird, aus denen das Wasser zu den genannten Vorgängen geschöpft wird. Das Abwasser versickert entweder ins Grundwasser hinein oder es wird den genannten Oberflächenwasseransammlungen zugeführt. Daraus ergibt sich ein Kreislauf, ein *Circulus vitiosus*, der für die Gemeinden, die Industrie, Landwirtschaft und öffentliche Gesundheitspflege von außerordentlicher Bedeutung ist. Es bedarf aller Anstrengung der Gesetzgebung, der Verwaltung, des Erfindergeistes, der Technik, der Industrie und der Einsicht und Willfährigkeit der für Wasserbezug und Ab-

wasserabgabe in Betracht kommenden Kreise, d. i. der Kommunen, der Industrie und der Landwirtschaft, wenn aus den Folgen einer solchen industriellen Entwicklung nicht Schäden eintreten sollen, die für die Weiterentwicklung des Staates, der allgemeinen Wirtschaft und der öffentlichen Gesundheitspflege von einschneidender Bedeutung sind, ja ihr sogar natürliche Grenzen setzen können.“

Ziel einer Wasserreinigung.

Das Ziel muß sein:

a) Die Flüsse, Seen und Teiche sowie das Grundwasser möglichst rein zu halten.

b) Die Stoffe, welche das Wasser

1. im Kreislaufe des Haushaltes der Natur und

2. etwa im Kreislaufe über den menschlichen Haushalt und den Fabrikbetrieb

aufgenommen hat, auf technischem und natürlichem Wege so weit zu entfernen, daß ein hygienisch einwandfreies Trink- und Brauchwasser erzielt wird. Es müssen meist entfernt werden:

1. beim Grundwasser: anorganische Bestandteile, z. B. Eisen, Mangan, Kohlensäure, evtl. Härtebildner (Kalzium- und Magnesiumsalze) und bei Verunreinigung Bakterien;

2. bei Oberflächenwasser: organische Stoffe und Lebewesen, ferner anorganische Bestandteile (Kohlensäure, Eisen, Mangan), die meist nicht so häufig und so reichlich als im Grundwasser vorhanden sind.

Hierzu stehen zur Verfügung:

1. physikalische (mechanische) Verfahren,

2. biochemische Verfahren,

3. chemische Verfahren.

I. Abwasser.

Fachausdrücke (nach Schiele).

Abwasserbeseitigung — Ableitung des Abwassers einschließlich der späteren Reinigung.

α) Entwässerung.

Häusliche Abwasser — das aus den Häusern in die Kanäle abfließende verschmutzte Gebrauchswasser mit oder ohne fäkalhaltiger Spüljauche von Spülaborten (Wasserklosetts).

Gewerbliches Abwasser — das durch die Verwendung in Gewerbebetrieben verunreinigte Abwasser (Fabrikabflüsse).

Kanalisation — planmäßige Anlagen zur Ableitung von Abwasser.

Trennsystem — getrennte Ableitung von Niederschlagswasser (Regenwasser, Straßenwasser) und von Abwasser (häusliches und gewerbliches).

Mischsystem — gemeinsame Ableitung von Niederschlagswasser und Abwasser in einem Kanalsystem.

Trockenwetterabfluß — die in regenloser Zeit in den Kanälen des Mischsystems abfließende Abwassermenge.

Dünnwasser — das mit Niederschlagswasser vermischte Abwasser, das im normalen Betriebe auf einer Kläranlage gereinigt wird.

Sturzregenwasser — die bei Sturzregen nach der Kläranlage geleitete Abwassermenge, die nicht mehr im normalen Betriebe, sondern in besonderer Weise für sich behandelt werden muß.

Rückhaltebecken — Anlagen, um das Regenwasser aufzustauen, um Überschwemmungen zu vermeiden und um für die unterhalb der Becken liegenden Kanäle kleine Querschnitte zu erzielen.

Notauslaßwasser — das mit Niederschlagswasser vermischte Abwasser, das bis zur Kläranlage durch Notauslässe ungereinigt in die Wasserläufe abfließt.

β) Reinigung.

Kläranlage — Anlage zur Reinigung aller Arten von Abwässern, einschließlich Rieselfeldanlage.

Betrieb nebeneinander — das Abwasser wird nebeneinander geschalteten Reinigungsanlagen zugeführt.

Betrieb hintereinander — das Abwasser durchfließt hintereinander geschaltete Reinigungsanlagen.

Vorreinigungsanlagen — Einrichtungen, 1. um die Kläranlage für die durchgreifende Reinigung zu entlasten; 2. um Fabrikabwässer ohne Schaden in die Kanalisation fließen zu lassen.

Notauslaßkläranlagen — Anlagen, die sowohl als Ausgleichbecken, wie auch als Kläranlage in Verbindung mit der Hauptkläranlage wirken.

1. Mechanische Reinigung.

a) Maschinelle Reinigung.

Rechen — Abfangvorrichtung aus parallel angebrachten Stäben und Drähten.

Gitter — Abfangvorrichtung aus gekreuzten Stäben.

Siebe — Abfangvorrichtung aus durchlochten Metallplatten oder sich kreuzenden Drähten.

b) Mechanische Sedimentierung.

Fettfänge — Einrichtungen, in denen das mitgerissene Fett aufsteigt.

Sandfänge — Vertiefungen, aus denen die gröberen Sinkstoffe entfernt werden.

Absitzbecken, Absitzbrunnen — Anlagen zum Absitzenlassen der unlöslichen Stoffe (Feinschlamm). Der Schlamm wird in kurzen Zeitabständen entfernt.

Fällungsbecken, Fällungsbrunnen — Anlagen zur Ausscheidung der Schmutzstoffe durch Chemikalien (Ausfällung); der Schlamm wird, bevor er fault, entfernt.

Emscher-Brunnen — Anlagen, das Abwasser im Absitzverfahren zu behandeln und den ausgeschiedenen Schlamm ausfaulen zu lassen.

Unterbrochener Beckenbetrieb, Ruhebetrieb — das Abwasser wird, nachdem es eine Zeitlang gestanden, abgelassen.

Ununterbrochener Beckenbetrieb, Durchflußbetrieb — das Abwasser fließt in beständigem Strome.

Faulbecken, Faulbrunnen — Anlagen, das Abwasser mit oder ohne Chemikalienzusatz zur Faulung zu bringen. Der Schlamm wird durch langes Liegenlassen zur Ausfäulung gebracht.

c) Schnellfiltration.

Filter — aufgeschichtetes Material (Sand, Koks usw.), durch welches das Abwasser im Gegensatz zu biologischen Körpern, ohne Rücksichtnahme auf Luftzufuhr (Tropfkörper) oder zeitweisen Luftabschluß (Füllkörper) hindurchfließt.

2. Beseitigung der Fäulnisfähigkeit (durch biochemische Aufbereitung).

Rieselbetrieb — das Abwasser wird auf besonders vorbereitetes (aptiertes) und künstlich entwässertes (drainiertes) Land mit und ohne landwirtschaftliche Ausnutzung gebracht.

Oberflächliche Bodenberieselung (wilde Berieselung) — Rieselung über schwach geneigtes, nicht drainiertes Land, ohne wesentliche Ausnutzung der Filtrationswirkung des Bodens (besonders bei tonigen Boden).

Unterbrochene Bodenfiltration — Verrieselung auf aptiertes und drainiertes Land unter Überstauung in so häufigen Zeitabschnitten, daß landwirtschaftliche Ausnutzung ausgeschlossen ist.

Biologische Körper — künstlich aufgeschichtetes Material (Koks, Schlacken, Steinschlamm usw.).

Füllkörper — biologische Körper, die einige Zeit mit Abwasser gefüllt, dann entleert und wiederum einige Zeit leer stehengelassen werden.

Tropfkörper — biologische Körper, auf die in Strahlen oder Tropfen Abwasser zum Hindurchsickern gebracht wird.

Sprenger, Sprengrohren — gelochte Röhren zum Aufbringen des Abwassers auf die Tropfkörper.

Schlammaktivierung — Belüftungsbecken zur Luftzuführung und Bewegung des Wassers mit nachgeschalteten Absitzbecken zur Abscheidung des Flockenschlammes.

Fischteichverfahren — in mit Fischen und Enten besetzten Teichen wird das biologisch oder nur mechanisch gereinigte Abwasser geleitet.

Vorfluter — Gewässer, in welche die jeweils nach ihrer Wasserführung und Selbstreinigungskraft zweckentsprechend gereinigten Abwässer geleitet werden.

Allgemeines.

Ebenso wichtig wie die Wasserversorgung ist für menschliche Niederlassungen die Entwässerung. Kanalisationen

sind keine werbenden Anlagen. Als wirtschaftlichste Anlage ist die anzusehen, bei der sich die Abwasserbeseitigung am billigsten stellt. Bei der Planung von Kanalisationen ist auf die Örtlichkeit und die örtlichen Verhältnisse und Bedürfnisse Rücksicht zu nehmen. Dies gilt hauptsächlich für die Wahl des Entwässerungsverfahrens. In Großstädten wird fast allgemein das Mischsystem mit Regenauslässen in den Vorfluter das wirtschaftlichste sein, während in Kleinstädten und Siedlungen, wenn die oberirdische Ableitung des Regenwassers technisch durchführbar ist, das Trennsystem billiger sein kann. Beim Ausbau des Kanalnetzes sind spätere Erweiterungen zu berücksichtigen. Im allgemeinen kann als Lebensdauer der Anlage 30—40 Jahre angenommen werden. Von der Emscher-Genossenschaft und z. T. vom Ruhrverband sind offene Abwasserkanäle erbaut, die nur ein Viertel der Kosten erfordern, ohne daß sie Grund zur Beanstandung in hygienischer und ästhetischer Hinsicht geben.

Vor dem Weltkriege war die Entwicklung der Abwasserbeseitigung durch immer weitere Ausbreitungen der Schwemmkanalisation erfolgt. Während des Krieges wurde oft die Ansicht vertreten, daß die Kotstoffe restlos auf das Land gehörten. Die Frage ist nach dem Kriege eingehend behandelt worden. Bach (Essen) faßt das Ergebnis dieser Erörterungen folgendermaßen zusammen: „In Städten sowie Siedlungen, deren Einwohner nicht hauptsächlich Ackerbau treiben, ist die Schwemmkanalisation mit Anschluß des Spülabortes nach wie vor die gegebene, hygienisch einwandfreieste und wirtschaftlich zweckmäßigste Art der Beseitigung der Unratstoffe. In dünnbebauten Siedlungen von rein ländlichem Charakter (ackerbautreibenden Dörfern) sind Schwemmkanäle nicht angebracht, sondern die Kotstoffe gehören aufs Land.“

Die Abwassertechnik verfolgt im wesentlichen den Zweck, die übermäßige Verunreinigung der Flüsse, die als Vorfluter die gereinigten Wässer aufnehmen, zu vermeiden. Für bestimmte dicht besiedelte Gebiete wird es von Vorteil sein, die Reinigung der Abwässer, die in den gleichen Vorfluter fließen, nach den gleichen Gesichtspunkten zu behandeln. So wurde z. B. zur Abwasserbehandlung des Emscher-Gebietes die Emschergenossenschaft gegründet, der es gelungen ist, trotz sehr schlechter Vorflutverhältnisse das große Industriegebiet mit seinen vielen Großstädten einwandfrei zu entwässern.

Wertvolle Erkenntnisse in der Abwasserbehandlung verdanken wir vor allem 1. dem Hygienischen Institut in Hamburg, 2. der Landes-Anstalt für Wasserhygiene in Berlin und 3. der Emscher-Genossenschaft in Essen.

Nach Imhoff (Essen) sind:

Hauskläranlagen als meist zwecklos zu vermeiden, da sie dem Hausbesitzer unnötige Lasten auferlegen, ohne zur Reinhaltung der Kanäle oder der Flußläufe irgendwie beizutragen. Sie sollen nur dort bestehen, wo keine gemeinsame Ortsentwässerung ist.

Schlachthöfe sind ebenfalls nach Zurückhalten der größten Stoffe durch Grobrechen an die Kanalisation anzuschließen. Als Fettfänger können Absitzbecken angelegt werden.

Krankenhäuser sollen keine Kläranlage, sondern nur eine Desinfektionsanlage mit Kalk, Chlorkalk oder Chlorgas erhalten. Eventuell sind zur Sicherung der notwendigen Einwirkungszeit Staubecken anzulegen.

Gewerbliche Anlagen, die an die städtische Kanalisation angeschlossen werden können, sollen ihr Abwasser, wenn angängig, ohne Vorreinigung gegen bestimmte Ge-

bühren an die Kanalisationen abgeben, da das meiste gewerbliche Abwasser erst nach Mischung mit häuslichem Abwasser billig und genügend gereinigt werden kann. Stoffe, die den städtischen Kläranlagen schaden, sind zurückzuhalten. Hierzu gehören u. a. Kohlenschlamm, Teer, Mineralöle usw.

Bio-Reduktion.

Ein Abwasser erleidet durch seinen hohen Gehalt an organischen Stoffen bald durchgreifende Veränderungen. Theoretisch können die Vorgänge als Bio-Reduktion zusammengefaßt werden.

Gärung im weiteren Sinne ist theoretisch jede Zersetzung (Zerlegung) organischer Stoffe in einfachere durch die Wirkung von Mikroorganismen, bzw. von Zellfermenten oder Zellenzymen.

a) Gärung der Kohlenhydrate.

1. Alkoholische Gärung; 2. saure Gärung.

b) Gärung der Eiweißstoffe.

Fäulnis.

Besonders wichtig sind a2 und b. Bei der sauren Gärung werden die Kohlehydrate in Säuren und Gas (Kohlensäure und Wasserstoff) zerlegt. Bei der Fäulnis werden die Eiweißstoffe zuerst durch aërobe, dann durch anaërobe Bakterien gespalten. Fäulnis ist somit eine Kollektivbezeichnung für mehrere und verschiedene, teils neben-, teils nacheinander verlaufende Zersetzungen.

Bei Bio-Reduktionsvorgängen tritt eine lebhaftere Sauerstoffzehrung ein. Der Sauerstoffgehalt eines sich zersetzenden Abwassers ist = 0 oder sehr niedrig. Bei der Zersetzung und Reduktion der Eiweißstoffe wird Ammoniak und Schwefelwasserstoff gebildet. Träger der üblen Ge-

rüche sind fast ausschließlich Schwefelverbindungen. Ohne Schwefelwasserstoff oder eine andere flüchtige schwefelhaltige Verbindung entstehen nach Bach belästigende „offensive“ Gerüche nicht.

Für die Praxis hat Imhoff für die Zersetzung von Klärschlamm unter Wasser die Begriffe „stinkende saure Gärung“ und „Methangärung“ aufgestellt. Die Vorgänge werden durch verschiedenartige Mikroorganismen ausgelöst, von denen die der stinkenden sauren Gärung zuerst auftreten und nach und nach, besonders schnell durch Impfung mit altem Schlamm, denen der Methangärung Raum machen.

Die stinkende saure Gärung ist gekennzeichnet durch reichliche Entwicklung von Wasserstoff, neben Kohlensäure und Stickstoff, sowie von Schwefelwasserstoff. Die Flüssigkeit reagiert durch freie organische Säuren sauer. Die Methangärung kennzeichnet sich durch Bildung von Methan neben Kohlensäure und Stickstoff. Wasserstoff fehlt ganz oder beinahe. Freie organische Säuren sind nicht anwesend, da sie durch die Wirkung der Mikroorganismen zu Methan vergoren worden sind. Schwefelwasserstoff ist meist nicht frei, sondern in der schwach alkalischen Flüssigkeit gebunden.

Biologische Selbstreinigung.

Während die Bio-Reduktion besonders in wenig verdünnten Abwässern erfolgt, treten die Vorgänge der Bio-Oxydation nach gehöriger Verdünnung, nach Zuführung von Sauerstoff und infolge Tätigkeit von Durchlüftungsorganismen (besonders bei Beendigung der Bio-Reduktion) ein. Der Begriff der biologischen Selbstreinigung wird also meist auf diejenigen Prozesse angewendet, die unter Ver-

meidung oder nach Beendigung der Bio-Reduktion als Bio-Oxydation verlaufen.

Kolkwitz und Marsson haben ein ökologisches (nach dem Zusammenleben der Organismen in der Natur) Saprobiensystem ausgearbeitet.

1. Zone der Reduktionen, Zone der Polysaprobien, Zone der Abwässer.

Besonders typische Vertreter sind: reichlich Bakterien, z. B. *Bacterium vulgare*, *Spirillum undula*, Amöben vom *Limaxtyp*, *Polytoma uvella*, *Zoogloea ramigera*. Daneben deutet ein Massenvorkommen von *Bacillus subtilis* und von *Colpidium colpoda*, das Auftreten von Schwefelbakterien neben Fäulnisorganismen, sowie die Bildung von Abwasserpilzen neben Fäulnisorganismen auf Bio-Reduktion hin.

2. Zone der einsetzenden Oxydation, Zone der Mesosaprobien, Zone des Überganges.

Die Mesosaprobien vollführen den eigentlichen spezifischen Prozeß der Bio-Oxydation. Die beginnende Oxydation wird als α -mesosaprobe Zone und die weitere Oxydation als die β -mesosaprobe Zone bezeichnet. Vertreter der mesosaproben Zone sind: *Oscillatoria limosa*, *Cryptomonas erosa*, *Melosira varians*, *Stephanodiscus hantzschianus*, *Arcella vulgaris*, *Vorticella campanula*, *Brachionus pala*, *Gammarus fluviatilis*.

3. Zone der vollendeten Oxydation, Zone der Oligosaprobien, Zone des Reinwassers.

Im allgemeinen (es gibt naturgemäß sehr viele Übergänge) ist das Kennzeichen der Bio-Reduktion das Auftreten von kleinen und vielen Organismen, während bei der Bio-Oxydation der fortschreitenden Selbstreinigung folgend, größere und differenziertere Organismen auftreten. Für den Praktiker ist besonders die Kenntnis der Orga-

nismen der Bio-Reduktion und der der beginnenden Oxydation wichtig. Eine genaue Kenntnis der einzelnen Organismen ist kein unbedingtes Erfordernis.

Theoretische Grundlagen der Reinigung der Abwässer.

Nach Dunbar läßt ein faules Abwasser sich schwerer durch biologische Vorgänge reinigen als ein frisches. In den organischen Stoffen des frischen Abwassers ist Schwefel, Stickstoff und Kohlenstoff organisch gebunden. Der Schwefel, der bei der Zersetzung durch Bildung von Schwefelwasserstoff, anderen flüchtigen Schwefelverbindungen und Sulfiden in der Hauptsache zu Mißständen Veranlassung gibt, wird in der Bio-Oxydation leichter in organischer Verbindung als in Form von Schwefeleisen und Schwefelwasserstoff oxydiert. Auch der organische Stickstoff wird bei der Bio-Oxydation gut verarbeitet; da es z. B. nitrifizierende Organismen gibt, die nicht Ammoniak, sondern nur organischen Stickstoff nitrifizieren. Die Oxydation des organischen Kohlenstoffs erfolgt augenscheinlich ebenfalls aërob besser und schneller als anaërob. Bach (Essen) hat in jüngster Zeit diese oft angezweifelte Theorie von Dunbar hinsichtlich der Schwefelverbindungen weiter verfolgt. Die Ursache der Fäulnisfähigkeit von Abwasser liegt in seinem Gehalt an schwefelhaltigen Verbindungen. Gelingt es, sie aus dem Abwasser so herauszubringen, daß der Schwefel mit dem Klärschlamm oder sonstwie abgefangen wird, oder sie in Verbindungen zu verwandeln, die nur schwer in Schwefelwasserstoff, bzw. leicht hydrolisierbare Sulfide überführbar sind, dann ist die Fäulnisfähigkeit des Abwassers praktisch beseitigt.

Die Aufbereitung eines Abwassers muß daher so erfolgen, daß es baldmöglichst seine Fäulnisfähigkeit verliert, d. h.

aus dem Stadium der latenten oder akuten Bio-Reduktion in die Einwirkung der Bio-Oxydation kommt. Dies wird erreicht durch die biochemische Behandlung, und zwar:

1. Durch die Verdünnung des Abwassers mit reinem Wasser (Vorflutwasser). Steht ein Vorfluter von genügender Wasserführung und Strömung mit hohem Sauerstoffgehalt zur Verfügung, so genügt eine gute mechanische Klärung (bei großen Vorflutern eine maschinelle Klärung).

Wird das Abwasser sehr leicht faulig oder ist es bereits in Fäulnis (Prüfung durch Berliner Test), so ist Chlor zur Verzögerung der Fäulnis und Oxydation zuzugeben.

2. Steht ein guter Vorfluter nicht zur Verfügung, so ist das Wasser durch künstliche biologische Verfahren (Rieselfelder, biologische Körper, aktivierter Schlamm) fäulnisunfähig zu machen. Von den künstlichen Verfahren ist die Schlammaktivierung theoretisch die zweckmäßigste, da durch eingepreßte Luft und Bewegung mit nachfolgender Stagnation die aërobe Bedingung für die Mikroorganismen hergestellt und dadurch die Überwindung der Bio-Reduktionsphase und Überführung in die Bio-Oxydation erreicht wird.

3. Durch Fernhaltung von Stoffen, die die biochemische Aufbereitung stören, Phenole, Säuren, Alkalien usw. aus gewerblichen Abwässern.

Untersuchung von Abwasser.

Nach Dunbar ist auf diesem Gebiete viel unnötige und unfruchtbare Arbeit geleistet. Für die Praxis sind die meisten umständlichen Verfahren entbehrlich, während sie für die eingehende und wissenschaftliche Erforschung eines Abwassers nicht zu umgehen sind. Von besonderer Wichtigkeit ist gerade bei Abwasser eine einwandfreie Probeentnahme (vgl. S. 62). Wenn möglich sind, falls die Untersuchung der Proben nicht gleich erfolgen kann,

die Vorbereitungen für die Untersuchungen an Ort und Stelle auszuführen. Für die übrigen Untersuchungen ist das Abwasser mit ein wenig Chloroform zu konservieren.

Für den Betrieb einer Kläranlage sind besonders folgende Bestimmungen wichtig:

1. Reaktion.

In dem Doppelkeil-Kolorimeter von Bjerrum-Olof Arrhenius (vgl. S. 76) läßt sich der Wasserstoffexponent p_H leicht feststellen. Die meisten Abwasser reagieren schwach alkalisch. Der Ursache einer stark sauren oder stark alkalischen Reaktion ist nachzugehen. Kontrollprüfungen gegen Lackmus (dunkle Abwasser gegen Lackmuspapier, helle gegen Lackmuslösungen) sind ratsam.

2. Sink- und Schwebestoffe.

Die Volumbestimmung erfolgt am einfachsten in Absetzgläsern nach Spillner¹⁾. Es werden vom Zulauf 500 ccm Wasser und nach der Durchlaufszeit ebenfalls 500 ccm vom Ablauf entnommen und nach zweistündigem Stehen an den kalibrierten Gläsern die Kubikzentimeter absetzbarer Stoffe abgelesen. Die Differenz der Werte ergibt die Wirkung der Kläranlage.

3. Durchsichtigkeit.

Vom nicht filtrierten und filtrierten Wasser wird im Halbschattenphotometer (vgl. S. 65) nach zweckentsprechender Verdünnung der Trübungsgrad gegen Normalweiß festgestellt.

4. Temperatur.

Sie wird vom Zu- und Ablauf und der Luft gemessen.

5. Fäulnisfähigkeit.

Man gibt 0,3 ccm einer 0,05%igen wässrigen Lösung von Methylenblau (B extra Fa. Kahlbaum Berlin) auf den Boden einer 50 ccm Glasstopfenflasche, füllt bis zum Rande mit Abwasser, verschließt ohne Verbleib von Luftblasen und stellt die Flasche in einen Brutschrank bei 37°. Bei Sauerstoffmangel und Auftreten von Schwefelwasserstoff erfolgt Reduktion des Methylenblau zur farblosen Leukobase (Methylenblauprobe nach Spitta und Weldert).

¹⁾ Fa. Reininghaus, Essen.

Tritt nach sechs Stunden keine Entfärbung ein, so kann gereinigtes Abwasser als nicht mehr fäulnisfähig angesprochen werden.

Wird Abwasser bei 37° bebrütet und von Zeit zu Zeit 10 ccm mit einer Pipette herausgenommen und in einem Reagenzglas mit 3 ccm Carosches Reagenz nach Weldert (1 g Dimethylparaphenylendiaminhydrochlorid, 300 ccm Salzsäure 1,19 und 100 ccm 1%ige Eisenchloridlösung) versetzt, so erfolgt durch den gebildeten Schwefelwasserstoff oder durch Sulfide infolge Bildung von Methylenblau (entsprechend dem steigenden H_2S -Gehalt) eine gelbgrünliche, grünliche bis bläuliche Färbung, da in dieser Konzentration erst durch größere Mengen (über 250 mg/l) Schwefelwasserstoff Entfärbung eintritt (Berliner Test auf Fäulnisfähigkeit).

Tritt nach 24 Stunden keine Grünfärbung auf, so ist gereinigtes Abwasser nicht mehr fäulnisfähig.

Weitergehende Untersuchungen.

6. Schwefelzustand nach Bach.

(Gesamtschwefel, sulfidischer Schwefel, Sulfatschwefel, organischer Schwefel.)

Gleich nach der Entnahme werden zu 500 ccm Abwasser 5 ccm 10%ige Natronlauge gegeben. Von dem sich bildenden Niederschlag wird abfiltriert und das Filtrat samt Waschwasser zu einem Liter aufgefüllt. Im Filtrerrückstand wird der Schwefel nach besonderer für Schlamm ausgearbeiteter Methode bestimmt.

a) Gesamtschwefel.

200 ccm Filtrat (= 100 ccm Abwasser) werden in einer Glasstopfenflasche mit 70 ccm gesättigtem Bromwasser und 30 ccm 10%iger Natronlauge unter öfterem Umschütteln 1—2 Tage stehengelassen. Dann wird der Bromüberschuß durch Einträufeln einer Lösung von Natriumnitrit entfernt, mit Salzsäure angesäuert, evtl. filtriert und durch Fällung mit Bariumchlorid in der Hitze der gesamte nun in Sulfatform vorliegende Schwefel als Bariumsulfat bestimmt.

b) Sulfidischer Schwefel.

500 ccm des Filtrates (= 250 ccm Abwasser) werden nach leichter Ansäuerung mit Essigsäure in einer Glasstopfenflasche mit 10 ccm 5%iger Kadmiumacetatlösung versetzt. Das abgesetzte Schwefelkadmium wird durch einen mit ausgeglühtem

reinen Asbest beschickten Goochziegel abfiltriert, das Asbestpolster in die Flasche zurückgegeben und mit 20 ccm $\frac{1}{10}$ normal Jodlösung versetzt. Nach mindestens zwölfstündigem Stehen im Dunkeln wird der Überschuß an Jod mit $\frac{1}{10}$ normal Natriumthiosulfat und Stärkekleister zurücktitriert. 1 mg verbrauchtes Jod = 0,12635 mg Schwefel (bzw. 0,1343 mg Schwefelwasserstoff).

c) Sulfatschwefel.

200 ccm Filtrat (= 100 ccm Abwasser) werden mit 20 ccm konzentrierter Salzsäure versetzt, zum Sieden erhitzt und so lange gekocht, bis der Geruch nach Schwefelwasserstoff vollständig verschwunden ist. Die Flüssigkeit wird in einer Porzellanschale auf etwa 30 ccm eingedampft, klar filtriert, das Filter mit heißem Wasser nachgewaschen und im Filtrat das Sulfation als Bariumsulfat bestimmt. Es wird auf Schwefel umgerechnet.

d) Organischer Schwefel.

Organisch gebundener Schwefel = Differenz aus Gesamtschwefel und sulfidischem + Sulfatschwefel.

Biologisch gut gereinigtes Abwasser soll in Lösung weder organisch gebundenen Schwefel noch freien Schwefelwasserstoff, bzw. gelöste Sulfide oder Thiosulfate enthalten. Schwefel darf nur in Form gelöster Sulfate vorhanden sein. Es dürfen nicht Bedingungen geschaffen werden, die der Entwicklung der sulfat-reduzierenden Bakterien (*Microspira desulfuricans*) begünstigen.

7. Stickstoffverbindungen.

Besonders kommt in Betracht: Ammoniak und organischer Stickstoff. Über die Bestimmung vgl. Ohlmüller & Spitta: Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers (Berlin 1921).

8. Oxydierbarkeits- oder Sauerstoffverbrauchsbestimmung.

Als Oxydationsmittel dient meist Kaliumpermanganat in saurer Lösung. Kubel kocht 10 Minuten und titriert den Kaliumpermanganatüberschuß mit Oxalsäure zurück. Der Engländer Tidy läßt die Permanganatlösung bei Zimmertemperatur vier Stunden einwirken, setzt Jodkalium hinzu und titriert das freigewordene Jod mit Natriumthiosulfat. Die deutsche Prüfung erfolgt mit filtriertem, die englische mit nicht filtriertem Wasser. Beide Methoden geben nur unter sich vergleichbare Werte. Zum schnellen

Ansetzen der Proben an Ort und Stelle empfiehlt sich das Durchsieben durch ein Kolkwitz-Kupfersieb und die kalte Oxydation (vgl. S. 40).

9. Weitere Untersuchungen des Abwassers.

Ausführung und Beurteilung vgl. Ohlmüller & Spitta, sowie Tillmans (Halle 1915).

Untersuchungen des Schlammes

vgl. Ohlmüller & Spitta sowie Tillmans: Die Chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser (Halle 1915).

Abwasser-Reinigungsverfahren.

1. Mechanische Reinigung.

a) Maschinelle Reinigung.

Die maschinellen Reinigungsanlagen (Abfischanlagen) sind nach Bach in 5 Gruppen einzuteilen.

A. Grobrechen.

I. Flügel und Bandrechen in Barmen, Elberfeld, Frankfurt a. M. und Wiesbaden.

II. Siebschaufelräder in Gleiwitz, Krefeld, Straßburg.

B. Feinrechen (Siebe).

III. Siebtrommeln in Bromberg und Trier.

IV. Siebscheiben in Dresden, Bremen, Köln-Deutz, Lauterberg, Marienburg, Neuwied, Ohrdruf, Osterode, Stettin u. a.

Die Separationsscheibe (Riensch-Wurl)¹⁾ besteht aus Platten aus Messingbronze oder Eisenblech, je nach Erfordernis mit Schlitzten von $\frac{1}{2}$ —5 mm. Das Scheibengerüst mit den Siebplatten ist in schräger Lage in das Sielwasser eingebaut. Die Scheibe hat zur Versteifung gegen Wasserdruck in der Mitte eine hutförmige Erhöhung. Das

¹⁾ Fa. Wurl, Berlin-Weißensee.

Abstreichen der zurückgehaltenen Schwimmstoffe von der Scheibe erfolgt über Wasser. Die Bürsten werden nicht an den Siebboden angepreßt, sondern gleiten unter Rotation um ihre eigene Achse über diese hinweg.

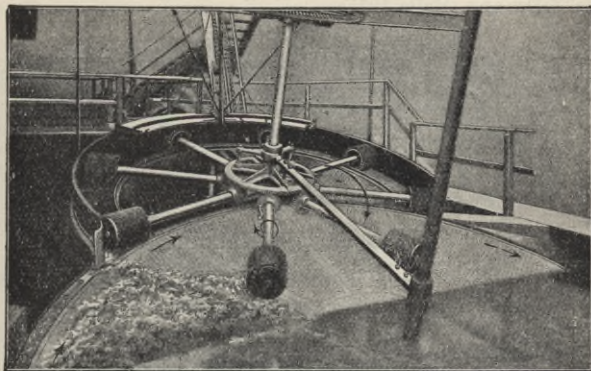


Fig. 1. Separatorscheibe.

