

Wasser.

Das Wasser ist für den Menschen ein ebenso wichtiger Nährstoff als Eiweiss, Fett und Stärke. Es ist nicht nur ein wesentlich konstituierender Bestandtheil der wichtigsten Organe und Säfte des Körpers, es vermittelt auch die Umsetzungen im Körper und hat den grössten Einfluss auf den Stoffwechsel (S. 337).

Das Wasser macht mehr als $\frac{2}{3}$ des Körpergewichtes aus; der Bedarf an Wasser beläuft sich für den Erwachsenen auf 2—3 kg im Tage (S. 279).

Das Wasser für sich allein und um des Wassers willen nehmen wir in dreierlei Formen, nämlich als gewöhnliches Trinkwasser, Mineralwasser und zum geringen Theil als Eis zu uns.

Trinkwasser.

Auf die Beschaffenheit des Trinkwassers wird vielfach noch wenig Gewicht gelegt; es liegt das darin, dass wir einerseits einen grossen Theil des Wasserbedarfs in Form von Getränken aller Art, wie Milch, alkoholischen Getränken, Kaffee, Theeaufguss etc. zu uns nehmen, die wir weniger wegen des Wassergehaltes als der anderen darin vorhandenen Bestandtheile schätzen, andererseits aber auch darin, dass uns die Beschaffung desselben durchweg keine oder nur äusserst geringe Kosten verursacht.

Würden wir gezwungen sein, das Wasser ebenso wie Fleisch vom Metzger, Milch und Butter vom Landwirth für Geld zu erstehen, so würden wir auch schon mehr Anforderungen an seine Beschaffenheit stellen. Im Allgemeinen fliesst uns dasselbe als Gabe der Natur in reichlichster Menge zu, ohne dass uns seine Beschaffung viel Arbeit und Kosten verursacht.

Neuerdings aber hat man mit zwingender Nothwendigkeit der Wasserversorgung in grösseren Städten eine grössere Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Denn umfassende Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass einerseits die Brunnenwässer, seit Alters her die allgemeinen Wasserversorgungs-Quellen der Ortschaften, um so mehr mit Fäulnisstoffen aller Art bezw. deren Umsetzungsstoffen verunreinigt sind, je länger die Ortschaften bewohnt waren, dass andererseits aber auch die öffentlichen Wasserläufe, denen das Wasser entnommen wird, nicht selten mit häuslichen und industriellen Abgängen verunreinigt werden.

a) Verunreinigung des Wassers durch häusliche Abgänge.

Am häufigsten ist die Verunreinigung des Grund- (Brunnen-) Wassers wie der öffentlichen Wasserläufe durch häusliche Abgänge. Von den menschlichen Aus-

würfen, den häuslichen Spülwässern, wie ebenso von den thierischen Abgängen, dringt fortgesetzt ein nicht unerheblicher Theil in den Boden. Denn selbst gut cementirte Abort- und Düngergruben werden mit der Zeit, besonders wenn die Wandungen zeitweise dem Frost ausgesetzt sind, undicht und geben einen Theil des Inhaltes an das umliegende Erdreich ab. Nur bei dem neuerdings in grösseren Ortschaften durchweg eingeführten Schwemmsystem ist eine Verunreinigung des Bodens thunlichst ausgeschlossen.

Der Boden hat nun zwar die günstige Eigenschaft, diese Fäulnisstoffe festzuhalten und mit Hülfe der vorhandenen Bakterien und des nachtretenden Luftsauerstoffs zu Wasser, Kohlensäure, Schwefelsäure und Salpetersäure zu oxydiren, allein das Oxydations- und Absorptionsvermögen des Bodens für diese Fäulnisstoffe ist kein unbegrenztes; er wird je nach seiner physikalischen Beschaffenheit mehr oder weniger rasch mit denselben gesättigt und kann sie bei dem fortwährenden Nachtreten dieser Stoffe nicht mehr bewältigen, da keine Pflanzendecke vorhanden ist, die oxydirten bezw. mineralisirten Fäulnisstoffe aufzunehmen. Diese oder die Fäulnisstoffe selbst gelangen durch das Regensickerwasser oder durch hochsteigendes Grundwasser in immer tiefere Schichten und schliesslich in das Brunnenwasser.

Die grosse Menge der sich bildenden Kohlensäure löst den Kalk als Calciumbikarbonat; der Schwefel der organischen Substanzen wird zum Theil zu Schwefelsäure oxydirt, welche Veranlassung zur Bildung von schwefelsauren Salzen (vorwiegend von Calciumsulfat, auch Magnesium- und Alkalisulfat) giebt; ein anderer Theil des Schwefels verbleibt im Zustande von Schwefelwasserstoff als erstes Fäulnisserzeugniss.

Die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Fäulnismasse werden in Ammoniak umgesetzt; dieses verwandelt sich unter günstigen Verhältnissen durch Oxydation ganz in Salpetersäure, unter Umständen behält es wegen ungenügenden Sauerstoffzutrittes zum Theil seinen Zustand als Ammoniak bei oder erfährt nur eine Oxydation bis zu salpetriger Säure. Die Nitrate können unter dem Einfluss von Bakterien zu Nitriten (salpetriger Säure) bezw. freiem Stickstoff desoxydirt werden, wobei der freigewordene Sauerstoff auf die vorhandenen Kohlenhydrate etc. übertragen wird. Diese zerfallen unter dem Einfluss des Sauerstoffs entweder in Kohlensäure und Wasser oder werden nur in organische Säuren (Humussäuren etc.) umgewandelt.

Derartig verunreinigte Brunnenwasser zeigen alsdann durchweg einen sehr hohen Gehalt an Trockenrückstand im Ganzen, an Calcium-, Magnesiumkarbonat und Calcium- oder Magnesium- etc. Sulfat, sowie an Alkalisalzen — auch das Kali ist in solchen verunreinigten Wässern vermehrt — sie haben einen hohen Gehalt an Salpetersäure und durchweg auch an organischen Stoffen, enthalten häufig Ammoniak oder noch unzersetzte Stickstoffverbindungen, salpetrige Säure, häufig Schwefelwasserstoff, und da alle thierischen Abfallstoffe reich an Chlornatrium sind, so weisen solche Brunnenwässer auch einen hohen Gehalt an Chlor auf, das in seinen verschiedenen Salzen vom Boden nicht absorbiert wird. Mitunter ist die Oxydationskraft des Bodens so gross, dass die organischen Stoffe fast vollständig oxydirt werden und sich keine erhöhten Mengen davon im Wasser nachweisen lassen, während die anderen gebildeten Bestandtheile, Karbonate, Sulfate, Nitrate und Chloride eine starke Vermehrung im Brunnen- bezw. Grundwasser zeigen. Auch zeigen derartig verunreinigte Brunnenwässer in Folge der guten Oxydations- und Filtrations-

kraft des Bodens häufig nur verhältnissmässig wenig Keime von Mikrophyten.

Ich will zum Belege hierfür aus vielen hunderten Analysen von Brunnenwässern verschiedener Städte nur einige aus der Stadt Münster i. W.¹⁾ hier aufführen; darnach ergab sich:

Brunnenwasser		In 1 l sind enthalten						Keime von Mikrophyten in 1 ccm	
		Abdampf- rück- stand mg	Zur Oxyda- tion erfor- derlicher Sauerstoff mg	Kalk mg	Schwe- fel- säure mg	Chlor mg	Sal- peter- säure mg		
Brunnen- spiegel meistens im Mergel, theilweise im Sande	Nicht oder nur wenig verun- reinigt, in neuen Stadttheilen	Niedrigstgehalt	270,0	1,6	106,0	22,3	17,7	10,4	7
		Höchstgehalt	419,5	4,1	146,0	63,0	39,1	43,0	1584
	Verunreinigt, alter Stadttheil	No. 1	790,0	2,5	257,0	127,6	56,8	81,2	50
		" 2	1370,0	4,9	359,0	51,8	95,8	138,6	7000
		" 3	1415,0	5,4	292,5	109,0	152,6	153,4	2000
		" 4	1940,4	9,8	412,0	262,0	234,5	254,0	1250
		" 5	2358,8	4,8	407,5	232,7	308,5	421,1	900
		" 6	2622,4	7,2	391,0	288,9	379,8	488,5	1800

Ganz gleiche Beziehungen zwischen guten und verunreinigten Brunnenwässern haben sich in einer ganzen Anzahl anderer Städte herausgestellt.

Zwar hängt die Zusammensetzung der reinen Brunnen- oder Quellwässer vorwiegend von der Art der Bodenschichten ab, in und aus welchen das Wasser seinen Ursprung nimmt, sie sind darnach bald ärmer, bald reicher an Mineralstoffen aber eines kennzeichnet sie alle, nämlich der geringe Gehalt an organischen Stoffen²⁾, Chlor³⁾ und Salpetersäure, das Fehlen von Ammoniak und salpetriger Säure, also gerade der Bestandtheile, die sich bei der Fäulniss von menschlichen oder thierischen Auswürfen und Abfallstoffen bilden.

Wenn daher ein Brunnenwasser gleichzeitig einen verhältnissmässig hohen Gehalt an organischen, durch Chamaeleon oxydirbaren Stoffen, an Chloriden, Nitraten und ferner auch an Sulfaten und Karbonaten gegenüber anderen Brunnenwässern aus denselben Bodenschichten aufweist, so ist mit Bestimmtheit auf eine Verunreinigung genannter Art zu schliessen; für Ammoniak (und salpetrige Säure) oder gar für Schwefelwasserstoff⁴⁾ lässt schon der qualitative Nachweis diesen Schluss zu.

b) Verunreinigung der Wässer durch industrielle Abgänge.

Ausser vorstehender Art Verunreinigung giebt es noch eine Reihe anderer verunreinigender Quellen. So wurde in dem Wasser eines in der Nähe einer Waschanstalt durch Kaliseife (No. 1) und eines in der Nähe einer Gasanstalt durch Gasometerwasser (No. 2) verunreinigten Brunnens für 1 l gefunden:

¹⁾ Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genussm. 1900, 3, 228.

²⁾ Mit Ausnahme derjenigen Wässer, die aus bituminösen Schiefen oder moorigen Bodenschichten etc. herkommen.

³⁾ Vorausgesetzt, dass die Quellen nicht kochsalzhaltige Schichten berühren.

⁴⁾ Mit Ausnahme bei den eisenoxydhaltigen Wässern, in denen sich häufig Ammoniak und Schwefelwasserstoff als natürliche Bestandtheile finden.

Wasser	Abdampf- Rückstand	Organische Stoffe	Kalk	Magnesia	Kali Ammoniak	Natron	Chlor	Schwefel- säure	Salpeter- säure
No. 1	722,0 mg	363,4 mg	20,0 mg	4,5 mg	254,5 mg	49,0 mg	149,1 mg	108,0 mg	142,5 mg
" 2	—	4198,4 "	906,1 "	136,2 "	81,6 "	—	440,2 "	991,6 "	2,3 "

Wenn Schwefelsäure oder Salzsäure in der Nähe von chemischen Fabriken in den Boden dringen, so können Brunnenwasser aussergewöhnliche Mengen von Sulfaten und Chloriden und zuletzt von freien Säuren aufnehmen. Dasselbe ist der Fall, wenn die Auslaugungserzeugnisse von Schutthalden, die Schwefelkies enthalten, in einen Brunnen gelangen.

In der Nähe von Kiesabbränden, die Schwefelkupfer und Schwefelzink enthalten, kann das Brunnenwasser unter Umständen einen Gehalt an Kupfer- und Zinksulfat annehmen. Die aus den Abbränden sich bildenden Sulfate erleiden zwar im Boden durch vorhandene kohlen-saure Erden zunächst eine Umsetzung mit diesen, indem sich Sulfate der alkalischen Erden und kohlen-saure Metalloxyde bilden; dieser Vorgang hält aber nur so lange an, als der Vorrath an kohlen-sauren Erden nicht erschöpft ist; sind solche nicht mehr vorhanden, so gehen die Sulfate der Metalle unzer-setzt als solche in das Brunnenwasser über.

In der Nähe von stark kochsalzhaltigen Abgangwässern (wie Abwasser von Salinen, Soolbädern, Kohlenbergwerken etc.) finden sich nicht selten grosse Mengen Kochsalz in dem Brunnenwasser etc. etc.

c) Verunreinigung der Gewässer durch Mikroorganismen.

Eine besondere Bedeutung hat die Frage der Verunreinigung des Wassers durch Mikroorganismen. Sie kommt vorwiegend nur für die Oberflächenwässer in Betracht, kann aber auch bei Grund- und Quellenwässern auftreten, nämlich dann, wenn der Boden, durch welchen das Tagewasser fliesst, Spalten oder Oeffnungen enthält oder aus grobem Kies bezw. losem Gerölle besteht. Ist dagegen der Boden, durch welchen das Wasser in die unteren Schichten filtrirt, von regelrechtem Gefüge und dicht, so enthält ein Grundwasser, wenn es sämmtlich durch solche Schichten filtrirt ist, in 4—5 m Tiefe nur wenige oder kaum noch Mikroorganismen.

Unter den erstgenannten Verhältnissen können als thierische Parasiten durch das Wasser übertragen und verbreitet werden z. B. die Eier des grossen Bandwurmes (*Bothriocephalus latus*), der Leberfäule (*Distoma hepaticum*) und sonstiger Distoma-Arten (*D. haematobium*, *D. Ringeri*), des Spulwurmes (*Ascaris lumbricoides*), der *Filaria sanguinis*, *Filaria medinensis* etc. Auch vom Milzbrand muss angenommen werden, dass er durch Wasser verbreitet wird etc.

Auf die weitere Streitfrage, ob die Verbreitung der Infektionskrankheiten nur durch das Wasser erfolgt, wie von einigen Seiten angenommen wird, will ich hier nicht näher eingehen¹⁾, sondern aus den umfangreichen Untersuchungen über diese Frage die Hauptergebnisse hervorheben, welche jetzt als sicher festgestellt angesehen werden können:

1. Die pathogenen Bakterien von Cholera, Typhus, Milzbrand u. a. können sich einige Tage in einem Wasser entwickelungsfähig erhalten und mit dem Wasser übertragen werden.

¹⁾ Vergl. des Verfassers Schrift: Die Verunreinigung der Gewässer 1899, 2. Aufl., 57 u. ff.

2. In manchen Fällen deckt sich das Gebiet der aufgetretenen Epidemien (Typhus, Cholera) mit dem Gebiet der Wasserversorgung. Dass aber das Wasser stets die alleinige Ursache der Epidemien gewesen sein muss, ist bis jetzt kaum mit Sicherheit erwiesen. Man macht in den meisten Fällen deshalb das Wasser allein verantwortlich, weil man nach den jetzt üblichen Untersuchungsverfahren keine andere Ursache finden kann.
3. Ohne Zweifel wirken bei den Infektionskrankheiten auch unter Umständen andere Ursachen mit, z. B. Verbreitung der Keime durch Insekten oder kleine Thiere, Malaria durch Stechmücken, Pest durch Ratten etc. oder örtliche Ursachen (Grundwasser und Bodenverhältnisse), jedoch ist erst in wenigen Fällen sicher festgestellt, wie diese Ursachen wirken.
4. Die pathogenen Mikroorganismen können durch Wunden, Verletzung der Schleimhäute beim Kauen oder auf dem Verdauungswege oder nach Gebrauch des Wassers zum Spülen, Waschen etc., durch Verstäuben auf dem Respirationswege in den Organismus gelangen und dort die spezifischen Krankheiten hervorrufen.
5. Auch die Fäulnisbakterien bzw. die Erzeugnisse ihrer Lebensthätigkeit sind unter Umständen in gesundheitlicher Beziehung nicht unbedenklich.

Wenn aber auch das Wasser nicht immer direkt die ansteckenden Krankheiten verursacht, so ist doch die Beschaffung eines reinen und guten Trinkwassers sowohl für jeden einzelnen Menschen wie für ganze Ortschaften von gleich hoher hygienischer Bedeutung, da es indirekt die Verbreitung der ansteckenden Krankheiten unterstützen kann. Aus dem Grunde sind denn auch die Bestrebungen der Hygiene in erster Linie mit darauf gerichtet, für ein reines und gutes Trink- und häusliches Gebrauchswasser Sorge zu tragen. Die Lösung dieser Frage lässt sich aber nicht überall gleichmässig erreichen, weil die zu Gebote stehenden Wasserquellen sehr verschieden sind. Es mögen daher letztere auch hier einer kurzen Besprechung unterzogen werden.

d) Die einzelnen Quellen der Wasserversorgung.

Man unterscheidet für die Wasserversorgungen zwischen Oberflächen-, Grund- und Quellwasser. Alles dieses Wasser entstammt dem Regen- bzw. Niederschlagswasser, welches im Durchschnitt des Jahres zu etwa je $\frac{1}{3}$ theils verdunstet, theils direkt zu den Flüssen und Seen abfließt, theils in den Boden versickert, hier auf undurchlassenden Bodenschichten sich ansammelt und, wenn es keinen direkten Abfluss hat, das Grundwasser bildet, oder aber bei vorhandener Möglichkeit des Abfließens als Quelle wieder zu Tage tritt. Die durch Kondensation von aus dem Erdinnern aufsteigendem Wasserdampf gebildete Menge Wasser spielt gegenüber der Menge, welche die atmosphärischen Niederschläge zu diesen Wasservorräthen liefern, keine Rolle. Vielfach werden Grund- und Quellwasser für gleich erachtet und sie sind das insofern, als sie denselben Ursprung haben und sich in derselben Art und Weise d. h. durch Ansammlung auf undurchlassenden Bodenschichten bilden, sie können auch in der Zusammensetzung gleich sein, wenn die Bodenschichten, durch welche das Wasser filtrirt ist, dieselben sind. Wir verbinden aber mit Grundwasser im Allgemeinen einen unsichtbaren Dauerzustand, d. h. das dauernde Erfülltsein aller unteren Bodenporen mit Wasser, dagegen mit Quellwasser einen

sichtbaren beweglichen bezw. veränderlichen Zustand d. h. das fortwährende, selbstthätige Austreten des versickerten bezw. des in den tieferen Bodenschichten befindlichen Wassers. Sehr deutlich setzt Heim¹⁾ diese Unterschiede mit folgender Erklärung auseinander: „Das in den Boden eingesickerte Wasser kann in verschiedenen Formen auftreten. Bald findet es sich nur fein zertheilt überall in geringer Menge in den Poren der Gesteine, selbst der dichtesten: das ist die „Bergfeuchtigkeit“ oder der „Bergschweiss“. Bald staut es sich über einer undurchlässigen Unterlage auf und füllt dann bis zu einem gewissen Niveau alle Poren und Klüfte: das ist das „Grundwasser“. Bald fiesst es gesammelt in einzelnen ausgewaschenen Gerinnen: das sind die „Quelladern“.

Wie in der Entstehung, so sind die genannten Wasserarten, wie schon gesagt, auch in der Beschaffenheit häufig mehr oder weniger verschieden.

1. Regen- oder Meteorwasser. Dieses sollte, als durch einfache Verdichtung des Wasserdampfes in der Luft entstehend, als chemisch rein anzusehen sein. In der That enthält auch das im Hochgebirge in etwa 2000 m Höhe gesammelte Regenwasser weniger Beimengungen, als das für Laboratoriumszwecke für gewöhnlich gewonnene destillierte Wasser. Beim Durchdringen der unteren Luftschichten, besonders in der Nähe von Städten und Industriebezirken, nimmt jedoch das Regenwasser allerlei organische und unorganische Staub-Bestandtheile der Luft auf, welche sogar bewirken, dass dasselbe, wenn es in geschlossenen Behältern aufbewahrt wird, einem Fäulnisvorgang anheimfällt, der ihm, wie schon Hippokrates angiebt, einen schlechten, fauligen Geruch ertheilt.

Zunächst enthält das Meteorwasser eine Menge Luft als Gas eingeschlossen; dieselbe beträgt zwischen 20–33 ccm für 1 l und besteht etwa aus $\frac{1}{5}$ – $\frac{1}{4}$ Sauerstoffgas, $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{3}$ Stickstoff, und $\frac{1}{15}$ – $\frac{1}{3}$ Kohlensäure. Im Mittel von 10 Bestimmungen fand z. B. E. Reichardt für 1 l:

	Gesamtmenge Gas	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure
	27,04 ccm	5,97 ccm	16,60 ccm	4,47 ccm
Oder in Procenten des Gases	—	22,06 %	61,40 %	16,54 %

Aehnliche, aber etwas niedrigere Zahlen ergaben sich für Schnee. A. Girardin fand im Regenwasser zwischen 6,0–7,5 ccm Sauerstoff, wir bis 9,0 ccm Sauerstoff in 1 l.