Die Dresdner Anlage für ca. 80000 cbm Tagesabwassermenge entfernt durchschnittlich 40% der Gesamtschwebstoffe des Abwassers.

V. Förderrechen in Göttingen, Hamburg, Hanau, Krefeld usw.

Es sind meist endlose Bandrechen, die über zwei Rollen laufen.

b) Mechanische Sedimentierung.

Der wichtigste Teil einer Abwasserreinigung ist die Beseitigung der ungelösten Stoffe durch Sedimentation. Man unterscheidet:

1. Abscheidung der sich schnell zu Boden setzenden Sinkstoffe — mineralischer Stoffe (Sand);

2. Abscheidung des Feinschlammes — suspendierter (organischer) Stoffe.

Bei großen Anlagen ist vor der Feinschlamm-Sedimentation die stufenweise Abfangung der groben Schwimm- und Sinkstoffe durch Rechen und Sandfang zu empfehlen, weil dann das Abwasser gleichmäßiger sedimentiert und der verschiedene Wassergehalt der gewonnenen Rückstände eine getrennte Isolierung vorteilhaft erscheinen läßt.

Sandfänge.

Die Sedimentation wird erreicht durch Verlangsamung der Wassergeschwindigkeit auf mindestens 0,3 m pro Sekunde durch Verbreiterung und Vertiefung des Abwasserstromes. Die Anlagen sollen keine trichterförmigen, sondern flache Sohlen haben. Zweckmäßig ist die Wassergeschwindigkeit nur soweit zu verringern, als es gerade die Sandabscheidung fordert. Es sind 2—3 auswechselbare Kammern und ein Umlauf empfehlenswert. Der abgetrennte Sand wird durch Sandeimer und Baggerwerke entfernt.

Feinschlamm-Absetzanlagen.

Bei einer gut durchgeführten Sedimentation tritt durch eine weitere Verlangsamung der Geschwindigkeit bis auf 40 mm pro Sekunde Scheidung in eine Sinkschicht und in eine Schwimmschicht ein, zwischen denen das geklärte Abwasser sich befindet. Quantitativ überwiegt die Sinkschicht. Sobald sich Gasblasen, ein Anzeichen für Gärungs- und Fäulnisvorgänge im abgesetzten Schlamm bemerkbar machen, muß die Sinkschicht entfernt werden.

Die Absetzanlagen werden eingeteilt:

1. Becken mit vorwiegend horizontaler Wasserbewegung.
2. Brunnen (Türme) mit hauptsächlich auf- und absteigender Wasserbewegung.

Beckenanlagen verlangen einen größeren Flächenraum als Brunnen. Bei günstigen Grundwasserverhältnissen sind die Anlagekosten geringer. Die Brunnen liefern einen gleichmäßigen Schlamm, und die Fettabscheidung (Schwimm-schicht) ist leichter als bei Becken. Bei tieferen Brunnen treten, besonders wenn der Schlamm nicht vollkommen entfernt wurde, leicht Fäulniserscheinungen auf, die auf das Abwasser einwirken. Verbesserungen in Konstruktion und Betriebsführung sind erstrebenswert, da bisher nur etwa 60% der ungelösten Stoffe durch Sedimentation entfernt werden.

3. Rotierende Schnecken (System Hoffmann). Sie sind für kleine Anlagen und Hauskläranlagen erwähnenswert.

Fettfänge.

Im allgemeinen sind Fettgewinnungsanlagen bei städtischem Mischwasser nicht lohnend. Betriebe, in denen hauptsächlich Fett als Abfallstoff ausgeschieden wird, sollen es, bevor es in die Kanalisation gelangt, durch Fettfänge zurückhalten.

Fällungsbecken.

Die künstliche Ausscheidung der Schwebestoffe durch Chemikalien hat sich bei Abwasser (besonders wegen der Kosten und der großen Vermehrung wasserhaltigen Schlammes) nicht bewährt. Sie ist nur durchführbar, wenn aus gewerblichen Abwässern oder Rückständen Fällungsmittel als Abfallprodukte zu haben sind.

Faulbecken — Faulbrunnen.

Nach dem Grundsatz der modernen Abwasserreinigung: „Abwasser möglichst frisch der biologischen Weiterreinigung (der künstlichen und der natürlichen im Vorfluter)

zuzuführen“, sind Anlagen, in denen das gesamte Abwasser mit suspendiertem Schlamm zur Ausfäulung gebracht wird, ziemlich bedeutungslos geworden.

Brunnen mit getrennter Schlammfäulung.

Man unterscheidet: 1. Brunnen mit darunter gelegenen Faulraum (z. B. Emscher-Brunnen¹⁾ und „OMS“-Brunnen²⁾).

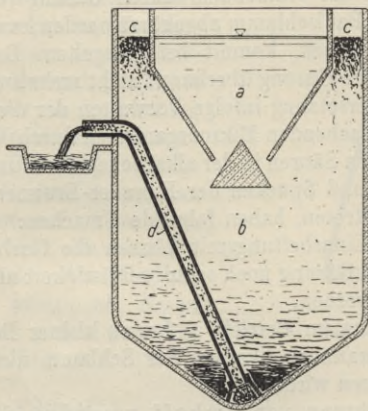


Fig. 2. Emscher-Brunnen.

2. Brunnen mit getrenntem Schlammfäulbehälter (z. B. Kremer-Brunnen³⁾, Neustädter Becken⁴⁾, [Erfurter Trichter] usw.)

¹⁾ Fa. H. Scheven, Düsseldorf.

²⁾ Deutsche Abwasser-Reinigungs-G. m. b. H., Wiesbaden.

³⁾ Kremer-Klär-G. m. b. H., Berlin-Schöneberg.

⁴⁾ Wasser- und Abwasserreinigungs-G. m. b. H., Neustadt a. Hdt.

Bei den Emscher-Brunnen rutscht der Schlamm in den Faulraum. Um zwei Brunnen gleichmäßig mit Schlamm zu belasten, muß die Strömungsrichtung alle paar Wochen umgekehrt werden.

Bei der Schlammfäulung unterscheidet man (vgl. S. 20):

1. Stinkende saure Gärung,
2. Methangärung.

In eingearbeiteten Schlammzersetzungsräumen, die also das Stadium der stinkenden sauren Gärung (das durch Impfung mit Faulschlamm abgekürzt werden kann) bereits überwunden haben, kommt bei geregelterm Betrieb die stinkende saure Gärung überhaupt nicht mehr auf, weil die biologische Zersetzung infolge Vorwalten der die Methangärung verursachenden Mikroorganismen durch Vergärung der organischen Säuren in der alkalischen Richtung erfolgt.

Schäumen und Spucken der Emscher-Brunnen, die gelegentlich auftreten, haben folgende Ursachen:

1. In der Einarbeitungszeit können die Gasblasen die bei der sauren Gärung noch seimige Flüssigkeit nicht rasch genug durchbrechen.

2. Bei normalem Betrieb a) bei zu kleiner Bemessung des Schlammraumes; b) wenn der Schlamm nicht rechtzeitig abgelassen wird.

Die Vorrichtung von Imhoff verhindert das Überschäumen. Ein unter Wasserspiegel eingetauchtes Holzbrett läßt die sich bildenden Gase durchtreten, während die Schwimmschicht unter Wasserspiegel zurückgehalten wird.

Die Einrichtung einer Anlage mit getrenntem Schlammfäulbehälter ist in der Abbildung eines Kremer-Brunnens ersichtlich.

Der Vorteil soll darin liegen, daß der Faulprozeß nicht auf den Absetzraum zurückwirken kann. Nach Bedarf kann der Faul- oder der Klärraum vergrößert werden.

Nach Thumm und Reichle werden Gemeinden, die ihre Kläranlage von Firmen bauen lassen, gut tun, die Anlagen erst nach erfolgter Einarbeitung des Schlammzersetzungsräumens in eigenem Betrieb zu übernehmen.

Nach Imhoff können, wenn es unerwünscht ist, die Bauwerke zu sehr in die Tiefe gehen zu lassen, getrennte Faulbehälter in Verbindung mit zweistöckigen Anlagen (Emscher-Brunnen) von Vorteil sein in dem Sinne, daß der Faulraum in zwei Teile aufgeteilt wird, von denen der eine unter dem Absetzbecken und der zweite als Nachfaulbehälter neben dem Absetzbecken liegt.

c) Filtration durch Schnellfilter.

Da die bisherige mechanische Reinigung durch maschinelle Anlagen und durch Sedimentation die absetzbaren Schwebestoffe nicht vollkommen beseitigt, sind durch Bach (Essen) Versuche mit Schnellfiltration gemacht

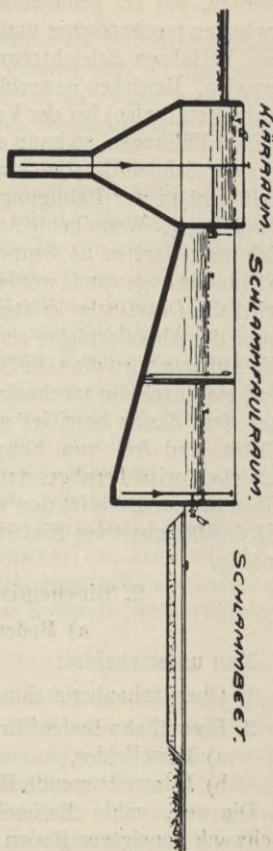


Fig. 3. Kremer-Klärbrunnen mit getrenntem Faulraum.

worden, um bei genügender Vorflut durch ein die Mitte zwischen mechanischer und biologischer Reinigung haltendes Verfahren Erleichterungen der Abwasserreinigung zu erzielen. Bewirken gewerbliche Abwässer (meist durch gelöste Metallsalze) bei der Vermischung mit häuslichem Abwasser Fällungen, so kann eine Ausflockung des Abwassers vor der Schnellfiltration stattfinden. Die Hauptschwierigkeit liegt in der Reinigung des Sandes (der Rückspülung des Filters). Wenn keine Ausflockung vor den Filtern möglich war, darf in 24 Stunden nur eine Filterperiode von 5 Stunden angewandt werden. Nach Abfließen des Filtrates wird die Oberfläche kräftig durchgeharkt und durch Öffnung der Ablaufschieber eine Luftströmung bewirkt. Durch die Lüftung wird die zähe Schmutzschicht so umgewandelt, daß sie durch die mechanische Wirkung der Rückspülung aus dem Sande beseitigt werden kann. Die Abflüsse der Filter sind frei von Schwebestoffen, und die Fäulnisfähigkeit wird herabgesetzt. Eine weitere Behandlung mit Chlorgas zur Desinfektion und weiteren Verminderung der Fäulnisfähigkeit vor Einleitung in den Vorfluter ist zweckmäßig.

2. Biochemische Aufbereitung.

a) Bodenbehandlung.

Man unterscheidet:

1. Oberflächenberieselung (wilde Rieselung),
2. Eigentliche Bodenfiltration,
 - a) Rieselfelder,
 - b) Intermittierende Bodenfiltration.

Die sog. wilde Berieselung findet bei tonigem und schwach geneigtem Boden statt. Ein umfangreiches und billiges Gelände ist erforderlich. Auf 1 ha können nur die Abwässer von ca. 60 Personen gereinigt werden.

Rieselbetrieb.

Steht ein Vorfluter von genügender Selbstreinigungskraft nicht zur Verfügung — müssen also die Abwässer weitgehend gereinigt werden—, so ist, wenn genügende Flächen mit durchlässigem Boden vorhanden sind, die Behandlung durch Rieselfelder anzustreben.

Das natürliche Gelände wird in einzelne Flächen eingeteilt (aptiert), die durch Dämme mit den Zuflußgräben umsäumt werden. Bei Erzeugnissen für die menschliche Ernährung werden Beete eingerichtet; das Abwasser versickert in die Furchen und tritt seitlich in die Beete ein. Bei drainierten Rieselfeldern ist auf 250 Einwohner 1 ha notwendig. Bei guter mechanischer Vorklärung kann das Abwasser von ungefähr 1000 Personen auf 1 ha versickert werden. Rieselfelder bedürfen dauernder sorgfältiger Aufsichtigung, eine Überlastung der Felder ist zu vermeiden. Die Oxydierbarkeit des behandelten Wassers wird um 75 bis 90% und mehr herabgesetzt. Die Keimreduktion ist eine sehr hohe. Vollkommen keimfrei, auch von hygienisch verdächtigen Bakterien, sind die Abflüsse naturgemäß nicht. Eine regelmäßige chemische, bakteriologische und biologische Kontrolle ist notwendig.

Intermittierende Bodenberieselung.

Da auch bei Rieselfeldern eine intermittierende Beschickung notwendig ist, so ist die Bezeichnung Staufilter zutreffender, da die höhere Belastung durch Überstauung erzielt wird. Die notwendige Zeitdauer der Beschickung und der Ruhe kann durch regelmäßige Untersuchung des Ablaufes ermittelt werden. Häufige und kleine Beschickungen und Belüftungsperioden sind zweckmäßig. Es eignen sich besonders durchlässiger reiner Sand und

Kiesboden nach Entfernung der Ackerkrume. Die Belastungsziffern Rieselfelder, Staufilter und biologische Tropfkörper verhalten sich ca. 1 : 10 : 100.

b) Künstliche biologische Reinigung.

Man unterscheidet:

1. Füllkörper, die mit Kies, Schlacke oder Koks gefüllt sind. Das Abwasser wird bis zur Oberfläche der Schlacke aufgestaut, ca. 2 Stunden im Körper gelassen und wieder entleert. Darauf müssen mehrstündige Lüftungspausen eingeschoben werden.

2. Tropfkörper, die mit ziemlich grobem Material (nicht unter 20 mm Korngröße) gefüllt sind. Das Abwasser wird in möglichst feinen Strahlen oder Tropfen auf den Körper gebracht.

Nach den Untersuchungen von D u n b a r beruht die Wirkung der Füllkörper auf Absorption der organischen Stoffe. Je feiner das Korn (2—3 mm), desto größer die Herabsetzung der Oxydierbarkeit. Die Wirkung ist bei Verwendung von Koks größer als bei Kies. D u n b a r führt dies durch Versuche mit durch Nägel versetzten Kies, die eine gleiche Wirkung als die mit Koksstücken hatten, auf einen Eisengehalt zurück, der den Absorptionseffekt verbessert. Die Zersetzung der absorbierten organischen Stoffe erfolgt durch biochemische Wirkung der Organismen. Es muß daher den Füllkörpern eine genügend lange Zeit zur Belüftung, zur Regeneration gelassen werden. Man verwendet häufig auch zwei verschiedene Füllkörper, 1. den primären mit gröberem Korn und 2. einen sekundären mit feinerem Material.

Die Tropfkörper sichern mehr einen kontinuierlichen Betrieb. Meist werden sie während des Tages ständig durch Drehsprenger, Kippröhren usw. beschickt; 1 cbm Material kann 0,7 cbm Trockenwetterabfluß reinigen. Tropfkörper sollen 2—3 m hoch gebaut werden. In den meisten Fällen sind Tropfkörper den Füllkörpern vorzuziehen.

Der Reinigungseffekt ist nicht so gut als bei der Bodenfiltration (vgl. S. 85).

e) Schlammaktivierungsverfahren.

Durch die Zuführung von Luftsauerstoff vermittelt der in Amerika hergestellten, als Luftverteiler verwendeten Filtrosplatten in das in Bewegung gebrachte Abwasser bilden sich voluminöse Flocken, die aus Schwebestoffen und kolloidal gelösten Substanzen bestehen und sich in nachgeschalteten Absetzbecken absetzen. Durch Impfung von abgesetztem Flockenschlamm zu dem durchlüfteten Wasser tritt eine stärkere Ausflockung ein. Das Abwasser wird auf diese Weise fast klar und fäulnisunfähig. Schwierigkeiten bereiten die feine Luftverteilung (da die Luft absolut staubfrei sein muß, um Verstopfungen der Filtrosplatten zu vermeiden) und der stark wasserhaltige Schlamm. Nach Imhoff steht die volumvermindernde Zersetzung des Schlammes auf dem Programm der Abwasserreinigungstechnik.

d) Fischteich-Reinigung.

Nach der ersten Anlage in Straßburg und später bei den Dortmunder Riesefeldern sind Anlagen in Bergedorf, Amberg und bei den Berliner Riesefeldern entstanden. In München wird das mechanisch vorgeklärte Wasser zusammen mit Frischwasser aus dem Werkkanal des Groß-Kraftwerkes Mittlere Isar Fischteichen von 323 ha zugeführt. Die Errichtung weiterer Anlagen ist erstrebenswert.

Schlammabeseitigung.

Die Kalamität einer Abwasserreinigung besteht in der Schlammfrage. Ausführlich ist sie im Taschenbuch für Kanalisations-Ingenieure von Imhoff behandelt. Frischer Schlamm ist grau, stinkt und ist nur mit den größten Schwierigkeiten entwässerbar. Sein Schlammwasser ist trüb und stinkt. Ausgefaulter Schlamm ist schwarz, riecht

teerartig oder nach verbranntem Gummi und ist bei gutem Wetter in einer Schicht von 20 cm in 6 Tagen stichfest. Das Schlammwasser ist klar und ohne unangenehmen Geruch.

Frischer Schlamm ist am besten auf Gelände in dünner Schicht auszubreiten und unterzugraben. Da er schwer zu entwässern ist, kommen Schlammzentrifugen sowie Vakuumtrockner in Frage. Durch die Ausfäulung bekommt der Schlamm eine weitgehende Volumverminderung, trocknet leicht und ist daher zur wirtschaftlichen Verwertung aus praktischen Gründen trotz Verminderung des Stickstoff-Gehaltes vorzuziehen.

Gewerbliche Abwässer.

Die Reinigung der gewerblichen Abwässer, die zu erheblicher Beeinträchtigung von Oberflächenwasseransammlungen und des Grundwassers führen können, bereitet besonders, wenn sie nicht gemeinsam mit häuslichem Abwasser gereinigt werden oder gereinigt werden können, häufig Schwierigkeiten. Die Abwässer enthalten entweder organische und anorganische, teils gelöste, teils ungelöste Substanzen. Über die Reinigung von gewerblichem Abwasser vgl. Wasser und Abwasser in Rubners Handbuch der Hygiene, Leipzig 1911; Pritzkow: Abwasser in Weyls Handbuch der Hygiene, 1911, und Haselhoff: Wasser und Abwässer (mit besonderer Berücksichtigung der Schädigung der Abwässer für die Landwirtschaft), Sammlung Göschen, Berlin 1919.

Große wirtschaftliche Bedeutung besitzen die Kaliabwässer wegen der Versalzung unserer Wasservorräte. Thumm (Berlin)¹⁾ hat hierzu umfassende Arbeiten veröffentlicht.

¹⁾ Mitteilungen aus der Landesanstalt für Wasserhygiene, Berlin-Dahlem.

Wichtig ist ferner die Reinigung von Kokereinebenprodukten-Abwasser, da z. B. Spuren von Phenol genügen, um einem Trinkwasser, das mit Chlor behandelt wird, einen jodoformartigen Geschmack zu verleihen. Über den Nachweis von Phenolen vgl. S. 41.

(Die Emscher-Genossenschaft, Essen, hat Versuche ausgeführt, biologische Körper allmählich nach gehöriger Verdünnung mit häuslichem Abwasser an Phenole zu gewöhnen und die Phenole hierdurch zu beseitigen.)

II. Oberirdische Gewässer-Vorfluter.

Um die Flüsse, Seen und Teiche möglichst rein zu halten, sind die Abwässer so zu reinigen, wie sie der Selbstreinigungskraft des Vorfluters entsprechen. Der Grad der Reinigung der Abwässer ist somit von Fall zu Fall zu bestimmen. Diese zeitgemäße Forderung bürgt gewisse Härten, insofern als z. B. Kommunen und Fabriken, die ungünstig an einem schlechten Vorfluter gelegen sind, erhebliche Unkosten für weitgehende Abwasserreinigung haben. Manche Fabrik wird so in ihrem Konkurrenzkampf sehr benachteiligt.

Kontrolle der Vorfluter.

Da unsere oberirdischen Gewässer trotz weitergehender Industrialisierung möglichst rein bleiben müssen, sind behördliche Untersuchungen und Kontrollen der Vorfluter und geklärten Abwässer durch Flußaufsichtsbeamte zweckmäßig und anzustreben. Unter anderem hat bereits das Amt für Gewässerkunde in Dresden eine Anweisung zur Feststellung der Verschmutzung der fließenden Gewässer durch Abwässer herausgegeben. Es sind festzustellen:

1. Färbung und Trübung des Wassers mit der Sichtscheibe (vgl. S. 67).

2. Der Gehalt an Absiebbarem (Seston) (vgl. S. 68).

3. Veränderung der normalen Pflanzen- und Tierwelt als Folge der mit den Abwässern eingeführten Stoffe.

Die chemische Untersuchung kann sich nach meinen Erfahrungen meist in der Praxis beschränken auf:

1. Sauerstoffbestimmung und daraus berechnetes Sauerstoffdefizit gegenüber den Sättigungswerten an Sauerstoff. Die Sättigungswerte in mg/l sind bei:

0° = 14,57	7° = 12,11	14° = 10,28	21° = 8,91
1° = 14,17	8° = 11,81	15° = 10,07	22° = 8,74
2° = 13,79	9° = 11,53	16° = 9,85	23° = 8,58
3° = 13,43	10° = 11,25	17° = 9,65	24° = 8,42
4° = 13,07	11° = 11,00	18° = 9,45	25° = 8,27
5° = 12,74	12° = 10,75	19° = 9,27	26° = 8,11
6° = 12,41	13° = 10,51	20° = 9,10	27° = 7,95

2. Sauerstoffzehrung. Eine zweite Probe ist nach 48stündiger Bebrütung bei 22° auf ihren Sauerstoffgehalt zu untersuchen, die Differenz ist die Sauerstoffzehrung. Sie gibt einen Gradmesser für die Verunreinigung.

Um einwandfrei chemisch Verunreinigungen festzustellen, empfehle ich das Flußwasser durch ein Kolkwitz-Kupfersieb zu gießen und Filtrat und Siebrückstand getrennt zu untersuchen. Das durchgeseibte Wasser wird zu folgenden Bestimmungen verwandt.

3. Bestimmung der Oxydierbarkeit (Sauerstoffverbrauch) in saurer Lösung mit $\frac{1}{100}$ normal Kaliumpermanganat. Nach 24stündigem Stehen bei Zimmertemperatur Zurücktitration mit Jodkalium und $\frac{1}{100}$ normal Natriumthiosulfatlösung (vgl. S. 26). Die Proben werden zweckmäßig am Ort der Entnahme angesetzt.

4. Bestimmung des Ammoniaks nach Ausfällung mit Soda-Natronlauge, die die färbenden Stoffe zum Teil mit ausfällt (vgl. S. 79). Die Natronlauge wird gleich an Ort und Stelle zugegeben.

5. Bei nicht zu stark gefärbten Wässern Bestimmung des Proteid-Ammoniak nach Winkler (vgl. S. 81).

6. Bestimmung der Reaktion (des Wasserstoffexponenten p_H) in dem Kolorimeter nach Bjerrum-Arrhenius (vgl. S. 76).

7. Feststellung der Lichtbrechung oder des elektrolytischen Leitvermögens (vgl. S. 65—67).

7a. Zur Ergänzung von 7. Bestimmung der Chloride.

8. Bestimmung von Phenolen. 1. (nach Bach). Von 100 ccm Wasser werden unter Zusatz von 5 ccm konz. Schwefelsäure 20 ccm abdestilliert. 10 ccm Destillat werden mit 0,2 ccm Millons Reagenz (1 Teil Quecksilber wird in 1 Teil Salpetersäure vom spez. Gew. 1,4 gelöst und mit 2 Teilen Wasser verdünnt) und 0,1 ccm konz. Salpetersäure erhitzt. Bei Gegenwart von Phenolen gelbrötliche bis rötliche Färbung. Über die weitere kolorimetrische Bestimmung (auch bei größeren Phenolmengen im Abwasser) vgl. Tillmans: Chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser S. 190. 2. (nach Scott). Von 500 ccm Wasser unter Zusatz von 10 ccm Schwefelsäure (1+1) werden 100 ccm abdestilliert, dazu 1 ccm Phenolreagenz (750 ccm Wasser, 10 g Natriumwolframat, 20 g Phosphormolybdänsäure, 50 ccm 85% Phosphorsäure werden zwei Stunden am Rückflußkühler gekocht und nach Erkalten auf 1 l verdünnt) und 5 ccm Sodalösung gegeben. Bei Anwesenheit von mehr als 0,1 mg/l Phenol tritt noch Blaufärbung ein.

Die bakteriologische Untersuchung muß sich erstrecken:

1. Auf Feststellung der Gelatine- und Agarkeimzahl (vgl. S. 69). Zum Ansetzen der Proben werden meist nicht mehr als 0,5 bis 0,01 ccm Wasser in Arbeit genommen.

2. Auf Feststellung der Kolizahl auf Endplatten mit Galle. Es werden 10—0,1 ccm Wasser (kleine Mengen nach Verdünnung mit sterilem Wasser) im Faust-Heimschen Apparat abgeblasen (vgl. S. 70).

3. Feststellung des Kolutiters (vgl. S. 71). Es müssen abfallende Verdünnungen bis 0,00001 angesetzt werden. Die Verdünnungen werden durch Überimpfung von 1 ccm der letzten Mischung auf 9 ccm Nährboden hergestellt.

Neben der Untersuchung des Wassers ist der auf dem Grunde der Gewässer lagernde Schlamm chemisch und biologisch zu untersuchen. Die Untersuchung hat sich nach den örtlichen Verhältnissen zu richten und kann sich auf die für gewerbliche Abwässer charakteristischen Stoffe (Farbstoffe, anorganische und organische Bestandteile) erstrecken.

Bei jeder Vorflutuntersuchung ist auf die Witterungsverhältnisse (Temperatur der Luft und des Wassers, Windstärke und Niederschläge) und auf die Wasserführung (Wasserstand, Wassergeschwindigkeit) vor und während der Probeentnahme Rücksicht zu nehmen.

Sowohl die chemische wie die bakteriologische Untersuchung gibt einen Maßstab für die augenblickliche Beschaffenheit des Vorfluters, während die biologische Untersuchung, besonders auch des Schlammes und des Uferbesatzes, ein Durchschnittsbild von dem Zustande des Flusses ergibt, da sich die Flora und Fauna nicht sofort durch momentane Veränderungen in der Wasserbeschaffenheit umwandelt.

Anforderungen an oberirdische Gewässer.

Dunbar führt aus: „Selbst wenn die Abwässer vor Einleitung z. B. in einen Fluß ausgiebig gereinigt werden, so werden wir diesen, theoretisch genommen, verunreinigen, denn es wird niemand einfallen, eine so weitgehende Reinigung der Abwässer zu fordern, daß diese einem reinen Quellwasser gleichen. Wenn wir aber den Fluß durch Zuleitung von Abwässern nicht in grobsinnlich wahrnehmbarer Weise verändern, so verschmutzen wir ihn nicht. Ein Fluß kann durch Zuleitung von Abwässern in einen Zustand versetzt werden, der nicht die Bezeichnung „Verschmutzung“ verdient, und doch werden wir unter solchen Umständen darauf bestehen müssen, daß sein Wasser nicht ohne weiteres zu Trink- und Haushaltzwecken oder zum Baden gebraucht wird. Der Hygieniker muß dagegen Einspruch erheben, daß öffentliche Badeanstalten an solchen Punkten in Betrieb gegeben werden, wo das Flußwasser Abwässer enthält, die kurz vorher in den Fluß eingeleitet wurden.“ Ein Vorfluter darf sich nicht im typi-

schen Zustände der Bio-Reduktion befinden. Der Sauerstoffgehalt darf also nicht sehr erheblich sinken. Fische¹⁾ können noch bei 2,8 ccm, d. h. ca. einem Drittel der in fließenden Wasser gewöhnlich vorkommenden Sauerstoffmenge, leben. Haselhoff hat eine Tabelle der für die Fische schädlichen Abwasserstoffe zusammengestellt (Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, Bd. 1, S. 630 — vgl. auch Sammlung Göschen Nr. 473).

III. Schwimmbeckenwasser.

Gründe der Reinigung.

1. Nach Seligmann (Berlin) werden Erkrankungen, z. B. speziell Darmerkrankungen, kaum durch das Badewasser verbreitet. Auch parasitäre Hauterkrankungen werden wohl nicht durch das Wasser, sondern durch Kontakt übertragen. Nach dem Schrifttum soll aber eine Augenerkrankung, die den Namen Schwimmbadkonjunktivitis erhalten hat, durch die Schwimmbäder verbreitet werden. Huntemüller sowie Comberg wiesen in den Epithelzellen der erkrankten Konjunktiva „Einschlüsse“, die auch beim Trachom vorkommen, nach. Es wird vorläufig angenommen, daß die Erreger kleine, bis jetzt noch nicht nachweisbare Lebewesen sind. Zur Zeit ist außerdem die Frage offen, ob wirklich das Schwimmbadewasser die schmerzhafteste Erkrankung verbreitet, oder ob die Verbreitung durch Kontaktwirkung (1. durch Personen, 2. durch Sitzbänke usw., 3. durch Badewäsche) erfolgt.

Das Auftreten der infektiösen Konjunktivitis ist augenscheinlich kein gleichmäßiges. In München und Nürnberg

¹⁾ Der Sauerstoffbedarf ist sehr verschieden. Forellen wollen z. B. 5 mg Sauerstoff haben, Karauschen kommen u. U. mit 0,5 mg/l aus.

sind bisher überhaupt keine Fälle vorgekommen; in Berlin sind nach Einführung der Reinigung (besonders durch Chlorwirkung) die Erkrankungen sehr zurückgegangen resp. überhaupt nicht mehr aufgetreten. Das gleiche gilt von Dresden.

2. In der Nachkriegszeit konnten die Schwimmbäder nur offengehalten werden, als durch die Reinigung des Badewassers die Zahl der Neufüllungen, die durch Kohlenverbrauch erhebliche Unkosten verursachen, eingeschränkt werden konnte.

Reinigungsanlagen.

Anordnung einer Reinigungsanlage.

Die Schwimmbadreinigung zerfällt 1. in Filtration, 2. in Desinfektion. Aus dem Becken fließt das Wasser mit

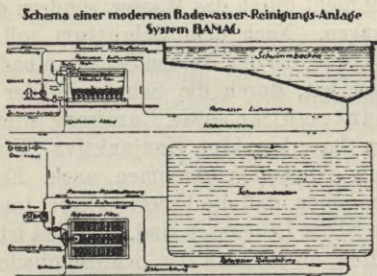


Fig. 4. Schema einer Reinigungsanlage.

natürlichem Gefälle auf Filter (Schnell-Feinkiesfilter mit Rückspülung), das gefilterte Wasser erhält einen Zusatz von Chlorgas resp. von konzentriertem Chlorwasser (vgl. S. 100) und wird dann in die Schwimmbecken zurückgepumpt. Es findet somit ein ständiger Kreislauf statt.

Beschaffenheit des Badewassers.