Es enthält ausser Ammoniak, Salpetersäure und salpetriger Säure, die fast stets vorhanden sind, auch kleine Mengen organischer Stoffe, welche sich in Form von Staub in der Luft befinden und beim Verdichten des Wasserdampfes und beim Herabfallen der Wassertropfen mit niedergeschlagen werden.

Die Menge des in dem Meteorwasser vorkommenden Ammoniaks und der Salpetersäure schwankt nach einer Reihe von Untersuchungen²⁾ für 1 l wie folgt:

	Regen	Schnee, Eis, Hagel	Thau oder Reif	Nebel
1. Ammoniak	0,04–15,67 mg	0–10,34 mg	1,02–6,20 mg	2,56–137,85 mg
2. Salpetersäure . . .	0,01–16,00 "	0–4,00 "	0,05–2,50 "	0,50–1,83 "
3. Organischer Stickstoff .	0,03–1,00 "	—	—	—

¹⁾ Heim, Die Quellen. Vortrag gehalten in Zürich. Basel 1885.

²⁾ Vergl. d. Verf.'s Schrift: „Wie kann der Landwirth den Stickstoff-Vorrath in seiner Wirthschaft erhalten und vermehren?“ Berlin 1893, 10.

In Folge der erhöhteren Zersetzungsvorgänge ist das Regenwasser im Sommer und der Nebel in den Städten reicher an Ammoniak als im Winter bezw. auf dem Lande. Dagegen pflegt der Gehalt an Salpetersäure im Sommer nicht grösser zu sein als im Winter, was man nach den häufigeren elektrischen Entladungen im Sommer erwarten sollte.

Nach Schönbein, H. Struve, Em. Schöne¹⁾ sollen die atmosphärischen Niederschläge auch stets Wasserstoffsperoxyd enthalten. L. Ilosvay de N. Ilosva²⁾ bestreitet dieses und glaubt, dass die für die Gegenwart von Wasserstoffsperoxyd geltend gemachten Reaktionen von der Anwesenheit der salpetrigen Säure herrühren.

Em. Schöne³⁾ weist aber nach, dass die Bedenken von L. Ilosvay nicht stichhaltig sind, und hält seine früheren Behauptungen über das Vorkommen von Wasserstoffsperoxyd im Regen etc. aufrecht.

Auch nimmt das Regenwasser noch andere, in der Atmosphäre vorhandene Bestandtheile auf, welche von örtlichen Verhältnissen bedingt sind; so enthält das Regenwasser an den Küsten und auf den Inseln stets Kochsalz — aus dem Meerwasser durch Verstäubung desselben herrührend —; ferner findet man besonders in Städten und Industrie-Gegenden Kohlentheilchen, Schwefelsäure und schwefelige Säure, die aus dem Rauch stammen, und sonstige bei der Fabrikation sich verflüchtigen Erzeugnisse (Zinkoxyd, Bleioxyd, Arsen etc.).

Dass Regenwasser in Industrie-Gegenden unter Umständen giftige Bestandtheile enthalten kann, ist eine bekannte Thatsache.

Frankland, Denison und Merton fanden im Mittel von 73 Analysen im englischen Meteorwasser in 1 l:

Gesamt-Rückstand	Chlor	Ammoniak	Stickstoff als Nitrate und Nitrite	Organischer Kohlenstoff	Organischer Stickstoff	Gesamt-Stickstoff	Härtegrad
39,5 mg	6,3 mg	0,50 mg	0,07 mg	0,99 mg	0,22 mg	0,71 mg	0,5°

Der Gehalt an Chlor schwankte von 0—16,5 mg, der an festen Stoffen überhaupt von 0,2—85,8 mg.

Robierre fand in Nantes 7,3—26,1 mg, Dalton in Manchester bis 133 mg, die englische Fluss-Kommission in Landsend sogar bis 950 mg Chlornatrium in 1 l Regenwasser.

Bretschneider giebt als Jahresmittel in Ida-Marienhütte (Schlesien) 8,2 mg organische Stoffe und 13,2 mg Mineralstoffe in 1 l an.

Im Nebel der Städte ist die Menge der festen Bestandtheile durchweg noch höher.

W. J. Russel⁴⁾ sammelte z. B. die festen Rückstände der Nebel in Chelsea sowie Kew und fand, dass die Menge der festen Stoffe, auf 1 Acre berechnet, 22 Pfd. im Jahre betragen würde. Die procentige Zusammensetzung des Niederschlages aus den Nebeln war folgende:

¹⁾ Berichte d. deutschen chem. Gesellsch. in Berlin 1874, 7, 1693; 1878 11, 481 u. s. f.

²⁾ Bull. soc. chim. [3], II, 347, 351, 357 etc.

³⁾ Berichte d. deutschen chem. Gesellsch. 1893, 26, 3011 u. Zeitschr. f. anal. Chemie 1894, 33, 137.

⁴⁾ Naturw. Rundschau 1892, 175.

Ort	Kohle	Kohlenwasserstoffe	Organ. Basen	Schwefelsäure	Salzsäure	Ammoniak	Metalle, Eisenverbindungen	Verlust
Chelsea . .	39,0 %	12,3 %	2,0 %	4,3 %	1,4 %	1,4 %	33,8 %	5,8 %
Kew . . .	42,5 „	4,8 %		4,0 „	0,8 „	1,1 „	41,5 „	5,3 „

In dem Rückstand des Nebels von Manchester wurden 6—9 % Schwefelsäure und 5—7 % Salzsäure gefunden; dieselben befanden sich zwar in Verbindung mit Basen, indessen hatten die Abdampfrückstände einen entschieden saueren Geschmack.

R. Sendtner fand in 1 kg frisch gefallenem Schnee 7 mg, nach 16 Tagen 62,2 mg, und nach 24 Tagen 91,8 mg Schwefelsäure im freien Zustande; letztere sammelt sich also schnell im Schnee an und entsteht grösstentheils aus der im Steinkohlenrauch der Häuser etc. vorhandenen schwefeligen Säure.

Jul. Schroeder untersuchte Regenwasser in einer rauchigen Gegend (Tharand) und in einer weniger von Rauch heimgesuchten Gegend (Waldgegend Grillenburg). Er fand als Jahresmittel in 1 l Regenwasser:

Gegend	In Säuren unlöslicher Rückstand		Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Schwefelsäure	Phosphorsäure	Chlor	In Ganzen
	Staub	Mineralstoffe									
	mg	mg									
Rauchgegend	5,79	13,19	0,53	0,74	0,61	0,21	1,79	1,84	0,23	0,22	25,35
Waldgegend	4,17	2,91	0,54	0,85	0,76	0,17	0,87	0,86	0,09	0,17	10,90

Hier enthält das Regenwasser aus der rauchigen Gegend mehr als die doppelte Menge fester Stoffe, als das in einer von Staub und Rauch freieren Gegend gefallene Wasser.

A. Müntz will im Regenwasser und Schnee, ferner in fast allen Quell-, Fluss- und Meerwässern auch Alkohol nachgewiesen haben, den sie theils aus der Luft, theils aus dem Boden aufnehmen sollen.

Tissandier¹⁾ fand im Schnee von Paris kosmischen Staub; Ehrenberg²⁾ in dem in der Schweiz mehrfach beobachteten rothen Schnee und rothen Regen Passatstaub; der sog. Schwefelregen enthält Blütenstaub.

Der vom Meteorwasser aufgenommene Luftstaub schliesst auch selbstverständlich die stets in der Luft vorhandenen Mikroorganismen mit ein, die die faulige Zersetzung des Regenwassers bewirken.

Die Anzahl der Keime von Mikrophyten ist grossen Schwankungen unterworfen; sie beträgt nach den Untersuchungen in Montsouris³⁾ zwischen 300—20000 in 1 l Regenwasser. Die grösste Menge entfällt natürlich auf den Sommerregen. Von 100 Mikroben waren durchschnittlich 60 % Mikrokokken, 25 % Bacillen und 15 % Bakterien.

Da sich auch die pathogenen Bakterien durch die Luft verbreiten, so kann ungerinigtes oder ungekochtes Regenwasser als Trinkwasser unter Umständen sehr bedenklich sein. Auch steht seiner Anwendbarkeit als Trinkwasser seine schwankende und im Sommer hohe Temperatur entgegen. Wenn man zu Regenwasser als häuslichem Gebrauchswasser seine Zuflucht nehmen muss, so soll es wenigstens einer sorg-

¹⁾ Tissandier, Compt. rend. 80, 58 u. 82, 388.

²⁾ Ehrenberg, Jahrbuch d. Chem. 1851, 882.

³⁾ Vergl. Miquel, Die Mikroorganismen der Luft. München 1889, 51.

fältigen Filtration unterworfen und in unterirdischen Behältern gesammelt sowie so gehoben werden, dass eine fortgesetzte Bewegung und Erneuerung des Wassers in den Behältern stattfindet. Zum Waschen und Besprengen ist dagegen das Regenwasser wegen seiner geringen Härte direkt sehr geeignet.

2. Bach-, Fluss- und Seewasser. Von dem Regen-(Meteor-)Wasser fliesst ein grosser Theil (etwa $\frac{1}{3}$) direkt zu den Flüssen und Seen ab, ein anderer Theil durch sickert das lockere Erdreich, sammelt sich hier auf undurchlassenden Schichten und nimmt dann erst seinen Lauf zu den Vorfluthern. Auf diesem Wege nimmt das Regenwasser je nach den geologischen Bodenverhältnissen und dem Kulturzustande des Bodens verschiedene Bestandtheile auf. Das von Ackerland abfliessende Wasser enthält durchweg unorganische (unter Umständen auch Dünger-)Bestandtheile, das aus Wäldern, von Wiesen und besonders von Moorböden dagegen häufig grössere Mengen organischer Stoffe, während das von kahlen, unbebauten Flächen abfliessende Wasser verhältnissmässig arm an unorganischen wie organischen Stoffen ist. Durch diese Verhältnisse ist die Verschiedenheit in der Zusammensetzung des Flusswassers bedingt und zwar um so stärker, je grösser das Regensammelgebiet ist.

Das Wasser einiger der grössten Flüsse Deutschlands enthält z. B. in 1 l:

Flusswasser	Schwebestoffe mg	Abdampf- Rückstand mg	Organische Stoffe mg	Kalk mg	Magnesia mg	Eisenoxyd u. Thonerde mg	Kali mg	Natron mg	Schwefel- säure mg	Chlor mg	Salpeter- säure mg
Mainwasser	13,0	320,8	21,0	80,0	28,1	3,2	5,1	26,2	54,3	24,5	2,9
Ruhrwasser ¹⁾ bei Herdecke 9./5. 1887	—	130,4	26,6	48,5	8,0	—	14,8		15,0	30,4	12,9
Lippewasser ²⁾ bei Hamm 9./12. 1887	—	460,0	53,7	156,0	11,8	—	96,9		26,2	86,5	10,2
Rheinwasser { bei Mainz (249,0)	12,0	203,0	16,8	71,1	14,7	1,8	4,2	6,7	24,4	7,3	6,2
bei Köln	—	310,0	12,7	92,0	16,7	—	—	—	26,7	8,1	—
Weserwasser	10,0	302,0	—	—	13,0	—	—	—	31,8	27,5	17,4
Elbe { vor Barby	20,0	207,5	18,4	23,0	—	—	—	—	64,0	50,0	3,9
hinter Barby	16,0	355,0	17,8	28,0	—	—	—	—	68,0	96,0	2,5
bei Magdeburg	—	333,9	18,1	117,0	25,0	—	—	—	81,3	58,4	4,5
bei Hamburg	—	276,0	23,2	47,7	13,0	—	—	—	29,5	54,6	5,3
Oder { vor Breslau	—	172,3	17,3	59,1	—	—	—	—	—	8,0	7,2
hinter Breslau	—	185,6	24,5	62,3	—	—	—	—	—	11,0	9,8
Donau { Frühling	121,9	177,1	7,0	60,8	17,6	5,8	1,7	3,9	11,8	3,4	2,0
Sommer	165,4	146,0	4,2	54,3	12,8	4,4	1,6	2,8	10,6	1,6	1,3
Herbst	76,5	178,6	5,2	64,3	17,5	5,0	2,4	3,6	12,3	1,8	1,3
Winter	14,8	199,0	5,9	71,0	19,9	5,4	2,0	4,0	15,4	2,4	2,4

Aehnlich verhält sich das Seewasser auf dem Festlande; es ist Flusswasser, welches keinen oder nur einen schwachen beständigen Abfluss hat.

Obige Zahlen sollen nur einigermaßen die Unterschiede in der Zusammensetzung

¹⁾ Regensammelgebiet vorwiegend im Grauwackenschiefer.

²⁾ Desgl. im Kalkgebirge.

des Flusswassers zeigen. Selbstverständlich ist dieselbe auch je nach dem Wasserstande eines Flusses ausserordentlich verschieden.

Zu Regenzeiten und bei Hochfluthen enthalten die meisten Bäche und Flüsse nicht unerhebliche Mengen Schwebestoffe bezw. Schlamm, zu anderen Zeiten sind sie mehr oder weniger frei davon.

Hierzu gesellen sich aber häufig die schon oben erwähnten Verunreinigungen der verschiedensten Art aus Häusern, Dörfern, Städten und den zahlreichen industriellen Betrieben.

Die Grösse der Verunreinigung hängt selbstverständlich einmal von der Art des betreffenden Abwassers und dann von der Menge des dasselbe aufnehmenden Bachwassers und dessen Stromgeschwindigkeit ab. Bei hinreichender Verdünnung und raschem Wasserlauf ist die Verunreinigung in manchen Fällen nur unerheblich und kaum nachweisbar. R. Emmerich konnte z. B. im Isarwasser nach Aufnahme des Abwassers von München eine Vermehrung von Salpetersäure, Chlor, Kalk und Kohlensäure kaum nachweisen, während einige Bestandtheile nur folgende Vermehrung für 1 l zeigten:

Schwebestoffe	Rückstand	Organische Stoffe
5,3 mg	38,0 mg	3,4 mg

Fleck fand beim Elb- und Hulwa beim Oderwasser, dass sich die Zusammensetzung derselben durch Aufnahme der städtischen Abwässer von Dresden bezw. Breslau nicht wesentlich verändert hatte, obschon in letzterem Falle die Sielwässer Breslau's zugeflossen waren.

In anderen Fällen kann die Verunreinigung wieder eine grössere sein; so fand Verf. für das Emscher-Wasser vor und nach Aufnahme des Abwassers der Stadt Dortmund für 1 l:

Emscher-Wasser:	Schwebestoffe	Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff		Organ. + Ammoniakstickstoff	Kalk	Chlor	Schwefelsäure	Keime von Mikrophyten in 1 ccm
		in saurer Lösung	in alkalischer Lösung					
1. Vor Aufnahme des städt. Abwassers	34,5 mg	7,4 mg	6,6 mg	9,4 mg	160,8 mg	190,5 mg	436,2 mg	33448
2. Nach „	60,0 mg	12,2 mg	11,9 mg	17,0 mg	167,2 mg	240,2 mg	446,2 mg	1453000

Hier erfuhr das Abwasser bei Niedrigwasser nur eine 8—9-fache, bei Mittelwasser eine 13—15-fache Verdünnung, die bei der geringen Stromgeschwindigkeit auf eine Strecke von 14 km nicht hinreichte, die fäulnissfähigen Stoffe selbst des gereinigten Abwassers unschädlich zu machen.

3. Grundwasser. Unter Grundwasser versteht man nach obiger Erklärung das auf einer undurchlassenden Bodenschicht (Thon oder festem Gestein) sich sammelnde, alle Bodenhohlräume ausfüllende, versickerte Regen- oder Oberflächenwasser, welches bei sackartiger Ausdehnung der undurchlassenden Schicht entweder ruht, still steht oder bei mehr oder weniger horizontaler Ausdehnung der undurchlässigen Schicht sich langsam im Boden fortbewegt. Derartige unterirdische Wasseransammlungen finden sich vorwiegend in den jüngsten Erdbildungen, dem Alluvium und Diluvium; sie können aber auch im älteren Gestein auftreten, wenn die undurchlassende Schicht nur weit genug ausgedehnt und nicht zu stark geneigt ist. Selbstverständlich bedingt die Art der Bildung wie der Aufstauung im Boden, dass das Grundwasser noch mehr wie das Flusswasser von der Beschaffenheit der Boden-

schichten beeinflusst wird; denn weil das Regenwasser stets Kohlensäure und auch Spuren von Salpetersäure, welche die Lösung von Bestandtheilen aus dem Boden unterstützen, enthält, so wird es beim Durchsickern durch den Boden um so mehr Stoffe aus demselben lösen, je reicher der Boden an löslichen Stoffen und je länger die Strecke ist, welche es durchfließt.

Durchweg aber durchläuft das Regen- oder Oberflächenwasser nicht unwesentliche Schichten, ehe es das Grundwasserbecken erreicht; denn nur selten dringt es senkrecht ein, meistens strömt es von den Seiten zu. Aus dem Grunde passt das Grundwasser seine Beschaffenheit vollständig und mehr der Beschaffenheit des durchsickerten Bodens an, d. h. es nimmt mehr Bestandtheile aus dem Boden auf, als Fluss- und Seewasser. Dieser Umstand aber hat wieder den Vorzug, dass das Grundwasser meistens hell und klar ist und wenn die zu durchströmenden Bodenschichten genügend rein und dicht sind, schon in einigen Metern Tiefe auch kaum noch Bakterien enthält. Bilden dagegen die durchsickerten Schichten ein lockeres Geröll von Sand, Kies oder fließt das Regen- oder Oberflächenwasser fast ungehindert durch Risse und Spalten, wie sie besonders in schieferigen Gesteinen häufig sind, so kann es zwar arm an Mineralstoffen aber, wie schon oben gesagt, reich an Bakterien sein, weil keine eigentliche Filtration stattgefunden hat. Beide Verhältnisse mögen aus folgenden Analysen erhellen. Die Stadt Münster i. W. versorgt sich aus zwei Grundwasserbecken, von denen das eine von etwa 5—10 m Tiefe im Mergel unter vorwiegend Ackerland und Wiesen, das andere von 20—25 m Tiefe in fast reinem Kies bzw. Sand liegt. Das Sauerland in Westfalen versorgt sich dagegen vorwiegend mit Grund- bzw. Quellwasser, welches zum grössten Theil aus dem durchklüfteten, rissigen Grauwackenschiefer seine Entstehung nimmt. Die Zusammensetzung dieser Grundwässer ist im Mittel mehrerer Proben für 1 l folgende:

Grundwasser aus		Abdampf- Rückstand mg	Zur Oxyda- tion erfor- derlicher Sauerstoff mg	Kalk mg	Magnesia mg	Chlor mg	Schwefel- säure mg	Salpeter- säure mg	Ammoniak mg	Salpetrige Säure mg	Keime von Mikrophyten in 100 ccm
Münster	Mergelschichten	392,1	1,8	131,2	15,3	36,6	51,3	38,4	0	0	22
	i. W. Sand und Kies	157,5	2,0	53,7	5,4	10,7	22,9	23,9	0	0	105
Grauwackenschiefer (Sauerland)		64,5	2,7	11,5	7,3	7,1	4,6	4,1	0	0	2000—200000

Die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung dieser drei Grundwässer, besonders der hohe Gehalt des ersten Wassers an Mineralstoffen und darunter an Kalk gegenüber den beiden anderen Wässern erklärt sich aus der Verschiedenheit in der Zusammensetzung der wasserführenden Schichten (des Mergel-, Sand- bzw. Schieferbodens), der verschiedene Gehalt an Mikrophytenkeimen dagegen aus der verschiedenen Filtrationsfähigkeit der Bodenschichten, des mehr dichten Mergel- und Sandbodens gegenüber dem durch Risse und Spalten zerklüfteten Schieferbodens.

In anderen Fällen kann das Grundwasser, wenn es Bodenschichten durchsickert, die organische Reste wie Torf etc. enthalten, reich sein an organischen Stoffen, oder reich sein an Sulfaten, wenn die Bodenschichten viel Calciumsulfat (oder Magnesiumsulfat) enthalten, oder reich an Chloriden sein, wenn die Bodenschichten wie Kreide und Kalksteine viel Chloride enthalten.

In der norddeutschen Tiefebene begegnet man häufig Grundwässern, welche viel Eisenoxydul (als humussaures oder doppelkohlensaures Eisenoxydul) enthalten; solche Wässer sind dann beim Fördern anfänglich hell und klar, werden aber beim Stehen an der Luft gelblich trübe und setzen einen gelben Bodensatz ab. Wenn gleich diese Art Trübung nicht gesundheitsschädlich ist, so lässt sie doch ein Wasser als weniger genussfähig erscheinen. Dieses Wasser enthält auch in der Regel Ammoniak und Schwefelwasserstoff.