Die Begriffe klares Wasser und Keimfreiheit decken sich nicht. Nach Nachtigall (Hamburg) bewirkt ein erhöhter Chlorzusatz Trübung des Schwimmbeckenwassers. Das Chlor soll die organischen Stoffe angreifen und zum Teil in kolloidaler Form in Lösung halten, so daß die feine Suspension durch die Filter geht. Es kann somit ein trübes Wasser bakterienfrei sein. Die Trübung wird am besten im Halbschattenphotometer (vgl. S. 65) festgestellt. Die bakteriologischen Prüfungen werden möglichst jeden Tag an während der Badezeit entnommenen Wasserproben ausgeführt. Sie erstrecken sich auf die Feststellung

1. der Gelatinekeimzahl (vgl. S. 41 u. 69),
2. der Agarkeimzahl (der thermophylen Keime, vgl. S. 69),
3. des *Bacterium coli* (vgl. S. 41 u. 69).

Der Nachweis des *Bacterium coli* bietet bei Schwimmbädern einen guten Beurteilungsanhalt, da es zumeist durch die Badenden in das Wasser gelangt.

Außerdem sind möglichst in bestimmten Zeitabschnitten biologische und chemische Untersuchungen des Badewassers auszuführen.

Dosierung des Chlorzusatzes.

Nach Bürger (Berlin) soll das zugeführte Chlor dem Badewasser die Eigenschaften einer dünnen Desinfektionslösung geben. Um Trübung des Wassers zu vermeiden, wird nach meinen Erfahrungen der Chlorzusatz zweckmäßig so eingestellt, daß mit Benzidin-Chlorreagenz (vgl. S. 77) im Ablauf aus den Schwimmbecken vor den Filtern noch Chlor durch schwache, aber deutliche blaugrüne Färbung festzustellen ist. Bei derartiger Chlorgabe ist während des Badens die Gelatinekeimzahl

unter 500 in 1 cm Wasser, die Agarkeimzahl unter 200 in 1 cm und in 25 cm ist meist kein *Bacterium coli* nachweisbar. Ein unangenehmer Geruch nach Chlor ist bei dieser Dosierung im Schwimmbade nicht wahrzunehmen. Statt Chlorgas kann auch Elektrolytchlor oder Caporit (vgl. S. 98) verwandt werden.

Erfordernisse der Anlage.

Der Hauptwert ist auf eine gute Filtration (vgl. S. 88) zu legen. Ich habe mit einer 20—30 cm starken Kies-schicht von 0,5 mm Durchmesser gute Erfolge gehabt. Die Filter müssen so dimensioniert sein, daß mindestens in 10 Stunden der gesamte Schwimmbeckeninhalt einmal umgewälzt wird. Die Anlage ist zweckmäßig auch nachts im Betrieb.

Unbedingt notwendig ist, daß die Flocken, die sich an den toten Ecken des Schwimmbeckens absetzen, durch gutarbeitende Saugapparate jeden Morgen vollkommen entfernt werden. Am besten hat sich eine fahrbare Kreisel-pumpe mit 2 PS-Motor bewährt. Eine leicht hantierbare Aluminiumstange mit breitem Ansatzrohr (wie beim Vakuumsauger) wird vorsichtig an die Flocken gebracht und diese restlos aufgesaugt (Güntzbad Dresden). Meine Erfahrungen in der Behandlung von Schwimmbeckenwasser kann ich zusammenfassen:

1. Der Hauptwert der Reinigung liegt in einer guten Filtration (mit evtl. Belüftung vor dem Filter).
2. Der Zusatz von Desinfektionsmitteln ist so zu bemessen, daß sich mit Benzidin-Reagenz vor dem Filter geringe Mengen noch nachweisen lassen, während nach dem Filter der Nachweis nicht mehr gelingt.
3. Möglichst alle 3—4 Wochen ist eine Frischfüllung vorzunehmen, da sich sonst leicht die Zuckmücke (z. B.

Chironimus thummi), deren rote Larven besonders am Boden der Bassins leben, einnistet.

4. Für eine Behelfschlorung empfiehlt sich die Verwendung von Caporit (vgl. S. 98). Eine geringe Wassertrübung ist dadurch nicht zu vermeiden. Sie ist aber bedeutend geringer als bei Chlorkalk.

5. Auch die Schwimmbecken der Sommerbäder, in denen die Selbstreinigungskraft häufig zu wünschen übrigläßt, sind möglichst regelmäßig auf ihre Beschaffenheit zu kontrollieren (evtl. Behelfschlorung).

(Über Schwimmwasserreinigung haben u. a. die Landesanstalt für Wasserhygiene in Berlin-Dahlem, das Hauptgesundheitsamt Berlin, die hygienischen Institute in Hamburg und Frankfurt a. M. und die Universitäts-Augenklinik in Berlin berichtet.)

IV. Trinkwasser und Brauchwasser.

Wahl des Wassers.

Verwendung des Wassers.

1. Der Mensch braucht in seinem Haushalt zu Ernährungs- und Wirtschaftszwecken eine erhebliche Menge Wasser.

2. Wirtschaftliche Unternehmungen haben zum Teil einen großen Wasserbedarf.

Die moderne Wassertechnik muß bestrebt sein, den Anforderungen, die durch die verschiedenartige Verwendung an die Wasserbeschaffenheit zu stellen sind, gerecht zu werden.

Wasserversorgungsanlagen.

Am 16. Juni 1916 hat der Bundesrat den verbündeten Regierungen Deutschlands als Richtschnur eine „Anleitung

für die Einrichtung, den Betrieb und die Überwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen, welche nicht ausschließlich technischen Zwecken dienen“ empfohlen.

Für ein Gemeinwesen ist nicht selten die Möglichkeit gegeben, sich mit verschiedenen Arten von Trinkwasser (Grundwasser, Flußwasser, Quellwasser oder Talsperrenwasser) zu versorgen. Nach der „Anleitung“ muß eine Gemeinde, die eine zentrale Versorgung einrichtet, zunächst sich die Hauptfragen beantworten: wieviel Wasser ist notwendig? und welche Wässer sind verfügbar? Alsdann sind die örtlichen Verhältnisse und die Beschaffenheit der zur Verfügung stehenden Wässer zu ermitteln.

Bei einer Einzelwasserversorgung sind nicht dieselben hygienischen Mindestforderungen zu stellen wie bei einer zentralen Anlage, da die Infektionsgefahr bei einer zentralen Anlage häufig eine tausendfach größere ist.

Größe des Wasserbedarfes.

Sie ist in den einzelnen Ländern sehr verschieden. Die Lebensgewohnheit der Bevölkerung, Beschaffenheit der wirtschaftlichen Betriebe, Abwasserbeseitigung, Straßenreinigung usw. beeinflussen den Wasserverbrauch. Für deutsche Verhältnisse kann der mittlere Bedarf nach Kopf und Tag bei Abgabe mittels Wassermessers angenommen werden:

für Großstädte über 100000 Einwohner	. zu 100 bis 130 l
für mittlere und größere Städte (50000 Einwohner und darüber) „ 80 „ 110 l
für kleinere und mittlere Städte (bis 50000 Einwohner). „ 60 „ 90 l
und für ländliche Versorgungen mit vorwiegend dörflicher Bebauung „ 40 „ 60 l

Der Wasserverbrauch unterliegt Schwankungen, die sowohl während eines Tages und einer Woche, als auch im Laufe des Jahres auftreten.

Ein Wasserwerk muß auf den Maximalstundenverbrauch einschließlich seines Rohrnetzes eingerichtet sein und muß mindestens in der Stunde $\frac{1}{11}$ des mittleren Tageswasserverbrauches mit Sicherheit zur Verfügung haben. Die voraussichtliche Bevölkerungszunahme ist ebenfalls zu berücksichtigen. Ein Wasserwerk wird gewöhnlich auf mindestens 10 Jahre voraus veranschlagt.

Wenn E die Bevölkerungsziffer nach n Jahren, g die derzeitige Bevölkerungsziffer und p der bisher jährlich beobachtete Bevölkerungszuwachs in Prozenten ist, so beträgt die Bevölkerungsziffer nach dem gewählten Zeitraum

$$E = g \left(1 + \frac{p}{100} \right)^n.$$

Gewinnung des Wassers.

Es kann gewonnen werden:

1. durch Fassung von Quellen,
2. durch eigentliche Grundwasserfassungen,
3. durch Entnahme aus oberirdischen Wasserläufen, Seen und Talsperren.

In Deutschland gilt als erstrebenswert nach Möglichkeit eine Versorgung mit Grundwasser zu wählen, da dieses hygienisch am unbedenklichsten ist. Die chemische Behandlung des geförderten Rohwassers (z. B. Enteisung, Entmanganung usw.) ist bei Grundwasser öfter notwendig als bei Oberflächenwasser. Oberflächenwasser muß dagegen häufig geschönt (geklärt) und in vielen Fällen entkeimt werden. Die Not der Zeit wird uns oft dazu zwingen, nicht nur typisches Grundwasser zu wählen, sondern auch mehr wie bisher Oberflächenwasser heranzuziehen.

1. Quellwasser.

Begriffsbestimmungen (nach Keilhack). Man unterscheidet absteigende und aufsteigende Quellen. Bei den ersteren bewegt sich das Wasser vom Nährgebiete zum Quellorte von oben nach unten, und zwar meist als luftbedecktes gewöhnliches Grundwasser. Bei letzteren ist die Bewegung eine umgekehrte und beruht entweder auf hydrostatischen Druck oder auf Gasauftrieb, hauptsächlich artesischen Wassers.

Fassung der Quellen. Je genauer die Entstehung einer Quelle bekannt ist, um so sicherer kann die Beurteilung und die Fassung erfolgen. Es muß nicht nur das Niederschlagsgebiet erkundet werden, sondern auch die Beschaffenheit des geologischen Speisungsgebietes. Für die Untersuchung der Wasserbeschaffenheit muß bis mindestens 3 m Tiefe die Austrittsstelle freigelegt (geschürft) werden. Um sie gegen äußere Verunreinigungen zu schützen, wird die Quelle provisorisch gefaßt und während eines Jahres die Ergiebigkeit und die Wasserbeschaffenheit besonders nach Schneeschmelzen und erheblichen Niederschlägen geprüft. Es dürfen keine Trübungen und Verschlechterungen in der bakteriologischen Beschaffenheit, sowie erhebliche Temperaturschwankungen eintreten.

Zur Herstellung der definitiven Fassung ist ein Nachgraben auf die wasserundurchlässige Schicht notwendig, damit sie in mindestens 3—4 m Tiefe gefaßt werden kann. Durch geschlitzte oder gelochte Rohre ist das Quellwasser zu fassen und durch ein Sammelrohr der Brunnenstube zuzuführen, die wasserdicht mit Zementmörtel gemauert ist und vorteilhaft aus zwei Abteilungen besteht. Die erste dient als Sandfang und hat einen durch Schieber verschließbaren Leerlauf und einen Überlauf. Durch den Überlauf gelangt das Wasser in die zweite Kammer und

von da in das Rohrnetz. Die Fassung ist gegen äußere Verunreinigungen durch Schachtdeckel usw. gut abzudichten.

2. Grundwasser.

Begriffsbestimmungen (nach Keilhack). Eine unterirdische wasserundurchlässige Schicht, z. B. Ton oder Mergel, die sich der weiteren Bewegung des Grundwassers entweder von oben nach unten oder in seitlicher Richtung entgegensetzt, ist der Grundwasserstauer. Die Bodenschicht, die flüssiges Wasser enthält, heißt der Grundwasserträger. Liegen mehrere Grundwasserträger durch dazwischen gelagerte Grundwasserstauer übereinander, so spricht man von Wasserstockwerken. Wird der Grundwasserträger durch Brunnen oder Bohrungen aufgeschlossen, so wird er Grundwasserhorizont genannt. Die Oberfläche des flüssigen Wassers unter der Erdoberfläche nennt man den Grundwasserspiegel.

Haushalt des Grundwassers. Er setzt sich nach Keilhack in Einnahme und Ausgabe zusammen.

A. Einnahme.

1. Durch Versickerung der atmosphärischen Niederschläge im Boden;

2. Durch Kondensation von Wasserdämpfen aus der unterirdischen Atmosphäre;

3. Durch Wasser, das zum ersten Male in den Kreislauf des Wassers eintritt und aus großen Tiefen durch Entgasung durchwässerter, glühender, flüssiger Massen frei wird (juveniles Wasser).

B. Verlust (Ausgabe).

1. Abfluß aus Quellen. Diese Wassermengen sind entweder gleichbleibend oder stehen in Abhängigkeit von Jahreszeiten (meteorologischen Einflüssen);

2. Die Grundwasserströme treten an offen fließendes Wasser und vereinigen sich mit dem Flusse;
3. Wasserverbrauch der Vegetation (durch Wurzeln);
4. Verdunstung der Oberfläche des Grundwassers in durchlässigen Bildungen;
5. Durch chemische Prozesse im Boden;
6. Entzug von Wassermengen durch den Menschen.

Aufnahme von Stoffen aus dem Boden (nach Keilhack). Durch den Zersetzungsprozeß der in oberflächlichen Bodenschichten enthaltenen Vegetabilien nimmt das Wasser reichlich Kohlensäure, daneben unter Umständen auch humussaure Verbindungen, Ammoniumsalze usw. auf. Ein derartiges Bodenwasser wirkt namentlich auf kalkhaltige Steine lösend und zersetzend ein. Der Verlauf des chemischen Prozesses, dem die einzelnen Gesteinsbestandteile unter der Wirkung der Niederschläge bzw. des Grundwassers unterworfen sind, kann sein:

1. Neubildung chemisch inaktiver Zersetzungsprodukte (einfache chemische Verwitterung);
2. Neubildung von Zersetzungsprodukten, die ihrerseits eine weitere Zerstörung des Gesteins bewirken (komplizierte chemische Verwitterung).

Bewegung des Grundwassers. Das Grundwasser bewegt sich gemäß dem Gefälle und der Bodenbeschaffenheit vorwärts (Grundwasserstrom). Ein Grundwasserbecken bildet sich bei wagerechter undurchlässiger Schicht.

Die meist geringe Geschwindigkeit des Grundwassers wird in der Weise festgestellt, daß zwei Bohrlöcher in die Richtung des Grundwassergefälles niedergebracht werden und in das obere eine Salzlösung gegossen wird. Es wird dann die Zeit bestimmt, in welcher entweder chemisch oder durch Bestimmung der elektroytischen Leitfähigkeit die Salzlösung bis zu dem anderen Bohrloch gelangt. Die Fehlerquellen sind jedoch durch Absorption des Bodens und durch Lösung von Bodenbestandteilen sehr

große. Man kann auch Farbstoffe, z. B. das wegen seiner geringen Absorbierbarkeit empfohlene Uranin, das ich häufig mit Erfolg gebraucht habe, verwenden.

Ergiebigkeit des Grundwassers. Sie kann durch zwei Gesetze¹⁾, welche die Theorie der Grundwasserberechnung rechnerisch zu erfassen suchen, bestimmt werden:

1. nach Darcy²⁾, 2. nach Smreker.

Wenn die Voraussetzungen für die rechnerische Ermittlung der Ergiebigkeit des Grundwasserträgers zu wenig erfüllt sind, bleibt nichts übrig, als sie durch Pumpversuche festzustellen. Wird der Pumpversuch mit der ganzen Bedarfsmenge ausgeführt, so fällt jede Berechnung fort. War bei dem Pumpversuche der Beharrungszustand kein vollständiger, so schreitet bei ständiger gleichbleibender Entnahme die Senkung des Wasserspiegels weiter, der Absenkungstrichter dehnt sich immer mehr aus. Unterhalb des Brunnens tritt eine Verflachung des Spiegels ein. Landwirtschaft und andere Wasserversorgungen können dadurch gefährdet werden, auch treten häufig chemische Umsetzungen im Boden (Vermehrung des Eisen- und Mangangehaltes) auf.

Uferfiltriertes Grundwasser. Befinden sich die Brunnen in der Nähe eines Gewässers, z. B. eines Flusses, so sind nach Spitta und Reichle die Unterschiede zwischen uferfiltriertem und echtem Grundwasser folgende:

- | | |
|---|---|
| 1. Uferfiltriertes Grundwasser. | 2. Echtes Grundwasser. |
| 1. Der Grundwasserspiegel fällt vom Fluß nach dem Brunnen ab. | 1. Der Grundwasserspiegel fällt zum Flusse hin. |

¹⁾ Vgl. Prinz, E., Handbuch d. Hydrologie, Berlin 1919 und Heilmann, A., in M. Förster, Taschenbuch f. Bauingenieure, Berlin 1921.

²⁾ $Q = k \cdot i \cdot f$ (Q bedeutet Ergiebigkeit des Grundwasserstromes, i — sein natürliches Gefälle, f — die von ihm benutzte Durchflußfläche senkrecht zur Strömungsrichtung, k — der Durchlässigkeitsbeiwert des Untergrundes).

- | | |
|---|---|
| <p>2. Er steigt und fällt mit dem Flußwasserspiegel.</p> <p>3. Trotz gleicher Entnahme wechselt die Absenkung. Sie ist am größten, wenn das Flußbett bei langem Niederwasser am stärksten verschlammte ist, am kleinsten, nach einem die Verschlammlung fortspülenden Hochwasser.</p> <p>4. Die höchste und niedrigste Temperatur liegt je nach dem Aufenthalt des Wassers im Boden eine Reihe von Graden (etwa 10°) auseinander.</p> <p>5. Nach der Entfernung der Brunnen vom Fluß ist die Temperatur des Wassers der einzelnen Brunnen verschieden.</p> <p>6. Die Keimzahlen sind bisweilen (Hochwasser) hohe und schwankende.</p> <p>7. Die chemische Beschaffenheit wechselt mit dem Flußwasser in einem der Aufenthaltsdauer und Vermischung des Wassers im Boden entsprechend gemilderten Grade.</p> | <p>2. Er schwankt wenig und zeigt im Jahre einen höchsten und tiefsten Stand mit Übergang.</p> <p>3. Das Maß der durchschnittlichen Absenkung ist praktisch gleichbleibend.</p> <p>4. Die Temp. schwankt nicht oder nur wenig (1—2°).</p> <p>5. Die Temperatur ist in allen Brunnen praktisch dieselbe.</p> <p>6. Die Keimzahlen sind relativ gering und gleichmäßig.</p> <p>7. Die chemische Beschaffenheit wechselt nicht oder wenig bei allmählichem Übergang.</p> |
|---|---|

Fassung des Grundwassers. Die Wassergewinnung kann geschehen:

1. durch Sickerrohanlagen (Sammelgalerien),
2. durch Schachtbrunnen (Kesselbrunnen),
3. durch Rohrbrunnen.

Aus hygienischen Gründen soll Grundwasser, wenn möglich nur tieferen, nicht weniger als 3—4 m unter der Erdoberfläche liegenden Bodenschichten entnommen werden.

Über Schutzgebiete usw. vgl. die „Anleitung für die Einrichtung usw. von Wasserversorgungsanlagen“.

Bei den Sickerrohranlagen werden die Sammelkanäle, zu denen als einfachste Form auch die Dränröhren gehören, in größeren Abmessungen entweder aus Gußeisen oder aus glasiertem Ton oder Zementbeton hergestellt. Auf die Sohle der Kieslagen werden die gelochten Röhren gelegt. Die Sammelleitungen werden mit einem filterartigen Mantel umhüllt.

Schachtbrunnen müssen nach der zu entnehmenden Wassermenge bemessen werden. Die lichte Weite ist meist nicht kleiner als 1,5 m. Die Brunnen können aus Mauerwerk, Zementringen, Eisenbeton oder Eisen bestehen. Es muß dafür Sorge getragen werden, daß die Abdichtung des oberen Brunnenmantels unter der Erdoberfläche eine gute ist, so daß das Eindringen von Oberflächenwasser ausgeschlossen ist.

Rohrbrunnen sind in hygienischer Hinsicht am vollkommensten, da die Verunreinigungsmöglichkeit gering ist. Das Mantelrohr dient zur Aussteifung der Baugrube. In dieses wird das eigentliche Brunnenrohr, das unten Eintrittsöffnungen besitzt, eingestellt. Es sind Rohrbrunnen ohne und mit Gewebeumhüllung und meist solche mit Kiesumschüttung¹⁾ zu unterscheiden.

Häufig wird ein Nachlassen der Ergiebigkeit bemerkt, das entweder durch eingespülten Sand usw. oder Verstopfen durch ausgeschiedenes Eisen oder Mangan bewirkt sein kann. Eisenabscheidungen usw. können durch vorsichtiges Spülen mit verdünnter Salzsäure entfernt werden.

¹⁾ Z. B. Systeme Reuther G. m. b. H., Mannheim; Borrmann, Dresden u. a.

Für Brunnenbauer werden von Zeit zu Zeit theoretische Kurse, z. B. durch die Landesanstalt für Wasserhygiene

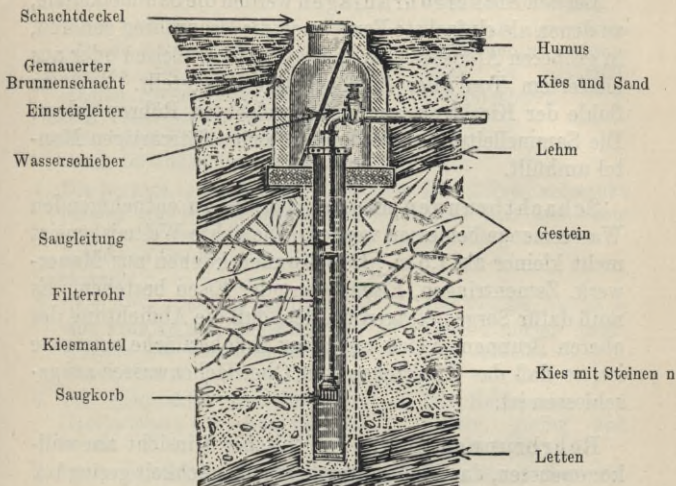


Fig. 5. Rohrbrunnen.

in Berlin, die Landesstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden u. a. abgehalten.

3. Oberirdische Wasserläufe, Seen und Talsperren.

Flußwasser. Die Wasserbeschaffenheit hängt wesentlich von der Wasserführung der Flüsse ab, die durch das Sammelgebiet, die Niederschlagsverhältnisse, die Bodenart, durch Temperatur, Jahreszeit und Wasserwirtschaft beeinflusst wird. Außerdem wird die normale Zusammensetzung eines Flußwassers durch das Einleiten städtischer,

industrieller oder landwirtschaftlicher Abwässer verändert (vgl. S. 39). Mit der Entwicklung der Hygiene haben die Flußwasserversorgungsanlagen zahlenmäßig sehr abgenommen. Bei weiterer Vervollkommnung der Wasserreinigungsverfahren kann die Wassergewinnung aus Flüssen wieder größere Bedeutung gewinnen. Die in fließendem Wasser sich abspielenden Selbstreinigungsprozesse genügen aber meist nicht, um das Wasser in hygienischer Hinsicht unschädlich zu machen. Die Schöpfstelle ist möglichst oberhalb der Mündung von Abwasserkanälen von Städten oder Fabriken zu legen. Störungen treten besonders durch Grundeis ein. Die Eintrittsöffnungen der Saugkammer sind daher möglichst weitlumig zu machen, um die Geschwindigkeit zu verringern.

Seewasser. Ein See ist eine in eine Vertiefung des Bodens allseitig geschlossene mit dem Meer nicht unmittelbar verbundene ruhende Wassermasse. Die Selbstreinigung verläuft bei nicht zu starker Verunreinigung intensiver. Es sind festzustellen:

1. Keimgehalt des Wassers,
2. Gehalt an Plankton,
3. Strömung und Wellenbewegung in verschiedenen Tiefen,
4. Temperatur in verschiedenen Tiefen.

Bei Seen mit flachem Ufer muß die Wasserentnahme weit vom Uferrand erfolgen. Die Entnahme darf wegen der Ablagerung von Schlamm und abgestorbenen Pflanzenresten nicht in zu großer Nähe des Grundes erfolgen.

Durch Siebe und Gitter werden größere Fremdstoffe zurückgehalten.

Talsperrenwasser. Durch die künstliche Stauung unterscheidet sich das Talsperrenwasser wesentlich vom

Fluß- und Seewasser. Bei dem Bau einer Talsperre werden Bäume, Pflanzen und obere Humusschichten der Staufläche entfernt. Die Güte des Talsperrenwassers wird bedingt durch die Reinheit der Zuflüsse und die Verbesserung, die es in der Sperre erfährt. In größerer Tiefe (von 10 m ab) ist die Temperatur eine ziemlich gleichbleibende. Der Stauraum ist sowohl der Größe des Bedarfes, als auch der zufließenden Wassermenge anzupassen. Talsperrenwasserversorgung erfolgt ganz oder teilweise in Barmen, Chemnitz, Königsberg, Plauen, Nordhausen, Gotha, Solingen, Remscheid, Lennep, Haspe, Elberfeld (z. T. Stuttgart, Dresden). Für die Beurteilung der Talsperren können diese (nach Schreiber) in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. mit völlig unbesiedeltem Niederschlagsgebiet;
2. Niederschlagsgebiet zwar bewohnt, die Zuflüsse werden jedoch ausreichend vorgereinigt;
3. Talsperren, deren Wasser als verunreinigt anzusehen ist und die einer Filtration und Desinfektion bedürfen.

Wasserförderung und Wasserleitung.

Man unterscheidet:

1. Leitungen mit natürlichem Gefälle,
2. künstliche Hebung des Wassers.

Bei Saugleitungen ist die höchst zulässige Saughöhe 6,0—8,0 m, verringert um den Reibungsverlust im Saugrohr und in den Ventilen. Die mittlere Geschwindigkeit soll nicht mehr als 0,5 m/Sek., die größte nicht mehr als 0,8 m/Sek. sein. Die Luft einer Saugleitung muß ständig abgesaugt werden, da sie durch undichte Muffen usw. wieder ergänzt wird. Länger als Saugleitungen können Heberleitungen sein. Die Maschinenflur des Pumpwerkes ist am besten mit einer wasserundurchlässigen Sohle und Seitenwänden bis zum höchsten Wasserstande umschlossen.

Die Hochbehälter sollen zwischen der wechselnden Entnahme und der mehr oder weniger beständigen Wasserzuführung ausgleichen und eine gewisse Wasserreserve bilden. Bei gebirgigem Terrain wählt man am besten Erdbehälter, bei ebenem Gelände Wassertürme.

In den Straßenzügen kann die Wasserverteilung nach dem Verästelungs- oder nach dem Zirkulationssystem erfolgen.

Wassermessung.

1918 betrug z. B. in Frankfurt a. M. der tägliche Wasserverlust rd. 50% des mittleren Gesamtverbrauches. Davon entfielen 29% auf Undichtigkeit in den Häusern, 4% auf Undichtigkeiten des Rohrnetzes und der Anschlußleitungen und 17% auf Vergeudung. In Dresden betragen die Wasserverluste während des Krieges 30%. 1921 war es gelungen, die Verluste auf 20% zurückzudrängen. „Messen heißt daher Sparen.“ Man unterscheidet unbewegte und bewegte Wassermesser.

Zu den unbewegten Wassermessern gehören die Venturimesser.

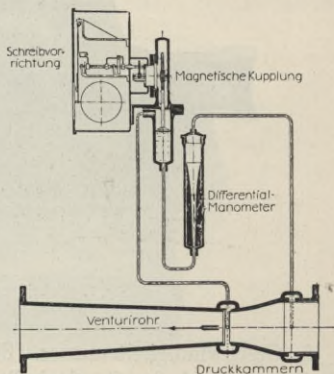


Fig. 6. Venturimesser.

Wird der Querschnitt einer Rohrleitung verengt, so nimmt nach Venturi der Leitungsdruck des durchströmenden Stoffes an der Einschnürungsstelle ab, da sich ein Teil der ursprünglichen

Druckhöhe in Geschwindigkeitshöhe umsetzt. Das zwischen Einlauf und Einschnürung' entstehende Druckgefälle ist ein Maßstab für die Durchflußmenge und wird für die Anzeige bez. Registrierung nutzbar gemacht.

Zu den bewegten Wassermessern gehören u. a.

1. Volumwassermesser (Scheibenwassermesser). Sie stellen den Verbrauch nach dem Raumgehalt der Durchflußmenge fest¹⁾.

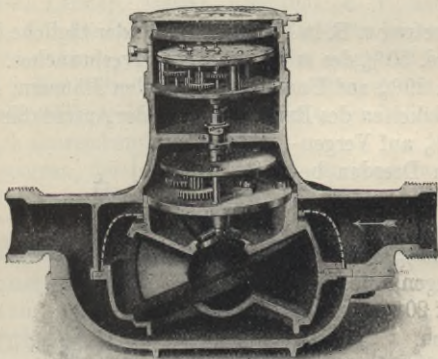


Fig. 7. Scheibenmesser.

2. Geschwindigkeitsmesser. Sie bestimmen die Durchflußmenge nach der Geschwindigkeit, mit der das Wasser den Messer durchfließt.

¹⁾ Siemens & Halske, Berlin-Siemensstadt.

a) Flügelradwassermesser,

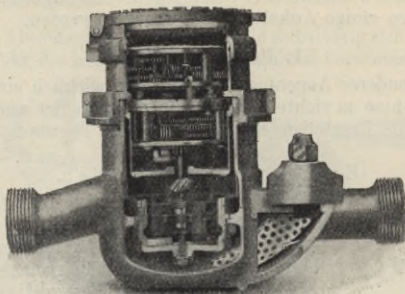


Fig. 8. Flügelradmesser.

b) Woltmannwassermesser.

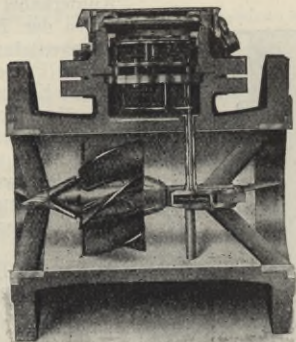


Fig. 9. Woltmannmesser.

Wasseruntersuchung.

Die chemischen, biologischen und bakteriologischen Untersuchungsmethoden sind eingehend in dem Buche: Ohlmüller

& Spitta: Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers (Berlin 1921) beschrieben. Als Ergänzung für die Praxis sollen einige Anhaltspunkte gegeben werden.

1. Probeentnahme.

Ein besonderes Augenmerk ist auf eine wirklich einwandfreie Probeentnahme zu richten. Durch Entnahmefehler werden leicht unzutreffende Ergebnisse erzielt und falsche Begutachtungen abgegeben.

Entnahme aus Brunnen.

Für die Entnahme zur bakteriologischen Untersuchung sind Abschlagröhrchen nach Sclavo-Czaplewski im Gebrauch.

Sie sind besonders bei Entnahme von größeren Wasserproben kostspielig. Ich habe kleine sich selbst füllende Entnahmeflaschen konstruiert, die in Messingbüchsen mit drehbarer Spule und Kupferkabel (zum Herunterlassen der Flaschen in den Brunnen) sterilisierbar sind¹⁾.

Die Proben zur chemischen Untersuchung werden in ähnlicher Weise entnommen. Zwei Flaschen werden in Messinghaltern zur Beschwerung befestigt und mit einem sogenannten Tauchstopfen (ein Stopfen durch den zwei möglichst weitlumige Rohre, ein längeres — zum Eintritt des Wassers — und ein kürzeres — für den Austritt der Luft — geführt sind) versehen.