Mitunter tritt in dem Grundwasser auch freie Kohlensäure und Salpetersäure auf, nämlich dann, wenn die Bodenschichten arm an Basen, besonders arm an Kalk sind. Woher die freie Salpetersäure, die wir verschiedentlich im Grundwasser des nordwestlichen Deutschlands aus sandigkiesigen Bodenschichten gefunden haben, rührt, ist noch nicht aufgeklärt. Vielleicht rührt sie von untergegangenen Thieren oder Thierresten her, von denen alle anderen Bestandtheile oxydirt und verflüchtigt worden sind; aber dann müssten solche Wässer auch erhöhte Mengen Chloride und Sulfate oder deren Säurebestandtheile enthalten, was nicht der Fall ist. Wahrscheinlicher erscheint die Abstammung aus dem Regenwasser, welches sich in dem Sandkiesbecken auf undurchlassenden Schichten angesammelt hat, hier während des Sommers reichlich verdunstet ist und sich so unter gleichzeitiger Oxydation des auch stets im Regenwasser vorhandenen Ammoniaks allmählich mit Salpetersäure anreichert hat. Auf diese Weise erklärt sich auch, dass solche Wässer kaum nennenswerthe Mengen anderer Stoffe (mineralischer wie organischer) enthalten.

Abgesehen von diesen unliebsamen Vorkommnissen hat das Grundwasser in genügender Tiefe den Vorzug vor dem Oberflächenwasser, dass es eine niedrige und gleichmässige Temperatur besitzt. Denn es nimmt beim Durchsickern und beim längeren Verweilen im Boden die Temperatur des Bodens an und diese schwankt von 4–5 m Tiefe an jährlich nur mehr um etwa 4°; in grösserer Tiefe beträgt die Temperatur des Bodens wie des darin enthaltenen Wassers etwa 8–11° und weniger.

Ragt aber das Grundwasser bis in die obersten Bodenschichten über 4–5 m hinaus, dann hören die genannten Vorzüge auf; es nimmt eine höhere und wechselnde Temperatur an, zeigt höheren Gehalt an Bakterien, wird bei starken Regenfällen leicht trübe und kann auch leicht durch Infektionskeime verunreinigt werden.

Sehr wichtig ist auch sowohl für die Einzel- als gemeinsamen Wasserversorgungen die Anlage eines Brunnens behufs Förderung des Grundwassers; hier werden nicht selten die grössten Versehen gemacht, besonders dadurch, dass man die Brunnen an Stellen anlegt, wo durch oberirdische oder seitliche Zuflüsse von Abgängen aller Art aus den Wohnungen, Ställen etc. leicht eine Verunreinigung stattfinden kann.

Am zuverlässigsten sind Bohrbrunnen (artesische Brunnen), weil bei ihnen ein seitliches Eindringen von Verunreinigungen am sichersten ausgeschlossen ist.

In den meisten Fällen aber muss man sich mit Schachtbrunnen begnügen. Für diese hat F. Hüppe¹⁾ die bei der Anlage zu beobachtenden Gesichtspunkte wie folgt aufgeführt:

1. Die ganze Umgebung muss nivellirt werden, so dass alles auffallende Wasser und aller Schmutz durch natürliches Gefälle stets vom Brunnen weg- und niemals zu ihm hingeführt wird

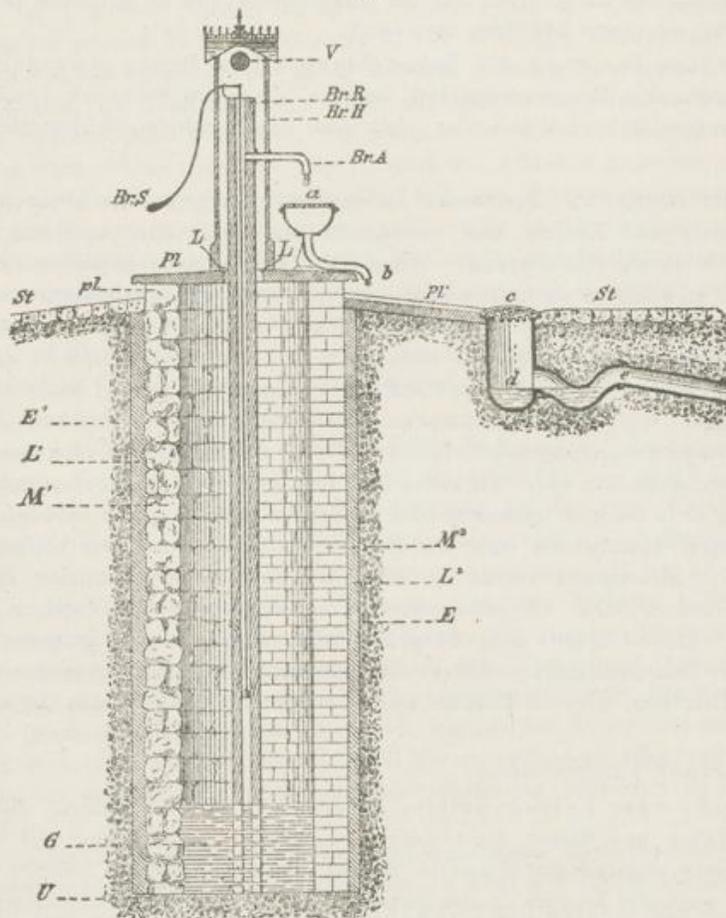
¹⁾ Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1889, 32, 15.

(wie die Lage des Hopfplasters St und der Steinplatten Pl' in der beigegebenen Figur 40 wieder gegeben ist);

2. die wasserdichte Brunnenwand muss den Erdboden etwas überragen in Form eines mindestens 15 cm hohen Brunnenkranzes pl;

3. der Kessel oder Schacht des Brunnens muss auf dem Brunnenkranz pl durch in Cement gelegte, mit Falz zusammenstossende Steinplatten Pl oder durch gusseiserne Deckel sicher abgeschlossen sein, welche Gedecke den Brunnenkranz mit ableitendem Gefälle überragen müssen, diese Deckplatten

Fig. 40.



Ein hygienischen Anforderungen entsprechender Brunnen.

aber zur Ermöglichung der Cirkulation der Aussenluft mit der Schachtluft Oeffnungen L haben. Damit durch diese Oeffnungen keine Verunreinigung des Kessels erfolgen kann, muss

4. das Brunnen- oder Pumpbaus Br H dicht aufgesetzt werden, dessen Innenraum mit der Aussenluft durch die Ventilationsöffnung V in Verbindung steht, welche durch ein feines Drahtgitter geschlossen ist;

5. das aus dem Brunnenauslauf Br A ausfliessende Wasser muss sicher vom Brunnen weggeführt werden. Zu diesem Zwecke muss das aus dem Ausgusse a abfliessende Wasser b direkt auf die schräg abfallenden Platten gelangen können;

6. der Brunnenmantel muss bis in die wasserführende Schicht hinein oder, wo angängig, mindestens 6 m tief vom umgebenden Erdboden aus, wasserdicht sein;

7. der Brunnenmantel muss bis in die wasserführende Schicht wasserdicht an das umgebende Erdreich, das Aushubterrain, so angeschlossen werden, dass

8. nur der offene Boden des Schachtes wasserdurchlässig ist und allein als Eintrittsstelle für das Grundwasser dient.

In der Figur 40 sind M^1 Bruchsteine und M^2 Ziegelsteine: beide sollen zur Dichtung in Cement- oder Trassmörtel gelegt und der ganze Brunnenmantel innen glatt mit Cementmörtel verputzt sein. Der Raum zwischen dem Aushubterrain und dem Brunnenmantel wird am besten mit Lehm, Letten, Thon oder selbst mit Cement oder Trass ausgestampft.

Eine weitere Forderung zur Reinhaltung eines Brunnenwassers ist die, dass der Boden des Brunnenschachtes; welcher allein die Filtration besorgt, etwa alle 2 Jahre gereinigt und von der sich dort ansammelnden Schlammsschicht befreit wird.

4. Quellwasser. Quellwasser ist das in besonderen unterirdischen Kanälen, Spalten, Rissen und Klüften sich bewegende, aus einer oder mehreren Ausflussöffnungen austretende Sickerwasser. Wenn Grundwasser einen seitlichen beständigen Abfluss hat, so kann es zu Quellwasser werden, während Quellwasser, wenn es bei seinem Austreten in lockeres Erdreich versickert und sich dort auf einer wasserundurchlassenden Schicht bleibend ansammelt, zu Grundwasser wird. Quell- und Grundwasser lassen sich nicht immer scharf von einander trennen; beide bilden sich aus dem Regen- bzw. Oberflächenwasser, indem diese beim Durchsickern durch den Boden auf wasserundurchlassende Schichten stossen; es sind beides Bodenwässer; Quellwasser unterscheidet sich aber, wie schon oben hervorgehoben ist, dadurch vom Grundwasser, dass es in stetiger, grösserer oder geringerer Bewegung sich befindet, während mit dem Begriff Grundwasser mehr der Zustand der Ruhe bzw. der bleibenden Aufstauung des Bodenwassers verstanden wird, der nur durch künstliches Heben des Wassers verändert wird. Grundwasser hat meistens einer vollkommenen Filtration unterlegen, während Quellwasser durchweg keine oder nur eine geringe Filtration durch feinere Bodenschichten erfahren hat. Ersteres findet sich vorwiegend im Alluvium und Diluvium, also in Ebenen und Thälern, letzteres dagegen vorwiegend in Gebirgen.

A. Gärtner¹⁾ unterscheidet:

a) Hoch- oder Felsenquellen, welche sich dadurch bilden, dass das in Spalten, Klüften und Rissen des Gebirges versickerte Regenwasser auf eine horizontal geneigte wasserundurchlassende Schicht stösst und seitlich austritt und zwar absteigend, wenn die letztere in der ganzen Ausdehnung eine gleichmässige Neigung besitzt, oder aufsteigend, wenn auf der geneigten Ebene eine wasserundurchlässige Querwand eingeschoben ist, welche das Wasser wieder aufzusteigen und über deren Rand anzutreten zwingt.

b) Tiefquellen, welche am Fusse der Berge, im Thale selbst und dann meistens in seinem tiefsten Einschnitt, in weiten Flussniederungen oder in den Einschnitten der Plateaus hervortreten, wovon man wieder Schutt-, Grundwasser-, Ueberlauf- und Barriären-Quellen unterscheiden kann. Diese Quellen durchlaufen meistens

¹⁾ A. Gärtner, Die Quellen in ihren Beziehungen zum Grundwasser und Typhus. Jena 1902.

weitere Gebirgsstrecken, auch Schutt- und Bodenschichten; sie passen daher ihre Beschaffenheit mehr als die Hochquellen der Beschaffenheit des Bodens an und finden sich bei ihnen häufig Uebergänge zu Grundwasser.

c) Sekundäre Quellen, welche sich durch Verschwinden und Wiedererscheinen von Wasser in Gestalt einer Quelle bilden, das schon an einem anderen, höher gelegenen Ort als Quelle, Bach, Teich oder See vorhanden war. Diese Art Quellen sind nicht selten. Ein Theil der Wuttach versinkt in Spalten des Kalkgebirges und tritt bei Degernau wieder als Quelle hervor; aus der Ilm verschwindet bei Hetschberg ein grosser Theil des Wassers in vier mächtigen Uferspalten des Wellenkalkes, um $4\frac{1}{2}$ km unterhalb — in der Luftlinie gemessen — wieder, mit Grundwasser gemischt, als Quellwasser zu Tage zu treten. Die Alme in Westfalen war früher ein wasserreiches Flüsschen; 1830 wurde ihr Bett bei dem Dorfe Brenken verlegt und führte fortan über nur sehr schwach mit Alluvium bedeckten zerklüfteten Plänerkalk; in Folge dessen versank ein Theil des Wassers und seit 1885 verschwindet es in der trocknen Jahreszeit vollständig in Schwalglöchern; seit dem Verschwinden desselben haben die Quellen in Gesecke und Upsprunge zugenommen. Die Donau verschwindet bei Immendingen in der trocknen Jahreszeit vollständig in dem gespaltenen, auch im Flussbett vorhandenen Jurakalk und speist die 11 km südwestlich zu Tage tretende, 500 m tiefer liegende Aachquelle, welche zum Bodensee und von da in die Nordsee fliesst, während die Donau dem Schwarzen Meere zuströmt¹⁾.

Von welcher Bedeutung die Gebirgs- bzw. Bodenart auf die chemische Zusammensetzung eines Quellwassers ist, erhellt aus folgenden, von der Versuchsstation Marburg im Mittel vieler Proben für 11 erhaltenen Zahlen (vergl. Tabelle S. 1388).

Das tributäre (d. h. wasserliefernde) Gebiet einer Quelle deckt sich bei einem kompakten, undurchlässigen Gestein (Eruptivgestein) meistens mit dem orographischen Gebiet d. h. die Wasserscheiden fallen zusammen mit den höchsten Höhenlinien des umgebenden Gebirges; in diesem Falle sind auch nur wenige Risse und Spalten, sowie nur wenig verwittertes Gestein vorhanden; das Regenwasser läuft durchweg an den Abhängen in den Thalweg hinunter. Bei stark zerklüftetem Eruptivgestein wie ebenso bei geschichteten Gesteinen deckt sich dagegen das Quellgebiet durchaus nicht immer mit dem orographischen Bezirk, weil die oberirdischen Wasserscheiden nicht immer mit den unterirdischen (den wasserundurchlässigen Schichten im Gestein) zusammenfallen.

Fliesst das Regenwasser ohne grossen Widerstand (ohne wesentliche Filtrirschicht) und rasch in Spalten und Rissen ab, so zeigt ein solches Quellwasser auch eine dem Regenwasser ähnliche schwankende Temperatur; hat der zu durch-

¹⁾ Um den Zusammenhang eines derartig versunkenen Bach- und des daraus entstandenen Quellwassers nachzuweisen, bedient man sich am zweckmässigsten des Uraninkalis (Kaliumsalz des Fluoresceins), welches man nach Mayrhofer noch in einer Verdünnung von 1 : 4 Milliarden Wasser nachweisen kann, wenn man 2—4 l Wasser mit 1—2 Messerspitzen voll feinsten Thierkohle $\frac{1}{4}$ Stunde schüttelt, die Kohle nach dem Absitzen auf einem kleinen Filter sammelt, trocknet und mit 10 cem Alkohol ansieht, welcher durch einige Tropfen Alkali alkalisch gemacht ist. Mittels der konvergirenden Lichtstrahlen — eine grössere Lupe genügt schon — lässt sich der Farbstoff durch sein prächtiges Schillern leicht nachweisen. Als sonstige Farbstoffe sind vorgeschlagen, aber nicht so gut: Auramin, Safranin, Kongoroth, Neutralfuchsin, Pariser Violett, Methylenblau; ferner sind für den Zweck vorgeschlagen Bakterien mit ausgeprägten Eigenschaften, z. B. die lebhaft gefärbten Bakterien *Bacterium violaceum*, *Bact. prodigiosum*, *Bact. rubrum*, weiter auch Bierhefe.

Gesteinsart ¹⁾	Abdampf- rückstand mg	Kalium- permanganat- verbrauch mg	Kieselsäure mg	Schwefel- säure mg	Chlor mg	Salpeter- säure mg	Kalk mg	Magnesia. mg	Kali mg	Natron mg	Härtegrade
Buntsandstein											
a) unterer	72,0	3,4	—	14,4	5,1	Spuren	11,5	4,2	—	—	1,7
desgl.	116,0	1,3	—	2,2	3,3	"	35,1	14,9	—	—	5,5
b) mittlerer	97,5	2,0	12,0	3,8	4,4	8,6	21,0	7,6	4,6	8,7	3,1
desgl.	90,0	Spuren	14,2	2,0	6,8	Spuren	23,5	5,3	2,0	6,0	3,1
c) oberer Gyps im Röt .	2421,0	5,6	—	1144,7	28,4	"	842,0	101,2	—	—	98,4
Zechstein											
a) oberer											
1. Plattendolomit . .	372,5	1,1	—	56,1	5,1	"	118,0	43,6	—	—	17,9
2. Oberer Letten . .	250,0	1,9	—	—	12,2	5,6	—	—	—	—	—
3. Letten mit Gyps .	830,0	4,0	—	—	5,1	15,0	—	—	—	—	—
b) mittlerer											
1. Hauptdolomit . .	350,0	3,0	—	—	5,1	0,5	—	—	—	—	—
2. Aelterer Gyps . .	1632,5	4,0	—	—	8,6	Spuren	—	—	—	—	—
Muschelkalk											
a) oberer	365,0	9,0	—	—	8,6	0,4	—	—	—	—	—
b) unterer	352,0	1,1	—	28,1	6,8	7,6	112,0	41,7	5,6	13,2	17,0
desgl.	300,0	1,9	—	34,3	5,9	Spuren	116,4	30,8	—	—	15,9
Grauwacke	259,0	1,4	—	—	8,4	2,9	—	—	—	—	—
Keuper, unterer . .	395,0	10,7	—	—	5,1	1,1	—	—	—	—	—
Untere Steinkohle											
a) Flözleerer Sandstein .	225,0	1,5	2,8	20,0	8,6	Spuren	76,0	24,5	—	—	11,1
b) Kulm	292,0	0,4	—	—	5,1	0,5	—	—	—	—	—
Basaltschotter . . .	150,0	1,5	—	—	8,6	Spuren	—	—	—	—	—
Rotliegendes	338,0	0,2	—	5,6	8,6	1,8	123,6	30,0	—	—	16,6
Diabas	45,0	5,2	—	—	12,2	2,5	—	—	—	—	—

sickernde Weg in den Bodenschichten eine gewisse Länge, so besitzt das Quellwasser durchweg auch eine unveränderliche oder nur wenig wechselnde Temperatur, weil das Gestein ein verhältnissmässig guter Wärmeleiter ist. Man darf daher aus der unveränderlichen Temperatur einer Quelle noch nicht schliessen, dass sie keine Zuflüsse von schlecht oder mangelhaft filtrirtem Oberflächenwasser hat.

Manche Quellwässer werden zu gewissen Zeiten trübe; dieses pflegt meistens nach Regen- oder Schneefällen, und zwar entweder verhältnissmässig kurz oder auch lange nach denselben, aufzutreten. Tritt die Trübung jedesmal bald nach dem jedesmaligen Regen auf, so kann dieselbe in nahe liegenden, schlecht filtrirenden Schichten ihre Ursache haben; wird die Trübung aber erst längere Zeit nach dem Regen beobachtet, so kann angenommen werden, dass dieselbe aus entfernt liegenden Schichten stammt und hierin eine theilweise Filtration stattgefunden hat. Durchweg besteht die Trübung aus Thon bezw. Staubsand, Calciumkarbonat etc.; nicht selten wird aber auch gleichzeitig eine Vermehrung der Bakterien in den trüben, zu anderen Zeiten fast bakterienfreien Quellen beobachtet. So wurden nach den Mittheilungen von A. Gärtner für 1 ccm Wasser Keime von Mikrophyten gefunden:

¹⁾ Sämmtliche Proben waren frei von Ammoniak, salpetriger Säure und Eisenoxydal.

Quelle:	Basaltischer Vogelsberg (Frankfurt)	Kalkmergel bei Soest	Lias bei Meurthe u. Moselle	Alluvium des Donitsch- kammthales	Stubenquelle bei Kranichfeld (Trias)	Konglomerat- schicht des Wellenkalkes bei Jena
Zu trocknen Zeiten	3—4	20—275	115—180	72	fast 0	0—90
Nach Regen	45—60	1500—2800	1115—8000	1960—2380	470	bis 18000

Aehnliche Beobachtungen sind vielerorts gemacht worden.

Wenn man bis jetzt das Quellwasser durchweg als das beste und reinste Wasser für menschliche Genusszwecke angesehen hat, so ist das nicht immer richtig; es können neben den im Regenwasser selbst, in den Bodenschichten, in den Spalten und Klüften vorhandenen harmlosen Bakterien unter Umständen auch infektiöse Bakterien in das Quellwasser gelangen und sprechen nach A. Gärtner verschiedene Fälle dafür, dass Typhusepidemien durch Quellwässer von vorstehender Beschaffenheit hervorgerufen sind. Aus dem Grunde kann ein Quellwasser einer vorherigen Reinigung für den häuslichen Gebrauch ebenso bedürftig sein, als ein Fluss- oder Oberflächenwasser.

e) Reinigung des Trinkwassers für den häuslichen Gebrauch.