Für die gleichzeitige Entnahme von Proben zur bakteriologischen und che-

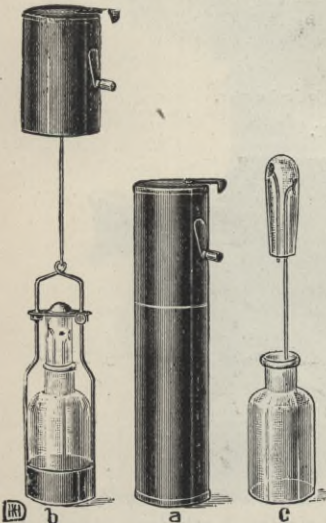


Fig. 10. Apparat zur Probenentnahme für bakt. Untersuchungen.

¹⁾ Fa. Hugo Keyl, Dresden.

mischen Untersuchung und zur Bestimmung des Sauerstoffes sind die Wasserentnahmeapparate nach Spitta-Imhoff zu benutzen.

Statt der Abschlagröhrchen können die selbsttätig sich füllenden Fläschchen für die bakteriologische Entnahme verwendet werden.

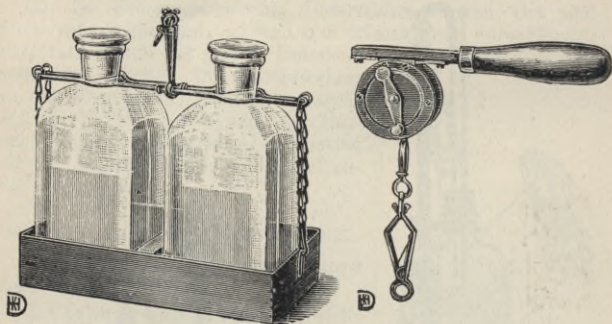


Fig. 10a. Apparat zur Probenentnahme für chemische Untersuchungen.

Bei keiner Probeentnahme darf die Feststellung der Temperatur verabsäumt werden. Bei Entnahme aus Brunnen wird zweckmäßig das Durchflußthermometer nach Thumm¹⁾ benutzt. Wenn zugänglich, ist die Entnahme aus Brunnen zu vermeiden und möglichst zur Untersuchung, das durch die Pumpe geförderte Wasser (die Entnahme muß Gasverluste aus dem Wasser vermeiden) zu verwenden.

Entnahme aus Druckleitungen.

Vor der Probeentnahme für die bakteriologische Untersuchung werden die Zapfhähne gut abgeflammt und ca. 20 Min. laufen gelassen. Die chemische Probeentnahme erfolgt mittels Gummischlauches und Glasrohres, damit die Flaschen vom Flaschenboden auf ohne Gasverluste gefüllt werden können²⁾. Bei häufiger Probeentnahme ist ein Kupferrohr luftdicht an einen Hahn anzuschrauben, während ein zweiter, der ständig läuft, der bakteriologischen Entnahme dient.

¹⁾ Fa. Paul Altmann, Berlin NW.

²⁾ Nach längerem Überlaufenlassen ist der Glasstopfen auf die volle Flasche ohne Bildung einer Luftblase zu setzen.

Entnahme aus Heber- und Saugleitungen.

Steht Druckwasser zur Verfügung, so wird mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe fortlaufend durch ein zylinderförmiges Gefäß Wasser aus der Heberleitung gesaugt. Durch Umstellung von

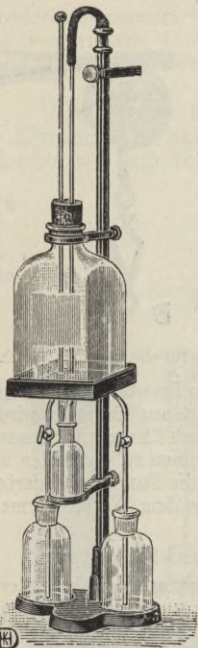


Fig. 11. Wasserentnahmeapparat
(nach Spitta-Imhoff).

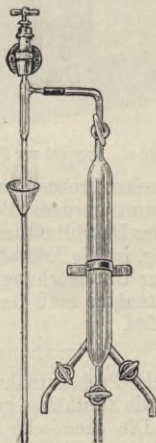


Fig. 12. Entnahmeapparat aus
Heberleitungen.

Hähnen kann das in dem Zylinder enthaltene Wasser in Probeentnahmeflaschen abfließen.

Fehlt Druckwasser, so wird ein anderer Apparat verwendet. Auf Grund des Gesetzes der kommunizierenden Röhren läuft ein Gefäß, das mit der Heberleitung verbunden ist, voll und kann

nach Umstellung der beiden Drei-Wegehähne zum Leerlauf gebracht werden. Wegen des ständigen Wasserdurchflusses verdient die abgebildete Form den Vorzug.

2. Untersuchung.

Da die Fehlerquellen bei Untersuchungen an Ort und Stelle sehr große sind, so sind nur orientierende Vorprüfungen auszuführen und die genaue Untersuchung der sachgemäß entnommenen Proben im Laboratorium vorzunehmen und dafür Sorge zu tragen, daß die Proben gleich nach der Entnahme dorthin gelangen. Die Zusätze für die Sauerstoffbestimmung sind zuvor zuzugeben.

a) Physikalische Untersuchung.

1. Feststellung der Wasser- und Lufttemperatur.

2. Färbung und Trübung. Auf die Anregung des Verfassers hat die Deutsche Werkstelle für Farbkunde, Dresden¹⁾, ein Halbschattenphotometer konstruiert.

Die Bestimmung der Färbung kann durch Farbblättchen, die nach der Ostwaldschen Farbenlehre bezeichnet sind, geschehen.

Die Feststellung der Trübung erfolgt gegen das von Ostwald angegebene Normalweiß. Als Vergleichsflüssigkeit dient eine 30 cm hohe Schicht von destilliertem Wasser. Bei gefärbten Wässern sind Farbfilter vorzuschieben. Entsprechend der Verstellung der Lichtzufuhr bei der Vergleichslösung, die der verminderten Lichtdurchlässigkeit der trüben Flüssigkeit entspricht, kann auf einer Skala (von 0—100 eingeteilt) direkt der Trübungsgrad abgelesen werden.

3. Die Lichtbrechung. Die Lichtbrechung gibt die Summe der gelösten Stoffe an. Sie wird beeinflußt von gelösten Salzen und kolloidal gelösten Stoffen. Von gelösten Gasen wird sie nur ganz unerheblich erniedrigt. Die verschiedenen Salze brechen das Licht verschieden. Die Kationen lassen sich nach

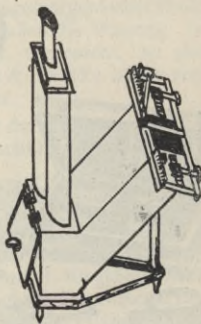


Fig. 13. Halbschattenphotometer (Trübungsmesser).

¹⁾ Durch die Fa. Georg Rosenmüller, Dresden-N.
Olszewski, Technologie des Wassers.

ihrer steigenden Lichtbrechung ordnen: K' , Na' , Ca'' , Mg'' und die Anionen NO_3' , HCO_3' , SO_4'' , Cl' . Die Lichtbrechung dient vor allen Dingen zur Feststellung der natürlichen Schwankungen in der Wasserbeschaffenheit. Die chemische Untersuchung gibt dann ein klares Bild der Veränderung. In vielen Fällen kann

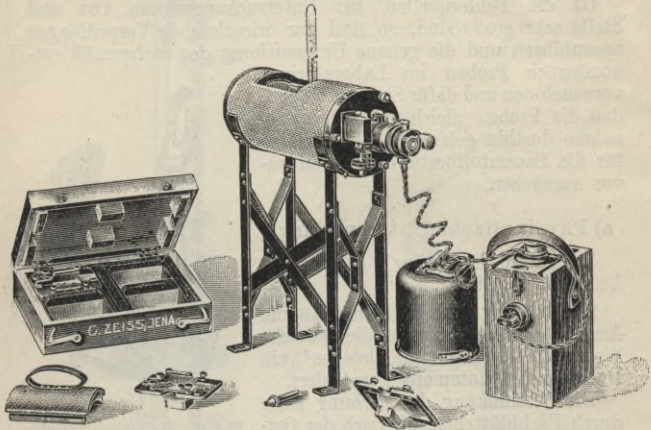


Fig. 14. Interferometer

die Lichtbrechung die umständliche Bestimmung des Abdampfrückstandes ersetzen. Die Feststellung der Lichtbrechung erfolgt im Interferometer von Löwe¹⁾.

Das Prinzip des Apparates beruht auf der optischen Messung der Differenz in den Beugungserscheinungen der Untersuchungsprobe und des destillierten Wassers. Beide Wasserproben werden in eine Doppelkammer (ich habe mir für Wasseruntersuchung eine besonders lange — 8 cm — Kammer anfertigen lassen) gebracht, die in einen Behälter mit Temperierwasser (ebenfalls destilliertes Wasser) gesetzt wird. Die Einhaltung einer bestimmten Temperatur ist für die Untersuchung nicht erforderlich. Es muß auf die gleiche Interferenz wie bei der Nullpunktbestimmung (beide

¹⁾ Fa. Carl Zeiss, Jena.

Kammern mit destilliertem Wasser gefüllt) eingestellt werden. Die Ablesung erfolgt in Trommelteilen.

Die Apparate können auch mit einer 0,01%igen Natriumchloridlösung geeicht werden.

4. Bestimmung der elektrolytischen Leitfähigkeit. Während die Lichtbrechung auch durch gelöste Kolloide beeinflusst wird, ergibt die Widerstandsmessung besonders die Summe der gelösten Ionen, da sie im allgemeinen ein besseres Leitungsvermögen als die Lösungen organischer Stoffe haben. Temperatur und Gasgehalt beeinflussen die Messung. Da 0,1° Temperaturunterschied 0,2% Fehler verursacht, so sind Korrektortabellen notwendig. Siemens & Halske haben neue brauchbare Eintauchelektroden konstruiert.

Wegen Nichtbeeinflussung der Messung durch Temperatur und Gase halte ich in der Praxis die Lichtbrechungsbestimmung für vorteilhafter.

b) Biologische Untersuchung.

Wertvolle Anhaltspunkte für eine Wasserbeurteilung kann die Flora und Fauna eines Wassers (vgl. S. 21 und S. 40) geben. Einen Anhalt für die Beurteilung gibt das ökologische Saprobiensystem von Kolkwitz und Marsson (vgl. Kolkwitz: Pflanzenphysiologie, Berlin 1922, und Ohlmüller & Spitta).

Chlorophyllführende Algenzellen zeigen z. B. an, daß eine Quelle Verbindungen mit Oberflächenwasser hat. Poly- und Mesosaprobien sind Anzeichen für stattgefundene Verunreinigungen. In Salzwasser lebende Organismen beweisen eine vorgefallene Verzalzung.

Einen gewissen Anhaltspunkt gibt für die Praxis bereits die Feststellung des durch ein Kolkwitz-Kupfersieb gewonnenen Siebrückstandes.

Fickert (Dresden) hat eine kleine tragbare Apparatur¹⁾ zusammengestellt, in der Schöpfgefäß, Kupfersieb, Planktongläser und Sichtscheibe in handlicher Form vereinigt ist.

Nach Kolkwitz ist Trinkwasser gut geklärt, wenn es in 1 cbm weniger als 1 ccm Seston (= Plankton + organischen Detritus) enthält. Der Filtrationserfolg kann durch Sieben von 50 l Rein-

¹⁾ Fa. Hugo Keyl, Dresden-A.

wasser festgestellt werden. Das Seston wird quantitativ in ein konisches Planktonröhrchen (s. Abb.) zum Absetzen gebracht und der Bodensatz in Kubikzentimeter abgelesen.

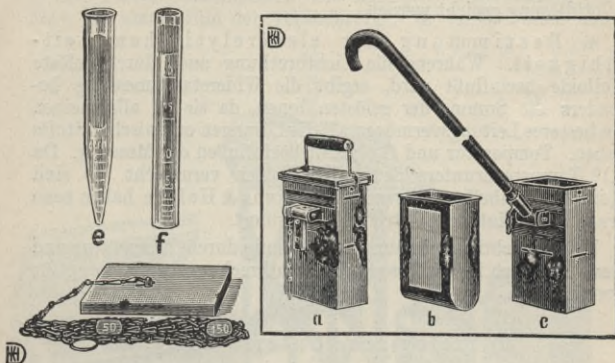


Fig. 15. Planktonsieb und Sichtscheibe.

Art des Wassers	in 50 l Wasser höchstens	also berechnet auf 1 cbm	Verhältnis
Trinkwasser .	0,05 ccm	höchstens 1 ccm	1: 1 000 000
Klare Seen .	etwa 0,1 „	etwa 2 „	1: 500 000
Flüsse	„ 1,0 „	„ 20 „	1: 50 000
„ . . bis	„ 4,0 „	„ 80 „	1: 12 000

Der Rückstand im Planktonglas wird dann mikroskopisch untersucht.

c) Bakteriologische Untersuchung.

Einrichtung eines bakteriologischen Wasser-Laboratoriums.

Ein elektrisch oder mit Gas heizbarer Brutschrank mit Wasserkühlung für 22° C.

Ein ebensolcher ohne Wasserkühlung für 37° C (möglichst breit, um Gestelle mit flüssigen Kulturen hineinsetzen zu können).

Ein mit Gas heizbarer Sterilisierschrank (bis 160°).

Ein Autoklaven (zum Sterilisieren der Nährböden).

- Ein Faust-Heimscher Abblasapparat¹⁾.
 Ein Plattenzählapparat z. B. nach Neiber²⁾.
 Ein Mikroskop mit Zubehör (mit Ölimmersion und Dunkel-
 feldbeleuchtung).
 Eine Wage.
 Eine heizbare Filtriereinrichtung.
 Messingbüchsen verschiedener Größen mit Pipetten.
 Weite Reagenzröhren mit Glaskappen.
 Gestelle für flüssige Kulturen³⁾.
 Petrischalen.

Feststellung der Gelatinekeimzahl auf dem vom Reichsgesundheitsamt angegebenen Nährboden (nach 48stündiger Bebrütung bei 22°).

1. Bereitung des Nährbodens (vgl. Ohlmüller und Spitta S. 217).
2. Anlage der Kulturen (vgl. Ohlmüller und Spitta S. 223).
3. Zählung der Keime (vgl. Ohlmüller und Spitta S. 227).

Feststellung der Agarkeimzahl (der thermophylen Keime) nach 24stündiger Bebrütung bei 37°.

Herstellung des Nährbodens (vgl. Ohlmüller und Spitta S. 218).

Bestimmung des Bacterium coli.

Der Nachweis des Bacterium coli als Indikator ist z. Z. für die hygienische Wasserbeurteilung die wichtigste Untersuchung. Bei den Beratungen der Beamten der staatl. Gesundheitsämter in Washington im Mai 1923 wurde beschlossen, die Keimzahlbestimmung bei Trinkwasseruntersuchungen auf Schiffen und Eisenbahnen fallen zu lassen und nur nach dem Bacterium coli zu urteilen.

Bacterium coli braucht nicht unbedingt aus Darmentleerungen zu stammen, trotzdem es für gewöhnlich der typische Darmbewohner der Warm- und Kaltblütler ist. Colibakterien sind wasserfremde Organismen, und die typischen Formen wandeln sich bei längerem Aufenthalt in atypische Formen um. Die frische gefähr-

¹⁾ Fa. F. u. M. Lautenschläger, Berlin N 39. ²⁾ Fa. Leitz, Wetzlar
³⁾ Fa. Hugo Keyl, Dresden-A.

liche Verschmutzung zeigt das Vorkommen des typischen *Bacterium coli* an. Ein unbedingtes Erfordernis ist die quantitative Vornahme der Prüfung.

Ich habe für den Gebrauch in der Praxis (unter teilweiser Anlehnung an die englischen und amerikanischen Vorschriften) Methoden ausgearbeitet, die schnell sichere Resultate ergeben.

1. Direktes Verfahren — Feststellung der Kolizahl.

Auf Endo - Gallensalzplatten werden in einem Faust-Heimschen Apparat 10 ccm oder weniger Wasser abgeblasen.

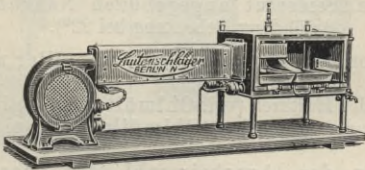


Fig. 16. Abblaseapparat (nach Faust-Heim).

Nach 24stündiger Bebrütung bei 37° werden die tiefdunkelroten Kolonien mit etwas hellerem roten Hof in der Durchsicht, die als coliverdächtig anzusprechen sind, gezählt. Bei sehr schlechtem Wasser sind Verdünnungen des Wassers mit sterilem Wasser im Verhältnis 0,5: 5 oder 0,1: 10 abzublasen.

Die Vorschrift für den Nährboden lautet: In 1 l Wasser läßt man 60 g Agar über Nacht weichen und kocht die Masse 2—2½ Std. Zu 1 l Wasser werden ferner 20 g Fleischextrakt, 20 g Pepton und 10 g Kochsalz zugegeben, 1 Std. gekocht, filtriert und die Lösung zu dem gekochten Agar gegeben. Die Mischung wird mit 10% Sodalösung neutralisiert, noch 1 Std. gekocht, filtriert, sterilisiert. 1 l von diesem Nähragar wird mit 10 ccm 10% Sodalösung und 1 g taurocholsaurem Natrium versetzt und zur Lösung des letzteren 20 Minuten im Dampftopf bei 100° gehalten. Nach Zugabe von 10 g Milchzucker, 5 ccm gesättigter alkoholischer Fuchsinlösung und 25 ccm 10%-Natriumsulfidlösung wird in kleine Kolben abgefüllt, sterilisiert und nach Bedarf in Petrischalen gegossen.

2. Indirektes Verfahren — Feststellung des Kolutiters. (Vorbebrütung in flüssigen Kulturen).

Zum Ansetzen der Wasserproben dienen 1 ccm Meßpipetten (in 0,01 ccm eingeteilt), 12 ccm Meßpipetten (in 0,1 ccm eingeteilt) und 50 ccm Meßpipetten ohne bauchige Erweiterung mit Marken bei 25 ccm. Die Pipetten werden in Messingbüchsen sterilisiert.



Fig. 17. 50-ccm-Pipette mit Messingbüchse.

Für jeden Arbeitsvorgang sind Gestelle, in denen die weiten Röhren mit Glaskappen zum bequemen Ansetzen der Wasserproben schräg angeordnet sind, entweder für 100—1 ccm Wasser

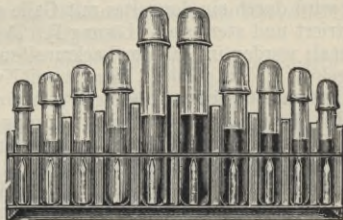


Fig. 18. Gestell für bakteriol. Kulturen.

(100, 50, 25, 10, 1) zum Ansetzen von voraussichtlich gutem Wasser oder für Gläser von 25—0,01 ccm Wasser (25, 10, 1, 0,1, 0,01) für voraussichtlich nicht ganz einwandfreies Wasser eingerichtet (bei stark verschmutzten Wässern sind noch geringere Verdünnungen anzusetzen).

Um dem *Bact. coli* dieselben Lebensbedingungen wie im Darm zu geben, daue ich Pepton mit Trypsin an. Hierdurch wird das Pepton in weitere Spaltungsprodukte zerlegt. *Bact. coli* wächst in einem derartigen Nährboden sehr rasch. Trauben- und Milchsucker werden leicht verarbeitet; es tritt eine schnelle Gasbildung und Säuerung ein. Um die Kolibakterien vor Überwucherungen

durch andere Bakterien und Sporenbildner zu schützen, wird entweder Galle oder Metachromgelb zugegeben.

Ich arbeite mit zwei Nährböden, einem Milchzucker-Gallenährboden für nicht gechlortes Wasser und einem Traubenzucker-Metachromgelb-Nährboden für gechlortes Wasser, da zu geringe Chlorzugaben das typische *Bact. coli* in atypische Formen umwandeln können und im letzteren Nährboden auch atypische Formen gut zur Entwicklung gelangen.

A. Untersuchung von nicht gechlortem Wasser.

Die Vorschrift für den Nährboden lautet:

50 g Pepton Witte, 25 g Fleischextrakt und 25 g Kochsalz werden in 500 ccm filtrierter und steriler Galle gekocht, mit Normal-Sodalösung (Chemische Fabrik Kahlbaum, Berlin) bis zum Lackmusneutralpunkt und darüber hinaus mit 3,5 ccm versetzt, bis 40° abgekühlt, mit 1 g Trypsin (Fa. Dr. Grübler & Co., Leipzig), 5 ccm Chloroform und 1 ccm Toluol in einer Glasstopfenflasche versetzt und unter häufigem Umschütteln 36 Std. bei 37° angedaut. Danach wird durch ein doppeltes mit Galle angefeuchtetes Faltenfilter filtriert und sterilisiert (Lösung I). 75 g Milchzucker und 25 g Kochsalz werden in 600 ccm Lackmuslösung (Fa. Kahlbaum, Berlin) gelöst, $\frac{1}{4}$ Std. gekocht, filtriert, mit Normal-Natronlauge neutralisiert und sterilisiert (Lösung II). Vor dem Gebrauch werden 5 Teile Lösung I mit 6 Teilen Lösung II gemischt, 10 ccm, 5 ccm, 2,5 ccm und 1 ccm in zylinderförmige Röhren von solcher Größe gegeben, daß zum späteren Ansetzen der Wasserproben noch 100, 50, 25, und 10 ccm Wasser hinzugegeben werden können. In die nur mit Nährboden gefüllten Röhren werden außerdem Gärröhrchen mit konisch ausgezogener Spitze und einer Länge, die sich der verschiedenen Größe der Röhren anpaßt, mit dem 10fach verdünnten Nährboden gegeben. Die so vorbereiteten Röhren werden sterilisiert und lassen sich bis zum Ansetzen der Proben aufbewahren. Zum Ansetzen von 1 ccm werden in Reagenzgläsern 9 ccm des 10fach verdünnten Nährbodens, für noch kleinere Wassermengen 4,5 ccm zugegeben, in gleicher Weise mit Gärröhrchen versetzt und sterilisiert.

B. Untersuchung von gechlortem Wasser.

Die Vorschrift für den Nährboden lautet:

25 g Fleischextrakt, 50 g Pepton und 25 g Kochsalz werden in 350 ccm Wasser durch einstündiges Kochen in Lösung gebracht.

Mit Normal-Sodalösung (Fa. Kahlbaum, Berlin) wird auf den Lackmusneutralpunkt eingestellt. Darüber hinaus werden noch 3,5 ccm Normal-Sodalösung zugefügt. Nach dem Abkühlen auf 40° wird die Lösung in eine Glasstopfenflasche gegeben. Nach Zugabe von 1 g Trypsin, 5 ccm Chloroform und 1 ccm Toluol wird gut durchgeschüttelt und unter häufigen Umschwenkungen 36 Std. angedaut. Danach wird durch ein angefeuchtetes, doppeltes Faltenfilter filtriert und sterilisiert (Lösung I). Zu 400 ccm einer gesättigten, filtrierten Metrachromgelblösung (Metrachromgelb II R. D., Dr. Grübler & Co., Leipzig) werden 250 ccm einer 1% igen Wasserblaulösung, in der 100 g Traubenzucker oder Milchzucker und 25 g Kochsalz durch 10 Min. langes Aufkochen gelöst sind, zugefügt (Lösung II). Für den Gebrauch werden beide Lösungen gemischt. Das Abfüllen des Nährbodens und das Ansetzen der Wasserproben erfolgt genau so wie bei nicht gechlortem Wasser.

Nach 24stündiger Bebrütung bei 37° wird durch Veränderung des Nährbodens angezeigt:

A. Milchzucker-Gallenährboden.

1. Säuerung (Farbumschlag nach Rot) und Gasbildung: Typisches *Bact. coli*.
2. Säuerung ohne Gasbildung: zweifelhafte Diagnose.

B. Traubenzucker-Metachromgelb-Nährboden.

1. Säuerung (Farbumschlag nach Dunkelblau) und Gasbildung: typisches *Bact. coli* und Koliabarten.
2. Säuerung ohne Gasbildung: zweifelhafte Diagnose (stets gramnegative Bakterien).

Zur endgültigen Diagnose „typisches *Bacterium coli*“, ist das *Bact. coli* rein zu züchten und das Verhalten der Reinkultur auf Spezialnährböden zu prüfen. Für die Praxis genügen Ausstriche der verdächtigen Kulturen auf Endoplaten (Vorschrift vgl. Ohlmüller und Spitta). Die (nach 24stündiger Bebrütung bei 37°) koliverdächtigen Kolonien werden auf folgende Eigenschaften geprüft:

1. Entfärbung nach Gram.
2. Sporenfreiheit.
3. Vergärung von Traubenzucker oder Milchzucker enthaltenen Peptonnährboden (*Bact. paracoli* vergärt nur Traubenzucker).
4. Fluoreszierende Gelbfärbung von Neutralrot-Agar.

5. Bildung von Indol durch den Nachweis von Frieber mittels Trypsinbouillon. Stammlösung: 1 l gewöhnliche Bouillon (enthaltend 10 g Pepton, 5 g Fleischextrakt, 5 g Kochsalz mit einer Alkalität von 7 ccm Normal-Sodalösung pro l ab Lackmus Neutralpunkt) wird aufgeköcht, 40° warm mit 0,2 g Trypsin in Glasstopfenflaschen nach Zusatz von 10 ccm Chloroform und 5 ccm Toluol geschüttelt, 24—48 Std. im Brutschrank angedaut und durch ein angefeuchtetes Faltenfilter filtriert. Zum Gebrauch werden 1 Teil Stammlösung mit 3 Teilen physiologischer Kochsalzlösung verdünnt, in Röhrchen zu 5 ccm abgefüllt und sterilisiert.

Nach 24stündiger Bebrütung bei 37° wird mit Ehrlich'schen Reagenz nach Frieber (5 g Paradimethylamidobenzaldehyd werden in 50 ccm Alkohol und 50 ccm Salzsäure 1,19 gelöst und in Tropfflaschen von 10 ccm Inhalt abgefüllt) auf Indol geprüft.

Nach Zugabe von 5—10 Tropfen Ehrlich'schen Reagenz und 5—10 Tropfen gesättigter Kaliumpersulfatlösung tritt bei Vorhandensein von Indol eine kirschrote Färbung ein.

6. Nichtverflüssigung der Gelatine auch nach längerer Zeit nach Ausführung eines Gelatinestiches (Unterschied von *Bact. cloacae*).

d) Chemische Untersuchung.

Die chemische Untersuchung des Wassers hat hauptsächlich wirtschaftlichen und gesundheitstechnischen Wert. Es kommen dabei besonders folgende Prüfungen in Betracht: 1. Reaktion (Wasserstoffexponent p_H); 2. vorhandene Desinfektionsmittel (freies Chlor, Hypochlorit, Ozon); 3. Ferroion (Eisen); 4. Manganion; 5. Härte, a) Kalk- und Magnesia Härte, b) Karbonat- und bleibende (Mineralsäure) Härte; 6. Gasgehalt (Kohlensäure und Sauerstoff); 7. Bleilöslichkeit; 8. Eisenlöslichkeit; 9. Sulfation (bei Betonarbeiten usw.); 10. Chloride (bei Versalzungen).

Bei ziemlich verschmutzten Wässern kann außerdem die chemische Analyse gute Anhalte für die hygienische Beurteilung geben. Hierzu eignen sich besonders:

I. Prüfung auf stickstoffhaltige Substanzen;

- | | |
|-------------------------------------|--|
| a) Proteid-Ammoniak (nach Winkler), | } sofern sie nicht durch Reduktion im Boden entstanden sind, |
| b) Ammoniumion | |
| c) Nitrition | |
| d) Nitration. | |

II. Prüfung auf organische Stoffe;

- a) Sauerstoffzehrung (bei stärker verunreinigtem Wasser),
- b) Kaliumpermanganatverbrauch (Sauerstoffverbrauch),
- c) Chlorbindungsvermögen.

III. Prüfung auf Chloride (evtl. Versalzung vgl. z. B. S. 38).

IV. Verhalten des Gesamtrückstandes beim Glühen.

Einrichtung eines chemischen Wasser-Laboratoriums.

Betriebsuntersuchungen sind Serienuntersuchungen. Es sind Einrichtungen zu treffen, daß mindestens sechs Wasserproben gleichzeitig in Arbeit genommen werden können.

Kochgestell für sechs Proben.

Wasserbad mit gleichbleibendem Niveauspiegel.

Temperierbad (zum schnellen Abkühlen).

Elektrischer Trockenschrank für 110°.

Destilliereinrichtung.

Doppelkeilkolorimeter nach Bjerrum - Arrhenius ¹⁾.

Gestell mit Kolorimeterrohre zu 200 ccm Inhalt.

Gestell mit Kolorimeterrohre zu 100 ccm Inhalt.

Kolorimeter nach Autenrieth - Königsberger ²⁾.

Bürettengestelle mit Milchglasplatte und Federn ³⁾.

30-ccm-Büretten mit Glashahn in 0,05 ccm eingeteilt.

50-ccm-Büretten mit Glashahn in 0,1 ccm eingeteilt.

Meßpipetten in verschiedener Größe von 200—1 ccm.

Kippflaschen zum Abmessen von Reagenzien ⁴⁾.

Erlenmeyerkolben, Meßkolben, Bechergläser, Quarzschalen, Tiegel.

Notwendige Normallösungen und Vergleichslösungen von bestimmtem Gehalt.

1. Reaktion. Bei den meisten natürlichen Wässern bedingt das Verhältnis dreimal freie Kohlensäure dividiert durch Bikarbonatkohlensäure die Reaktion. Man erhält dann den Wert h (nach Tillmans), wenn $h = 1$, so ist die Wasserstoffionen-Konzentration $[H^+] = 10^{-7} \log [H^+] = 0,0 \dots -7$ und der Wasserstoffexponent $p_H = 7$. Die Angabe des Wasserstoffexponenten p_H (des Logarithmus des reziproken Wertes der Gramme des ioni-

¹⁾ Georg Rosenmüller, Dresden-N., Fa. F. & M. Lautenschläger, München und Paul Altmann, Berlin NW. ²⁾ Fa. Hellige, Freiburg-Br. ³⁾ Fa. Hugerhoff, Leipzig. ⁴⁾ Fa. Hugo Keyl, Dresden-A.

sierten Wasserstoffes in 1 l, die sich wissenschaftlich eingebürgert hat, ist auch für die Praxis am vorteilhaftesten (vgl. S. 104). Für das Verhältnis der freien zur Bikarbonat-Kohlensäure vom 10fachen bis zum 10. Teil gelten die Gleichungen:

$$[\text{H}^+] = \frac{3,04 \times \text{freie CO}_2}{\text{Bikarbonat CO}_2} \times 10^{-7}; \quad \text{CO}_2 = \frac{[\text{H}^+] \times \text{Bikarbonat CO}_2}{10^{-7} \times 3,04}$$

Zur Umrechnung von $[\text{H}^+]$ und p_H dient folgende Tabelle, in der n eine beliebige ganze Zahl bedeutet:

p_H	$[\text{H}^+]$	p_H	$[\text{H}^+]$
$n, 00$	$1,00 \times 10^{-n}$	$n, 50$	$3,16 \times 10^{-n+1}$
$n, 05$	$8,91 \times 10^{-n+1}$	$n, 55$	$2,82 \times 10^{-n+1}$
$n, 10$	$7,94 \times 10^{-n+1}$	$n, 60$	$2,51 \times 10^{-n+1}$
$n, 15$	$7,08 \times 10^{-n+1}$	$n, 65$	$2,24 \times 10^{-n+1}$
$n, 20$	$6,31 \times 10^{-n+1}$	$n, 70$	$2,00 \times 10^{-n+1}$
$n, 25$	$5,62 \times 10^{-n+1}$	$n, 75$	$1,78 \times 10^{-n+1}$
$n, 30$	$5,02 \times 10^{-n+1}$	$n, 80$	$1,59 \times 10^{-n+1}$
$n, 35$	$4,47 \times 10^{-n+1}$	$n, 85$	$1,41 \times 10^{-n+1}$
$n, 40$	$3,98 \times 10^{-n+1}$	$n, 90$	$1,26 \times 10^{-n+1}$
$n, 45$	$3,55 \times 10^{-n+1}$	$n, 95$	$1,12 \times 10^{-n+1}$

Kolorimetrisch kann die p_H Bestimmung einfach und hinreichend genau im Doppelkeilkolorimeter von Bjerrum-Arrhenius erfolgen.