Die künstliche Reinigung des Trinkwassers wird im Grossen für allgemeine Wasserversorgungen wie im Kleinen für Einzelversorgungen vorgenommen und kommen hierbei eine grosse Anzahl Verfahren in Betracht, die grundsätzlich verschieden sind und hier nur kurz mit ihren wesentlichsten Grundlagen aufgeführt werden können¹⁾.

1. Reinigung in Absatzbehältern. Diese Art Reinigung wird mitunter im Grossen vorgenommen, wenn das für Leitungen zu verwendende Wasser Schwebestoffe enthält, welche wie die mineralischer Art spezifisch schwerer als Wasser sind; ist der Unterschied im spec. Gewicht wie z. B. zwischen organischen Stoffen und Wasser nur gering, so sucht man die Niederschlagung der Schwebestoffe durch Zusatz von Aluminiumsulfat zu befördern. Zur Niederschlagung der Schwebestoffe empfehlen sich 2—4 Stück Klärbecken in Form von Rechtecken, deren Längsseiten 3- bis 6-mal so lang sind als die Breitseiten; die Seitenwände werden zweckmässig ausgemauert oder ausgepflastert und mit schrägen bzw. steilen Böschungen angelegt, um eine seitliche Schlammablagerung zu vermeiden. Eine Bedachung wird meistens nicht vorgenommen, um die baktericide Wirkung des Sonnenlichtes nicht abzuschliessen, wiewohl auf diese Weise, besonders bei flachen Becken, eine stärkere Erwärmung bzw. eine schwankende Temperatur sowie eine Verunreinigung durch Luftstaub vermieden werden kann. Im Allgemeinen findet trotz der bakterienvernichtenden Wirkung des Sonnenlichtes in den Klärbecken leicht eine Vermehrung der Keime und wenn die Schwebestoffe eine gewisse Menge organischer Stoffe enthalten, leicht eine Fäulniss in dem Schlamm statt. Findet eine unterbrochene Entnahme des Wassers statt, so müssen die Klärbecken so eingerichtet werden, dass sie den Höchstbedarf an Wasser von mehreren Tagen zu fassen vermögen und werden dann zweckmässig 4 Klärbecken mit dem 2—3-fachen Inhalt des täglichen Höchstwasserverbrauches angelegt, um eine genügende Vorklärung einschl. Reinigung von Bodenschlamm zu erzielen. Soll dagegen ununterbrochen Wasser entnommen werden, so müssen die Becken so gross angelegt werden, dass die Durchflussgeschwindigkeit in den Becken höchstens 1—2 mm in der Sekunde beträgt. Die Entnahme des Wassers aus den

¹⁾ Bezüglich der Einzelheiten der Reinigungsverfahren sei auf des Verfassers Schrift: Die Verunreinigung der Gewässer etc. Berlin 1899, I, 104 u. ff. verwiesen.

Klärbecken muss durch entsprechende Einrichtungen so geschehen, dass der Bodenschlamm nicht mit aufgerührt wird.

2. Reinigung durch Filtration. Dieses am weitesten verbreitete Wasser-Reinigungsverfahren wird sowohl im Grossen als im Kleinen angewendet.

a) Filtration im Grossen. Diese zerfällt wieder in eine natürliche und künstliche Filtration und dient zu beiden meistens Sand als Filtrirmasse.

a) Natürliche Sandfiltration. Hierunter versteht man die Filtration eines Oberflächenwassers, welche durch seitlichen Austritt des Wassers in die Sandfilter erfolgt, sei es dass diese in der Nähe von Flüssen oder Seen durch natürliche Ablagerung sich gebildet haben, sei es dass sie künstlich hergestellt sind. Diese Filtration ist zwar der ähnlich, welche das Regen- oder Oberflächenwasser bei der Bildung des Grundwassers erfährt, aber doch nicht gleich, weil bei der Bildung des Grundwassers eine mehr oder weniger senkrechte Filtration und auch eine solche durch Bodenschichten von verschiedener Beschaffenheit statt hat. Die seitliche Filtration oder die wagerechte Bewegung des Grundwassers ist aber nur in den seltensten Fällen eine gute oder genügende, weil sich die Schwebstoffe immer tiefer in den Sand hineinspülen und schliesslich in das durchsickernde Wasser gelangen.

b) Künstliche Sandfiltration. In den künstlich aufgebauten Sandfiltern bewegt sich das Wasser allgemein in senkrechter Richtung von oben nach unten. Die Filter werden zweckmässig mit schrägen Wandungen angelegt und pflegen meistens in der Weise aufgebaut zu werden, dass zu unterst grobe, darauf kleinere Bruchsteine liegen, auf welchen zunächst grobkörniger Kies, weiter feinkörniger Kies und zuletzt Sand aufgeschichtet werden. Die Sandschicht schwankt von 0,6–1,0 m, die des Kiesel mit Steinen von 0,3–0,6 m Höhe; die Höhe der Schichten und die Korngrösse des Sandes, Kiesel und der Steine betragen z. B. bei den Bremener Sandfiltern von oben nach unten:

	Sand	Kies				Steine
		Hirsekorntärke	Erbsentärke	Bohnenstärke	Nussstärke	
Höhe der Schicht in m	1,00	0,06	0,06	0,08	0,15	0,25
Korngrösse in mm	0,5–1,0	3,0–5,0	10,0–20,0	20,0–30,0	30,0–60,0	60–150

Durchweg pflegt der Kies der unteren Lage 3–4-mal so grob zu sein, als der darauf liegende, und muss dafür gesorgt werden, dass an keiner Stelle sich Lagen von grösserer Kornverschiedenheit unmittelbar berühren oder Lücken bzw. Hohlräume sich bilden. Die Höhe der zu filtrierenden Wasserschicht schwankt je nach dem Sande und dem Wasser zwischen 0,6–1,0 m. Die Grösse der Filterfläche schwankt zwischen 607–7650 qm, im Durchschnitt zwischen 2000–3000 qm; in der Leistung sind grosse und kleine Filter für gleiche Flächen gleich; die grossen Filter sind nur in der Unterhaltung (Erneuerung) unangenehmer und kostspieliger. Jedes Filter soll selbständig für sich und zwar so eingerichtet werden, dass von dem filtrirten Wasser, welches es liefert, für sich allein, getrennt von dem anderer Filter, eine Probe entnommen und untersucht werden kann, um die Wirksamkeit des Filters zu jeder Zeit überwachen und prüfen zu können. Beim Inbetriebsetzen der Filter füllt man dieselben, um die Luft auszutreiben, durch Reinwasser von unten nach oben, später stets von oben, indem man das Wasser auf einer Pflasterschicht so einfliessen lässt, dass die Sandoberfläche nicht zerstört wird; für die Ableitung der in den Filtern während des Betriebes sich ansammelnden Luft, welche die Schleimdecke zerstören

kann, befinden sich Entlüftungsröhrchen in den seitlichen Wänden. Die Filter pflegen überwölbt und offen angelegt zu werden. Die Ueberwölbung — meistens mit Ziegelmauerwerk — sichert vor allem den Rieselbetrieb auch im Winter bei Frostwetter, auch eine gleichmässigeren Temperatur des filtrirten Wassers, obschon die durch den Sonnenschein bedingten Temperaturschwankungen nicht gross sind, weil das Wasser auf der Sandoberfläche nur verhältnissmässig kurze Zeit verweilt.

Als Nachteile der Ueberwölbung werden jedoch die grössere Kostspieligkeit wie die langsamere Bildung der eigentlich filtrirenden Schleimdecke, wenn diese vorwiegend aus den lichtbedürftigen, chlorophyllhaltigen Kleinwesen (Algen etc.) ihre Entstehung nimmt, angegeben.

Aus den Filtern tritt das Wasser in einen Entleerungskanal und von hier aus in den Reinwasserbehälter. In dem Entleerungskanal kann das Wasser mittels eines Schwimmers auf gleicher Höhe gehalten sowie hoch und niedrig eingestellt werden; das hat den Vortheil, stets eine gleiche Filtrationsgeschwindigkeit in den Filtern zu unterhalten. Denn wenn in Folge der stetig zunehmenden Schleimschicht auf den Filtern die Filtrationsgeschwindigkeit eine geringere wird, so kann man dieselbe durch Erhöhung des Filtrationsüberdruckes, sei es durch Erhöhung des zu filtrirenden Wassers auf den Filtern oder durch Senkung des Wasserspiegels in dem Entleerungskanal, unterstützen und wird letztere Handhabung als die bessere angesehen.

Aus den Filter-Entleerungskanälen tritt das Wasser in den Reinwasserbehälter, der zweckmässig in doppelter Anordnung angelegt wird, um bei etwaiger Ausschaltung des einen Behälters den Betrieb aufrecht erhalten zu können. Der Wasserspiegel in dem Reinwasserbehälter soll stets unter dem Abfluss aus den Reinwasser-Entleerungskanälen der Filter liegen, damit der Filtrationsüberdruck in den Filtern nicht durch Rückstau gestört wird. Auch muss der Reinwasserbehälter so angelegt werden, dass das Wasser in ihm nicht still steht, sondern durch die Entnahme von Wasser in beständiger Bewegung ist.

Die Filter liefern erst dann ein keimarmes (etwa 100 und weniger Keime enthaltendes) und gebrauchsfähiges Filtrat, wenn sich auf denselben eine genügend starke Schleimschicht — aus Thon, Eisen- und Aluminiumhydroxyd, Kieselsäurehydrat, aufgeschlämmten Karbonaten, lebloser organischer Substanz, Algen und Bakterien — gebildet hat. Die Dauer der Bildung beträgt in einigen Fällen und bei offenen Filtern nicht ganz einen Tag, in anderen Fällen und bei geschlossenen Filtern $1\frac{1}{2}$ —2 Tage. Die Filtrationsgeschwindigkeit schwankt von 50—260 mm und beträgt im Mittel etwa 90 mm in der Stunde; sie soll im Allgemeinen 100 mm nicht übersteigen, da das Filtrat naturgemäss bei einer mässigen Filtrationsgeschwindigkeit am besten zu sein pflegt.

Die Laufzeit (Gebrauchsfähigkeit) der Filter ist je nach der Beschaffenheit des Wassers und Sandes, der Jahreszeit, der Filtrationsgeschwindigkeit und dem Filtrationsüberdruck sehr verschieden; sie schwankt im Allgemeinen zwischen 10—40 Tagen und beträgt durchschnittlich etwa 25 Tage.

Die Wirkung der Filter erstreckt sich vorwiegend oder nur auf Zurückhaltung der Schwebestoffe und Bakterien des Rohwassers; eine chemische Wirkung bezw. eine Oxydation der gelösten organischen Stoffen findet in denselben nicht statt. Die Zurückhaltung der Schwebestoffe und Bakterien ist um so vollkommener, je wirksamer, d. h. je dichter die Schlick- oder Schleimschicht ist: bei einer gewissen

Stärke aber lässt sie kein Wasser mehr durch; es hört die Filtration auf und wachsen auch mit der Zeit Bakterien in die Filter hinein und gehen mit ins Filtrat, so dass die Filter zu Anfang und Ende der Laufzeit am meisten der Gefahr ausgesetzt sind, auch pathogene Bakterien aus dem Rohwasser durchzulassen. Aus dem Grunde müssen die Filter, wenn die Schlickschicht eine gewisse Höhe — durchweg von 2 cm — erreicht hat, gereinigt oder erneuert werden. Es wird die Schlickschicht mit den darunter liegenden Sandschichten etwa 15 cm tief abgehoben, das rückständige Filter durchlüftet und wieder mit frischem oder gewaschenem Sand bis zur ursprünglichen Höhe aufgefüllt.

Für stark verunreinigte Rohwässer (z. B. bei Hochwasser) wendet man auch eine doppelte Filtration an, wozu E. Götze in Bremen eine geeignete Anordnung eingeführt hat.

Das Waschen des Sandes wird entweder durch selbstthätige Waschtrommeln oder durch Wasserstrahlapparate vorgenommen, aber, weil es verhältnissmässig theuer und mit erheblichen Verlusten verbunden ist, nur dort geübt, wo der frische Sand nur schwierig und mit grossen Kosten beschafft werden kann.

Die Betriebskosten der Sand-Filtration, für welche eine regelmässige Druckvertheilung und ein gleichmässiger Gang der Filtration von grösster Wichtigkeit sind, stellen sich einschliesslich Verzinsung und Amortisation auf 1,5—5,1 Pfg., ohne letztere auf 0,15—0,30 Pfg. für 1 cbm Wasser.

Statt des lockeren Sandes benutzte man auch eine Zeitlang vielfach nach dem Vorschlage von Fischer-Peter's Sandstein-Platten, welche künstlich aus rein-gewaschenem Flusssand und Natronkalksilikat als Bindemittel hergestellt wurden und durch welche das zu reinigende Wasser seitlich durchtrat; sie hatten vor den gewöhnlichen Sandfiltern den Vorzug, dass sie für gleiche Mengen zu reinigenden Wassers weniger Raum einnahmen und sich durch Gegenströmung etc. leichter reinigen liessen.

Die anfänglich auf diese Filtersteine gesetzten Hoffnungen sind indess nicht in Erfüllung gegangen; die Aktien-Gesellschaft für Grossfiltration in Worms¹⁾ hat vielmehr die Herstellung der Filtersteine nach dem System Fischer aufgegeben und fertigt jetzt solche nach dem System Kurka an. Die innen hohlen Elemente sind rund mit viereckigem Kopf und werden aus einem Gemisch von reinem Quarzsand, feinem Glaspulver und einem nicht bekannt gegebenen Bindemittel durch Pressen unter 250 Atm. Druck und Brennen in besonderen Oefen hergestellt. Die Filterelemente werden zu mehreren auf einen gemeinsamen Abfluss aufgekittet und die Filterapparate geschlossen oder offen aufgebaut. Bei letzterer Anordnung werden die Elemente in Sand eingebettet, welcher die grössten Schwebestoffe beseitigt, während die Filtersteine die feinsten Schwebestoffe zurückhalten.

c) Schnellfiltration. Statt der langsam wirkenden und umfangreichen Sandfilter hat man auch Filtrations- bzw. Reinigungsmaschinen eingerichtet, welche eine schnelle Reinigung grösserer Wassermengen ermöglichen. Sie sind vorwiegend in Amerika in Gebrauch. Während die vertikale Filtrationsgeschwindigkeit bei den deutschen Sandfiltern durchschnittlich 100 mm in der Stunde beträgt,

¹⁾ Gesundheits-Ingenieur 1903, 26, 221.

läuft das Wasser durch die amerikanischen Schnell- oder Druckfilter („rapid filter“, „pressure filters“ oder auch „mechanical filters“) mit einer Geschwindigkeit von 3,8—5,1 m in der Stunde. Letztere Filter liefern daher 37—50-mal so viel Wasser, haben eine um ebenso viel geringere Stärke und lassen sich leichter reinigen, als die europäischen Filter; die Schnellfilter müssen naturgemäss öfters — vielfach täglich — gereinigt werden, die Reinigung ist aber einfacher; im Winter lassen sich dieselben in erwärmten Gebäuden unterbringen und gestatten leicht die Anbringung von geeigneten Vorrichtungen behufs vorherigen Zusatzes chemischer Fällungsmittel, unter denen besonders häufig Alaun (durchschnittlich 45,6—51,6 g Alaun für 1 cbm Wasser) angewendet wird. Anstatt der grossen gemauerten Reinwasserbehälter wendet man durchweg kleine runde oder cylindrische Kessel aus Holz, Guss- oder Schmiedeeisen an. Die amerikanischen Schnellfilter¹⁾, die ursprünglich den Bedürfnissen der Industrie (Papierfabriken, Zuckerraffinerien etc.) dienen, zerfallen in 2 Unterabtheilungen, nämlich in offene („gravity“) und geschlossene („pressure“) Filter. Erstere bestehen meistens aus grossen, runden hölzernen Behältern, in die das Wasser vom Pumpwerke aus gehoben wird und von wo es dann unter natürlichem Druck in das Hauptleitungsnetz fliesst; letztere dagegen bestehen aus geschlossenen eisernen Behältern oder Cylindern und arbeiten unter dem jeweiligen Druck des Pumpwerkes oder der Wasserleitung.

Das älteste Schnellfilter dieser Art war das von S. Hyatt (sog. „Multifold“-Filter), bei welchem die Sandschicht nur etwa 15 cm betrug; demselben folgten das sog. „Nationalfilter“, bei dem Sand oder Sand und Koks als Filtermasse sowie Alaun als Fällungsmittel dienen, das New-York-, Blessing-, Jewell-, Warren- und Western-Filter, an welchen sowohl die Loomiss-Manning-Filter Co. in Philadelphia wie die New-York-Filter Manufacturing Company mit der Zeit verschiedene Verbesserungen angebracht haben, so dass es gelungen ist, auch mit den Schnellfiltern ein von Schwebestoffen fast freies Wasser herzustellen und eine bakteriologische Reinigung d. h. Befreiung von Bakterienkeimen bis zu 98 % herbeizuführen.

Zu den Schnellfiltern gehört auch der Andersen'sche Revolving-Purifier (Dreh-Reiniger); bei demselben wird das Wasser in einer Trommel mit metallischem Eisen in innige Berührung gebracht und das Eisen durch Lüftung oder Stehenlassen in Behältern und mittels Filtration durch eine Sandschicht von etwa 46 cm Höhe entfernt.

In Deutschland ist als Schnellfilter vorwiegend das von Kröhnke in Gebrauch, welches in der Hauptsache aus einer auf Lagern ruhenden wagerechten Trommel besteht, in welcher sich die Filtermasse (Sand) in zwei oder auch mehreren Abtheilungen befindet; in diese tritt das Wasser von der Seite ein und aus. Ist das Filter verstopft oder unrein, so wird die Trommel um ihre Achse gedreht, wodurch der Sand in Bewegung geräth und leicht durch Einführung von Wasser gereinigt werden kann. Bei einem Druckunterschied von 0,2—2,0 m Wassersäule liefert 1 qm Sandfläche 5 cbm filtrirtes Wasser in der Stunde.

Auch kann zu den Filtrations-Maschinen das Gerson-Filter gerechnet werden, welches aus vier etwa 9 m hohen Cylindern von 1,9 m Durchmesser besteht und

¹⁾ Vergl. Wm. Paul Gerhard, Gesundheits-Ingenieur 1900, 23, 205, 221, 237, 253, 305, 321, 341, 357, 373 u. 393 u. des Verf.'s Verunreinigung der Gewässer etc. 1899, 1, 145 u. ff.

bei welchem eisenimprägnirter Bimstein, Kies, Sand und sonstige geeignete Stoffe als Filtermasse dienen.

Das Wasser fliesst von unten nach oben durch die Filter und wird einer zweimaligen, einer Vor- und Nachfiltration unterworfen.

β) Filtration im Kleinen. Dort, wo keine centralen Wasserleitungen vorhanden sind, oder wo man die Filtration im Grossen unterstützen will, werden vielfach noch Hausfilter für die Filtration im Kleinen angewendet. Als solche sind eine grosse Anzahl in Vorschlag gebracht und auch in Anwendung. Unter denselben kann man unterscheiden:

a) Kohlenfilter; die Kohle (Holz- und Thierkohle) wird bald in nuss- oder erbsengrossen Stücken, durch welche das Wasser von oben nach unten oder aufsteigend filtrirt, bald als Filterblock in zusammengesetzter Form angewendet. Der Filterblock oder auch die mit Kohlenstückchen versehenen Behälter, die in eine Tülle endigen, werden mit einem Kautschukschlauch versehen, welchen man, nachdem das Wasser angesaugt ist, heberartig wirken lässt. Als Filter dieser Art sind ziemlich verbreitet das von Chearing, Bühring, Möller, Maignen, Rogge u. a.

b) Eisenschwamm-Filter von Bischoff; dasselbe besteht aus erbsengrossen Stücken von Eisenoxyd und Koks, durch welche das Wasser filtrirt wird wie durch Kohle und unter welchen sich häufig noch eine Sandschicht befindet.

c) Spencer's Magnetic-Carbide- und das Polarite-Filter. Beide gleichen dem vorstehenden Filter; angeblich soll das verwendete Eisenoxyd entweder ganz oder zum Theil magnetisches Eisenoxyd sein; letzteres wird in beiden Fällen im Gemisch oder Wechsel mit Kies und Sand angewendet.

d) Kieselgubr-Filter von Nordmeyer-Berkefeld; sie bestehen aus gebrannter Infusorienerde und gleichen sonst vollständig den Porzellanfiltern.

e) Porzellanfilter; sie bilden Cylindergefässe, welche durch Brennen von Porzellanerde, feinsten Kaolinmasse oder von Kunststeinen — grober und feiner Sand gemischt mit Kalk- und Magnesiumsilikat — hergestellt werden und durch welche das Wasser unter grösserem oder geringerem Druck von aussen nach innen filtrirt. Die ältesten Filter dieser Art sind die von Pasteur-Chamberland, denen in der verschiedensten Form und Anordnung folgten und gleichen die Porzellanfilter der Sanitäts-Porzellan-Manufaktur W. Haldenwanger-Charlottenburg, von Puckal, von J. Stavemann-Berlin, die Thonrohrfilter von Möller-Hesse, H. Olschewsky-Berlin, die Steinfilter von Wilh. Schuler in Isny, die Asbestporzellan-Filter aus fein gemahlenem, geformtem und gebranntem Asbest u. a.

f) Asbest-Filter. Der beste, wollartige Asbest wird zerzupft, mit Wasser zu einem Brei vermahlen, aus welchem in der verschiedensten Weise Filterplatten geformt werden. Hierzu gehören das Asbestfilter von C. Piefke-Berlin (wohl das älteste dieser Art), das Mikromembranfilter von Friedr. Breyer und Weyden-Wien, das Asbestfilter von Jul. Trenkler-Wien, von Sellensteid-Berlin, das Wasserfilter „Puritas“ von Sonnenschein, das Armee-Asbestfilter von v. Kuhn-Wien, das Patent-Schnellfilter von H. Jensen & Co.-Hamburg u. a.

g) Papier- und Cellulose-Filter. An Stelle des Asbestes wird auch Cellulose d. h. Papier oder Baumwolle als Filtermasse angewendet und sind solche

Filter u. a. eingerichtet von L. A. Enzinger-Worms, Möller & Holberg-Grabow bei Stettin, H. Koch-Halle a. S.

Die Wirkung aller dieser KleinfILTER hängt naturgemäss ab:

1. Von der Dichtigkeit und gleichmässigen Beschaffenheit der Filtermasse selbst; je dichter und gleichartiger die Filtermasse ist, um so eher ist eine vollkommene Zurückhaltung der Keime und Schwebestoffe zu erwarten; von einer gewissen Oeffnungsweite (Porosität) an hört die Wirkung überhaupt auf.
2. Von der Stärke und Art des Druckes, unter dem das Wasser filtrirt. Je höher der Druck ist, um so leichter können Keime und Verunreinigungen durch das Filter treten; der Druck soll thunlichst 1 bis 2 Atm. nicht übersteigen und ferner nicht stoss- oder ruckweise wechseln, weil dadurch das Durchwachsen der Filter befördert wird.
3. Von der Menge und Art der im Wasser vorhandenen Schwebestoffe wie gelösten Stoffe. Je grösser die Menge und je feinflockiger die Verunreinigungen sind, um so eher hört die Keimdichtigkeit der Filter auf.
4. Von der Temperatur des zu filtrirenden Wassers; je höher diese ist, um so schneller lassen die Filter Keime durchtreten.

Die Ergiebigkeit der Filter steht durchweg im umgekehrten Verhältniss zur Keimdichtigkeit derselben, d. h. je besser und länger dieselben Keime zurückhalten, um so weniger Filtrat pflegen sie zu liefern.

Weiter aber ist wohl zu beachten, dass alle Filter und Filterstoffe, so hoch auch die Anpreisungen klingen mögen, höchstens eine Beseitigung der Schwebestoffe einschl. der Bakterienkeime, aber keine chemische Veränderung bezw. Oxydation von gelösten organischen und unorganischen Stoffen bewirken, dass ferner keines dieser Filter für längere Zeit ein keimfreies Filtrat liefert, sondern thunlichst jeden Tag, mindestens aber 2- bis 3-mal in der Woche gereinigt werden muss, so dass man zweckmässig 2 oder 3 Filter vorrätzig hält, von denen das eine benutzt wird, während das andere bezw. die anderen gereinigt werden.

Man kann praktisch nur die Forderung stellen, dass die Filter wenigstens für den Anfang ein keimfreies, klares und helles Filtrat liefern und diese Eigenschaft eine gewisse Zeit beibehalten.

Unter Erwägung dieser Verhältnisse haben sich die Filter aus Kohle, Koks, Eisenschwamm und ähnlichen grobkörnigen Stoffen am wenigsten bewährt; sie geben für den Anfang vielleicht wohl ein klares und helles, aber kein keimfreies Filtrat und werden bei kurz andauernder Benutzung, wenn sich Schwebestoffe in ihnen angesammelt haben, zu einem Heerde von Zersetzungen, sodass das filtrirte Wasser von schlechterer Beschaffenheit als das Rohwasser sein kann.

Die Kieselguhr-, Porzellan-, Stein- und Asbest-Filter verhalten sich nach dieser Richtung bei zweckentsprechender Herstellung und richtiger Anwendung mehr oder weniger gleich; sie können wenigstens für den Anfang und eine gewisse Zeit nicht nur ein helles und klares, sondern auch ein keimfreies Filtrat liefern; die Kieselguhrfilter scheinen bei gleicher Wirkung am ergiebigsten zu sein und haben diese wie die Porzellan- und Steinfilter vor den Asbestfiltern

den Vorzug, dass sie sich leichter und sicherer — entweder durch gegenströmendes Wasser, Auskochen oder Ausglühen — reinigen lassen, als die Asbestfilter.

3. Enteisung des Wassers. Immer mehr macht sich das Bestreben geltend, die Ortschaften statt mit Oberflächenwasser (filtrirtem Fluss- oder Seewasser) mit Grundwasser zu versorgen, weil bei diesem eine Verunreinigung mehr ausgeschlossen ist, als bei Oberflächenwasser. Das Grundwasser lässt sich aber häufig ebenfalls nicht direkt verwenden. Sehr häufig enthält dasselbe, besonders in der norddeutschen Tiefebene, Eisenoxydulverbindungen, und wenn diese auch an sich nicht gesundheitsschädlich sind, so beeinträchtigen sie doch dadurch, dass die Eisenoxydulverbindungen beim Stehen an der Luft zu unlöslichen Eisenoxydverbindungen oxydirt werden und dadurch das Wasser trüben, sowie einen Bodensatz liefern, den Genusswerth des Wassers. Aus dem Grunde muss dann das Eisenoxydul entfernt werden. Dieses geschieht, wenn das Eisen als kohlensaures Eisenoxydul vorhanden ist, fast allgemein durch Zuführung von Luft, sei es, dass man das Wasser in Koks- und Kiesschichten kaskadenartig herabrieseln lässt oder durch Brausen an der Luft regenartig verstäubt und darauf in allen Fällen eine Filtration durch Sand folgen lässt, wodurch das gebildete Eisenoxydhydrat beseitigt wird. Von anderer Seite wird angenommen, dass das Eisen als basisches Karbonat (kohlensaures Eisenoxyduloxyd) ausgefällt wird. Nach Dunbar und Kryck liefert das Sandfilter erst dann ein klares, eisenfreies Filtrat, wenn die Sandkörner gleichmässig mit Eisenoxyd überzogen sind. Oesten wendet einen freien Regenfall aus Brausen von 2 m Höhe und eine Sandfiltrirschicht von 30 cm Höhe an. Piefke und Thiem lassen das mittels Brause verteilte Wasser durch eine entsprechend hohe Koks- oder Kiesschicht rieseln und filtriren hierauf durch Sand. Kürth verlegt den Oesten'schen Rieseler in den Boden, um ihn vor Frost zu schützen. Dunbar und Kryck haben gefunden, dass man die Enteisung des Wassers durch ein bereits eingearbeitetes Filter, d. h. ein solches, bei welchem die Sandkörner genügend mit Eisenoxydschlamm überzogen sind, in der Weise erreichen kann, dass man das Filter bis zur Oberfläche mit Wasser füllt und dann sich entleeren lässt. Dunbar hat für den Zweck weiter ein Press- und Tauchfilter eingerichtet, welches letztere direkt in einen Kesselbrunnen eingehängt werden kann.

Nach einem anderen Vorschlage von Oesten¹⁾ soll man eisenfreies, sauerstoffhaltiges Wasser in die einen Brunnen umgebenden Bodenschichten leiten und dadurch den Eisengehalt des Grundwassers im Boden selbst niederschlagen können, sodass der Boden selbst als Filter dient. Das kann aber nur für eine gewisse Zeit angehen, weil das im Boden sich ansammelnde Eisenoxyd nach und nach entweder das Wasser selbst trüben oder die Bodenschichten für die Filtration undurchlässig machen muss. Ebensowenig kann eine Filtration des Wassers durch eine Filterschicht von Sand und Kalkstückchen, welche die Ausfällung befördern sollen, sich empfehlen, weil das Wasser durch den Kalk unter Umständen eine alkalische Beschaffenheit annehmen muss. Dagegen mag eine Fällung mit Eisenchlorid und Kalk und eine nachherige Filtration durch Pressfilter von Kröhnke gute Dienste leisten. Günstig beurtheilt wird auch das Verfahren von Linde und Hesse²⁾ (Crefeld), welches darin besteht, dass das eisenhaltige Wasser, ohne gelüftet zu werden, durch ein Filter von

¹⁾ Gesundheits-Ingenieur 1900, 23, 176.

²⁾ Ebendort 1900, 23, 105.

mit Zinnoxid durchtränkten Holzspähnen filtrirt wird. Welche Rolle das Zinnoxid hierbei spielt, ist noch nicht aufgeklärt; vielleicht bewirkt es als Kontaksubstanz die Uebertragung des im Wasser vorhandenen Sauerstoffs auf das Eisenoxydul oder durch Flächenattraktion die Beseitigung desselben aus dem Wasser.

Nach Helm ¹⁾ ist das Eisenoxydul in zweierlei Formen, in einer losen und einer festgebundenen Form, im Wasser vorhanden, indem das kohlen saure Eisenoxydul entweder in theilweise dissociirten Zustande oder das Eisenoxydul zum Theil auch als schwieriger oxydirbares humussaures Salz vorhanden ist. Nur der erstere, der lose gebundene Theil des Eisens ist lästig bei der Benutzung des Grundwassers für die Wasserversorgung. Zur Beseitigung desselben empfiehlt Helm ohne besondere Lüftung eine Filtration durch eine Schicht von Brauneisenstein und Raseneisenstein, welche in Stücke von 4—20 mm Durchmesser zerkleinert sind und das lose gebundene Eisenoxydul des Wassers gleichsam festhalten; die ersten trüben Antheile des durch den Apparat fließenden Wassers werden durch eine unter dem Filter angebrachte Sand- oder Kiesschicht zurückgehalten und das mit der Zeit durch Abscheidung von Eisenoxyduloxydhydrat unbrauchbar gewordene Braun- und Raseneisensteinfilter durch Rösten der Masse bei Rothgluth wieder wirksam gemacht.

Wenn das Eisenoxydul an Humussäure gebunden ist, so ist eine Entfernung aus dem Wasser schwieriger; hier dürfte alsdann nur eine gleichzeitige Behandlung mit Kaliumpermanganat oder ein Zusatz von Aluminiumhydroxyd bezw. Aluminiumsulfat und gleichzeitige Durchlüftung oder nach dem Ozon-Verfahren S. 1400 zum Ziele führen.

4. *Reinigung bezw. Sterilisation des Wassers durch Kochen.*

Die vielen für diesen Zweck vorgeschlagenen Verfahren haben das eine, nämlich den von W. v. Siemens empfohlenen Grundsatz des Gegenstromes gemeinsam, d. h. das kalte Wasser dient zum Abkühlen des gekochten und damit zugleich das heisse Wasser zum Vorwärmen des ersteren. Weiter aber kann man zwei verschiedene Anordnungen unterscheiden, nämlich Apparate zur Sterilisation durch zeitweises Kochen bei 100° und durch Erhitzen bis 120°. Letztere Temperatur kann natürlich nur in geschlossenen Apparaten unter Druck erreicht werden; solche Apparate, die gleichzeitig fahrbar sind und wobei das Wasser vorher filtrirt zu werden pflegt, sind z. B. der von der Société Rouart Frères & Co. in Paris, der später eine Aenderung dahin erfuhr, dass man das Wasser auch in erwärmtem Zustande dem Apparate entnehmen konnte; ferner der Apparat der Société Geneste Henscher & Co. in Paris, der sich während der Erhitzung und des darauf folgenden Erkaltenlassens unter Druck befindet, in Folge dessen die aufgelösten Gase (Sauerstoff und Kohlensäure) und Salze in dem Wasser verbleiben und dieses gleichzeitig trinkbar erhalten wird.

Die vorstehende Art Sterilisatoren können nur aus Wasserleitungen mit entsprechendem hohen Druck oder durch besondere Druckpumpen gespeist werden. Aus dem Grunde ist die andere Art Sterilisatoren, wodurch das Wasser nur auf 100° erwärmt bezw. gekocht wird, häufiger. Apparate dieser Art sind die von Fr. Siemens-Berlin, Grote-Berlin, Merke, Nagel u. a. ²⁾ Die Wasserkochapparate behufs Sterilisation des Wassers liefern zwar ein keimfreies Wasser und

¹⁾ Gesundheits-Ingenieur 1901, 24, 174.

²⁾ Eine Zusammenstellung und Beschreibung der Sterilisirapparate durch Kochen des Wassers hat Kausch in Centralbl. f. Bakteriologie, I. Abth., Referate 1903, 34, 78 und 129 gegeben.

besitzen gegenüber den Filtern den Vortheil einer gleichbleibenden Ergiebigkeit, beeinträchtigen aber den Geschmack des Wassers (anhaltender Kochgeschmack und hohe Temperatur des Wassers) und beseitigen auch nicht immer die vorhandenen Trübungen in einem Wasser, zumal sich durch das Kochen unter Umständen Calciumkarbonat ausscheiden kann; dabei durchwachsen bei einigen Apparaten während der Ruhe die Bakterien die Reinwasserwege, weshalb eine öftere Reinigung und Sterilisation des ganzen Apparates nothwendig ist.

Rietschel und Henneberg¹⁾ haben daher einen fahrbaren Trinkwasserbereiter durch Sterilisation eingerichtet, welcher diese Uebelstände zum Theil vermeidet. Das Wasser wird mit diesem Apparat von erdigen und dergleichen Beimengungen befreit, bei 110° (0,5 Atm. Ueberdruck) sterilisirt, das sterilisirte Wasser wieder mit Luft gemischt und dadurch vom Kochgeschmack befreit, dass es durch Kohle filtrirt wird; das gewonnene Wasser ist höchstens 5° wärmer als das Rohwasser; ausserdem lassen sich alle Theile des Apparates vor der Trinkwasserbereitung vollkommen sterilisiren, was für eine Anzahl anderer Apparate dieser Art nicht zutrifft. In D.-R.-Pat. No. 131230 ist auch ein keimsicheres, aus Knochenkohle bestehendes Luftfilter beschrieben, auf welches das gekochte Wasser mittels einer Brause vertheilt und ebenfalls der Kochgeschmack beseitigt wird.

Wenn hiernach die Technik der Wassersterilisation durch Kochen sehr vollkommen ausgebildet ist, so ist das Verfahren wegen der damit verbundenen Kosten doch nur in gewissen und engeren Grenzen ausführbar.

Im Anschluss hieran mag erwähnt sein, dass man Meerwasser oder sonstige ungeniessbare Wässer auch durch Destillation für Trinkwasserzwecke nutzbar zu machen pflegt, wobei ebenfalls der Grundsatz der Gegenströmung in Anwendung kommt; solche Apparate sind z. B. von Pape & Henneberg in Hamburg und von der Mirless Watson and Yaryan Company Lim. in London und Glasgow erbaut worden; dieselben haben vorwiegend nur für die Seeschiffe Bedeutung und haften dem destillirten Wasser die oben erwähnten Uebelstände in noch höherem Grade als dem gekochten Wasser an.

5. Reinigung bezw. Sterilisation des Wassers auf chemischem Wege. Auch für diese Art Reinigung sind eine Reihe Verfahren, d. h. eine Reihe chemischer Verbindungen vorgeschlagen, die man in drei Gruppen eintheilen kann:

a) Solche chemische Verbindungen, welche vorwiegend nur mechanisch auf die unreinen Bestandteile und durch Bakterien-Fällung wirken. Hierzu gehören:

Eisenchlorid, Alaun,	mit und ohne Anwendung von
Eisensulfat, Kreide,	Kalk oder Natriumbikarbonat,
Kalk für sich allein,	ferner Kochsalz.

Die Wirkung dieser Zusatzmittel besteht darin, dass sie in dem Wasser einen Niederschlag erzeugen, der wegen des höheren spec. Gewichtes schnell zu Boden sinkt und die Schwebestoffe einschl. eines Theiles der Bakterien mit niederreisst.

Wenn der Zusatz von Kalk allein eine Wirkung äussern soll, so muss das Wasser eine genügende Menge Bikarbonate (von Calcium, Magnesium bezw. Alkalien) enthalten, womit derselbe unlösliches, die Fällung unterstützendes Monocalciumkarbonat bilden kann. Hierdurch wird auch das Wasser gleichzeitig kalk- bezw. magnesia-

¹⁾ Zeitschr. f. Hygiene 1902, 40, 627.

ärmer und das Verfahren deshalb auch vereinzelt benutzt, um hartes Trinkwasser weich zu machen.

Der Zusatz von Kochsalz, welcher vielfach bei verunreinigten Brunnen angewendet wird, hat ebenfalls nur die Wirkung, ein klares, von Schwebstoffen freies Wasser zu erhalten. Denn ein trübes Wasser klärt sich um so schneller, je mehr Salze es gelöst enthält.

Alle diese Mittel können jedoch keine völlige Keimfreiheit bezw. Beseitigung von Bakterienkeimen bewirken, weil die Bakterien, auch die wichtigsten Krankheitserreger (z. B. von Typhus und Cholera) eine so grosse Beweglichkeit besitzen, dass sie, auch wenn sie durch den Niederschlag vollständig aus dem Wasser ausgefällt sein sollten, aus dem Niederschlage in das Wasser zurückgelangen können. Ausserdem werden auch, wie Schüder¹⁾ fand, selbst bei Erzeugung eines reichlichen und festen Niederschlages in einem Wasser, nicht alle Bakterien mit niedergerissen.

b) Solche chemische Verbindungen, die eine Oxydation und gleichzeitige Desinfektion bewirken sollen. Als solche Mittel sind vorgeschlagen Kalium- und Calciumpermanganat, Wasserstoffsperoxyd, Natriumsperoxyd. Diese Mittel wirken zwar oxydirend und das Wachstum der Bakterien verhindernd, aber sie äussern diese Wirkung nur langsam und bei Anwendung von kleinen Mengen nur unvollkommen; wendet man aber sicher wirkende Mengen an, so wird das Wasser hierdurch an sich ungeniessbar.

Es bleiben daher nur verhältnissmässig wenige brauchbare chemische Reinigungsmittel übrig, nämlich:

c) Solche, welche eine direkte Vernichtung der Keime oder eine Verhinderung des Wachstums auch in kleinen Mengen bewirken, wie z. B. die organischen Säuren (Citronen-, Wein- und Essigsäure), Kupferchlorür, Calcium- und Natriumsulfid, Chlor bezw. Chlorkalk, Chlortetroxyd und Brom.

Von den organischen Säuren scheint die Essigsäure am wirksamsten zu sein, weil sie schon bei 0,2—0,3% Gehalt stark bakterienvernichtend wirkt²⁾. Kupferchlorür empfiehlt sich schon wegen der nothwendig werdenden Entkupferung bezw. Filtration nicht.

Am wirksamsten³⁾ hat sich zur Abtödtung der Bakterien Chlor in Form von Chlorkalk oder unterchlorigsaurem Natrium, welches für erstere Form in Mengen von 1,06—30 mg, für letztere Form in Mengen von 5—40 mg für 1 l angewendet und dessen Ueberschuss nach stattgehabter Einwirkung durch Natriumsulfid oder Calciumbisulfid beseitigt wird. A. Lode empfahl zur völligen Freimachung des Chlors aus Chlorkalk (30 mg freies Chlor für 1 l) $\frac{1}{4}$ g Citronensäure auf 1 l Wasser zuzusetzen.

Als ebenso wirksam ist von Schumburg⁴⁾, Pfuhl⁵⁾, Ballner⁶⁾ u. a.

¹⁾ Zeitschr. f. Hygiene 1902, 42, 320.

²⁾ Vergl. Kitasato, Zeitschr. f. Hygiene 1888, 3, 204.