Für die Bestimmung von p_H 6,3 — 7,7 wird als Indikator Bromthymolblau in 0,04% iger alkoholischer Lösung verwandt. Zu dem Säurekeil (80 ccm Inhalt) füge ich 2,0 ccm und zu dem Alkali-keil 1,4 ccm, da dann die ermittelten Werte den berechneten ziemlich nahe kommen. Für p_H 5,6—6,8 wird eine 0,02% ige alkoholische Lösung von Bromkresolpurpur benutzt. Zu dem Säurekeil werden 2 ccm und zu dem Alkali-keil 2 ccm hinzugefügt.

Für orientierende Prüfungen und Kontrolle des p_H - Wertes empfiehlt sich Lackmuslösung¹⁾. In Kolorimeterrohre werden zu 100 ccm Wasser 0,25 ccm Lackmuslösung gegeben (sauer = rot, neutral [$p_H = 7,07$] = violett, alkalisch = blau).

Wie weit der neue Aziditätsmesser von Trénel²⁾, der mit Hilfe einer Chinhydronelektrode direkt die p_H Werte anzeigt,

¹⁾ Fa. C. A. F. Kahlbaum, Berlin-Adlershof.

²⁾ Fa. Siemens & Halske, Siemensstadt bei Berlin.

sich auch für die Wasseruntersuchung eignet, beabsichtige ich durch eingehende Versuche festzustellen.

2. Freies Chlor. Da die Wassersterilisation mit Chlorgas sich fast überall eingebürgert hat, habe ich eine Methode ausgearbeitet, die gestattet, noch 0,02—0,04 mg/l freies Chlor nachzuweisen.

a) **Bereitung der Stammlösung.** 40 g Benzidin werden mit 40 g Wasser gut verrieben. Den Brei bringt man mit etwa 750 ccm Wasser in einen 1-l-Meßkolben, fügt 50 ccm reine Salzsäure (spez. Gew. 1,19) hinzu, füllt bis zur Marke mit Wasser auf und schüttelt um. Die, wenn nötig, filtrierte Flüssigkeit wird in einer dunklen Flasche aufbewahrt. Die Lösung kann als $\frac{1}{2}$ normalige Säure angesprochen werden (Lösung zur maßanalytischen Bestimmung des Sulfations nach Raschig).

b) **Feststellung der Säurekonzentration.** Da freies Chlor mit Benzidin besonders gut (bei kleinen Mengen unter Blaugrünfärbung) reagiert, wenn der Wasserstoffexponent des zu untersuchenden Wassers p_H 5, 8—5,9 ist, werden 200 ccm mit 4 Tropfen einer 0,1% igen alkoholischen Lösung von Methylrot versetzt und aus einer Bürette so lange 0,1 normal Salzsäure zugegeben, bis eine schwache beginnende Rotfärbung eintritt. Dieselbe Säuremenge wird zu einer gleich großen Wassermenge gegeben und von dieser Lösung der p_H -Wert bestimmt. Er muß ungefähr $p_H = 5,8$ sein. Wenn im Wasser sehr viel freie Kohlensäure vorhanden ist, ist der p_H -Wert geringer und es muß etwas weniger Säure genommen werden. Die angewandten Kubikzentimeter 0,1 normal Salzsäure entsprechen den für 1 l benötigten Kubikzentimetern $\frac{1}{2}$ normal Salzsäure.

Für jedes Wasser wird am besten etwas Chlorreagenz in der Weise hergestellt, daß man von der Stammlösung 0,5—1,0 ccm nimmt und die darüber benötigte Säure in Form von $\frac{1}{2}$ normal Salzsäure hinzunimmt. Durch Zugabe von Wasser kann die Lö-

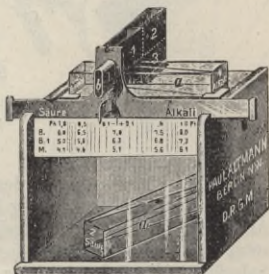


Fig. 19. Doppelkeilkolorimeter (nach Bjerrum-Arrhenius).

sung so eingestellt werden, daß man zu 1 l Wasser entweder 5 oder 10 ccm Reagenzflüssigkeit hinzunimmt. Für die Praxis wird die Lösung am besten in eine Flasche mit Kippapparat gegeben, so daß durch das Umkippen der Flasche 10 oder 5 ccm abgeteilt wird.

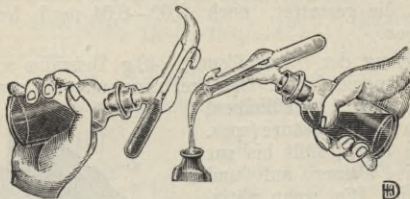


Fig. 20. Kippflasche.

3. Ferroion (Eisen). Orientierende Vorprüfung:

a) 100 ccm Wasser werden mit etwa 5 ccm ammoniakalischer Rhodankaliumlösung — 20 g Rhodankalium zu 100 ccm 0,1% iger Ammoniaklösung (Salmiakgeist der Apotheken ist 10% ig) — versetzt und umgeschüttelt. Nach ca. 2 Min. werden 5 ccm 10% iger Salzsäure (die Salzsäure der Apotheken ist 25% ig) zugegeben. Eisen gibt Rotfärbung. Die Grenze der Sichtbarkeit liegt bei etwa 0,05 mg/l Eisen. Noch deutlicher wird die Prüfung, wenn man die Lösung mit 10—20 ccm Äther ausschüttelt, der den roten Farbstoff aufnimmt (nach Winkler).

b) Mit Natriumsulfid (nach Klut).

Quantitative Bestimmung: 100 ccm oder weniger, je nach dem Eisengehalt, werden mit 3 ccm Normal-Salzsäure und 2—3 Tropfen Perhydrol (Merck) versetzt und ungefähr auf 5 ccm eingekocht. Nach dem Erkalten wird die Lösung in einen Meßzylinder von 30 ccm Inhalt mit Glasstopfen gegeben, durch Nachspülen auf 6 ccm aufgefüllt und 6 ccm 10% ige Rhodankaliumlösung, sowie 10 ccm Äther hinzugefügt. Nach Durchmischen und guter Abkühlung wird die abgesetzte Ätherschicht in den Trog des Kolorimeters nach Autenrieth und Königsberger¹⁾ gegeben und mit dem geeichten Eisenkeil verglichen.

Aus der Kurve der Zahlentafel wird die Menge Eisen abgelesen, die in 10 ccm Äther und somit in der angewandten Wassermenge enthalten ist.

¹⁾ Vgl. S. 75 .

Ist das Eisen an organische Stoffe gebunden, so wird bei Zugabe von etwas mehr Perhydrol die Flüssigkeit nicht auf 5 ccm, sondern in einer Schale zur Trockne eingedampft und der Rückstand in Salzsäure gelöst (evtl. Behandlung mit chlorsaurem Kalium und Salzsäure).

Das Wasser einer zentralen Wasserversorgung darf nicht mehr als 0,1 mg/l Eisen enthalten; im Kleinbetrieb, z. B. bei Einzelbrunnen, ist die Grenzzahl 0,3 bis 0,5 mg/l.

4. Manganion (Mangan). Orientierende Vorprüfung:

a) (nach Mildner). Reinweiße Glasstopfenflaschen von ca. 50 ccm Inhalt werden nicht ganz mit Wasser gefüllt, mit ca. 0,1—0,2 g kristallisiertem festem Kaliumperjodat 1 Min. kräftig durchgeschüttelt. Nach dem Ansäuern mit ca. 5 Tropfen Eisessig werden einige Kubikzentimeter einer frischbereiteten Lösung von Tetramethyldiamidodiphenylmethan in Chloroform hinzugefügt. Die Gegenwart von Mangan läßt sich an der sofort auftretenden Blaufärbung der wässrigen über dem Chloroform stehenden Flüssigkeit erkennen. (Die Reaktion eignet sich zur Betriebskontrolle an Ort und Stelle.)

b) Der Nachweis von Mangan kann mit dem Nachweis des Ammoniumions verbunden werden. 300 ccm Wasser werden mit 3 ccm Sodanatronlauge versetzt (vgl. Ohlmüller und Spitta). Von der überstehenden Flüssigkeit werden 100—200 ccm für die Ammoniakbestimmung abgegossen und der Rest nach kräftigem Durchschütteln filtriert. Das Filter wird tropfenweise mit essigsaurer Benzidinlösung betupft, Spuren von Mangan (0,03 mg/l) sind durch deutliche blaue Färbung erkennbar.

Quantitative Bestimmung (modifiziert nach Marschall und Mildner): 200 ccm Wasser werden mit einigen Tropfen (bei mittelhartem Wasser meist 4—7 Tropfen) einer 5%igen Silbernitratlösung (je nach dem Chloridgehalt des Wassers), 10 ccm verdünnter Schwefelsäure (1 + 3) und $\frac{1}{2}$ —1 g Kaliumpersulfat

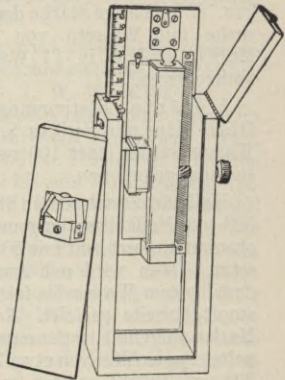


Fig. 21. Kolorimeter
(nach Autenrieth-Königsberger).

versetzt, 10 Min. gekocht und in 200 ccm Glaszylinder oder Kolorimeterrohre gefüllt. In einen zweiten gleichen Zylinder wird destilliertes Wasser gegeben, mit 1 ccm Normal-Natronlauge alkalisch gemacht und aus einer Bürette Phenolphthaleinlösung (0,05 g Phenolphthalein werden in 50 ccm absolutem Alkohol gelöst und 1 ccm dieser Lösung mit 50% igem Alkohol auf 100 ccm verdünnt) zugegeben, bis der Farbenton des zu untersuchenden Wassers erreicht ist. 1 ccm Phenolphthaleinlösung entspricht 0,1 mg/l Mangan. (Die richtige Stärke der Phenolphthaleinlösung ist durch Versuche mit Wässern von bestimmtem Mangangehalt [$4,389 \text{ g MnSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ in 1 l Wasser; 1 ccm entspricht 1 mg Mn] zu kontrollieren.)

5. Härte. Bestimmung der Gesamthärte nach Blacher (vgl. Ohlmüller und Spitta S. 128). Bei weichem und mittelhartem Wasser werden statt 100 zweckmäßig 200 ccm Wasser zur Untersuchung genommen.

Kalkhärte nach Grünhut: 400 ccm Wasser werden in einen 500-ccm-Meßkolben eingemessen, mit verdünnter Schwefelsäure eben angesäuert und mit 50 ccm $\frac{1}{10}$ normal Oxalsäurelösung versetzt. Dann wird mit Ammoniak eben alkalisch gemacht, mit destilliertem Wasser bis fast zur Marke gefüllt, gemischt und verstopft beiseite gestellt. Nach mehreren Stunden wird bis zur Marke aufgefüllt, gut umgeschüttelt und durch ein dichtes doppeltes Papierfilter von etwa 70 mm Halbmesser filtriert. Die ersten 200 ccm Filtrat werden weggegossen, dann 250 ccm auf etwa 60° erwärmt, mit Schwefelsäure versetzt und der Überschuß an Oxalsäure mit $\frac{1}{10}$ normal Kaliumpermanganatlösung zurücktitriert. Sind a ccm gebraucht, so enthält das Wasser $10,02(25 - a)$ mg/l Kalziumion mal $1,4 =$ Kalk (CaO). Der Kalkwert dividiert durch 10 ergibt die Kalkhärte.

Magnesiaihärte (nach Froboese; vgl. Ohlmüller und Spitta S. 129).

Karbonathärte (vgl. Ohlmüller und Spitta, S. 123).

Bleibende Härte: Gesamthärte minus Karbonathärte.

6. Gasgehalt (Kohlensäure und Sauerstoff). Bestimmung der freien Kohlensäure nach Tillmans (vgl. Ohlmüller und Spitta, S. 34), Berechnung der aggressiven Kohlensäure nach Tillmans (vgl. Ohlmüller und Spitta, S. 38). Der von Tillmans geprägte Begriff der „aggressiven Kohlensäure“ bezieht sich auf das Lösungsvermögen der freien Kohlensäure gegenüber von kohlenurem Kalk. Es empfiehlt sich daher besser

die Bezeichnung „marmorangreifende Kohlensäure“. Sie läßt sich praktisch am einwandfreiesten durch den Marmorversuch von Heyer (vgl. Ohlmüller und Spitta, S. 40) feststellen.

Die Bestimmung des Sauerstoffs erfolgt maßanalytisch (vgl. Ohlmüller und Spitta, S. 43).

7. und 8. Bleilöslichkeit — Eisenlöslichkeit. Eine orientierende Prüfung ergibt der Laboratoriums-Bleilösungsversuch (vgl. Ohlmüller und Spitta, S. 154); über Ausführung von praktischen Versuchen vgl. S. 103.

9. Sulfation. Die Bestimmung wird zweckmäßig maßanalytisch ausgeführt. a) Nach der Benzidinmethode (Raschig), b) mit Bariumchromat nach Bruhns, L. W. Winkler u. a.

100 ccm Wasser werden mit 10 Tropfen rauchender Salzsäure angesäuert und 0,1—0,2 g Bariumchromat zugegeben. Nach 10 Min. langem Kochen wird in die erkaltete Flüssigkeit 1 Tropfen 10% iger Aluminiumchloridlösung und bis zum Farbumschlag Ammoniak zugefügt und die Flüssigkeit in einem Meßkolben auf 100 ccm aufgefüllt. Nach Klärung wird filtriert, der erste Teil des Filtrates weggegossen und zu 50 ccm Filtrat werden 50 ccm 10% ige Salzsäure und 2—3 g Kaliumbikarbonat in Kristallen zugegeben. Nach Mäßigung der Gasentwicklung wird 0,2 g Kaliumjodid zugefügt und nach ca. 15 Min. das ausgeschiedene Jod mit $\frac{1}{100}$ normal Natriumthiosulfatlösung titriert. Verbrauchte Kubikzentimeter mal 6,405 = mg SO_4 , mal 5,338 = mg SO_3 in 1000 ccm Wasser.

10. Chloride und Stickstoffverbindungen, vgl. Ohlmüller und Spitta. Wichtig erscheint mir die Bestimmung des Proteïdammoniaks nach Winkler. 100 ccm Wasser werden mit 5 ccm $\frac{1}{5}$ normal Schwefelsäure angesäuert, ca. 0,05 g Kaliumpersulfatpulver hinzugefügt und $\frac{1}{4}$ Std. auf dem Dampfbad erwärmt, abgekühlt und mit 2 ccm Seignettesalzlösung und 2 ccm Neßlers Reagenz versetzt. Zu einer zweiten Probe von 100 ccm Wasser werden 5 ccm $\frac{1}{5}$ normal Schwefelsäure, 0,05 g Kaliumpersulfat und so viel Ammoniumchloridlösung (1 ccm = 0,1 mg/l NH_3) zugegeben, bis voraussichtlich Farbgleichheit erreicht wird. Nach Zugabe von Seignettesalzlösung und Neßlers Reagenz wird nach 5 Min. langem Stehen von der dunkler gefärbten Lösung in einen Meßzylinder abgegossen und der Gehalt an Proteïdammoniak daraus berechnet.

11. Kieselsäure (Maßanalytisch nach L. W. Winkler). In ein weites Kolorimeterrohr werden 100, in ein anderes 105 ccm

Aussaat auf flüssigem angedauten Peptonnährboden				Colititer (typ. Coli)
Traubenzucker- Metachromgelb		Milchzucker- Galle		
Gas- bildung in cem	Säuerung in cem	Gas- bildung in cem	Säuerung in cem	

VI. Chemische Untersuchung:

Abdampfrückstand (bei 110° getrocknet):

Reaktion: 1. gegen Lackmuslösung, 2. p_H (Wasserstoffexponent).

a) Gelöste Gase und Aggressivität.

Sauerstoff:

Bleilöslichkeit:

Freies Kohlendioxyd:

Marmorlöslichkeit:

Aggressives Kohlendioxyd

(n. Tillmans):

b) Gelöste anorganische Salze.

Ammoniumion (NH_4^+)	[= $NH_3 \cdot 1,06$]	mg/l
Kalziumion (Ca^{++})	[= $CaO \cdot 0,715$]	„
Magnesiumion (Mg^{++})	[= $MgO \cdot 0,603$]	„
Ferroion (Fe^{++})		„
Manganoion (Mn^{++})		„
Nitrition (NO_2^+)	[= $N_2O_3 \cdot 1,21$]	„
Nitration (NO_3^+)	[= $N_2O_5 \cdot 1,15$]	„
Chlorion (Cl^+)		„
Sulfation (SO_4^{++})	[= $SO_3 \cdot 1,20$]	„
Hydrokarbonation (HCO_3^+)	[= Bikarbonat $CO_2 \cdot 1,39$]	„
m-Kieselsäure (H_2SiO_3)	[= $SiO_2 \cdot 1,30$]	„

Gesamthärte:

Kalkhärte:

Karbonathärte:

Magnesiahärte:

Bleibende Härte:

c) Anhalte für gelöste organische Substanz.

Kaliumpermanganatverbrauch
(nach Kubel):Sauerstoffzehrung (n. 48 Std.
bei 20°):

Chlorbindungsvermögen:

Glühverlust des Abdampfrück-
standes:

Proteïdammoniak:

Wasserbehandlung.

Nach der „Anleitung“ (für die Einrichtung, den Betrieb und die Überwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen) sind Anlagen, die Oberflächenwasser oder ein der Infektionsgefahr ausgesetztes Grund- oder Quellwasser verarbeiten, so einzurichten, daß die im Rohwasser etwa vorhandenen Krankheitserreger bis auf einen Rest, mit dem man nicht mehr zu rechnen braucht, beseitigt werden und neue nicht hineingelangen. Es sind Einrichtungen zu treffen, durch welche die Färbungen und Trübungen des Wassers sowie Fehler im Geschmack und Geruch beseitigt oder wenigstens auf ein erträgliches Maß herabgedrückt werden, ohne daß Verschlechterungen des Wassers in anderer Hinsicht eintreten.

Welche Mittel gibt es, um diese Forderung zu erfüllen?

1. Filtration,
2. Desinfektion,
3. Entgasung (Entsäuerung),
4. Enteisenung,
5. Entmanganung.

Die anzuwendenden Verfahren und deren Reihenfolge richten sich

1. nach der Wasserbeschaffenheit,
2. nach den örtlichen Verhältnissen,
3. nach der Wirtschaftlichkeit.

Als Musterbeispiel einer modernen Oberflächenwasserversorgungsanlage ist das neue Neckar-Wasserwerk der Stadt Stuttgart anzusehen. Die Anlage gliedert sich in folgende Teile:

- a) Das Pumpen- und Fällmittelgebäude,
- b) das Niederschlagsbecken,
- c) die Schnellfilter,
- d) die Entkeimungsanlage.

Bei dem stark verschmutzten Rohwasser (dem Neckar entnommen) wird eine gute Ausflockung durch Zusatz von Eisensulfat und Kalkmilch erzielt. Als Schnellfilter dienen Jewellfilter mit Ausflußregler für gleichmäßige Filtergeschwindigkeit. Die Chlorgaszugabe erfolgt selbsttätig im Verhältnis der jeweils anfallenden Filtermenge.

1. Filtration.

a) Theorie der Filtration.

Man unterscheidet:

1. Natürliche Bodenfiltration.
 - a) Uferfiltriertes Grundwasser.
 - b) Künstliches Grundwasser.
2. Künstliche (Sand-) Filtration.
 - a) Nicht überstaute Filter (Tropfsandfiltration).
 - b) Stufenfilter mit Belüftung.
 - c) Überstaute Filter.
 - α) Langsame Sandfilter.
 - β) Schnellfilter.

Nach Dunbar beruht die Wirksamkeit eines Bodenfilters auf Absorption. Die Absorptionswirkung wird erschöpft

1. durch Ausschaltung der Mikroorganismen-tätigkeit,
2. durch Ausschaltung des atmosphärischen Sauerstoffs.

H. W. Clark nimmt in Bodenfiltern folgende Hauptvorgänge an:

1. mechanische Absiebung der Suspensionen;
2. Umhüllung des Filtermaterials mit einer Gelatinosmembran, die mit Wachstum von Bakterien, Algen, Protozoen, Rotatorien (Rädertieren) usw. durchsetzt ist;

3. durch diese Gelatinosenmembranen werden festgehalten

- a) Suspensionen durch mechanische Wirkung,
- b) Gelöste organische und kolloidale Substanzen durch Absorption.

4. Biochemische Reaktionen durch Mikroorganismen-tätigkeit.

Bei der Kunstfiltration sollen die nicht überstauten Filter die Wirkung des lufthaltigen Bodens nachahmen. Sie bedürfen einer längeren Einarbeitung zur Auswirkung der biologischen Vorgänge. Die Stufenfilter dienen einerseits zur Vorfiltration für das nächste Filter (Doppel-filtration), andererseits durch Zuführung von atmosphärischem Sauerstoff zur Oxydation der gelösten organischen Stoffe. Bei überstauten Filtern wird besonders die Zurückhaltung der Suspensionen durch Siebung und Flächenattraktion erzielt. Daß außerdem biochemische Reaktionen infolge der zurückgehaltenen Suspensionen und Kolloiden auftreten, ergibt sich aus der Verminderung des Sauerstoffes und der Erhöhung der Kohlensäure im Filtrat. Besonders im Herbst machen sich in den Filtern oft Verstopfungen bemerkbar. Nach Zunker sollen die sich im Filter bildenden Gasblasen den Durchgang sperren.

Die Amerikaner haben schon frühzeitig versucht, durch Aufstellung von Normen einen Anhalt zu bekommen, ob sich ein Boden für die Bodenfiltration eignet oder nicht. Sie unterscheiden: „Wirksame Größe“ (effective size) und „Gleichmäßigkeitsgrad“ (uniformity coefficient). Es wird hierbei Bezug auf den Korngrößenanteil des Bodens, der unterhalb 10% und der unterhalb 60% des Gesamtgewichtes des Bodens liegt, genommen. Sind z. B. durch Absieben von 200 g getrockneten Bodenmaterials durch

verschieden weitmaschige Siebe (Knopscher Siebsatz) folgende Korngrößen ermittelt:

unter 0,1 mm Durchmesser	=	2%
„ 0,2 mm	„	= 10%
„ 0,3 mm	„	= 19%
„ 0,4 mm	„	= 35%
„ 0,5 mm	„	= 60%
„ 1 mm	„	= 65%
„ 2 mm	„	= 87%
„ 4 mm	„	= 95%
„ 7 mm	„	= 100%

dann ist die wirksame Größe des Sandes 0,2 und der Gleichmäßigkeitsgrad $0,5 : 0,2 = 2,5$. Für die Bodenfiltration ist z. B. ein Material sehr gut geeignet, dessen wirksame Größe um etwa 0,3 liegt, wenn gleichzeitig der Gleichmäßigkeitsgrad etwa zwischen 2 und 5 fällt. Neben diesen Werten, die zweckmäßig durch graphische Auftragung der Ergebnisse der Korngrößenbestimmung ermittelt werden, hat Dunbar die Begriffe: „Gesamtporenvolumen“, „Wasserkapazität“ und „Luftkapazität“ aufgestellt mit der Folgerung, daß ein Boden, der in bezug auf „wirksame Größe“ und „Gleichmäßigkeitsgrad“ den amerikanischen Normen entspricht und dabei eine Luftkapazität von 20—25% des gesamten Filtervolumens und eine Wasserkapazität von 15—20% aufweist, für die Bodenfiltration gut geeignet ist.

Die Filtrationswirkung eines Bodens ist somit abhängig von:

1. der Beschaffenheit der Bodenschicht (wirksame Größe, Gleichmäßigkeitsgrad);
2. der Dicke der Filterschicht;
3. der Schnelligkeit der Wasserbewegung.

Bach hat sich bemüht, den Filtrationserfolg von künstlichem Filtermaterial zu bestimmen. Mit seinem Apparat¹⁾ ist festzustellen:

1. der Porenhalt, der zwischen den Körnern verbleibende mit Luft erfüllte Raum;
2. das Wasseraufnahmevermögen, die Menge Wasser, die ein bereits gefüllt gewesenes Filter nach Leerlauf abermals aufzunehmen vermag;
3. das Wasserhaltungsvermögen (= Wasserkapazität nach Dunbar), die Menge Wasser, die nach Leerlauf des Filters in diesem verbleibt. Es ist also gleich Porenhalt minus Wasseraufnahmevermögen.

Entsprechend der Verschlammung des Filters wird das Wasseraufnahmevermögen zunächst vergrößert, dann, wenn die Poren durch nicht wasserhaltige Stoffe ausgefüllt werden, verkleinert.

Wichtig ist außerdem die Kenntnis der Gesamtoberfläche der in einer gegebenen Sandmasse vorhandenen Körner, da es sich bei der künstlichen Filtration in überstauten Filtern vor allem um Oberflächenwirkungen (Filtersand oder Koagulationsflocken) handelt.

Die Filtrationswirkung eines künstlichen Filters ist somit abhängig von:

1. der Beschaffenheit der Sandschicht,
2. der Gesamtoberfläche,
3. der Schnelligkeit der Wasserbewegung,
4. der Dicke der Filterschicht.

Die Filtrationsgeschwindigkeit ist möglichst konstant zu halten. Die Regelung erfolgt meist durch Geschwindigkeitsregler, die in den Reinwasserabfluß jeder Filterkam-

¹⁾ Fa. Laboratoriumsbedarf G. m. b. H. Essen.

mer eingeschaltet sind. Die Geschwindigkeitsregler beruhen teils auf dem Schwimmerprinzip¹⁾, teils auf dem Venturiprinzip²⁾.

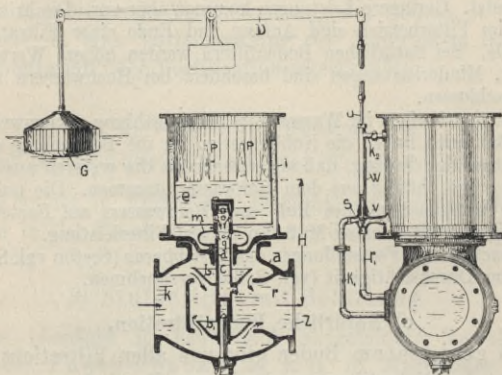


Fig. 22. Geschwindigkeitsregler (Schwimmerprinzip).

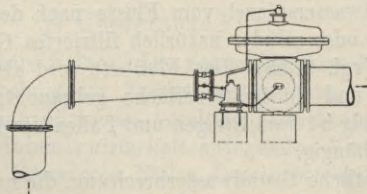


Fig. 23. Geschwindigkeitsregler (Venturiprinzip).

b) Beurteilung der Filterwirkung.

Maßgebend für die Kontrolle der Sandfilter sind die 1899 vom Kaiserl. Gesundheitsamt aufgestellten Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration. Danach soll

¹⁾ z. B. Fa. Reisert & Co., Köln-Braunsfeld.

²⁾ z. B. Bamag-Meguïn Berlin NW.

ein befriedigendes Filtrat nicht mehr als 100 Keime in 1 ccm auf dem angegebenen Gelatinenährboden nach 48stündiger Bebrütung bei 22° enthalten. Bei künstlichen Filtern werden im günstigsten Fall die Rohwasserkeime im Verhältnis 1:1000 herabgesetzt. Geringere Leistungen kommen aber vor. Die kritische Zeit im Filterbetrieb sind Anfang und Ende einer Filtrationsperiode. Bei natürlichen Bodenfiltern werden höhere Werte erreicht, Minderleistungen sind besonders bei Hochwässern nicht ausgeschlossen.

Vor den übrigen im Wasser durch Keimzählung nachzuweisen den Bakterien haben die Kolibakterien für die Beurteilung einer Filtration den Vorzug, daß sie seltener als die ersteren aus dem Filter selbst, häufig aus dem Rohwasser stammen. Die quantitative Untersuchung des Roh- und Reinwassers auf *Bacterium coli* gibt demnach einen Maßstab für die Filterleistung.

Daneben sind Feststellungen des Absiebbares (Seston vgl. S. 67) und der Durchsichtigkeit (vgl. S. 65) vorzunehmen.

c) Natürliche Bodenfiltration.

Bei geeignetem Boden gibt von allen Filtrationsverfahren die Bodenfiltration die besten Ergebnisse.

Durch Brunnen in der Nähe eines Flusses und abfallenden Grundwasserspiegel vom Flusse nach dem Brunnen wird mehr oder minder natürlich filtrierte Grundwasser gefördert (vgl. S. 53). Das Flußbett wird als Schlammfilterhaut und Infiltrationsfläche gebraucht. Der Filtrationserfolg ist vom Steigen und Fallen des Flußwasserstandes abhängig.

Die künstliche Grundwasserbereitung, die nur bei guter Bodenbeschaffenheit (vgl. S. 87) angängig ist, soll von natürlichen Beeinflussungen (z. B. wechselnden Flußwasserständen) möglichst unabhängig sein. Die Infiltration kann erfolgen:

1. durch Berieselung des Bodens;
2. durch Infiltrationsteiche (z. B. Wasserwerk Müggelsee bei Berlin) oder Infiltrationsgräben (z. B. Frankfurt a. M.);

3. durch Infiltrationsbrunnen (besonders wenn sich an der Oberfläche nicht tiefgehende undurchlässige Bodenschichten anschließen).

Um eine zu große Verschlammung des Bodens zu verhindern, ist eine Vorbehandlung des Rohwassers durch Sedimentation oder Vorfiltration zweckmäßig.

d) Künstliche Filtration.

α) Nicht überstaute Filter (Tropfsandfilter).

Die zuerst in Frankreich empfohlenen Tropfsandfilter haben in der Praxis bisher keine größere Bedeutung gewonnen.

β) Stufenfilter mit Belüftung.

Das ebenfalls in Frankreich ausgebildete Verfahren (System Puëch-Chabal) ist z. B. in Magdeburg zur Reinigung des Elbwassers in Anwendung gekommen.

γ) Überstaute Filter.

I. Langsame Filter. Die Schnellfiltration beherrscht heute die Technik der Trinkwasserreinigung, die langsame Filtration dürfte als veraltete Einrichtung bei den heutigen zu Intensivwirtschaft zwingenden Verhältnissen nur noch in besonderen Fällen Daseinsberechtigung besitzen.