³⁾ Vergl. ausser der in des Verf.'s Schrift ü. Verunreinigung d. Gewässer etc. 1899, Bd. I, 185 angegebenen Litteratur Schumburg, Veröff. a. d. Gebiet des Militär-Sanitätswesens Heft 15, 83, Hünnermann u. Deiter, Deutsche med. Wochenschr. 1901, 391 u. Raps, Hygienische Rundschau 1901, 11, 1085.

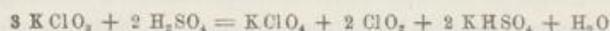
⁴⁾ Veröff. a. d. Gebiete d. Militär-Sanitätswesens Heft 15, 85 u. Deutsche militärztl. Zeitschr. 1897, 289.

⁵⁾ Zeitschr. f. Hygiene 1900, 33, 53.

⁶⁾ Wiener medic. Wochenschr. 1901, 51, 1458, 1511 u. 1545.

freies Brom, aufgelöst in Bromkaliumlösung (bis 60 mg freies Brom für 1 l Wasser) empfohlen worden. Schüder¹⁾ und ebenso Engels²⁾ haben aber nachgewiesen, dass die günstigen Ergebnisse der ersten Untersucher durch die fehlerhafte Ausführung der Versuche (Anwendung zu kleiner Mengen Wasser und des Plattenkulturverfahrens, sowie doppelte Filtration) bedingt worden sind. Da durch Anwendung von Chlor oder Brom zur Sterilisation die Bakterien in einem Theile des Wassers abgestorben sein können, in einem anderen aber nicht, so müssen grosse Mengen Wasser (mehrere Liter) angewendet und darin durch Anwendung flüssiger Nährböden die Bakterien angereichert werden; unter Beachtung dieser Vorsichtsmassregeln gelang es Schüder nicht, selbst durch Anwendung der doppelten der vorgeschriebenen Menge Brom und bei längerer Einwirkung desselben das Wasser keimfrei zu machen.

Bergé und Stein (D. R.-Pat. No. 104438) haben zur Sterilisation von Wasser auch Chlordioxyd ClO_2 oder Chlortetroxyd Cl_2O_4 empfohlen, welches nach der Gleichung:



dargestellt wird.

Wie aber Schoofs und Reychler³⁾ zeigen, lässt sich das überschüssig zu dem Wasser zugesetzte Chlordioxyd nur durch äusserst sorgfältiges Filtriren über Koks beseitigen und enthält selbst das filtrirte Wasser Chlorate und Hypochlorite; dabei aber ist die reinigende Wirkung auf das Wasser nur eine geringe.

6. Reinigung des Wassers durch Ozon. Dieses Verfahren gleicht dem Wesen nach dem der Sterilisation durch chemische Mittel, wie Chlor, Brom etc. Schon früher hat man den elektrischen Strom zur Reinigung von Wasser vorgeschlagen, aber in der Weise angewendet, dass man die Elektroden direkt in das Wasser brachte und hier entweder, wenn diese von den Anionen angegriffen wurden, einen Niederschlag, oder wenn diese wie Platin und Kohle nicht angreifbar waren, unterchlorigsaure Salze erzeugte; in ersterem Falle sollte der Niederschlag mechanisch die Schmutzstoffe mit niederreissen, in letzterem Falle die unterchlorige Säure desinficirend wirken. Beide Arten der Anwendung der Elektrizität zur Reinigung des Wassers haben sich aber nicht bewährt. Dagegen wird in letzter Zeit das ausserhalb des Wassers durch Elektrizität erzeugte Ozon als sehr wirksames Reinigungs- bezw. Desinfektionsmittel bezeichnet.

Die Grundlage aller Ozon-Apparate⁴⁾ bildet die von W. v. Siemens im Jahre 1887 erfundene Ozonröhre, in welcher der Entladungsraum durch zwei concentrisch ineinander geschobene Glasröhren mit äusserem und innerem Stanniolbelag als Polen der hochgespannten, zur Entladung kommenden Elektrizität abgegrenzt wird. Nach diesem Grundsatz der alten Siemens-Röhre arbeiten alle neueren Ozon-Apparate, wenn sie auch entsprechend dem Zweck ihrer technischen Verwendung in der Zwischenzeit andere konstruktivere Formen erhalten haben.

Für die technische Ozonerzeugung zur Trinkwasser-Sterilisation hat die Firma Siemens & Halske zwei Typen von Apparaten ausgebildet, bei welchen alle Umstände für Erzielung

¹⁾ Zeitschr. f. Hygiene 1901, 37, 307 u. 1902, 39, 373.

²⁾ Centralbl. f. Bakteriologie I. Abth. 1902, 32, No. 7.

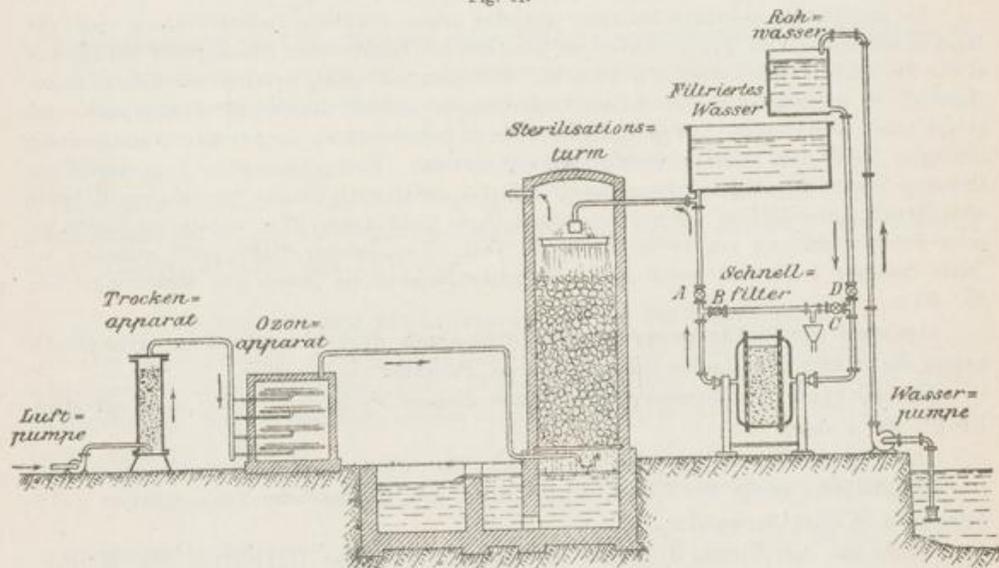
³⁾ Vergl. Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genussmittel 1901, 4, 564 u. 1902, 5, 520.

⁴⁾ Nach der Schrift von Dr. Gg. Eriwein „Ueber die Arbeiten der Firma Siemens & Halske auf dem Gebiete der Trinkwasser-Sterilisation mittels Ozon“ in Gesundheits-Ingenieur 1902, 25, 73.

der grössten Ozonmenge in der Pferdekraftstunde Berücksichtigung gefunden haben, nämlich hohe Spannung und grosse Periodenzahl des Stromes, sowie Wahl des zweckmässigen Feuchtigkeitsgrades der zu benutzenden Luft und Kühlung der Elektrodenflächen der Apparate. Es sind dies: der Typus der Plattenapparate ohne Elektrodenkühlung durch Wasser, in welchen der Ausgleich der hohen Elektrodenspannung zwischen zwei Platten erfolgt, und dann der Typus der Röhrenapparate, welche mit Kühlung der arbeitenden Elektroden durch cirkulirendes Wasser versehen sind, und deren Entladungsraum von Cylinderflächen gebildet wird.

Dem Typus der Plattenapparate, der z. B. in der Martinikenfelder Versuchsanlage benutzt ist, wird z. Z. für Wasser-Sterilisationszwecke der Vorzug gegeben, während für solche Fälle, in denen es sich um Entfärbung von Wasser und besonders um Entfernung der durch Luftrieselungs-Verfahren schwer zu beseitigenden humussaurer Eisenverbindungen handelt, zu den Röhrenapparaten gegriffen wird, die ein Arbeiten bei höherem Druck der durchgehenden Luft und ferner die Anwendung niedrigerer Spannungen gestattet. Als Vorrichtung, um das aus den Ozonapparaten kommende Ozon mit dem zu sterilisirenden Wasser in innige Berührung zu bringen und es darin vorübergehend zu absorbiren, haben sich als am zweckmässigsten skrubber-ähnliche Thürme erwiesen, in welchen das Rohwasser in feiner Vertheilung über grobe Kieselsteine herabrieselt und dem von unten nach oben streichenden Ozon unter Darbietung einer möglichst grossen Oberfläche begegnet.

Fig. 41.



Schema eines Wasserwerks mit Schnellfilter und Ozonsterilisation.

Die Martinikenfelder Versuchsanlage für Sterilisation von Oberflächenwasser für Trinkwasserversorgung, die für eine stündliche Leistung von 10 cbm gebaut ist und eine etwa für ein Städtchen von 5000 Einwohnern ausreichende Tagesmenge liefern könnte, zeigt eine Anordnung der Apparate, wie sie in obenstehender Fig. 41 dargestellt ist. Dieselbe besteht aus folgenden Theilen:

1. einer Förderpumpe für Rohwasser,
2. zwei in verschiedener Höhe aufgestellten Bassins für Rohwasser und vorfiltrirtes Wasser,
3. zwei zwischen diesen Bassins liegenden Schnellfiltern,
4. einem gemauerten Sterilisationsturm,

5. dem Sammelbassin für ozonisiertes, steriles Wasser mit Ueberlauf,
6. dem Ozonapparat mit Plattenelementen,
7. der Lufttrocknung in Form eines durch Refrigeratorschlange einer Eismaschine gekühlten Behälters, in der Figur als senkrechter Cylinder (Trockenapparat) dargestellt,
8. der Luftpumpe für die Luft der Ozonapparate.

Die zwei Schnellfilter, System Kröhne, dienen dazu, das rohe Spree- oder Mischwasser vor dem Eintritt desselben in den Ozonthurm von den Schwebstoffen zu reinigen, ohne jedoch eine wesentliche Menge Bakterien zurückzuhalten. Diese Filter leisten im Tagesbetriebe bei Druckdifferenzen von 0,2—2 m Wassersäule auf 1 qm Sandfläche 5 cbm Wasser in der Stunde.

Der Sterilisations- oder Ozonthurm hat eine Höhe von 5 m und einen quadratischen Querschnitt von 1 qm; er ist durch einen in seinem unteren Viertel angebrachten Rost aus verzinkten, starken Eisenschienen in zwei Räume getheilt: in den oberen eigentlichen Ozonisierungsraum und in den darunter liegenden Sammelraum für ozonisiertes Wasser. Der untere Sammelraum steht seinerseits durch eine nahe am Boden angebrachte, seitliche Abflussöffnung mit dem Ueberlaufbassin in Verbindung und verhindert, dass der Ozonstrom, anstatt durch den Thurm zu gehen, in die Luft austreten kann. Der obere Ozonisierungsraum ist mehrere Meter hoch mit faustgrossen Steinen gefüllt, über welche das filtrirte, mittels Brausen und Siebvertheiler in feinem Regenfall auf die Oberfläche der Steinschicht aufschlagende Wasser in guter Vertheilung nach unten durchrieselt.

An den Thurm angebaut befinden sich das schon erwähnte Ueberlaufbassin und das Hauptsammelbassin für gebrauchsfertiges, sterilisiertes Wasser. Der Ozonapparat besteht aus einem hermetisch verschlossenen Kasten, aus widerstandsfähigem, metallischem oder anderem Material, in welchem vier oder mehr in Parallelschaltung arbeitende Ozon-Plattenpaare vereinigt sind, durch deren Entladungsräume die zu ozonisirende, vorgetrocknete Luft unter geringem Druck mit mässiger Geschwindigkeit streicht. Diese Plattenpaare von etwa 1 qm Grösse — einerseits metallbelegte, dicke Glasplatten, andererseits Platten von solchem Material oder Metallkompositionen, die von trockenem Ozon nicht angegriffen werden — liegen an einer Betriebsspannung von 10000 bis 15000 Volt. Zwei solcher Plattenpaare erfordern zu ihrem Betriebe 1 PS und geben in der Pferdekraftstunde im Mittel eine Ozonmenge von 25—30 g.

Grössere Sterilisationswasserwerke durch Ozon nach vorstehendem Grundsätze haben die Städte Wiesbaden-Schierstein und Paderborn¹⁾ angelegt.

Die Kosten der Wasserreinigung nach diesem Verfahren stellen sich auf etwa 1,6 Pf. für 1 cbm.

Das Ozonverfahren lässt sich aber auch, wie schon erwähnt, zur Enteisung von Grundwasser sowie zur Entfärbung von durch Humussäure-Verbindungen gelb gefärbtem Wasser verwenden.

Auch hat die Firma Siemens & Halske ein Sterilisirfilter (D. R.-Pat. 134525) eingerichtet, welches die Vorreinigung durch ein Filter umgeht, um die Reinigung wie Sterilisation im Filter selbst vorzunehmen.

Die Wirkung des Ozonverfahrens anlangend, so giebt Erlwein zunächst an, dass bei einem durchschnittlichen Ozongehalt von 3,0 g in 1 cbm Luft zu 1 cbm Wasser durchschnittlich 2,5 g Ozon (O₃) verbraucht werden. Indess muss die Menge des einwirkenden Ozons der Beschaffenheit des Wassers, besonders dem Gehalt an organischen Stoffen angepasst werden. Der Luftgehalt des durch den Thurm gegangenen Wassers nimmt um etwa 10—12%, der Sauerstoffgehalt um

¹⁾ Gesundheits-Ingenieur 1902, 25, 366.

36—39% zu. Beim Verlassen des Sterilisationsturmes enthält das ozonisierte Wasser im Durchschnitt in 1 cbm noch 0,2 g freies Ozon, welches sich jedoch so schnell (in 10—12 Sekunden) zersetzt, dass eine Korrosionsgefahr der Rohrleitungen oder Hochwasserbehälter durch Ozon bei richtiger Anordnung nicht zu befürchten ist.

Erlwein giebt an, dass der Oxydationsgrad des Wassers nach der Ozonisierung um 11—25%, im Mittel um 18% abgenommen habe. Schüder und Proskauer¹⁾ fanden eine Verminderung der Oxydirbarkeit von 0,05—0,92 mg, in einem Falle sogar von 2,24 mg Sauerstoffverbrauch für 1 l, während H. J. van t'Hoff²⁾ eine Abnahme der organischen Stoffe um 17—76%, in einem Falle sogar von 89% feststellte. In Folge der Oxydation der organischen Stoffe durch das Ozon enthält das ozonisierte Wasser nach Th. Weyl³⁾ mehr Kohlensäure als das Rohwasser und ist ferner stets frei von salpetriger Säure. Ebenso günstig verhält sich das Verfahren nach dem übereinstimmenden Urtheil der genannten Untersucher bezüglich der Abtötung der Bakterien. Nicht nur wurden die gewöhnlichen Wasser-Bakterien von selbst 600 000 Keimen für 1 ccm auf die praktisch zulässige Menge in jedem einzelnen Falle herabgemindert, sondern auch pathogene (Typhus- und Cholera-) Bakterien sicher abgetötet. Nicht angegriffen bleiben durchweg nur die Sporenbakterien.

f) Zusammensetzung von Leitungswasser einiger Städte aus verschiedenen Versorgungsquellen.

Im Anschluss an vorstehende Ausführungen möge hier die Zusammensetzung des Leitungswassers einiger Städte aus verschiedenen Versorgungsquellen mitgeteilt werden, um zu zeigen, wie verschieden die Zusammensetzung je nach dem Ursprunge des Wassers in Deutschland zu sein pflegt. Die Zahlen sind dem Werk von E. Grahn „Die städtische Wasserversorgung im Deutschen Reich“ Bd. I und II entnommen und dabei nur vorwiegend vollständige und neuere Analysen berücksichtigt (siehe Tabellen S. 1404 und 1405).

g) Verunreinigung des Leitungswassers aus den Rohrleitungen.

Das Leitungswasser vermag unter Umständen aus den Rohrleitungen von den verschiedenen Metallsorten (Eisen, Blei, galvanisiertem Eisen [Zink] und Zinn) Metall aufzunehmen. So wurden nach einem Bericht von H. W. Clark⁴⁾ von 1 l Wasser gelöst nach je 1 Stunde:

Wasser:	Nach Stunden:	Rohrleitung von:			
		Eisen	Blei	Zink ⁵⁾	Zinn
Grundwasser in Fairhaven	1	0,7 — 8,9 mg	1,1—2,8 mg	2,6 —16,5 mg	0,08—0,4 mg
	12	2,2 —12,7 "	1,9—7,3 "	11,2 —17,9 "	0,2 —1,0 "
Oberflächenwasser in New Bedford	1	0,06—14,5 "	0,8—2,8 "	0,06—14,5 "	0,74 "
	24	16,6 "	8,9 "	7,8 "	0,63 "

Im Allgemeinen löste sich in der ersten Zeit der Füllung für 1 Stunde von den Metallen mehr, als später; indess hat sich bisweilen das Umgekehrte ergeben. Der Grund hierfür ist noch nicht aufgeklärt.

[Fortsetzung S. 1406.]

¹⁾ Zeitschr. f. Hygiene 1902, 41, 227.

²⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 1902, No. 30

³⁾ Berichte d. deutschen Pharm. Gesellsch. 1902, 382.

⁴⁾ Vergl. O. Iben in Gesundheits-Ingenieur 1900, 23, 113.

⁵⁾ Aus galvanisiertem Eisen.

Stadt	Art des Wassers und geologische Beschaffenheit des Quellgebietes	Abdampf-	Organische	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor	Salpetersäure	Härtegrade	Keime von	Sonstige Bestandtheile
		Rückstand	Stoffe	mg	mg	mg	mg	mg	(deutsche)	in	
		mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	1 cem	mg
Aachen	{ Grundwasser; devonischer oder Eifelkalk }	273,0	7,2	111,5	23,0	22,5	5,0	0	13,7°	0	1,1 FeO 6,3 SiO ₂
Berlin	{ Filtrirtes Grundwasser; in der Nähe der Spree, des Tegeler und Müggelsees }	170,0 -218,0	12,0 -17,0 ¹⁾	44,0 -52,5	—	—	19,0 -22,0	—	—	12 -260	—
Biebrich	{ Grundwasser, 11 m tief; 700 m vom Rhein }	405,6	1,5 ²⁾	142,7	35,5	34,4	23,6	3,0	19,2°	5	21,6 Na ₂ O, 18,4 SiO ₂
Bielefeld	{ Grundwasser, 9 m tief; feiner Sand }	100,0	2,8 ¹⁾	35,8	—	Spur	8,5	—	—	0—15	—
Breslau	Filtrirtes Oderwasser	165,1	1,4 ²⁾	45,6	8,8	21,1	18,9	0,2	4,5°	wenig	8,3 SiO ₂
Bremen	Filtrirtes Weserwasser	290,0	64,8	61,6	4,3	48,6	32,0	—	—	unter 100	3,0 Fe ₂ O ₃ und Al ₂ O ₃
Chemnitz	{ Filtrirtes Zwönitzflusswasser, vorwiegend aus Thonschiefer- Gebirge und Rothliegendem stammend }	57,5 -94,0	0,3 -0,7 ²⁾	11,7 -17,7	3,5 -5,7	9,3 -19,7	3,7 -17,9	4,0 -12,0	1,8° -2,8°	30 -100	0,6 Fe ₂ O ₃ 5,9 SiO ₂
Crefeld	{ Grundwasser aus 10—21 m Tiefe, aus Kies und Sand- schichten }	164,8	0,2 ²⁾	51,7	8,3	8,4	14,7	Spur	6,3°	0	—
Dassel	{ Quellwasser aus buntem Sand- stein }	64,5	3,3 ¹⁾	6,1	1,0	5,3	7,5	—	0,8°	—	2,7 SiO ₂
Dresden	{ Grundwasser aus in Sand und Kies liegenden Schachtbrunnen an der Elbe von Saloppe an aufwärts (rechts) }	172,0	1,6 ²⁾	43,0	—	25,0	12,0	—	—	4— 4000 ³⁾	0,04 NH ₃
	{ Desgl. Tolkewitzer Werk, linkes Elbufer }	201,4	0,4	45,9	12,6	30,7	15,5	26,5	6,4°	—	3,3 K ₂ O
Erfurt	{ Grundwasser aus dem Thale der Apfelstädt, aus dem Keuper herrührend }	459,0	17,7	140,0	31,9	151,2	19,7	wenig	13,5°	—	—
Frankfurt a. M.	{ Quellwasser (Trinkwasser) aus Basalt und Sandstein ⁴⁾ }	76,5	2,5	10,6	8,1	1,6	2,1	wenig	—	—	18,0 SiO ₂
Freiberg	{ Quellwasser als Trinkwasser, aus dem Quellgebiet Fischborn und Hospitalwald }	59,0	1,6 ²⁾	8,7	3,2	8,8	3,3	2,4	1,9°	28 -105	—

¹⁾ Verbrauch an Kaliumpermanganat.

²⁾ Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff.

³⁾ Höchste Zahl an Keimen bei Hochwasser der Elbe.

⁴⁾ Frankfurt a. M. verwendet weiter Grundwasser vom linken Mainufer als Gebrauchswasser.

Stadt	Art des Wassers und geologische Beschaffenheit des Quellengebietes	Abdampf-	Organische	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor	Salpetersäure	Härtegrade	Keime von	Sonstige Bestandtheile
		Rückstand	Stoffe	mg	mg	mg	mg	mg	(deutsche)	in	
		mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	in	1 cem	mg
Freiberg	Brauchwasser aus dem Hütten- teich	87,0	0,4	9,5	3,2	10,3	4,0	12,0	1,4 ^o	571	—
		-135,0	-1,1 ^o	-30,0	-7,5	-29,5	-8,2	-20,5	-4,0 ^o		
Giessen	Quellwasser bei Queckborn aus porösem Basalt	170,0	0,14 ^o	—	—	—	7,1	Spur	5,9 ^o	10	—
Görlitz	Grundwasser im Neisse-Thal	127,0	13,0	24,0	—	—	12,0	—	3,5 ^o	14	0,6 FeO
Göttingen	Aus dem } Quellwasser Muschelkalk } im Leinethal } Grundwasser	1093,0	0,8 ^o	—	—	—	10,0	Spur	38,4 ^o	7	—
		564,0	0,9 ^o	—	—	—	15,2	Spur	22,6 ^o	4	—
Halle a. S.	Grundwasser aus d. } Höchst- Aue zwischen Elster } und Saale mit Ent- } eisenungsanlage } Gehalt	706,0	4,8 ^o	191,0	79,7	200,8	153,2	1,7	—	57	0,2—1,7 FeO
		423,0	1,4 ^o	102,3	48,3	53,3	51,8	0	—	5	1,0—4,3 SiO ₂
Iserlohn	Quellwasser aus Lenneschiefer	110,0	13,0	35,0	3,0	13,0	—	—	—	—	3,0 Fe ₂ O ₃
Köln a. Rh.	Grundwasser aus den Kies- schichten der Rheinebene, 600 bis 800 m vom Rhein, 16 bis 20 m tief	313,0	1,29	—	—	—	17,5	9,0	10,3 ^o	0	—
		-513,0	-2,79 ^o	—	—	—	-28,4	-41,8	-16,5 ^o	-43 ^o	
Königsberg i. Pr.	Grundwasser } Teichwasser } filtrirt	284,0	(62,3 ^o)	121,0	16,6	10,9	12,4	—	14,4 ^o	65	13,7 Fe ₂ O ₃
		156,5	(65,6 ^o)	40,7	9,2	6,1	8,9	—	5,4 ^o	215 ^o	—
Leipzig	Grundwasser aus dem Diluvium mit Enteisungsanlage	187,5	0,8 ^o	28,6	5,4	26,0	6,7	3,6	—	2—3	1,8 Fe ₂ O ₃ 21,2 SiO ₂
Magdeburg	Elbwasser filtrirt (1896)	417,3	4,1 ^o	51,4	22,3	—	135,2	—	7,4 ^o	23	—
Mannheim	Grundwasser aus Kies u. Sand der Rheinebene in 10 m Tiefe	257,5	3,2 ^o	103,9	11,1	30,9	11,9	0-5,0	11,5 ^o	gemäß	11,8 SiO ₂
Metz	Quellwasser a. d. Doggerkalk Neckarwasser } filtrirt	300,6	—	148,8	9,4	13,1	8,9	—	—	—	—
		400,0	5,0 ^o	130,5	—	87,4	17,5	2,0	21,3 ^o	45 ^o	—
Stuttgart	Seewasser } (Sammelteich) } filtrirt	215,0	8,0 ^o	56,0	—	wenig	14,2	1,6	14,6 ^o	14 ^o	—
		405,0	1,4 ^o	155,7	—	65,1	14,1	10,0	24,6 ^o	14	—
Unna i. W.	Grundwasser aus dem Grund- wasserstrom im Ruhrthale durch Brunnen u. Filterrohrleitungen	140,0	3,0 ^o	32,9	4,8	23,2	10,5	5,0	3,9 ^o	—	—
Wiesbaden	Quellwasser a. d. Vordevon im Pfaffenborn-Adams- sowie Münzberg-Nero-Thal	58,5	1,1 ^o	14,2	4,3	1,6	4,2	1,3	—	12-67	—

Note 1—2 wie Seite 1404.

¹⁾ Das Rheinwasser ergab in derselben Zeit 680—24500 Keime von Mikrophyten für 1 cem.

²⁾ Glühverlust.

³⁾ Das Rohwasser ergab gleichzeitig 5040—12950 Keime in 1 cem.

⁴⁾ " " " " 1120—9360 " " "

⁵⁾ " " " " 3000 " " "

⁶⁾ " " " " 580 " " "

[Fortsetzung von S. 1403.]

Für Hausleitungen sind fast nur Rohre aus Blei in Gebrauch, aber sie sind nicht selten die Ursache von chronischen Bleivergiftungen. Solche Bleivergiftungen wurden z. B. beobachtet: in Dessau¹⁾, Offenbach²⁾, Krossen³⁾, Calau⁴⁾, Wilhelmshaven⁵⁾ und verschiedenen englischen Städten⁶⁾ (Manchester, Sheffield u. a.), die auf einen Bleigehalt des Wassers zurückgeführt werden mussten.

Man hatte die Erfahrung gemacht, dass namentlich weiche und kohlenstoffreiche Wässer das Blei stark angriffen, fand aber auch, dass dies nicht in allen Fällen zutraf und dass auch andere Wässer und sogar solche, die als hart gelten konnten, Blei angriffen. Man glaubte in solchen Fällen dem Luftgehalt des Wassers die Schuld beimessen zu müssen und hat damit eine weitere Ursache der Bleilösung erkannt, aber doch nicht völlig das Richtige getroffen. Erst die eingehenderen Versuche von M. Müller⁷⁾ haben dargethan, dass es auf die gleichzeitige Gegenwart von Sauerstoff und Kohlensäure im Wasser ankommt. Ein Wasser, welches nur das eine dieser Gase enthält, greift Blei nur wenig an, erst das Hinzutreten des anderen Gases vermehrt die Wirkung. Verhalten sich die Volumen von Sauerstoff und Kohlensäure wie 1 : 2, so erfolgt der stärkste Bleiangriff, während völlige Abwesenheit oder ein grosser Ueberschuss an Kohlensäure die Wirkung wieder abschwächt; die sichtbare Korrosion des Bleies bleibt völlig aus, wenn Wasser von normalem Sauerstoffgehalt etwa 1½ oder mehr Volumprocente Kohlensäure enthält. Sehr grosse Mengen Blei werden gelöst, wenn Bleiplatten abwechselnd der Luft und kohlenstoffhaltigem, destillirtem Wasser ausgesetzt werden; das sich bildende Bleioxyd wird dann durch die Kohlensäure des Wassers gelöst.

Dass in England häufig Bleivergiftungen nach Genuss von Leitungswasser aufgetreten sind, wird darauf zurückgeführt, dass dort vielfach unterbrochene Wasserversorgungen vorhanden sind, bei welchen die inneren Bleirohrwandungen abwechselnd mit Wasser und Luft in Berührung kommen.

Bezüglich der anderen in natürlichen Wässern enthaltenen Stoffe fand M. Müller, dass eine geringe Menge Ammoniak nicht, viel Ammoniak aber — also etwa Wässer, die durch Zuflüsse aus Kloaken verunreinigt sind — bei Gegenwart von Luft bleilösend wirkt. Doppeltkohlenstoffsaures Natrium wirkt selbst bei geringen Mengen ausserordentlich schützend auf Bleirohre, und ähnlich wirken auch die im natürlichen Wasser enthaltenen doppeltkohlenstoffsauren Erdalkalien, wie doppeltkohlenstoffsaures Calcium. Diese Thatsache ist schon früher erkannt worden, weshalb man in vielen Fällen, so auch bei der Massenvergiftung in Dessau, dem Wasser kohlenstoffsaures Calcium zusetzte, um die Bildung von doppeltkohlenstoffsaurem Calcium zu fördern. (In dem Dessauer Falle hatte zur Lösung des Bleies auch der Sauerstoff der Luft mitgewirkt, deren Zutritt man zuerst durch entsprechend andere Einrichtungen verhinderte.)

¹⁾ Wolffhügel: Arb. a. d. Kaiserl. Gesundh. 1887, 2, 484.

²⁾ Pullmann: Deutsche Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, 19, 255.

³⁾ Deutsche med. Wochenschr. 1883, 936.

⁴⁾ Proskauer: Zeitschr. f. Hyg. 1893, 14, 292.

⁵⁾ E. Reichardt: Arch. d. Pharm. 1887, 225, 358.

⁶⁾ Gesundheits-Ingenieur 1902, 25, 184.

⁷⁾ Ueber die Ursachen des zerstörenden Angriffs verschiedener Wässer auf Bleirohre. Journ. f. prakt. Chem. 1887, 36, 317.

Von gypshaltigem Wasser glaubte man bisher, dass es eine schützende Decke von Bleisulfat bilde, es verhält sich aber genau so wie anderes Wasser; die massgebenden Bestandtheile sind auch hier Sauerstoff und Kohlensäure. Basserié¹⁾ findet, dass Wasser und alle Salzlösungen Blei mehr oder weniger angreifen, wenn es sich im Kontakt mit anderen Metallen (Kupfer, Messing, Eisen, Nickel) befindet, eine Beobachtung, die P. Charles²⁾ u. a. bestätigt haben. Am stärksten, auch ohne Kontakt mit anderen Metallen, wenn nur Luft vorhanden ist, greifen reines Wasser, Nitrat- und Chloridlösungen Blei an. Bikarbonat und freie Kohlensäure enthaltende Wässer wirken zwar anfänglich ebenfalls stark ein, die Wirkung hört aber wegen der sich bildenden, schützenden Schicht von Bleikarbonat bald auf; Zusatz von Kalk zu stark kohlenstoffhaltigen Wässern soll sich nicht empfehlen, weil hierdurch der Bleiangriff erhöht werden soll³⁾. Die Untersuchungen von Stan. Ručička⁴⁾ stehen zum Theil mit den vorstehenden im Widerspruch. Einfache Salz-Lösungen äussern ihre Wirkungen auf Blei in der Weise, dass der Bleiangriff nicht von der Base, sondern von der Säure bedingt ist; Nitrate vergrössern den Bleiangriff, Chloride, Sulfate und Karbonate, deren Säuren also mit dem Blei ein unlösliches Salz bilden, vermindern ihn. Auch Nitrate im Gemisch mit den anderen Salzen erhöhen die bleilösende Wirkung, während ein Zusatz von Sulfat oder Chlorid zu Chlorid + Nitrat oder zu Sulfat + Nitrat die Lösung des Bleies herabsetzen. Freie Kohlensäure und Karbonate hemmen den Bleiangriff, organische Stoffe erhöhen ihn nicht immer, wohl aber Luftzutritt. So kann Wasser mit viel organischen Stoffen auch viel freie Kohlensäure enthalten, welche in Gemeinschaft mit dem Sauerstoff des Wassers die Lösung des Bleies bewirkt. Power⁵⁾ berichtet z. B. über Bleivergiftungen durch stark saures, aus Mooren stammendes Wasser.

An der Nordwestküste Deutschlands enthält nach des Verf.'s Untersuchungen das Grundwasser — wahrscheinlich infolge Verdunstung von Regenwasser in dem basenarmen Quarzsande (S. 1384) — mitunter freie Salpetersäure. Dass diese stark bleilösend wirkt, braucht kaum hervorgehoben zu werden⁶⁾.

Um die bleilösende Wirkung eines Wassers zu vermindern, hat man, wie bereits bemerkt, bisher immer schon einen Zusatz von Kalksteinen angewendet, um das Wasser härter zu machen bezw. um die freie Kohlensäure zu binden. Dass auch vor allem der Zutritt von Luft in die Röhrenleitung zu verhindern ist, geht aus den Untersuchungen M. Müller's hervor, sowie aus dem Erfolg der diesbezüglichen Anordnungen gelegentlich des Dessauer Falles.

Die Kieselsäure scheint sehr schützend auf die Bleirohre zu wirken. Crocker, Olding und Tidy⁷⁾ schlagen vor, bleilösendes Wasser durch ein Gemisch von Calciumkarbonat und kieselsauren Verbindungen (ein Filter aus Kalksteinen und Flint) zu filtriren; Frankland⁸⁾ dagegen behauptet, dass er bei

¹⁾ Gesundheits-Ingenieur 1900, 23, 286.

²⁾ Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genussmittel 1900, 4, 559.

³⁾ Das dürfte aber wohl nur der Fall sein, wenn überschüssiger Kalk zugesetzt wird.

⁴⁾ Archiv f. Hygiene 1901, 41, 23.

⁵⁾ 23. Annual report of the Local Government Board 1893/94, 332.

⁶⁾ Vergl. auch L. Liebrich in Zeitschr. für angew. Chem. 1898, 703, und ferner Tergast in Zeitschrift f. Medicinalbeamte 1899, 6.

⁷⁾ Gesundheits-Ingenieur 1887, 10, 402.

⁸⁾ Chem. Centrbl. 1889, I., 816 u. 817.

einem weichen Wasser durch Zusatz von Calciumkarbonat gar keinen und durch Erhöhung des Kieselsäuregehaltes nur einen vermindernden Einfluss bemerken konnte. Dagegen fand auch er, dass ein geringer Zusatz von Natriumkarbonat Blei sofort unlöslich macht. Seine weiteren Versuche über die Wirkung von Kohlensäure und Sauerstoff mit einem sehr weichen Wasser, das aber keine bleilösende Wirkung hatte, scheinen zu ergeben, dass jedes Gas für sich selbst unter Druck gar keine oder nur eine sehr geringe Lösung bewirkt.

Aus allen diesen Versuchen und Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass man eine Lösung von Blei durch Wasser verhüten kann, wenn man verhindert, dass Luft in die Leitung eintritt, und dass man gleichzeitig die im Wasser enthaltene freie Kohlensäure an Natrium- oder Calciumkarbonat bindet und dadurch, vielleicht auch durch Vermehrung des Kieselsäuregehaltes des Wassers, eine schützende Decke auf der Innenseite der Rohrmasse herzustellen sucht.

Nicht selten werden Bleirohre von aussen durch die Einwirkung von Mörtel, Cement und anderem, Aetzkalk enthaltendem Baustoff geätzt oder korrodirt. Solche Korrosionen kommen aber nur bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit zu Stande; man muss, um sie zu verhüten, die betreffenden Stellen im Mauerwerk oder Erdreich trocken halten.

In Kellerräumen werden Bleirohre zuweilen von Ratten angenagt, in Wänden mit Holzbekleidung von der Larve des Bohrkäfers durchbohrt.

Mehrfach hat man versucht, die Bleirohre im Innern mit einem schützenden Ueberzug zu versehen oder sie durch andere Rohre zu ersetzen.

So hat man namentlich den Bleirohren durch Einwirkung von Schwefelnatrium eine Schutzdecke von Schwefelblei gegeben, oder man hat innen verzinnte Bleirohre oder Zinnrohre mit Bleimantel genommen, jedoch ohne Erfolg; im letzteren Falle hält die Löthung und Verbindung schwer und wurde nicht selten der Bleigehalt vermehrt, weil an irgend welchen verletzten Stellen eine galvanische Wechselwirkung zwischen Zinn und Blei zu Stande kam.

Am geeignetsten und gesundheitlich unbedenklich würden gusseiserne Rohre sein; letztere werden aber nur von grösserem Durchmesser angefertigt; schmiedeeiserne Rohre von kleinerem Durchmesser rosten leicht und ertheilen dem Wasser leicht einen geringen Eisengehalt. Auch lassen sich Eisenrohre in Häusern nicht so leicht hin- und herleiten wie Bleirohre.

Um die Rostbildung in Eisenrohren zu verhüten, hat man dieselben auch verzinkt oder galvanisirt. Aber das Zink löst sich alsbald auf, und wenn auch die gelösten Zinksalze in den hierbei in Betracht kommenden Mengen nicht schädlich wirken, so schützt der Zinküberzug doch nur kurze Zeit, und haben die Erfahrungen in amerikanischen Städten ergeben¹⁾, dass beide Arten von schmiedeeisernen Rohren, sowohl die verzinkten wie unverzinkten, in Folge des starken Rostens sich meistens nur während einer kurzen Betriebszeit brauchbar erhalten.

Sehr widerstandsfähig und fest sind Rohre aus Messing; sie sind aber ebenso wie reine Zinnrohre zu theuer. Man wird daher im Allgemeinen auf Bleirohre angewiesen sein, und werden sich diese auch ohne Gefahr anwenden lassen, wenn man die obigen Vorsichtsmassregeln beobachtet²⁾. Auch scheint durch Vermeidung

¹⁾ Vergl. H. Bunte: Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1887, 61 u. 168.

²⁾ Vergl. Carl Heyer: Ursache u. Beseitigung des Bleiangriffs durch Leitungswasser. Dessau 1888.

jeglichen Kontaktes des Bleies mit anderen Metallen (wie Messinghähnen) die Einwirkung des Leitungswassers auf Blei vermindert werden zu können. Jedenfalls empfiehlt es sich, das Wasser aus den Zapfhähnen bei Bleirohrleitungen erst kurze Zeit frei ausfliessen zu lassen, ehe man Wasser für den häuslichen Gebrauch zum Kochen oder Trinken entnimmt.

Anforderungen an ein Trinkwasser und Anhaltspunkte zur Beurtheilung¹⁾.

A. In physikalischer und chemischer Hinsicht.

1. Das Wasser soll klar, farblos und geruchlos sein und keinen fremdartigen Beigeschmack besitzen.

Die Temperatur des Wassers soll für unsere Verhältnisse etwa der mittleren Jahrestemperatur entsprechen, möglichst beständig sein und thunlichst 12° nicht übersteigen.

Das Wasser soll weiter während 24 Stunden keinen nennenswerthen Bodensatz liefern.

An diesen Anforderungen kann man jedoch nicht unter allen Umständen streng festhalten.

Geringes Opalisiren des Wassers, ja auch geringe Trübungen eines Grundwassers, wie solche unter besonderen Umständen durch Thon oder Eisenoxyd in der Schwebe bedingt sind, geben bei sonst guter Beschaffenheit, und wenn anderes Wasser nicht zu erhalten ist, zu einer Beanstandung keinen Anlass. Hieraus folgt weiter, dass man auch hinsichtlich des Bodensatzes unter Umständen Zugeständnisse machen muss.

Unbedingte Farblosigkeit ist nicht immer zu beanspruchen; denn bei Tiefbrunnen (artesischen Brunnen), welche Wasser aus einer Braunkohlenformation zuführen, oder bei Brunnen in Mooregegenden kann gelbliche Färbung bei sonst einwandfreier Beschaffenheit vorkommen. Wenn solches Wasser auch einen geringen Gehalt an Schwefelwasserstoff und Eisen aufweist, so muss es dann für die Zwecke der Wasserversorgung eines Gemeinwesens beanstandet werden, nicht aus gesundheitlichen, sondern aus technischen Gründen und in Rücksicht auf Wohlgeschmack und Aussehen; in dem Einzelfalle darf es aber unbeanstandet gelassen werden.

Bei Versorgung grösserer Gemeinwesen durch Grundwasser entspricht gewöhnlich das Wasser am Entnahmestort der Anforderung bezüglich der Temperatur, jedoch zeigt das Gesamtwasser und vor allem das Wasser der einzelnen Hausleitungen häufig bedeutend höhere Temperaturgrade. Bei Versorgung mit Oberflächenwasser sind höhere Temperaturen und Schwankungen derselben unvermeidlich.

Die Schwebestoffe eines Wassers sucht man durch geeignete Filter zu entfernen. Im Grossen sind Filter vorwiegend aus Kies, Sand oder porösem Sandstein oder künstlich hergestellten Filtersteinen, im Kleinen solche aus Kohle, Eisenoxydgrus, Kieselgub, Asbest in der verschiedensten Form, poröse Porzellanröhre etc. in Gebrauch. Jedoch können nur gemeinsame, grosse Filter empfohlen werden (vergl. oben S. 1395).