Die Filtrationsgeschwindigkeit eines Langsamfilters darf meist nicht größer als 100 mm/Std. = 2,4 m/Tag sein. Jeder Quadratmeter Filterfläche liefert dann 100 l in der Stunde = 2,4 cbm/Tag. Die Korngröße der obersten Feinsandschicht ist gewöhnlich 0,3—0,5 mm bei etwa 60 cm Schichthöhe. Die darunterliegenden gröberen Sandschichten dienen als Stütze. Die Sandfilterhöhe beträgt meist

150 cm und mehr. Bei der Inbetriebnahme eines neuen Filters ist folgendes zu beachten:

1. Gute Waschung des Materials.
2. Füllung von unten mit filtriertem Wasser zur Verdrängung der Luft.

Die größten Sandfilterwerke der Welt sind in London und Philadelphia.

II. Schnellfilter. Nach Bach „ist es charakteristisch für den Widerstand, dem neue Gedanken auf hygienisch-technischem Gebiete bei uns begegnen, daß Schnellfilter zur Wasserreinigung in großem Maßstabe, trotz erwiesener Leistungsfähigkeit, sich nicht recht einführen konnten und es erst des Versuches und Nachweises im großen jenseits des Ozeans bedurfte, bevor unsere zuständigen Kreise sich mit der Angelegenheit ernstlich zu befassen angingen“.

Die Filtergeschwindigkeit kann auf 3—10 m pro Stunde (100 mm bei langsamer Sandfiltration) und der Druck bis zu 3 m (0,6—1,0 m bei der langsamen Sandfiltration) gesteigert werden.

Koagulation durch chemische Zusätze (Ausfällung) vor der Filtration. Soll ein Schnellfilter als Bakterienfilter dienen sowie feine Tontrübungen des Wassers restlos zurückhalten (sehr feine Tontrübungen werden durch langsame Filter nicht zurückgehalten), so muß das zu filtrierende Wasser durch chemische Fällungsmittel vorbereitet werden.

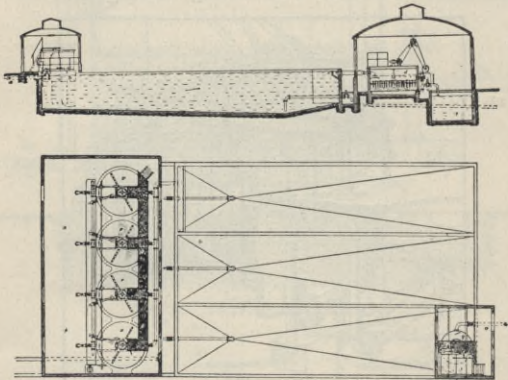
Die größte Verbreitung hat als Fällungsmittel Aluminiumsulfat. Die Umsetzung erfolgt nach der Formel

$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CaSO}_4 + 6\text{CO}_2.$$

Die Ausflockung findet also auf Kosten der im Wasser gelösten Bikarbonate durch Bildung von Aluminiumhydroxyd, das sich flockig absetzt, unter Freiwerden von Kohlensäure statt.

Nach Baylis (Baltimore) soll eine maximale Ausflockung bei etwas saurer Reaktion des Wassers, und zwar bei $p_H = 5,5$ eintreten. Um Aluminiumsulfat zu sparen, kann zur Erreichung des p_H -Wertes (genau dosiert) etwas Schwefelsäure zugegeben werden.

Der Nachteil der Tonerdebehandlung liegt in der sauren Reaktion, die das behandelte Wasser annimmt. Man fügt



Filteranlage System Breda mit chemischer Vorbehandlung

Fig. 24. Schnellfilter mit chemischer Vorklärung.

deshalb bei der Fällung Kalkmilch oder Soda hinzu (allerdings auf Kosten eines geringen Mehrverbrauchs an Tonerde) oder entsäuert das ausgeflockte Wasser zweckmäßig mit Kalkwasser.

Außer Aluminiumsulfat dient zur Ausflockung Eisensulfat, meist in Verbindung mit Kalkmilch. Das Eisenoxydulsalz entzieht dabei dem Wasser zum Teil etwas gelösten Sauerstoff zur Eigenoxydation.

Die Ausflockung erfolgt in Absetzbehältern. Die auf die Filter gelangenden restlichen Fällungsflocken werden zur

Verdichtung der Sandoberfläche verwertet. Die Gesamtanlage einer Schnellfiltration mit chemischer Vorklärung ist in vorstehender Abbildung ersichtlich.

Schnellfilter ohne chemische Vorklärung. Bei klarem nur planktonhaltigen Talsperrenwasser ist z. B. eine Schnellfiltration ohne Vorklärung häufig ausreichend.

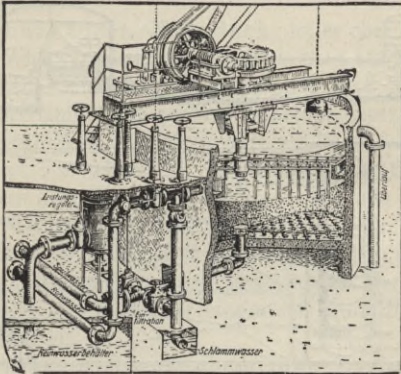


Fig. 25. Schnellfilter (Jewellfilter).

Läßt die bakteriologische Beschaffenheit zu wünschen übrig, so ist außerdem noch eine nachfolgende Desinfektion (mit Chlor) notwendig.

Schnellfilterkonstruktionen. Die Unterschiede in den Schnellfiltern beruhen auf:

1. der Art der Rückspülung,
2. der Art der Ableitung des durch das Filtermaterial geflossenen Wassers.

Das Jewellfilter. Das Charakteristische an diesem System sind die am Boden befindlichen Siebköpfe, durch die das Wasser nach Durchfließen des Sandes in ein System von Abflußkanälen, welche in ein Abflußrohr münden, gelangt. Durch eine Vorrich-

ung wird der Abfluß reguliert. Bei der Reinigung wird Wasser durch ein Spülventil den umgekehrten Weg unter Druck geleitet und gleichzeitig ein Rührwerk mit Riemenantrieb in Bewegung gesetzt.

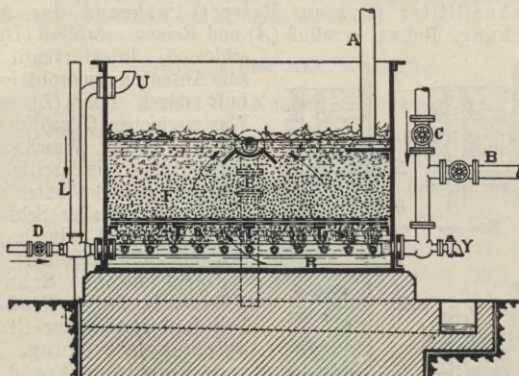


Fig. 26. Luftspülung (s. S. 96).

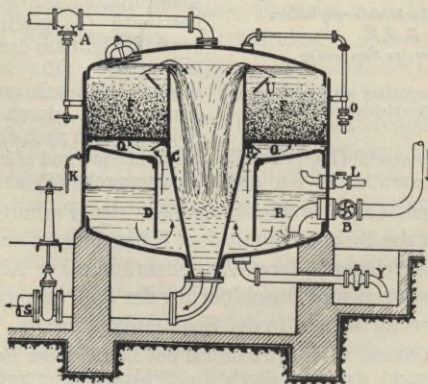
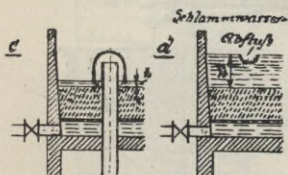
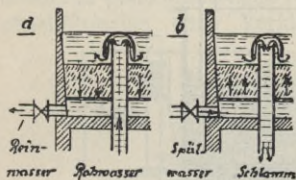


Fig. 27. Wasser-Starkstromauswaschung (s. S. 96).

Außer mit Rührwerk kann die Filterreinigung durch Luftauswaschung, mit Wasser-Starkstromauswaschung oder mit Luft- und Starkstromauswaschung erfolgen.

Schnellfilter (System Reisert) während der Auswaschung. Rohwasserzufluß (A) und Reinwasserabfluß (B) geschlossen, Injektorventil (D) zum Ansaugen atmosphärischer Luft durch Rohr (L) sowie Wasserschieber (C) geöffnet.



c-c: Offene Hochleistungsfilter.
D. R. P.
z. Bisherige Bauweise

Fig. 28. Schnellfilter mit Schlammheber (sog. Hochleistungsfilter).

das Filtermaterial (E), reißt allen Schlamm los und stürzt in den Schlammshacht (C), um durch Schlammrohr (S) abzufließen.

Bei dem sog. Hochleistungsfilter der Permutit A.-G. Berlin ist der Siebboden mit dem Filtermaterial auf Betonbalken aufgelagert, deren Zwischenräume zur Abführung des Reinwassers und Durchführung des Spülwassers dienen. Die Neuerung besteht in der Schlammabsaugung.

Gemäß Skizze a erfolgt während des Betriebs der Rohwasserzufluß derart, daß das durch die Schlammheber aufsteigende Wasser sich gleichmäßig über die Filterfläche verteilt.

Luft und Waschwasser durchdringen gleichzeitig das Filtermaterial von unten nach oben, wodurch aller Schlamm losgerissen und durch den Schlammabfluß abgeführt wird.

Geschlossenes Schnellfilter mit durch Preßluft betriebener Wasser-Starkstrom-Auswaschung, Patent Reisert, während der Auswaschung. Rohwasserzufluß (A) geschlossen, Reinwasserdruckleitung (B) und Luftventil (L) geöffnet. Das durch die Luft aus dem Wasserraum (R) verdrängte Wasser steigt mit großer Geschwindigkeit durch Schacht (D) von unten nach oben durch

Bei der Spülung, gemäß Skizze *b*, wird Druckwasser und Preßluft durch die Betonkanäle von unten eingeführt. Sobald der schnell ansteigende Schlammwasserspiegel die Oberkante der Schlammheber überdeckt, setzen sich sämtliche Schlammheber in Betrieb und saugen das Schlammwasser ab.

e) Kunststeinfilter und Kleinfilter.

In der Praxis besitzt die Kunststeinfiltration noch keine Bedeutung und wird sie auch kaum erlangen. Schwierigkeiten wird stets die Reinigung bieten.

Den Filtersteinen in der Wirkung vergleichbar sind die als Kleinfilter gebräuchlichen Berkefeld-Filterkerzen. Sie geben anfangs ein klares und bakterienfreies Filtrat. Nach längerer Gebrauchszeit läßt die Wirkung aber nach. Sie müssen ausgekocht und häufig sogar abgekratzt werden.

f) Wahl des Filtersystems.

Nach Peter (Zürich) verhindern die an jedem Orte anders gearteten Eigenschaften des Rohwassers und die Mannigfaltigkeit der die Bau-, Betriebs- und Unterhaltskosten bestimmenden Verhältnisse allgemeingültige Regeln für die Wasserreinigung aufzustellen; technische und wirtschaftliche Gründe bestimmen in jedem Falle die anzuwendende Methode. Peter empfiehlt folgende kombinierte Filtrationsmethode für Oberflächenwasser:

1. Ablagerung [Absetzen] (evtl.),
2. Koagulierung (evtl.),
3. Vorfilter,
4. Reinfiler mit bedeutend erhöhter Filtrationsgeschwindigkeit 10—12 m/Tag (statt der bei Langsamfilter üblichen 2—3 m/Tag),
5. Desinfektion (Chlorung).

Bei vorzüglicher Qualität des Rohwassers wird es z. B. möglich sein, Ablagerung und Koagulierung zu umgehen. Es hängt ferner von dem verlangten Grade der Reinheit des Wassers ab (Verwendungszweck), ob einzelne Teilprozesse weggelassen werden dürfen.

2. Desinfektion.

a) Ultraviolette Strahlen.

Es werden nicht nur die Bakterien, sondern auch nach neueren Untersuchungen die Sporen der Sporenbildner abgetötet (die Vorbedingung ist klares Wasser). In der Praxis der Wasserdesinfektion hat das Verfahren im großen noch keine Anwendung gefunden.

b) Ozon.

Die bakterizide Wirkung beruht auf Abspaltung von aktivem Sauerstoff. Die desinfizierende Wirkung ist eine sehr gute. Von der Ozongesellschaft (Siemens & Halske, Berlin) sind u. a., z. B. in Petersburg, Anlagen zur Wassersterilisation errichtet worden. Die Betriebskosten sind aber zur Zeit noch so hoch, daß manche Wasserwerke, z. B. Paderborn, zur wohlfeileren Chlorgasbehandlung übergegangen sind. Eine Ozonversuchsanlage ist im Dresdener Güntzbad¹⁾ neben der vorhandenen Chlorungsanlage geplant.

c) Hypochlorite und Ätzkalk

(Chlorkalk, Natrium- und Magnesiumhypochlorit, Elektrolytchlor). Die Hypochlorite zersetzen sich im Wasser erst allmählich (während Chlorgas ziemlich momentan wirkt).

Chlorkalk hat den Nachteil einer sehr geringen Löslichkeit, geringen Chlorgehaltes (höchstens 30%) und der Verminderung des Chlorgehaltes bei Lagerung. Gute Erfolge habe ich bei Desinfektion von Schwimmbadewasser mit Caporit, dem Kalziumhypochloritpräparat der Fa. Bayer & Co., Leverkusen, (75% Cl) erzielt.

¹⁾ Durch Aufstellung einer Gegendruckturbine und Ausnutzung der Abwärme werden die Stromkosten sehr gering.

Die Verwendung von Natriumhypochloritlauge (Elektrolytchlor) hat ebenfalls praktische Bedeutung erlangt. Elektrolytanlagen zur Trinkwasser und Schwimmbeckenwasser-Desinfektion befinden sich in Pforzheim. Smit, Batavia, empfiehlt besonders für die Tropen Desinfektion des Wassers mit Kalkmilch und nachfolgende Schnellfiltration (ferner Kalkverfahren von Houston).

d) Organische Chlorpräparate.

Meine Versuche mit Chloraminpräparaten (Chloramin und Miamin) ergaben bei Schwimmbadewasser keine genügende bakterizide Wirkung.

e) Chlorgas.

Ähnlich der Schnellfiltration ist es nach Bach der Trinkwasserdesinfektion mit Chlorgas bzw. Chlorkalk ergangen, die, ursprünglich deutsches Geistesprodukt, erst in Amerika den Befähigungsnachweis liefern mußte, ehe sie — gegen beträchtliche Widerstände ankämpfend — in Deutschland Fuß fassen konnte und seitdem zum fast unentbehrlichen Ausrüstungsstück der Wasserhygiene geworden ist.

Für die Trinkwasserdesinfektion ist zur Zeit die Zugabe von Chlorgas das billigste und bequemste Verfahren. In dem entstehenden naszierenden Sauerstoff ($2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HCl} + \text{O}$) ist vor allem das bakterientötende Agens zu sehen. Daneben glaube ich eine spezifische Chlorwirkung annehmen zu dürfen. Bruns (Gelsenkirchen) erhielt im Trinkwasser durch Chlorgas bei den auf Gelatineplatten bei 22° wachsenden Keimen Reduktionen von 98—99% und bei den auf Agarplatten bei 37° wachsenden von 99%. Kolibakterien waren (in 100 ccm Wasser) nicht mehr nachweisbar.

Einrichtungen zur Chlorgas-Desinfektion.

Man unterscheidet zwei Verfahren:

1. Das indirekte Verfahren (Chloratorgesellschaft, Berlin): Es wird zunächst ein konzentriertes Chlorwasser bereitet, das dem zu behandelnden Wasser entweder in der

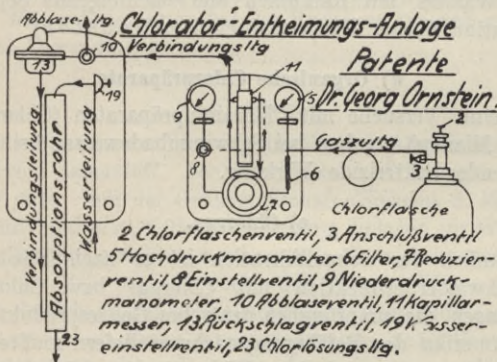


Fig. 29. Chlorapparat (indirektes Verfahren).

Saugleitung oder mit Hilfe eines Strahleninjektors mit höherem Druck in der Druckleitung beigemischt wird.

2. Das direkte Verfahren (z. B. Fa. Bamag-Meguïn, Berlin): Eine vorher dosierte Chlorgasmenge wird entweder direkt oder mit Hilfe von Druckwasser in dem zu behandelnden Wasser zerstäubt.

Die Chlorgas-Desinfektion ist auch in Deutschland ziemlich verbreitet. Es befinden sich in folgenden Orten Trinkwasser-Desinfektionsanlagen:

1. Nach dem indirekten Verfahren: Aachen, Adorf/Vgtl., Altena i. W., Breslau, Caub, Chemnitz, Dresden, Düsseldorf, Essen, Erfurt, Freiberg i. Sa., Freital (Klingenberger Talsperre), Friedland/Ostpr., Gevelsberg, Hamburg, Hannover, Haspe, Jena,

Königsberg i. Pr., Kortau Ostpr., Kreuznach, Lippstadt i. W., Magdeburg, Münster a. Stein, Nordhausen, Neu-Welzow, Oberhausen i. W., Paderborn, Pirna, Rössel Ostpr., Stralsund, Worms.

2. Nach dem direkten Verfahren: Bietigheim, Dittersbach (Schl.), Dudweiler, Friedberg/Hessen, Friedland/Mecklbg., Ham-

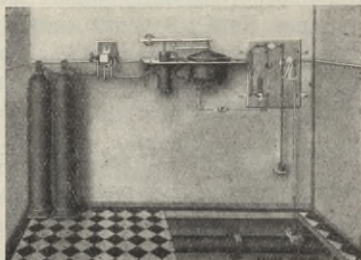


Fig. 30. Chlorapparat (direktes Verfahren).

burg, Liebstadt/Ostpr., Liegnitz/Schles., Mülheim/Ruhr, Offenbach, Stuttgart, Tilsit, Villingen, Waiblingen, Wiesbaden.

Dosierung des Chlorzusatzes.

Die Chlorzugabe muß der wechselnden Wasserbeschaffenheit, resp. dem veränderlichen Chlorbindungsvermögen, angepaßt werden. Nach meinen praktischen Erfahrungen soll in dem Wasser, welches das Werk verläßt, etwas freies Chlor nachweisbar sein. Als sehr empfindliches Reagenz habe ich Benzidinlösung empfohlen (vgl. S. 77). Auf welche Farbenintensität eingestellt werden muß, ergibt der Vergleich mit der bakteriologischen Untersuchung. Wird die Chlorzugabe ständig auf die nach den bakteriologischen Untersuchungsergebnissen noch angängige geringste Farbentönung (durch Chlorreagenz) eingestellt, so hat man eine Gewähr, daß ein genügender bakteriolo-

gischer Erfolg erzielt ist und daß keine Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen zu befürchten sind.

Der Chlor- (Jodoform-) Geschmack hängt von der Wasserbeschaffenheit ab. Es dürfen bei manchen Wässern z. B. nur ganz geringe Chlorüberschüsse angewandt werden. Als Antichlormittel finden Natriumthiosulfat, Natriumsulfit, Kaliumpermanganat, Kobalt-Permutit Anwendung; meist wird aber ohne sie auszukommen sein. Nach neueren Untersuchungen wird Jodoformgeschmack besonders durch Phenole erzeugt (vgl. S. 39 und 41).

Sicherheitsmaßnahmen (Zusatz-Apparaturen).

1. Die Anschaffung von Reserveapparaten und von Reserveteilen (z. B. Membranen und Ventilen) sowie Gasmasken ist empfehlenswert.

2. Bei wechselnder Wasserförderung kann die Chlorzugabe automatisch mit Hilfe von Venturirohren eingestellt werden.

3. Das Ein- und Abstellen des Chlorapparats kann durch Absperrmembranen automatisch erfolgen. Bei elektrischem Betrieb ist dies bei plötzlichen Störungen sehr angebracht (z. B. Fa. Chlorator, Berlin).

4. Automatisch arbeitende, mir gemeinsam mit O. Sperling patentierte Chloranzeigeapparate zeigen auch des Nachts durch Blaugrünfärbung dem Betriebspersonal an, ob dem behandelten Wasser zu wenig oder zu viel Chlor zugegeben wird.

3. Entgasung (Entsäuerung).

a) Theorie der Entgasung.

Nach der „Anleitung“ (für die Einrichtung usw. von Wasserversorgungsanlagen) ist es nachteilig, wenn ein Wasser die Eigenschaft hat, die Materialien der Leitung

(Fassungen, Sammelbehälter, Leitungsrohre) anzugreifen; insbesondere kann die Eigenschaft, Blei zu lösen, unmittelbar zu Gesundheitsschädigungen führen.

Über angreifende Wässer, sowie über Rohrmaterial, Mörtel und Boden in ihrem gegenseitigen Verhalten hat H. Klut als Zusammenfassung seiner Arbeiten in seinen Büchern: „Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle“ und „Trink- und Brauchwasser“ eingehend berichtet.

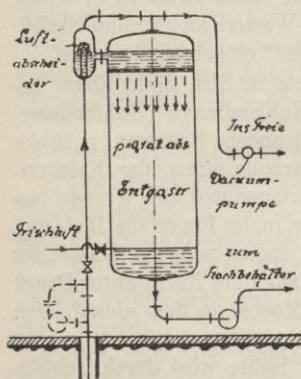
Die Zerstörung der Metalle, z. B. Blei, Zink, Eisen, beruht auf der Wirkung von Kohlendioxyd (Kohlensäure) und Sauerstoff. Da aber noch andere Faktoren, z. B. die Konzentrationen der Hydrokarbonationen, der Kalzium- und Magnesiumionen, der Chlorionen usw. des Wassers von Bedeutung sind, bestimmt man in der Praxis die Blei- und Eisenlöslichkeit eines Wassers, indem man das Wasser am besten in einem engen Rohrstrang über Nacht unter Druck stehen läßt und am anderen Morgen in dem ablaufenden Wasser den Blei- und Eisengehalt ermittelt.

Ein natürlicher Schutz der Rohre wird durch Schutzbelege erzielt. Harte Wässer mit einer Karbonathärte über 6° bewirken bei nicht zu hohem Kohlensäuregehalt Kalkablagerungen. Weitere Schutzbeläge sind z. B. Eisenabscheidungen in Bleirohren und mitgeführter organischer und anorganischer Detritus.

Um einem Wasser die Angriffsfähigkeit zu nehmen, muß nach Möglichkeit Kohlensäure und Sauerstoff entfernt werden. Erfahrungsgemäß werden aber schon erhebliche Besserungen durch Entfernung der aggressiven (vgl. S. 80) Kohlensäure erreicht (vgl. auch S. 109).

Bei den meisten natürlichen Wässern bedingt das Verhältnis von freier zu Bikarbonatkohlensäure die Reaktion (Wasserstoffionenkonzentration). Der Logarithmus des reziproken Wertes ist der Wasserstoffexponent

p_H . $p_H = 7,07$ bedeutet neutral, größer als 7,07 alkalisch und kleiner als 7,07 sauer. Eine, wenn auch noch so schwach saure Lösung muß naturgemäß, wenn sich kein Schutzbelag aus Abscheidungen aus dem Wasser bildet, schädigend auf ein Rohrnetz einwirken. Eine schwach alkalische Reaktion des Wassers ist notwendig. Eine Entsäuerung muß so geleitet werden, daß $p_H = 7,4$ bis 7,5 ist. Die Bestimmung des



Trinkwasser-Entgasung
D. A. P.

Fig. 31. Trinkwasserentgasungs-Anlage.

Wasserstoffexponenten erfolgt in Doppelkeilkolorimetern (vgl. S. 76) oder evtl. in dem neuen elektrometrischen Aciditätsmesser nach Trénel (vgl. S. 76). Erstrebenswert sind Apparate zur selbsttätigen und fortlaufenden Messung¹⁾ und deren Registrierung.

Die Bestimmung des Wasserstoffexponenten erfolgt in Doppelkeilkolorimetern (vgl. S. 76) oder evtl. in dem neuen elektrometrischen Aciditätsmesser nach Trénel (vgl. S. 76). Erstrebenswert sind Apparate zur selbsttätigen und fortlaufenden Messung¹⁾ und deren Registrierung.

b) Entgasungseinrichtungen.

Die Entfernung der Kohlensäure und auch des Sauerstoffs kann unter gleichzeitiger Verminderung des absoluten und des Partialdruckes erfolgen, wenn das Wasser in fein verteiltem Zustande in einen unter Vakuum stehenden Raum herabfällt. Zur Verminderung des Partialdruckes der Kohlensäure wird Luft von unten angelassen, welche dem herabfallenden Wasser entgegenströmt. Die ausgeschiedenen Gase werden zusammen mit der eingeführten Luft durch eine Vakuumpumpe aus dem oberen Teile des Ent-

¹⁾ Baylis empfiehlt die Wasserstoffelektrode mit Wolframdraht zu verbessern.

gasungsapparats abgesaugt. Die theoretisch sehr einleuchtende Vakuumrieselung hat sich bislang noch nicht eingeführt. Ich hatte Gelegenheit, in der Filmfabrik Wolfen (Agfa) eine Anlage¹⁾ zu sehen, die (nach eigener Untersuchung) gut arbeitet.

Für Großbetriebe scheinen aber Vakuumrieselungsanlagen noch zu umfangreich, und der Betrieb stellt sich durch Stromkosten etwas teurer als beim Marmor- und Kalkwasserentsäuerungsverfahren.

c) Entsäuerungseinrichtungen.

Man unterscheidet:

1. Offene Luftrieselung,
2. Marmorentsäuerung (Rieselung),
3. Entsäuerung durch chemische Zusätze (Soda, Ätznatron, Ätzkalk).

Harte Wässer werden am einfachsten durch Luftrieselung entsäuert. Es muß darauf geachtet werden, daß die Entfernung der Kohlensäure nicht zu weit geht, so daß Kalksalze ausfallen. Eine Zunahme des Sauerstoffgehaltes ist nicht zu umgehen, doch wirkt diese erfahrungsgemäß bei dem sich in Röhren bildenden Schutzbelag nicht schädigend.

Besonders für weiche und mittelharte Wässer empfiehlt sich die Marmorbehandlung. Das Wasser muß mit nicht zu großer Geschwindigkeit eine Marmorschicht von unten nach oben durchfließen. In Frankfurt a. M. beträgt sie rund 2 m/Std. Je größer die Bikarbonatkonzentration ist, desto langsamer erfolgt die Bindung der freien Kohlensäure.

Die Entsäuerung mit Marmor erfolgt zweckmäßig in offenen Kammern (also mit Vorförderung). Bei einem

¹⁾ Von der Fa. Permutit A. G., Berlin NW.

geschlossenen System ist zu berücksichtigen, daß der Erfolg von der Durchflußgeschwindigkeit und somit von der Berührungzeit abhängt und daß die Bemessung der Behälter entsprechend erfolgen muß.

Die Marmorentsäuerung beansprucht wenig Wartung, jedoch ist dafür zu sorgen, daß die aufgezehrte Marmorschicht rechtzeitig nachgefüllt wird und daß sich keine Trichter bilden, durch die die Hauptmenge des Wassers steigt. Bei neugefüllten Marmorkammern muß das entsäuerte Wasser so lange in die Schleuse fließen, bis eine genügende Keimfreiheit festzustellen ist.

Von den chemischen Zusatzverfahren ist die Entsäuerung mit gesättigtem Kalkwasser am vorteilhaftesten. Natronlauge und Soda sind zu teuer. Die Bereitung des Kalkwassers geschieht in dem bekannten konischen Kalksättiger (vgl. Abbildung S. 118). Es empfiehlt sich, mindestens 2—3 Sättiger in Betrieb zu haben, von denen der eine konzentriertes Kalkwasser liefert, der zweite die Kalkrückstände weitergehend auslaugt, während der dritte frisch gefüllt wird. Die Kalkwasserkonzentration kann durch Analyse oder durch selbsttätige Apparate zur fortlaufenden Feststellung der elektrolytischen Leitfähigkeit¹⁾ bestimmt werden (Wasserwerke Dresden). Bei der Entsäuerung mit Kalkwasser wird dem Trinkwasser ein bakteriologisch einwandfreies Material, das bis zur Bindung der Kohlensäure bakterizide Wirkung besitzt, zugeführt. Kalkwasserentsäuerungsanlagen sind in Breslau, Dresden, Ohligs u. a.

4. Enteisung.

a) Theorie der Enteisung.

Je nach den durchflossenen Bodenschichten und der Aufnahmefähigkeit ist der Eisengehalt des Grundwassers

¹⁾ Fa. Siemens & Halske, Berlin-Siemensstadt.

sehr verschieden. Es kommen Wässer mit mehr als 10 mg/l Eisen vor. Fast stets ist das Eisen als Ferroion im Wasser enthalten.

Bei der Enteisenerung unterscheidet man:

1. Oxydation. Durch Sauerstoffzutritt wird das Ferroion in Ferriion umgewandelt, das zunächst als Hydrosol (Sol) kolloidal gelöst bleibt. Für 1 mg Eisen sind nach Klut 0,143 mg Sauerstoff = 0,48 cbm Luft erforderlich.

2. Ausscheidung des Eisens. Allmählich geht das kolloidal gelöste Eisen in die Hydrogel- (Gel-) Form über und wird ausgeschieden. Die Ausscheidung wird beschleunigt durch Kontaktwirkung (z. B. geeignetes Kontaktmaterial).

Eisenbakterien können als Anorg-Oxydanten ebenfalls die Oxydation bewirken und das Hydrogel in ihren Zellen ablagern.

Den Enteisenerungsvorgang fördern nach Bamberg, Berlin, Noll, Hamburg und eigenen Beobachtungen:

1. Karbonate des Kalziums und Magnesiums;
2. alkalische Reaktion des Wassers (p_H größer als 7,07);
3. geeignetes Kontaktmaterial (rauhe scharfkantige Oberfläche und ausgeschiedenes Ferrihydroxyd).

Hemmend wirken:

1. Organische kolloidal gelöste Stoffe (besonders Huminstoffe);
2. Saure oder neutrale Reaktion (p_H kleiner als 7,07 oder = 7,07);
3. Bikarbonate der Alkalien (Natrium);
4. Doppelsalzbildungen z. B. bei Chloriden (Kali-industrie) und Sulfaten (Braunkohlenindustrie).

Die Enteisungsanlagen unterscheiden sich:

1. in der Art der Belüftung (Oxydation);
2. in der Überführung des Eisenhydrosol in die Gelform;
3. in der Filtration.

Man unterscheidet:

1. Offene Enteisungsanlagen.

a) System Piefke — Rieseln über Koks, Ziegel und Holzhorsten. Das kolloidal gelöste Eisen geht durch Kontaktwirkung mit dem an den Horsten hängenden Eisenhydroxyd in die Gelform über.

b) System Oesten — Rieseln durch Luft (Regenvorrichtung). Die Koagulation des kolloidalen Eisens erfolgt durch Aufprallen.

c) Horndüsen (Amsterdamer Düsen). Durch die feine Zersprühung und das Aufeinanderprallen der Wasserstrahlen wird intensive Stoßwirkung erzielt.

2. Geschlossene Enteisungsanlagen — Belüftung, Koagulation (durch Kontakt- und Druckwirkung) und Filtration in geschlossenen Kesseln.

Die Wahl des Systems richtet sich:

1. nach der Beschaffenheit des Wassers, resp. nach der leichten oder schweren Ausscheidung des Eisens;
2. nach den örtlichen Verhältnissen.

Im allgemeinen wird der offenen Enteisung der Vorzug gegeben, doch bedarf es hierbei einer Vorförderung des Wassers (Doppelhebung). Durch offene Rieseln (z. B. Kombination von Verfahren Oesten und Piefke) kann

bei harten Wässern die Kohlensäure zu weit entfernt werden, so daß Kalksalze ausfallen.

Bei weichen, eisenarmen Wässern ist häufig eine Überlegenheit der geschlossenen Systeme durch die in erhöhtem Maße auftretende Kontaktwirkung festzustellen. Die Luftzufuhr läßt sich nach Belieben regulieren. Bei größerem Kohlensäuregehalt ist vor der Enteisung eine Entsäuerung durch Kalkwasser zweckmäßig: 1. zur Verminderung der freien Kohlensäure, 2. zur Erhöhung der Carbonate.

Wichtig ist die Wahl der Korngröße des Filtermaterials. Nach Klut ist bei weichen und karbonatarmen Wässern, bei denen das Eisen in feiner Form ausfällt, eine Filterkorngröße von 0,5—1,0 mm zu nehmen. Bei Wässern, bei denen das Eisen leicht und großflockig ausfällt, darf sie nicht über 2 mm sein.

Durch biologische Vorgänge in den Filtern tritt häufig eine Verringerung des Sauerstoffes ein. Bei sehr sauerstoffarmem Wasser treten dann Reduktionserscheinungen auf, die besonders beim Vorhandensein von Kohlensäure zur Wiedervereisung des Wassers führen. Das enteiste Wasser soll deshalb:

1. ein p_H von 7,4—7,5 haben,
2. (nach Bamberg, sowie Klut) möglichst nicht unter 3 mg/l Sauerstoff enthalten.

Nach Klut soll bei Wässern mit einer Karbonathärte über 7° ein Sauerstoffgehalt auch über 8 mg/l für das Rohrnetz nicht schädlich sein.

Eine gute Enteisungsanlage muß das Wasser tunlichst unter 0,1 mg/l Fe enteisen.

b) Enteisungs-Systeme.

1. Offene Anlagen.

a) System Piefke.

Die älteste Art der Rieselung erfolgt über Holzhorden.

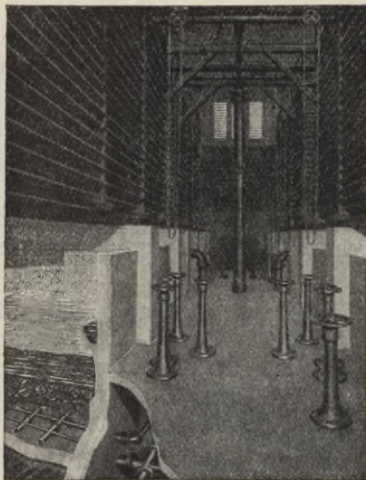


Fig. 32. Enteisungsanlage (Holzhorden).

Bei erfahrungsgemäß mangelhafter Spülfähigkeit von Holzrieslern bilden sich manchmal Eisenschlammnester. Die Luftzufuhr wird gehindert, der weiße Schlammpilz zeigt sich als Folgeerscheinung. Bei dem Umbau des Wasserwerks Tegel bei Berlin sind statt der Holzkonstruktion Eisenbeton und Steinpackung verwendet worden.

b) Vereinigung von System Piefke mit System Oesten¹⁾.

Das Wasser rieselt durch Verteiler (*R*) im Regenfall auf Koksriesler (*D*), von hier im Regenfall auf Kiesfilter. Ausfluß = *T*.

Im Wasserwerk Tegel fließt das Wasser zunächst in Becken mit Stauwehren, in denen eine starke Wucherung von Eisenbakterien vorhanden ist, von da durch Abflußdüsen auf Prallteller, fällt fein verstäubt auf Steinriesler und dann durch Absetzbecken auf die Filter. Das vollkommene

Einarbeiten eines Rieslers dauerte drei Monate.

c) Spritzdüsen.

Bei schwer ausscheidbarem Eisen wird häufig eine genügende Enteisung durch feinste Versprühung und Stoßwirkung erreicht.

Die sog. Amsterdamer Düsen sind z. B. im Potsdamer Wasserwerk 2 und im Berliner Wasserwerk Wuhlheide (mit Absatzbecken und Bollmann-Filtern) im Gebrauch.

2. Geschlossene Enteisung.

Vor dem Enteisungskörper²⁾ wird durch einen Luftkompressor dem Wasser Luft zugeführt. Das Wasser durchströmt zur innigen Vermischung einen mit Düsen und Prellblechen versehenen Mischapparat. Das Gemisch tritt zunächst in den oberen Kontaktbehälter, der mit Porzellankoks

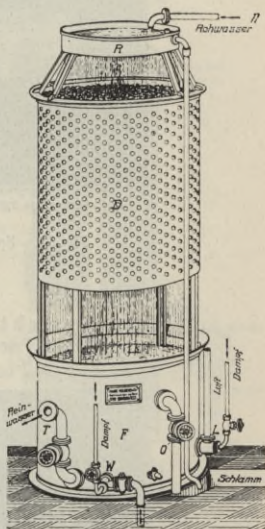


Fig. 33. Offene Enteisungsanlage (Luft- und Koksrieselung).

¹⁾ z. B. Enteisungsapparat System Reiser & Co., Köln.

²⁾ System Breda (Fa. Halvor Breda A. G., Berlin-Charlottenburg).

(Abfallmasse aus Porzellanfabriken) oder Lavakoks gefüllt ist. Die ausgeschiedene Luft wird im oberen Teil des Behälters



Spritzdüsenanlage System Breda 500 cbm Stundenleistung

Fig. 34. Spritzdüsen (s. S. 111).

Äußere Ansicht einer geschlossenen
Enteisenungsanlage.

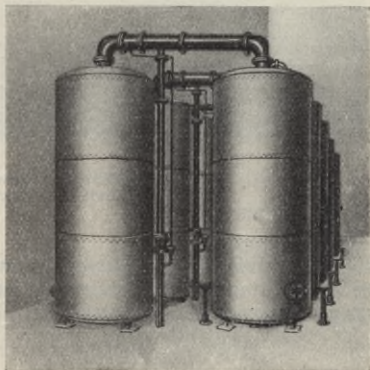


Fig. 35. Geschlossene Enteisenungsanlage.

durch selbsttätige Ventile entfernt. Durch ein zentrales Rohr fällt nun das Wasser in den unteren Teil des Behälters auf ein Kiesfilter. Die Rückspülung des Filters erfolgt mit Rechenwerk.

Schematische Darstellung eines Enteisungskörpers

5. Entmanganung.

Der Wasserfachmann unterscheidet:

1. leicht ausfällbares Mangan,
2. schwer ausfällbares Mangan.

Durch praktische Vorversuche muß festgestellt werden, wie das Mangan ausfällt. Wenn das Mangan als Begleiter von Eisenkarbonat auftritt, so fällt es meist mit dem Eisen aus. Das Mangan kann aber auch hemmend auf den Ausfall des Eisens und das Eisen hemmend auf den Manganausfall wirken.

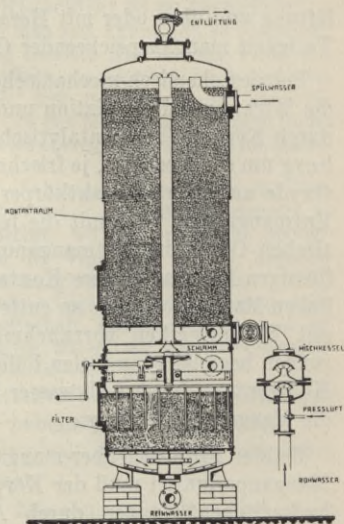


Fig. 36. Geschlossener Enteisungskörper.

Die Entmanganung kann erfolgen:

1. durch chemisch-mechanische Wirkung,
2. durch biologische Vorgänge,
3. durch Vereinigung von chemisch-mechanischen und biologischen Vorgängen.

Für die Praxis kommen folgende Verfahren in Betracht:

1. Filterung über Braunstein oder braunsteinhaltige Materialien (z. B. Manganpermutit);
2. Filterung über Sand mit und ohne vorheriger Belüftung und ohne oder mit Heranziehung der biologischen Tätigkeit manganspeichernder Organismen.

Bei der chemisch-mechanischen Entmanganung beruht die Wirkung auf Oxydation und katalytischen Vorgängen durch Kontakt. Die katalytische Wirkung ist nach Bamberg um so intensiver, je frischer erzeugt die hydratischen Oxyde auf dem Kontaktkörper sind. Wesentlich für die Entmanganung ist somit die feine Verteilung der hydratischen Oxyde im Entmanganungskörper. Um den überflüssigen für eine weitere Kontaktwirkung nicht erforderlichen Manganschlamm zu entfernen, sind Rückspülungen mit Rechenwerken vorzunehmen. Nach meinen Erfahrungen begünstigt in vielen Fällen eine Bindung der freien Kohlensäure durch Kalkwasser bis zum p_H -Wert 7,4—7,5 die Manganabscheidung.

Bei der Filterung über manganhaltige Materialien (z. B. Manganpermutit) muß der Körper zur Neuerzeugung von hydratischen Oxyden durch Auswaschen mit Kaliumpermanganat (nach dem Verfahren der Permutit-A.-G.) oder durch Alkalischemachen mit Luftzufuhr (nach Tillmans und Heublein) regeneriert werden.

In den Dresdner Wasserwerken erfolgt die Entmanganung nach dem biologischen Verfahren von Vollmar. Das Wasser durchfließt unter Druck eine mit Manganbakterien (besonders *Clonothrix fusca*) besetzte, in zwei übereinander angeordnete Kammern gelagerte Kiesschicht von 3 mm Korngröße und zusammen 1,4 m Höhe. Jeder Quadratmeter Kiesfläche vermag durchschnittlich etwa 600 cbm

in 24 Stunden zu entmanganen. Durch Rückspülung (und gelegentliche Überspülung mittels Wasserstrahlapparaten nach einem Bottich und zurück) muß der angesammelte Manganbakterienschlamm von Zeit zu Zeit entfernt werden. Eine Erhärtung der Kiesschicht ist zu vermeiden.

Die Entmanganung könnte man sich chemisch so vorstellen, daß der mit Manganbakterien besetzte Kies wie ein Filter mit hydratischen Manganoxyden wirkt. Lieske hat durch geeignete Färbungsmethoden festgestellt, daß das Mangan auf biologischem Wege ausgefallen war. In den biologischen Körpern findet eine Entmanganung nicht nur im oberen, sondern auch im Mittelteil statt.

Desinfektionsmittel (Chlor, Sublimat) stören sofort die Entmanganung. Bei einem Chlorversuch im Frühjahr dauerte es drei Wochen und im Spätherbst, wo eine reichliche Sporenbildung, also ein Nachlassen der Vegetation erfolgt, ungefähr drei Monate, bis die Entmanganung wieder normal war.

In den biologischen Körpern erfolgt die Entmanganung auch bei sehr geringem Sauerstoffgehalt (unter 2 mg/l) und erheblichem Kohlensäuregehalt (ca. 25—30 mg aggressive Kohlensäure) fast restlos (bis auf ca. 0,005—0,03 mg/l Mn).

Sehr häufig werden chemisch-mechanische Wirkungen und biologische Vorgänge nebeneinander stattfinden.

Eine gute Entmanganung soll das Mangan möglichst weit unter 0,1 mg/l entfernen.

Die Nachteile, die ein Mangangehalt des Wassers in Wäschereien, Papier- und Photofabriken hervorbringt, sind schwerwiegender als bei Eisen. Durch Wucherung von Manganbakterien können Verstopfungen der Rohrleitungen und eine Herabminderung des Genußwertes des Wassers eintreten.

6. Enthärtung des Wassers.

a) Kesselspeisewasser (Enthärtung und Entgasung).

Die Beeinträchtigung des Kesselsteins auf die Wärmeausnutzung wird häufig überschätzt (vgl. S. 134). Durch

lokale Schlammanhäufungen (vgl. S. 127) und ungleichmäßige Verteilung der Beläge entstehen Wärmestauungen, die zu Überhitzungen und Deformationen der Bleche Veranlassung geben. Durch das Ausklopfen können stark inkrustierte Kessel unter Umständen leiden.

Die Anwendung von Kesselstein-Verhütungsmitteln (Geheimmitteln) ist (wenn auch an einigen Stellen mit derartigen Mitteln gute Erfolge erzielt werden) tunlichst zu vermeiden. Grundsätzlich ist die Speisewasserreinigung außerhalb des Kessels vorzunehmen. Bei der Speisewasserreinigung muß (ohne damit, wie Neide [Bremen], eine Rangordnung für die Schädlichkeit aufzustellen) dafür gesorgt werden:

1. daß kohlen saure Salze, Humusbestandteile oder Schlamm nicht zu den Heizflächen gelangen;
2. daß kein Öl, auch in geringen Mengen, in den Kesselinhalt eintritt;
3. daß Gase (z. B. Luftsauerstoff), die Korrosionen verursachen, möglichst entfernt werden. Sie wirken hauptsächlich schädlich, wenn sie Gelegenheit haben, sich an den Kesselwandungen in Blasenform festzusetzen;
4. daß die schwefelsauren Salze entfernt werden, resp. sich nicht in zu starker Konzentration im Kessel anreichern.

Die besten Erfolge werden häufig durch sachgemäße Vereinigung von zwei Verfahren erzielt. Bei Wasserrohrkesseln und besonders bei Steilrohrkesseln ist eine gute Reinigung des Speisewassers eine unbedingte Notwendigkeit.

Die Verfahren zur Kesselspeisewasserreinigung lassen sich einteilen:

α) Chemische Reinigung.

1. Das Kalk-Soda-Verfahren;
2. das Soda-Regenerativ-Verfahren, sog. Neckarverfahren.
3. das Permutit-Verfahren;
4. das Kalk-Baryt-Verfahren;
5. das Impfverfahren (um Vorwärmer, Verdampfer und Kondensatore steinfrei zu halten).

 β) Thermische Reinigung.

1. Plattenkocher;
2. Verdampfer zur Erzeugung von destilliertem Wasser (unter Benutzung von Abdampf);
3. Verdampfung unter Vakuum.

 γ) Spezielle Entgasungsverfahren.

1. Warme Entgasung;
2. Kalte Entgasung;
3. Stickstoffentgasung;
4. Sauerstoffentzug;
5. Gasschutzanlagen (zur Verhütung der Wiederaufnahme von Gasen aus der Luft).

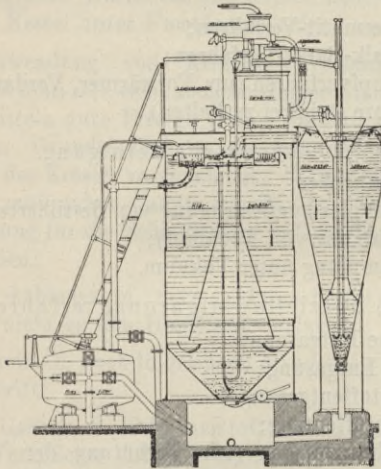
 δ) Elektrolytische Verfahren.

1. Cumberland-Verfahren (Siemens-Verfahren);
2. Renger-Fuhrmann-Verfahren.

 α) Chemische Reinigung.

1. Das Kalk-Soda-Verfahren. Durch Kalkwasser wird die freie Kohlensäure des Speisewassers gebunden und Kalzium-Bikarbonat als schwerlösliches Kalziumkarbonat und Magnesium-Bikarbonat als Magnesiumhydroxyd ausgefällt. Der Sodazusatz bezweckt die Ausfällung der Sulfate (bleibende Härte). Das Verfahren zerfällt in vier Phasen:

1. Mischprozeß (Zusatz der erforderlichen chemischen Lösungen zu dem Rohwasser);
2. Eigentlicher Reaktionsprozeß;



Enthärtungsanlage Breda

Fig. 37. Kalk-Soda-Enthärtungsanlage.

3. Sedimentierung des Schlammes ;
4. Filtration.

Da gebrannter Kalk (Ätzkalk) sich nur im Verhältnis 1: ca. 780 im Wasser löst, so erfolgt die Bereitung des gesättigten Kalkwassers allgemein in einem Kalksättiger von konischer Form (vgl. S. 106). Die Dosierung der Soda erfolgt durch einen Kippkasten.¹⁾

¹⁾ z. B. Fa. Halvor Breda A.-G., Berlin-Charlottenburg.

Im Mischraum des Klärbehälters beginnt bei kreisender Bewegung die chemische Umsetzung, die Härtebildner fallen aus und sedimentieren zum Teil. Dann fließt das Wasser auf ein nebengebautes Feinkiesfilter. Bei sehr weichen Wässern kann durch Zugabe von etwas Schlamm (Schlammumwälzungsverfahren) die Ausflockung beschleunigt werden.

Auf dem Prinzip der kontinuierlichen Schlammrückführung beruht das Harko-Verfahren von Reiser & Co., Köln.

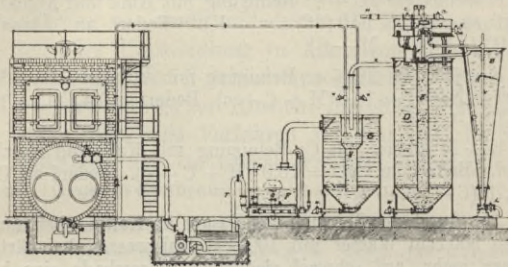


Fig. 38. Enthärtungsanlage (Harko-Verfahren).

In einem Nachreaktionsbehälter wird vor der Filtration durch eine am Abflußstutzen des Kessels angeschlossene Leitung dauernd etwas Kesselwasser zugeführt. Der Alkaliüberschuß des Kesselwassers wird dadurch ständig nutzbar gemacht und das Wasser etwas nachenthärtet.

Die Bestimmung der Zusätze erfolgt:

- a) durch Berechnung,
- b) durch unmittelbare Versuche.

a) Die Formeln von Hundeshagen berücksichtigen den Gehalt des Wassers an freier Kohlensäure. Sie geben die erforderlichen Zusätze in Grammen für 1 cbm Wasser an. K bedeutet Kalkhärte, M = Magnesiahärte, C = Karbonathärte, c = freie Kohlensäure auf deutsche Grade bezogen (die mg/l freie Kohlensäure werden mit 1,28 multipliziert und durch 10 dividiert).

1. $K + M$ größer als C: Reinigung mit Kalk und Soda.

Bedarf an Kalk (CaO) = $10,0(M + C + c)$. Um die erforderliche Menge 80%igen Kalkes (meist handelsüblich) zu berechnen, muß der gefundene Wert mit 1,25 multipliziert werden.

Bedarf an wasserfreier Soda (Na_2CO_3) = $18,9 \cdot$ bleibende Härte = $18,93(K + M - C)$. Da die Kristallsoda des Handels 10 Moleküle Wasser enthält, ist der Wert mit 2,7 zu multiplizieren. Um eine bessere Enthärtung zu erzielen, empfiehlt es sich, etwas mehr Soda (ca. 1 Härtegrad entsprechend) zuzugeben.

2. K kleiner als $2C + c$: Reinigung mit Kalk und Ätznatron. Bedarf an CaO = $10,0(2C + c - K)$. Bedarf an Ätznatron (NaOH) $14,3(K + M - C)$.

3. K größer als $2C + c$: Reinigung mit Ätznatron und Soda. Bedarf an NaOH = $14,3(M + C + c)$. Bedarf an Na_2CO_3 = $18,93(K - [2C + c])$.

4. $K + M$ kleiner als C: Reinigung mit Kalk und Kalziumchlorid. Bedarf an CaO = $10,0(M + C + c)$. Bedarf an CaCl_2 = $19,79(C - [K + M])$.

b) Um durch den Versuch den Zusatz an Kalk zu bestimmen, werden 500 ccm Wasser mit 100 ccm Kalkwasser, bei härteren Wässern mehr, auf schwach siedendem Wasserbade eine halbe Stunde erwärmt, schnell abgekühlt, mittels Saugpumpe rasch gefiltert, in 500 ccm Filtrat der Kalküberschuß mit $\frac{1}{10}$ n-Säure und Phenolphthaleinzusatz titriert und der Kalkverbrauch auf die angewandte Wassermenge bezogen.

Der Sodaverbrauch kann durch Eindampfen einer Wassermenge mit einem Überschuß von $\frac{1}{10}$ n-Sodalösung, Trocknen, Lösen, Filtrieren, Auswaschen und Titrieren des Sodaüberschusses bestimmt werden.

Prüfung des gereinigten Kesselspeisewassers:

200 ccm werden mit $\frac{1}{10}$ normal Lösungen titriert und die verbrauchten ccm mit 1,4 (um Angabe in deutschen Graden zu erhalten) multipliziert.

1. Titration mit $\frac{1}{10}$ normal Salzsäure nach:

a Phenolphthalein-Zusatz. P = Phenolphthaleinalkalität

b Methylorange-Zusatz. M = Methylorangealkalität.

2. Titration der Gesamthärte = H (nach Blacher vgl. S. 80),

P (kleiner als) $< \frac{M}{2}$ = Mangel an Kalk; P $> \frac{M}{2}$ = Überschuß

an Kalk; $M < H$ = Mangel an Soda; $M > H$ = Überschuß an Soda.

Am richtigsten ist (nach Zschimmer), wenn M nicht größer als 4° und bis etwa 1° höher als H ist.

2. Das Soda-Regenerativ-Verfahren. Durch die Soda werden die Hervorrufener der bleibenden Härte (z. B. Kalzium- und Magnesiumsulfat) gefällt. Es wird ein Überschuß an Soda angewandt. Im Kessel findet eine Anreicherung von Soda und durch die Kesseltemperatur eine teilweise Umwandlung in Ätznatron statt. Durch kontinuierliche Kessel-Schlammrückführung treten allmählich in theoretischer Hinsicht dieselben Verhältnisse wie beim Kalk-Soda-Verfahren auf, nur daß die Stelle des Ätzkalkes das im Kessel erzeugte Ätznatrium einnimmt (Neckarverfahren).

3. Das Permutit-Verfahren. Unter Permutiten versteht man künstliche Zeolithe, d. h. Salze der Kieselsäure mit Tonerde und Alkali- oder Erdalkalibasen. Das Natrium-Aluminat-Silikat wird durch Verschmelzen von Kaolin, Quarz und Soda gewonnen und vermag die in ihm enthaltenen Natriumionen gegen andere Ionen, z. B. Kalzium- und Magnesiumionen auszutauschen. Das durch eine Permutitschicht gefilterte Wasser enthält keine Kalzium- und Magnesiumverbindung mehr, sondern nur Natriumverbindungen. Nach Erschöpfung des Permutit-filters enthält das Wasser zuerst nur Magnesiaihärte, und zwar über den im Rohwasser vorhandenen Betrag, denn das bei der Filtration neben Kalziumzeolith gebildete Magnesiumzeolith tauscht nach der Erschöpfung sein Magnesiumion gegen das im Rohwasser nachdringende Kalziumion wieder aus.

Die Regeneration des Permutits erfolgt mit Kochsalz, und zwar sind auf 1 Mol. Kalzium 2 Mol. NaCl notwendig.

In der Praxis wendet man etwas mehr als die theoretische Menge an und benutzt zweckmäßig denaturiertes Kochsalz.

Die Permutit-Enthärtung¹⁾ erfolgt bis unter 1° (0°) durch einfache Filtration. Es sind die Betriebszeiten genau einzuhalten, damit das erschöpfte Permutit wieder mit Kochsalz regeneriert wird.

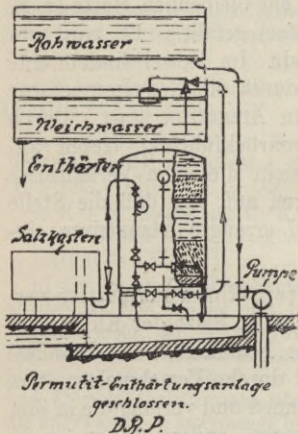


Fig. 39. Permutit-Enthärtung.

Im Kessel tritt allmählich — wie bei den anderen Verfahren auch — eine Konzentration der löslichen Salze ein. Aus dem Natriumbikarbonat wird Soda und durch weitere Kohlensäureabspaltung Ätznatron gebildet. Der Sodagehalt eines Kesselwassers soll die Kesselbleche vor Anfressungen schützen, bei zu hoher Konzentration leiden jedoch Wasserstandsgläser und zinkhaltige Armaturen, die häufig erneuert werden müssen. Die Permutitgesellschaft empfiehlt eine Verdünnung des Kesselwassers durch teilweises Ab-

blasen vorzunehmen, sobald die Dichte 2° Beaumé erreicht hat.

Die Entgasung des Speisewassers erstrebt, daß

1. sämtliches Speisewasser, also sowohl Kondensat als Zusatzwasser, praktisch gasfrei ist, und
2. das gasfreie Speisewasser im Zustande der Gasfreiheit verspeist, also vor erneuter Gasaufnahme sicher geschützt wird.

Das zu entgasende Speisewasser wird zweckmäßig unter Unterdruck ausgekocht und sodann direkt der Speisepumpe zugeführt.

¹⁾ Fa. Permutit A.-G., Berlin NW.

Das Speisewasser rieselt in dem Entgasungskessel über Prellplatten abwärts und sammelt sich entgast im Unterteil des Apparats (Sammelbehälter). In diesem wird ölfreier Abdampf zugegeben. Ein Strahlkondensator nimmt die Wärme des aus dem Entgaser abgeführten Dampfes und der Gase auf, erzeugt gleichzeitig das zur Erzielung der Siedetemperatur im Entgaser erforderliche Vakuum und befördert die Gase ins Freie. Als Betriebswasser des Strahlkondensators dient das unentgaste Brunnenwasser. Durch Regulierventile wird der Betrieb der Anlage ein vollkommen selbsttätiger.

Nach Inbetriebnahme derartiger Entgasungsanlagen sollen etwaige Korrosionen nicht mehr auftreten.

4. Das Kalk-Baryt-Verfahren. Nach dem Verfahren von Reisert & Co., Köln, werden die freie Kohlensäure und Kalzium- sowie Magnesiumbikarbonat genau wie beim Kalk-Soda-Verfahren durch Kalkwasser beseitigt. Die Sulfate des Kalziums und Magnesiums werden jedoch nicht durch Soda umgesetzt, sondern durch Bariumkarbonat ($\text{BaCO}_3 + \text{CaSO}_4 = \text{CaCO}_3 + \text{BaSO}_4$).

Da sich durch die Umsetzungen keine löslichen Salze bilden, so erfolgt im Kessel keine Konzentration der umgesetzten löslichen Salze; es tritt kein Schäumen und Spucken des Kesselinhalts und kein Angriff auf die Armaturen ein. Eine Nachreaktion im Kessel wird ebenfalls vermieden.

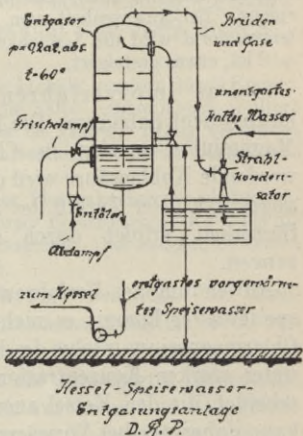


Fig. 40. Kesselspeisewasser-Entgasung.

Bei der Verwendung des Bariumkarbonats ist wegen seiner Giftigkeit Vorsicht geboten, bei seiner Schwerlöslichkeit ist es mit dem Wasser innig zu mischen und wegen seiner unvollständigen Ausnützung ist ein beträchtlicher Überschuß erforderlich. In der Natur vorkommendes Bariumkarbonat „Witherit“ ist nicht anwendbar, sondern es muß das durch chemische Fällung gewonnene Salz genommen werden. Das Verfahren ist daher ziemlich kostspielig. Bei Anwesenheit von viel Magnesiumchlorid oder Natriumchlorid wird die Löslichkeit des Bariumsulfates, die sonst = 0 ist, etwas gesteigert.

5. Das Impfverfahren (von Balcke). Als Impflösung dient Salzsäure. Die Karbonate des Kalziums und Magnesiums werden in Chloride verwandelt, die frei werdende Kohlensäure wird durch einen kleinen Ventilator abgesaugt. Der Zufluß des Zusatzwassers und der Impf-
flüssigkeit erfolgt durch selbsttätige Reguliervorrichtungen.

Anwendung des Verfahrens. Zur Reinigung von Kessel-
speisewasser kommt es nicht in Frage, da das gebildete Chlormagnesium infolge des hohen Druckes in den Kesseln unter starker Konzentration wieder freie Salzsäure abscheidet, die den Kessel angreifen würde. Das Verfahren kann daher nur bei Vorwärmern, Verdampfern und insbesondere bei Kondensatoren angewandt werden, um diese steinfrei zu halten.

Kontrollvorrichtung. Eine Zugabe von zuviel Säure muß unbedingt vermieden werden. Es sind zwei Kontrollvorrichtungen konstruiert. 1. Reines Wasser (Kondensat oder Destillat) leitet den Strom nicht. Die Leitfähigkeit steigert sich mit dem Gehalt an Salzen, z. B. an Chloriden und besonders, wenn freie Säure im Wasser auftritt. Bei plötzlicher Steigerung der Leitfähigkeit ertönt ein Klingelsignal. 2. In einem Abzweig des geimpften Kühlwassers wird durch eine Düse Kongotinktur eingespritzt. Tritt Blaufärbung auf, so ist überimpft.

β) Thermische Reinigungsverfahren.

Die thermischen Verfahren arbeiten nur mit Wärme unter möglichstem Ausschluß von Chemikalien.

1. Bei dem Plattenkochverfahren von Baleke wird das Rohwasser plötzlich durch Heißdampf auf 100° C erhitzt und zwangsläufig durch Plattenelemente geführt. Das Kalzium- und Magnesiumsulfat wird durch Soda entfernt.

Da die Bikarbonate nicht durch Ätzkalk, sondern durch Kochen ausgefällt werden, braucht nur die halbe Schlammmenge gefiltert zu werden. Das erzeugte Wasser ist gasfrei. Erfolg verspricht auch die Nachschaltung von Plattenkochern hinter vorhandene Kesselwasserreiniger.

Bei zu geringer Abmessung der Plattenkocher, zu niedrig angewandter Temperatur und zu kurzer Erhitzungsdauer werden die Bikarbonate nicht vollkommen ausgefällt. Bei neueren Systemen soll eine gute Ausfällung erfolgen.

2 u. 3. Verdampfverfahren. Besonders für Steilrohrkessel ist das beste Speisewasser Destillat, evtl. vermischt mit ölfreiem Kondensat. Damit derartige Anlagen wirtschaftlich arbeiten, ist es ein unbedingtes Erfordernis, die Abwärme weitgehendst zu verwerten und den Frischdampf möglichst billig zu erzeugen. Verschiedene Anlagen¹⁾ sind zweckentsprechend.

Destillate müssen weitgehend entgast werden.

γ) Entgasung.

1. Warme Entgasung. Das Wasser wird plötzlich auf hohe Temperatur gebracht und dafür Sorge getragen, daß durch Richtungsänderung und Reibung an den Leitblechen die Gasbläschen sich lösen und mit den Kochschwaden ins Freie geführt werden.

2. Kalte Entgasung erfolgt durch Zernebelung des Wassers im luftleeren Raume.

¹⁾ u. a. von der Maschinenbau-A.-G. Baleke, Bochum.

Kombiniertes kaltes und warmes Verfahren. Durch Zerstäubung im Vakuum und Erhitzung wird z. B. permutiertes Wasser entgast (vgl. S. 122).

3. Stickstoffentgasung. Wird ein Strom Stickstoffgas in feiner Verteilung durch das Speisewasser geblasen, so werden die im Wasser gelösten Gase bis auf einen kleinen Rest ausgetrieben. Die entweichenden Gase können von Kohlensäure und Sauerstoff durch Waschen mit Absorptionsmitteln gereinigt werden, so daß der Stickstoff im Kreislauf benutzt werden kann (A.-G. für Stickstoff-Dünger, Knapsack, Bezirk Köln).

4. Gasschutz. Das entgaste Speisewasser kann vor der Wiederaufnahme von Luft dadurch geschützt werden, daß über dem Wasserspiegel entweder ein Dampfpolster oder ein Stickstoffpolster gelagert wird. Entsteht Unterdruck, so tritt durch selbsttätige Öffnung eines Ventils Luft durch ein Oxydationsfilter ein, die hierdurch von Sauerstoff und Kohlensäure befreit wird (z. B. System Balcke).

d) Elektrolytische Verfahren.

Für die Wirkung im Kessel ist ausschließlich der Stromübergang Kesselwasser-Kesselwandung von Bedeutung. Die Wirkung auf die Kesselwandung beruht allein auf der elektrolytischen Abscheidung von gasförmigem Wasserstoff am Kesselblech, wobei die sich an der Kesselwandung bildende Gasschicht dem Festbrennen der zunächst als Schlamm abgeschiedenen Härtebildner entgegenwirkt.

1. Cumberland-Verfahren (Siemens-Verfahren). Die Kesselwandung ist Kathode. Der Stromverlauf ist: isoliert eingeführte Anode — Kesselwasser — Kesselwandung.

Besonders wichtig erscheint mir, daß für eine gute Isolation der Anode Sorge getragen wird. Eine gut funktionierende kleine Anlage habe ich im Pumpwerk Schöneberg bei Berlin gesehen.

2. Renger-Fuhrmann-Verfahren. Die Anode befindet sich im Speisewasserbehälter und außerdem ist dem Kessel als Kathode eine besondere negative Elektrode außerhalb des Kessels vorgeschaltet. Der Stromverlauf ist: Anode — Speisewasser — Kesselwasser — Kesselwandung. Durch die geringe Leitfähigkeit des Speisewassers erfolgt ein zweiter Stromübergang: Anode—Speisewasser—

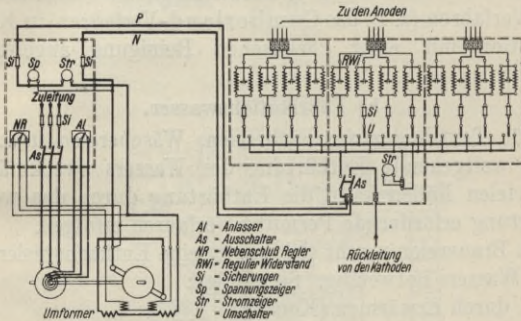


Fig. 41. Schaltbild, elektrolytische Kesselwasserbehandlung.

negative Elektrode (Speiseleitung usw.). Nach Manz hatten von 20 Anlagen 12 ein durchaus negatives Ergebnis.

Die Unkosten sind unerheblich und die Wartung gering.

Durch Auflösen der eisernen Anoden gelangen erhebliche Mengen Eisen als doppeltkohlensaures Salz in das Kesselspeisewasser, wodurch die sich bildenden Schlamm-mengen vermehrt werden. Die Verminderung des Wärmedurchgangs um 1,8% durch eine Kesselsteinschicht von 2 mm Stärke wird in Kauf genommen, die durch eine Schlamm-schicht von 2 mm bedingte Beeinträchtigung ist dagegen nicht zu vernachlässigen.

Zusammenfassung. Nach Manz vermögen die elektrolytischen Verfahren, die sich eines niedrigen gespannten Gleichstromes bedienen, die Kesselsteinbildung zu verhindern, wenn sie einen Stromübergang Kesselwasser—Kesselwandung mit ausreichender Stromdichte ermöglichen. Die Verfahren sind wärmewirtschaftlich nur dann nutzbringend, wenn eine sichere Beseitigung des Schlammes während des Betriebes möglich ist, oder besser, die Verfahren (z. B. das Cumberland-Verfahren) in Kombination mit einer chemischen Reinigung angewandt werden.

b) Fabrikationswasser.

Für Textilindustrie, Färbereien, Wäschereien usw. ist eine weitgehende Enthärtung des Wassers zweckmäßig. In vielen Fällen kann die Enthärtung durch das wenig Wartung erfordernde Permutit-Verfahren erfolgen.

In Brauereien macht sich häufig eine Entkarbonisierung des Wassers notwendig. Sie erfolgt:

1. durch Erwärmen (Kochen),
2. Ausfällung durch Chemikalien (in der Wärme oder Kälte; vorteilhaft ist die Verwendung von Kalkwasser).

Der Kolloidzustand der ausgeschiedenen Kalkverbindungen muß möglichst schnell in den kristallinen umgewandelt werden. Eine Beschleunigung wird durch kontinuierliche Zuführung von etwas kohlen-saurem Kalk in Kristalloidform erreicht.

7. Entölung.

Kondenswässer aus Heizungen, Turbinen usw. enthalten oft Öl, teils in tropfenförmigem Zustande, teils in Emulsionsform.

a) Wirkung des ölhaltigen Kesselspeisewassers. Dampf-wasser ist wegen seiner geringen Härte

wertvoll für die Kesselspeisung. Ein ölhaltiges Wasser dagegen benetzt die Kesselwandung, erschwert den Wärmedurchgang und läßt die Gefahr der Überhitzung der Heizflächen entstehen. Wird neben dem Dampfwater noch hartes Wasser benutzt, so bildet das Öl mit dem ausgeschiedenen Kalkschlamm eine kittartige Masse, die noch mehr eine Überhitzung der Kesselwandung begünstigt.

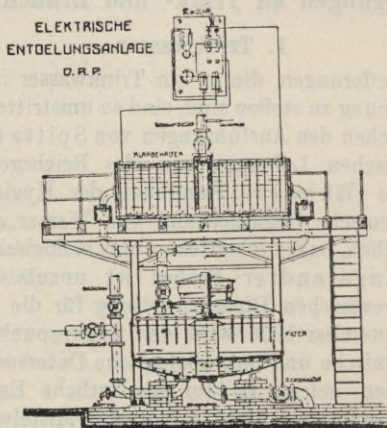


Fig. 42. Elektrische Entölung.

b) Entölvungsverfahren. 1. Abdampfentölung durch Oberflächenattraktion. Durch Schaffung von Widerständen wird das Öl beim Durchstreichen des ölhaltigen Dampfes zurückgehalten.

2. Chemische Entölung durch Zusatz von Soda und Ton-
 erdesulfat zum Ölwater. Das durch die chemische Um-
 setzung flockig sich ausscheidende Aluminiumhydroxyd
 hüllt das emulgierte Öl mechanisch ein und wird dadurch
 in eine abfiltrierbare Form gebracht.

3. Durch die elektrolytische Wasserentölung wird die Ölemulsion zerstört und das Öl mit den von den Elektroden sich ablösenden Eisenteilchen zu schwimmenden, gut abfiltrierbaren Schlammflocken zusammengeballt (System Halvor Breda).

Anforderungen an Trink- und Brauchwasser.

1. Trinkwasser.

Die Anforderungen, die an ein Trinkwasser in hygienischer Beziehung zu stellen sind, sind so umstritten, daß ich im wesentlichen den Ausführungen von Spitta (Vorsteher des hygienischen Laboratoriums des Reichsgesundheitsamtes) folge [Rubners Handbuch der Hygiene 1924].

Die hygienische Begutachtung von Wasser auf Grund der chemischen, bakteriologischen und biologischen Untersuchung eingesandter Proben ist unzulässig. Nach § 74 der preußischen Dienstanweisung für die Kreisärzte vom 1. September 1909 wird der Schwerpunkt weniger auf die chemische und bakteriologische Untersuchung von Wasserproben gelegt als auf die örtliche Besichtigung der Entnahmestelle. Spitta hält den Mittelweg — wie Sendtner ihn angibt — für richtig: Es beruht auf einer Verkennung der Tatsachen, wollte man behaupten, daß die Ortsbesichtigung alles leistet. Vor Übertreibung in dieser Richtung hat man sich ebenso zu hüten wie vor Überschätzung des Wertes der bakteriologischen oder chemischen Prüfung.

Bei der bakteriologischen Untersuchung ist der Nachweis von spezifischen Krankheitserregern wenig erfolgversprechend. Man wird sich daher meist beschränken auf:

1. Feststellung der Keimzahlen in einer bestimmten Wassermenge;

2. den Nachweis des *Bacterium coli* in bestimmten Wassermengen.

Über die Kontrolle von Filtern vgl. S. 89. Bei Grundwasseruntersuchungen ist statt einer bestimmten Grenzkeimzahl die Forderung aufzustellen: Der Keimgehalt (z. B. des Filtrates) soll möglichst niedrig und möglichst gleichmäßig sein.

Besonders bei intermittierend betriebenen Brunnen gibt der Nachweis des *Bacterium coli* einen besseren Beurteilungsanhalt als die Keimzählung. Bei dauernd betriebenen Rohrbrunnen (Wasserwerksbrunnen) soll *Bacterium coli* auch in 100 ccm Wasser, wenigstens nicht häufiger vorkommen. Bei Haus- und Kesselbrunnen, die nur zeitweise benutzt werden, darf der Nachweis des *Bacterium coli* in 10 ccm zur Annahme einer Verunreinigung führen. In 1 ccm ergibt der positive Nachweis eine erhebliche Brunnenverunreinigung.

Wichtig ist auch die physikalische Untersuchung, besonders Temperatur, Trübung und Lichtbrechung (oder elektrolytische Leitfähigkeit).

Nach meiner Überzeugung ist es zweckmäßig, ein abschließendes Gutachten auf eine einmalige Untersuchung nicht abzugeben (vgl. S. 50), sondern öftere bakteriologische Untersuchungen, besonders nach starken Niederschlägen und Schneeschmelzen, vorzunehmen.

Die chemische, sowie die biologische Untersuchung können wertvolle Beurteilungsergänzungen ergeben (vgl. S. 74 und 67).

In chemischer Hinsicht ist für Zentralwasserversorgungen besonders wichtig:

1. der Gasgehalt (vgl. Kap. Entgasung),
2. der Eisengehalt (vgl. Kap. Enteisung),
3. der Mangangehalt (vgl. Kap. Entmanganung).

Anforderungen¹⁾ an Betriebswasser

Art des Gewerbes	Ungelöste Stoffe	Organische Stoffe (Huminstoffverbindungen)	Eisen (Fe)	Mangan (Mn)	Härte (deutsche Grade)
Bleichereien, Druckereien und Färbereien	möglichst wenig	möglichst wenig	unter 0,1	unter 0,05	weich
Brauereien . . .	möglichst wenig	möglichst wenig	wenig	wenig	weich
Brennereien . .	möglichst wenig	möglichst wenig	unter 0,1	unter 0,1	weich
Gerbereien und Leimfabriken	möglichst wenig	möglichst wenig	wenig	wenig	weich
Papierfabriken .	möglichst wenig	möglichst wenig	unter 0,05	unter 0,05	weich
Stärkefabriken .	möglichst wenig	möglichst wenig	unter 0,1	unter 0,05	weich
Wäschereien . .	wenig	möglichst wenig	unter 0,05	unter 0,05	sehr weich
Zuckerfabriken .	möglichst wenig	möglichst wenig	unter 0,1	unter 0,05	weich

¹⁾ Die Anforderungen sollten sich nach Möglichkeit mit denen für ein gutes Trinkwasser decken.

für verschiedene gewerbliche Zwecke²⁾. Nach Klut.

Karbonate	Chloride	Sulfate	Nitrate	Nitrite	Ammoniakverbindungen
wenig	— ³⁾	—	—	frei davon	möglichst wenig
wenig	möglichst frei von Magnesiumchlorid	—	—	—	—
wenig	möglichst frei von Magnesiumchlorid	wenig	—	—	—
wenig	nicht zuviel	—	—	—	—
wenig	—	—	—	—	—
wenig	—	—	—	—	—
wenig	—	—	—	möglichst frei davon	möglichst wenig
wenig	—	wenig	möglichst frei davon	möglichst frei davon	—

²⁾ Die Zahlen bedeuten: mg im Liter.³⁾ Der Strich (—) bedeutet: ohne praktische Bedeutung.

2. Brauchwasser (nach Klut).

Bäckereien: das Wasser muß hygienisch einwandfrei, geruch-, geschmacklos und möglichst eisen- und manganfrei sein.

Beton- und Zementbauten: das Wasser darf nicht sauer reagieren, keine Sulfide, keinen hohen Gehalt an Sulfaten (bedenklich schon 200—300 mg/l SO_3), desgleichen an Magnesiaverbindungen und keine Fette enthalten. Bei sulfathaltigem Wasser bilden sich Kalziumsulfaluminat, die durch Wasseraufnahme und Volumvergrößerung eine Sprengwirkung auf Beton ausüben.

Bettfederfabriken: möglichst kein hartes Wasser, schädigend wirken Eisen, Mangan und organische Stoffe.

Bierbrauereien (s. Tabelle): karbonatarme, weiche Wässer geben Malze nach Pilsener Art, mit hoher Karbonat- und geringer Gipshärte nach Münchener Art und harte, gipsreiche Wässer nach Dortmunder Art.

Bleichereien usw. (s. Tabelle S. 132).

Brennereien, Likörfabriken (s. Tabelle): am besten geschmackloses destilliertes Wasser.

Essigfabriken, Gerbereien (s. Tabelle): möglichst wenig Kalziumbikarbonat enthaltendes Wasser.

Glas- und Tonwaren: möglichst weiche Wässer, kein Eisen und Mangan. Weiche, mangan- und eisenfreie Wässer verdienen den Vorzug.

Kesselspeisewasser: Wasserrohr- und Röhrenkessel: Härte des Wassers nicht mehr als 5—6°. Flammenrohr- und Lokomobilkessel: weniger als 10—16°. Hochleistungsrohrkessel: möglichst Destillat oder Kondensat.

Konservenfabriken: eisen- und manganfreies, möglichst weiches Wasser. Zusatz von Natriumbikarbonat ist wegen Vernichtung der Vitamine zu vermeiden.

Lederfabriken (s. Gerbereien).

Leimsiedereien: weiches und salzarmes Wasser.

Molkereien: hygienisch einwandfreies, eisen- und manganfreies, möglichst salzarmes Wasser (besonders an Magnesiumsalzen).

Papierfabriken (s. Tabelle).

Schokoladenfabriken: hygienisch einwandfreies, geruch- und geschmackloses Wasser, ohne hohen Mangan-
gehalt.

Schwimmbecken- und Flußbadewasser (vgl. S. 46 u. 42).

Stärkefabriken, Wäschereien (und Webstoffge-
werbe) und Zuckerfabriken (s. Tabelle S. 132).



S. 61

Sachverzeichnis.

(Bei mehreren Seitenzahlen zeigen die fettgedruckten eine ausführliche Darlegung an.)

- Abblaseapparat für Wasserproben 70.
Absetzanlagen 15, 29, 93.
Ammoniak, Bestimmung 40, 79, 81.
Anforderungen an Abwasser 23.
— an Badewasser 42, 46.
— an gewerbl. Wässer 134.
— an Trinkwasser 130.
Antichlor-Mittel 102.
Augenerkrankungen durch Badewasser 43.
Ausfällung von Schwebestoffen 30, 34, 85, 92.
Auskochen von Kesselspeisewasser 125.
Aziditätsmesser nach Trénel 76, 104.
- Bact. coli s. Kolititer und Kolizahl.
Badewasser 42, 43.
Begutachtung von Wasserproben 130.
Berkefeld-Filter 97.
Berliner Test bei Abwässern 23, 25.
Bikarbonatkohlensäure 103, 106.
Biologische Körper für Abwasserreinigung 16, 36.
— — für Entmanganung 114.
— Untersuchung 21, 40, 67.
Bleilöslichkeit 81, 103.
- Bodenfiltration 87, 90.
Brunnensysteme 55.
- Caporit 46, 47, 98.
Chlor, Nachweis 45, 77.
Chloramin 99.
Chloranzeige-Apparate 102.
Chlorapparate 100.
Chlorgasverfahren 23, 34, 44, 99.
Chloride 41, 81.
Cumberland-Verfahren 126.
- Desinfektion 23, 34, 44, 98.
Destillation von Kesselspeisewasser 125.
Doppelkeil-Kolorimeter 76.
Durchsichtigkeit, Bestimmung 24, 65.
- Eisen, Entfernung 110.
— Nachweis 78.
Eisengehalt, Vermehrung 53, 109.
Eisenlöslichkeit 81, 103.
Eisensulfat-Fällung 85, 93.
Elektrolyt-Chlor 46, 99.
Elektrolytische Enthärtung 126.
Elektrolytische Entölung 129.
Elektrolytisches Leitvermögen 41, 67, 106.
Emscher-Brunnen 15, 18, 31.
Enteisenungsapparate 110.
Entgasung von Kesselspeisewasser 122, 125.
- Entgasung von Trinkwasser 104.
Erfurter Trichter 31.
Ergiebigkeit des Wassers 53, 55.
- Fällungsbecken 15, 30.
Färbung des Wassers 65.
Färbungsversuche 53.
Faulbrunnen 15, 30.
Fäulnis 19.
Fäulnisfähigkeit von Abwasser 22.
— Bestimmung 24.
Fettfänge 14, 30.
Filter 15, 91.
— Kontrolle 89., 131.
— Reinigung 95.
Filtersteine 97.
Fische, Sauerstoffbedarf 43.
Fischteichverfahren 16, 37.
Flocken-Absaugeapparate 46.
Flußwasser 39, 56.
— Untersuchung 40.
Füllkörper 16, 36.
- Gärung 19, 32.
Gasschutz bei Chlorapparaten 102.
Gasschutz bei Kesselspeisewasser 126.
Geschwindigkeitsregler bei Filtern 89.
Gewerbliches Betriebswasser 128, 132.
Gewerbliche Abwässer 13, 18, 38.

- Gitter 14, 57.
Grundwasser 9, 10, 51.
- Harko-Verfahren** 119.
Härte, Bestimmung 80, 83, 120.
— Entfernung 117.
Hausbrunnen 55, 131.
Haus-Kläranlagen 18.
Heberleitungen 58.
Hochbehälter 59.
Holzhorden (Enteisung) 110.
Hypochlorite 98.
- Jewellfilter** 94.
Impfverfahren 124.
Infiltration 90.
Interferometer 66.
Ionen, Berechnung aus Oxyden 83.
Juveniles Wasser 51.
- Kaliabwässer** 38.
Kaliumpermanganat-Verbrauch s. Sauerstoffverbrauch.
Kalk-Baryt-Verfahren 123.
Kalk-Soda-Verfahren 117.
Kalkhärte 80.
Kalkmilch 85, 93, 99.
Kanalisation 13, 17.
Karbonate (vgl. Bikarbonatkohlensäure) 75, 103, 116.
Karbonate, Bestimmung 80.
— Entfernung 128.
Karbonathärte 80.
Keimzahlen 41, 69, 90, 130.
Kesselbrunnen s. Schachtbrunnen.
Kesselspeisewasser 115, 128, 134.
Kesselstein 115, 127.
Kesselsteinverhütungsmittel 116.
Kieselsäure, Nachweis 81.
Kläranlagen 14, 24, 27.
— in Häusern 18.
— in Krankenhäusern 18.
— in Schlachthöfen 18.
Koagulation s. Ausfällung.
- Kohlensäure** (Kohlendioxyd), Bestimmung 80, 83.
— Bindung 105, 109.
— Entfernung 105, 109.
Kokereiabwässer 39.
Kolittiter 41, 71, 90.
Kolizahl 41, 70.
Kolkwitz, Saprobiensystem 21.
Kolkwitz-Sieb 27, 40, 67.
Kolorimeter nach Autenrieth 78.
— nach Bjerrum 76.
Krankheitserreger (bakt.) 130.
Kremer-Brunnen 31, 32, 33.
Künstliche Filter 88, 91.
Künstliches Grundwasser 90.
- Langsame Filter** 91.
Lichtbrechung 41, 65.
Luftrieselung 105, 108, 111.
- Mangan**, Entfernung 113.
— Nachweis 79.
— -gehalt, Vermehrung 53.
— -permutit 114.
Marmorensäuerung 105.
Mesosaprobien 21, 67.
Methangärung 20, 32.
Methylenprobe bei Abwässern 24.
Miamin 99.
- Neckarverfahren** 117, 121.
Neustädter Becken 31.
Niederschläge 9.
— Einfluß 50, 131.
- Öl**, Einfluß auf Kessel 116, 128.
— Entfernung 129.
Oligosaprobien 21.
Oms-Brunnen 31.
Ortsbesichtigung 50, 130.
Oxydationsfilter 126.
Oxydierbarkeit 26, 35, 40, 75.
Ozon 98.
- Permutitverfahren** 121, 128.
Phenole 39, 41.
- Plankton 67, 94.
Plattenkochverfahren für Kesselspeisewasser 125.
Polysaprobien 21, 67.
Probeentnahme 23, 40, 62.
Proteïd-Ammoniak 40, 81.
Puëch-Chabalfilter 91.
Pumpversuche 53.
- Quellstube** 50.
Quellwasser 50.
- Reaktion** 24, 40, 75, 103.
Rechen 14, 27.
Reisert-Filter 96.
Renger-Fuhrmann-Verfahren 127.
Rieselfelder 15, 35.
Rohrbrunnen 55, 131.
- Sandfänge** 14, 29.
Sauerstoff im Kesselspeisewasser 116.
— im Leitungswasser 103, 109.
— Sättigungswerte 40.
— -nachweis 80.
— -verbrauchsbestimmung 26, 40, 75.
Sauerstoffzehrung 40.
Saugleitungen 58.
Schachtbrunnen (vgl. Kesselbrunnen) 55, 131.
Schlammaktivierung 16, 23, 37.
Schlammabseitung 37.
Schlammfäulung 15, 32.
Schlammheber an Filtern 96.
Schlammuntersuchung 27.
Schneesmelzen, Einfluß 50, 131.
Schnelfiltration von Abwasser 33.
— von Trinkwasser 92.
Schwebstoffe (vgl. Sinkstoffe) 29, 30.
— Bestimmung 24.
Schwefelzustand von Abwasser 20, 22.
— Bestimmung 25.
Seen 10, 39, 57.
Seston 40, 67.
Sickerrohranlagen 55.
Siebe 14, 27, 57.

- Siebscheibe 27.
 Sinkstoffe 14, 29.
 — Bestimmung 24.
 Sodazusatz 106, 118.
 Sommerbäder 47.
 Sprenger 36.
 Spritzdüsen 36, 111, 112.
 Steinfilter 97.
 Stickstoffentgasung 126.
 Stickstoffpolster 126.
 Stickstoffverbindungen
 (vgl. auch Ammoniak),
 Bestimmung 26, 40, 81.
 Stufenfilter 91.
 Sulfate für Betonbau 134.
 — im Kesselspeisewasser
 116.
- Sulfate, Nachweis 81.
 Talsperrenwasser 57.
 Temperatur, Bestimmung
 24, 63, 65, 131.
 Tonerdebehandlung 93.
 Tropfkörper 16, 36.
 Trübung (vgl. Durchsich-
 tigkeit), Bestimmung
 24, 40, 45, 65.
- Uferfiltriertes Grund-
 wasser 53, 90.
 Uranin 53.
 Ultraviolette Strahlen 98.
- Vakuumrieselung 104, 122,
 125.
- Venturimesser 59.
 Verwitterung der Gesteine
 52.
 Vorfluter 16, 23, 39.
- Wassermesser 59.
 Wasserstockwerke 51.
 Wasserstoffexponent 24,
 40, 75, 76, 104, 107, 114.
 Wasserstoffionenkonzen-
 tration 75, 103.
 Wasserwerksbrunnen 55,
 131.
 Wiedervereisung 109.
- Zunkers Filtertheorie 86.

* *
PERMUTITFILTER

ent härten das Wasser

für

KESSELSPEISUNG

KÜHLZWECKE

WÄSCHEREI

TEXTILINDUSTRIE

auf garantiert

Null Grad

*

ENTEISENUNG

ENTMANGANUNG

ENTGASUNG

MECHANISCHE

FILTRATION

*

PERMUTIT-AKTIENGESELLSCHAFT

BERLIN NW 6 G

* *

Wasserstandsfernmelder

„System Aegir“ (D. R. P. und Auslandspatente)

für Turbinenanlagen, Flußläufe,
Stauseen, Rohrbrunnen, Hoch-
behälter, Wasserversorgungen

Automatische
Fernsteuerungen
für Pumpen
und Turbinen



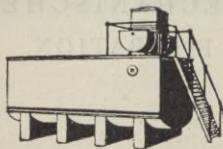
Ohne Schwimmer
Ohne Batterien
Keine Wartung
Kein Einfrieren

Georg Bloch, Kommanditgesellschaft
Dresden-A., Huttenstraße 1

Wasserreinigung

Chemische & mechanische Reinigung
von Gebrauchs- & Abwässern

Rückkühlant.
⊗ Enteisierung ⊗
Entmanganung
⊗ Entsäuerung ⊗
⊗ Filter. ⊗



Druck. Wasservers.
⊗ Kesselspeise-⊗
wasserreinigung
⊗ Bestes System ⊗
⊗ Langj. Erfahrung

Paul Martiny & Co., Dresden-A. 70

„CHLORATOR“

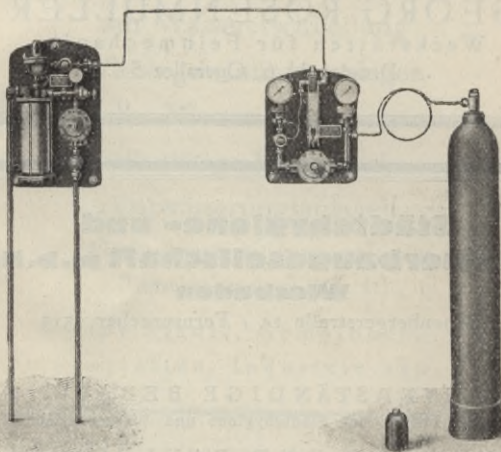
Chlorgas-Apparatur nach Patenten Dr. G. Ornstein

entkeimt Trink- u. Bade-**Wasser**

desinfiziert **Abwasser**

macht es geruchlos und fäulnisunfähig,

verhütet Algenwucherungen



Chlorgas-Broschüre sendet kostenlos

CHLORATOR G.M.B.H.

Berlin W 35, Am Karlsbad 10

TRÜBUNGSMESSER

nach Olszewski-Rosenmüller
für Wässer aller Art

*

DOPPELKEIL-KOLORIMETER

nach Bjerrum-Arrhenius
zur Messung der Wasserstoff-Ionen-Konzentration
von Wässern, Abwässern usw. liefert

GEORG ROSENMÜLLER

Werkstätten für Feinmechanik
Dresden-N. 6, Querallee 5

Städtehygiene- und Wasserbaugesellschaft m. b. H. Wiesbaden

Sonnenbergerstraße 14 / Fernsprecher 2313

*

SACHVERSTÄNDIGE BERATUNG
in allen Fragen der Städtehygiene und Wasserwirtschaft
ENTWURF UND BAULEITUNG
für Talsperren und Wasserkraftwerke, Hafen- und Flußbauten

*Moderne
Abwasserreinigungs-
und Wasserversorgungs-Anlagen
Städtekanalisationen*

Heinrich Scheven

D Ü S S E L D O R F

ü b e r n i m m t :

Hydrolog. Vorarbeiten
zur Wassererschließung
Wassergewinnungsanlagen
vollst. Wasserversorgungen
selbsttätige Pumpwerke
Entwässerungsanlagen
Abwasserreinigungsanlagen
(Emscherbrunnen D. R. P.)

für Städte, Gemeinden,
Anstalten, Industrie usw.

50 jährige
Erfahrungen

Entwurf / Ausführung

HUGO KEYL

DRESDEN - A. / MARIENSTRASSE 24

Gegründet 1873 / Fernruf 14778

Universal-
Wasserentnahme-
Apparat,
nach Spitta-Imhoff

*

Bakteriologische,
selbstfüllende
Probeflasche nach
Olszewski

*

Doppelkeilcolorimeter
nach Bjerrum-Arrhenius

*

Trübungsmesser
für Flüssigkeiten, nach
Olszewski

*

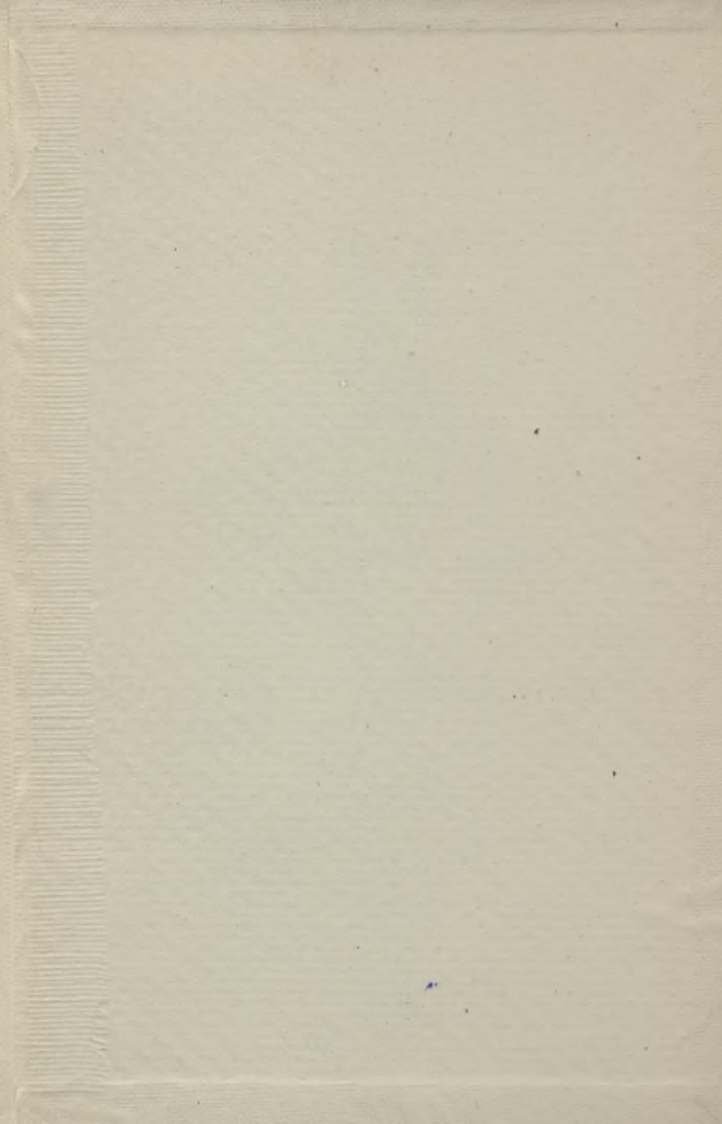
Sonderlisten



Lieferung sämtlicher Instrumente und Geräte aus
Glas und Metall für Wasserentnahme, Chemie, Bak-
teriologie. / Eigene mechanische Werkstatt, Klemp-
nerei, Schlosserei, Tischlerei, Glasbläserei

2160

S - 96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301283



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295820