2. Die Gesamtmenge der gelösten Bestandtheile eines Wassers wird abhängig sein von den Bodenverhältnissen, aus welchen das betreffende Wasser stammt; sie hat daher nur einen unterrichtenden Werth. Wichtiger für die Beurtheilung ist die Kenntniss, aus welchen Bestandtheilen sie sich zusammensetzt; wird beispielsweise das Gewicht des Abdampfrückstandes im Wesentlichen durch die Menge der Kalksalze herbeigeführt, so wird die Beurtheilung sich der über die Härte des Wassers anschliessen, oder sind Salze in solcher Masse vertreten, dass sie den Geschmack des Wassers beeinflussen, so dass es die Eigenart eines Mineralwassers annimmt, so bildet die Kenntniss des Rückstandes eine Ergänzung des Befundes der Geschmacksprüfung.

In dieser Hinsicht wird immer der Abdampfrückstand im Zusammenhang mit den im Gewichte am stärksten vertretenen Bestandtheilen des Wassers besprochen werden müssen: durch organische Stoffe soll der Abdampfrückstand eines Wassers bei guter Beschaffenheit nicht wesentlich gefärbt sein, vor allem aber darf er sich bei dem Erhitzen nicht schwärzen, abgesehen bei gelblich aussehenden Wässern aus Mooregegenden.

¹⁾ Nach den Vereinbarungen zur einheitl. Untersuchung u. Beurtheilung von Nahrungs- u. Genussmitteln f. d. Deutsche Reich. Berlin 1899, Heft II, S. 170.

Für die Zwecke der Wasserversorgung eines Gemeinwesens dürfte, wenn eine Auswahl zwischen verschiedenen Wässern vorhanden ist, ein an gelösten Bestandtheilen ärmeres Wasser immer vorzuziehen sein.

3. Der Permanganatverbrauch muss stets nach einheitlichem Verfahren bestimmt werden. Derselbe liefert einen Werth, welcher alle oxydirbaren Bestandtheile des Wassers umfasst und dabei den Gehalt an gelösten organischen Bestandtheilen desselben nur theilweise zum Ausdruck bringt.

Zur Wasserbeurtheilung dürfte der Permanganatverbrauch nur insoweit in Betracht zu ziehen sein, als er auch wirklich auf Rechnung der gelösten organischen Stoffe zu setzen ist.

In diesem Sinne ist der Permanganatverbrauch eines Wassers zur Beurtheilung nur insofern heranzuziehen, als er in Vergleich gestellt wird mit Ergebnissen von Wasser gleicher Herkunft an Stellen, wo dieses noch seine natürliche Beschaffenheit bewahrt hat.

Zuweilen wird dann ein höherer Permanganatverbrauch andere Untersuchungsergebnisse, welche auf eine Verunreinigung schliessen lassen, stützen; dies kann jedoch bei der Verschiedenartigkeit der organischen Stoffe und ihrem wechselnden Verhalten zum Permanganat nicht immer zutreffen.

4. Die Stickstoffverbindungen eines Wassers anlangend, so pflegen in einem Wasser von natürlicher Reinheit Ammoniak, salpetrige Säure und eiweissartige Verbindungen nicht, Salpetersäure nur in geringen Mengen vorzukommen.

a) Das etwa vorhandene Ammoniak ist in der Regel ein Erzeugniss der Fäulniss und als solches in einem Wasser bedenklich. Die Menge des im Regenwasser vorkommenden Ammoniaks ist nur sehr gering und kommt auch insofern nicht in Betracht, als es durchweg bei der Filtration durch den Boden alsbald in Salpetersäure übergeführt wird.

Bei Tiefbrunnen, welche geringe Mengen von Eisen, reichliche Mengen gelöster organischer Stoffe enthalten und niedrige Keimzahlen aufweisen, kommen mitunter geringe Mengen Ammoniak vor, welches dann, weil durch Reduktion von Salpetersäure entstanden, für das Wasser als nicht belastend aufgefasst werden darf und daher nicht zu beanstanden ist.

Rührt das Ammoniak von mineralischen Verunreinigungen, z. B. von Ammoniakfabriken, Gasometer-Wasser, Ammoniak-Sodafabriken oder dergleichen Quellen her, so wird man in dem Wasser neben dem Ammoniak noch sonstige eigenartige Bestandtheile des verunreinigenden Abwassers finden.

b) Die salpetrige Säure in einem Wasser rührt entweder von einer Reduktion der Salpetersäure oder von einer unvollständigen Oxydation des Ammoniaks her. Ihr Vorkommen zeigt daher stets an, dass es dem Wasser oder den Bodenschichten, welche das Wasser durchfliesst, an genügendem Sauerstoffzutritt fehlt, und erscheint in solchem Falle die Annahme gerechtfertigt, dass das Wasser bezw. der Boden etwaige Verunreinigungen durch Abfallstoffe nicht mit Sicherheit unschädlich machen kann.

c) Noch bedenklicher als Ammoniak und salpetrige Säure ist das sog. Albuminoid-Ammoniak, weil dasselbe das Vorhandensein leicht zersetzungsfähiger organischer Stoffe anzeigt.

d) Findet sich in einem Wasser als Stickstoffverbindung nur Salpetersäure, so ist dadurch eine vollständige Oxydation der Stickstoffverbindungen erwiesen. Kommt dieselbe aber in grösseren Mengen vor, besonders gleichzeitig neben viel organischen Stoffen (Permanganatverbrauch), Chloriden, Sulfaten, besonders Kalisalzen und Bakterien, so lässt das auf eine direkte oder indirekte Verunreinigung durch menschliche oder thierische Abfallstoffe schliessen und bleibt dann zu erwägen, ob die vollständige Oxydation und mit ihr ein zuverlässiger Reinigungsvorgang beständig und von Dauer sein wird.

Zur Beurtheilung dieser Verhältnisse muss man auch hier die Beschaffenheit des fraglichen Wassers mit der des unbeeinflussten natürlichen Grundwassers der betreffenden Gegend oder des Ortes in Vergleich ziehen.

In Oberflächenwasser ist die Gegenwart von Ammoniak, salpetriger Säure und Salpetersäure auf ähnliche Vorgänge wie im Grundwasser zurückzuführen, nämlich auf die Zersetzung stickstoffhaltiger Stoffe durch Mikroorganismen und darauf folgende Oxydation, und ist sinngemäss zu beurtheilen. Wird jedoch das Oberflächenwasser einer Reinigung durch künstliche Filtration unterzogen, so sind die erwähnten drei ersten Stickstoffverbindungen von geringerem Belang für eine etwaige schädliche

Wirkung, da die eigentlich schädlichen Stoffe, die pathogenen Keime, durch die Filter zurückgehalten werden. Immerhin aber ist ein solches Wasser kein geeignetes Trinkwasser.

Bei übersandten Proben ist mit der Möglichkeit zu rechnen, dass sich salpetrige Säure durch Reduktionswirkung gebildet haben könne, wie umgekehrt nachträgliche Oxydationsvorgänge das Bild verändern können.

5. Die Chlorverbindungen rühren im Wasser zum Theil aus den natürlichen Bodenschichten; in diesem Falle sind sie für die Beurtheilung nur dann von Belang, wenn sie in solcher Menge vertreten sind, dass sie den Geschmack des Wassers beeinflussen. Sie können aber auch aus Abfallstoffen bedenklicher Art herkommen; der menschliche und thierische Harn, die Abwässer des Haushalts und der Küche sind reich an Chlornatrium. Besteht letzterer Verdacht, so wird der Chlorgehalt des Wassers in Zusammenhang mit anderen ermittelten Bestandtheilen, welche auf derartige Verunreinigungen deuten, wie Ammoniak, salpetrige Säure, verhältnissmässig grosse Menge von Salpetersäure, zu prüfen sein; hier werden insbesondere die Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und der Vergleich des Wassers mit dem gleicher Herkunft von unbeeinflussten Stellen die Beweisführung erleichtern.

6. Die Schwefelsäure tritt zunächst in der Verbindung als Gyps auf und giebt hierdurch Aufschluss über die geologische Formation; in den Braunkohlen und ähnlichen Formationen ist sie oft das Oxydationserzeugniss schwefelhaltiger Verbindungen. In ersterem Falle beeinflusst sie die bleibende Härte des Wassers und ist mit dieser zu beurtheilen.

7. Die Kohlensäure in festgebundener Form ist für die hygienische Beurtheilung ohne Belang; von Wichtigkeit ist nur die Ermittlung der freien Kohlensäure. Der Befund der halbgebundenen Kohlensäure kann als Kontrolle dienen für die Bestimmung der vorübergehenden Härte, welche letztere dadurch bedingt ist, dass diese Säure aus ihren Verbindungen mit Kalk und Magnesia als solche bei der Siedehitze entweicht, worauf entsprechende Mengen dieser Basen als Monokarbonate ausfallen. Die freie Kohlensäure verleiht dem Wasser einen erfrischenden Geschmack, doch ist ihre Anwesenheit nicht erforderlich, da diese Eigenschaft auch den Bikarbonaten zukommt. Bezüglich ihrer Mitwirkung bei der Lösung von Blei sei auf S. 1406 verwiesen.

8. Phosphorsäure ist für gewöhnlich in einem Trinkwasser nicht enthalten; ihr Vorkommen deutet immer auf eine Verunreinigung durch menschliche oder thierische Abgänge hin und ist daher zu beanstanden.

9. Schwefelwasserstoff soll in einem für Genusszwecke bestimmten Wasser nicht vorhanden sein, höchstens kann man in Einzelfällen bei Tiefbrunnen Spuren unbeanstandet lassen, wenn dieses Gas im natürlichen Boden durch Reduktion von Sulfaten entstanden ist. Durch Lüftung ist es dann leicht zu beseitigen.

10. Kieselsäure, Thonerde und Eisen geben Aufschluss über die Art der Bodenschichten, mit welchen das Wasser in Berührung gestanden hat. Von besonderer Bedeutung ist nur das Eisen. Wie bereits oben angedeutet wurde, giebt ein geringer Eisengehalt im Einzelfalle zu einer Beanstandung keine Veranlassung, dagegen hat die Verwendung eines Wassers, welches sich bei dem Aufbewahren in nicht ganz gefüllter Flasche unter öfterem Schütteln und Lüften nach 48 Stunden trübt, für Leitungszwecke seine Bedenken, da in einem solchen Wasser z. B. *Crenothrix polyspora* gedeiht und zu Verstopfungen des Rohrnetzes führen kann.

Der Eisengehalt eines Wassers lässt sich leicht durch Lüftung und Filtration (S. 1396) auf eine nicht mehr in Betracht kommende Menge verringern.

Mangan kommt nur selten und dann auch nur in sehr geringen Mengen im Trinkwasser vor.

Es wird demselben eine ähnliche Bedeutung in Bezug auf Wachsthumförderung von Algen zugeschrieben, wie dem Eisen. In dem Einzelfalle dürfte das Vorhandensein sehr geringer Mengen zu einer Beanstandung keine Veranlassung geben.

11. Die Beurtheilung eines Wassers hinsichtlich des Gehaltes an Kalk und Magnesia wird am bequemsten, wenn man sich auf die berechneten Härtegrade stützt. Bei gemeinsamen Wasserversorgungsanlagen ist ein Wasser von mittlerer Härte einem solchen von hoher Härte vorzuziehen. Gesundheitliche Bedenken stehen der Verwendung eines harten und auch sehr harten Wassers in der Regel nicht im Wege, wohl aber machen sich bei Verwendung eines solchen Uebelstände für den

Gebrauch im Haushalte, beim Kochen, Waschen u. s. w. fühlbar. Es dürfte daher stets gerathen sein, auf das Eintreten letzterer Uebelstände mindestens aufmerksam zu machen, wenn sich die Gesamthärte, in deutschen Härtegraden ausgedrückt, 10—15 nähert.

Im Einzelfalle dürften keine gesundheitlichen Bedenken zu hegen sein, auch Wasser mit noch mehr als 30 Härtegraden — es sind sogar Leitungswässer mit über 50 deutschen Härtegraden im Gebrauch — zuzulassen, da die Erfahrung lehrt, dass diese bei regelmässigem Genuss gut vertragen werden, wenn sie auch für die an Wasser anderer Beschaffenheit Gewöhnten nicht gleich bekönnlich sind.

12. Die Alkalimetalle sind für die Beurtheilung von Wichtigkeit, wenn man ihre Herkunft nicht auf ein natürliches Vorkommen, sondern auf eine Verunreinigung zurückführen kann. So kann Natrium in seiner Chlorverbindung von menschlichen und thierischen Abfällen herkommen und wird dann sinngemäss mit dem Chlor zu beurtheilen sein (vergl. S. 1411). Kann die Gegenwart von Kalium auf ähnliche Umstände zurückgeführt werden, so muss man einen strengeren Maassstab anlegen, da bekanntermassen dieses Alkalimetall vom Boden stark absorbiert wird und demgemäss dann sein Auftreten im Wasser eine abgeschwächte Leistungsfähigkeit des Bodens anzeigt. Für gewöhnlich beträgt der Kaligehalt in reinen Wässern nur wenige Milligramm, durch häusliche Abgänge verunreinigte Wässer enthalten dagegen grössere Mengen Kali.

13. Blei soll in einem für Genusszwecke bestimmtem Wasser nicht vorhanden sein. Bei der Verwendung von Bleirohren für Hausleitungen empfiehlt es sich, das in den Rohren gestandene Wasser vor dem Gebrauch durch Ablaufenlassen zu entfernen.

Die Lösung von Blei erfolgt vorwiegend durch Vermittelung von Sauerstoff und freier Kohlensäure; an den Lötstellen der Rohre wird diese durch galvanische Wirkung begünstigt. Auch alle an organischen Stoffen reichen und gleichzeitig weichen Wässer sind für Leitungszwecke von vornherein bedenklich, weil sich in demselben leicht freie Kohlensäure neben Sauerstoff bilden kann. Ueber die Mittel zur Beseitigung der bleilösenden Wirkung eines Wassers vergl. S. 1408.

Geringe Mengen von Zink und Kupfer, wie solche bei der Verwendung galvanisierter Eisenrohre oder Kupferrohre im Wasser vorkommen, dürften zu einer Beanstandung keine Veranlassung geben.

14. Die Menge des freien Sauerstoffes lässt insofern einen Schluss auf die Reinheit eines Wassers zu, als sie in dem Maasse geringer wird, in welchem oxydationsfähige Stoffe vorhanden waren. Die Bestimmung des freien Sauerstoffes ist unterrichtend für die Möglichkeit der Bleilösungsfähigkeit des Wassers; sie kann ferner Aufschluss geben über die Abnahme des Eisengehaltes des Grundwassers in gewissen Tiefen des Bodens, bis zu welchen der Sauerstoff eindringt und das lösliche Oxydulhydrat zu unlöslichem Oxydhydrat oxydirt, in welcher Form das Eisen durch die filtrirende Wirkung des Bodens mechanisch zurückgehalten wird.

B. In mikroskopischer Hinsicht.

Da ein gutes Trink- und häusliches Gebrauchswasser hell und klar sein soll, so sind schon aus dem Grunde alle mikroskopisch im Bodensatz erkennbaren Stoffe, besonders organischer Art, bedenklich und zwar um so mehr, je reicher die Schwebe- und Sinkstoffe an pflanzlichen oder thierischen Lebewesen sind.

Im Allgemeinen kann angenommen werden:

1. Dass ein Wasser, welches neben *Crenothrix* und anderen Pilzfäden, sowie neben Infusorien viel Diatomeen enthält, Zuflüsse von mehr pflanzlichen Zersetzungsherden erhalten hat; ein solches Wasser ist zwar unrein, aber deswegen noch nicht gesundheitsschädlich.

2. Finden sich aber neben den chemischen Anzeichen der Fäulniss auch die verschiedensten Pilzfäden, Zooglooen von Bakterien, Infusorien und Radiolarien aller Art, oder gar körperliche Verunreinigungen, welche durch ihre Herkunft bedenklich sind, wie Abfallstoffe aus der Küche, dem Haushalt, Reste von Koth u. dergl., so kann ein solches Wasser in besonderen Fällen direkt gesundheitsschädlich werden und ist dann die Beanstandung hiermit zu begründen.

C. In bakteriologischer Hinsicht.

Die gewöhnlich im Wasser vorkommenden Bakterien sind an und für sich nicht gesundheitsschädlich; ihre Zahl ist aber ein Maassstab für die grössere oder geringere Reinheit eines Wassers; denn jede Verunreinigung, abgesehen von solchen aus manchen industriellen Betrieben, deren Nachweis leicht chemisch gelingt, bedingt eine Vermehrung der Keime.

Eine grosse Anzahl von Bakterien und besonders verschiedener Arten deutet also fast immer auf die Möglichkeit einer Infektion hin. Solche Infektionsmöglichkeit ist aber bei allen Oberflächenwässern, Bächen, Flüssen, Seen gegeben, namentlich erstens bei solchen stark bewohnter Gegenden — solche Wässer sollen, wenn sie sonst chemisch rein sind, nur nach genügender Filtration genossen werden — oder zweitens bei Brunnen, welche gegen das Eindringen von Staub von oben her nicht genügend geschützt sind, oder drittens durch Zuflüsse stark bakterienhaltiger Wässer. Oberflächenwässer und Brunnenwässer, welche chemisch gut und nicht durch faulige Zuflüsse verunreinigt sind, können daher zum Genusse zulässig gemacht werden, erstere durch Filtration, letztere durch genügenden Abschluss von oben. Wässer aber, welche Zuflüsse von Fäulnissherden erhalten, sind vom Genusse auszuschliessen oder es müssen, wenn es Wässer aus Brunnen sind, diese gründlich gereinigt und so umgebaut werden, dass derartige Zuflüsse überhaupt nicht mehr stattfinden können (vergl. S. 1384).

Als Anhaltspunkte für die Beurteilung eines Gebrauchswassers auf Grund des bakteriologischen Befundes können folgende dienen:

1. Ein reines gutes Wasser soll nur wenige Bakterien oder Keime von Mikrophyten enthalten.

Bei einem reinen Grundwasser aus nicht verunreinigten Bodenschichten übersteigt bei tadelloser Anlage die Anzahl der Keime von Mikrophyten selten 50 in 1 cem. Ist die Anlage aber keine völlig vollkommene, so kann die Zahl der Keime bedeutend — auf 100 bis 200 Keime in 1 cem — anwachsen. Ähnliche Verhältnisse können bei neuen und umgebauten Anlagen vorkommen, besonders wenn erhebliche Erdbewegungen stattgefunden haben. In anderen Fällen kommen aber, so besonders im Wasser aus dem Schiefergebirge, mehrere hundert und mehr Mikrophytenkeime in 1 cem vor, ohne dass diese schädlich sind, zumal wenn sie nur von einer Bakterienart herrühren. In diesen letzteren Fällen ist jedoch darauf hinzuweisen, dass solche Wässer nicht gleichmässig gut filtrirt sind, und damit die Möglichkeit einer Infektion nicht unbedingt ausgeschlossen ist.

2. Schwankt die Anzahl der Bakterien, d. h. ist sie zu gewissen Zeiten höher als zu anderen Zeiten, so ist das ein Zeichen für zeitweise besondere Verunreinigungen eines Wassers, sei es aus den Bodenschichten, oder durch besondere Zuflüsse, oder durch ungenügend wirkende Filtration.

3. Ein Wasser, welches pathogene Mikroorganismen enthält oder begründeten Verdacht für das Vorhandensein derselben giebt, ist stets vom Genusse auszuschliessen.

D. Gesamtbeurtheilung auf Grund des chemischen und bakteriologischen Befundes.

1. Trifft bei einem Wasser hohe Keimzahl mit dem Vorhandensein von Ammoniak, salpetriger Säure, grossen Mengen gelöster organischer Stoffe (hoher Permanganatverbrauch, Schwärzen des Abdampfdruckstandes bei dem Erhitzen und Vorhandensein von Albuminoid-Ammoniak u. s. w.) zusammen, so muss das Wasser unbedingt verworfen werden.

2. Liegt hoher Keimgehalt einerseits und liegen andererseits keinerlei belastende Umstände hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung vor, so ist die Vermuthung berechtigt, dass das Wasser rein ist. Die hohe Keimzahl kann dann bedingt sein durch Fehler in der Wassergewinnungsanlage. In einem solchen Falle muss zunächst die Wassergewinnungsanlage einer genauen Musterung unterworfen werden.

3. Ist ein Wasser verhältnissmässig reich an gelösten Bestandtheilen im Gesamten und weist es hohe Gehalte an Nitraten und Chloriden auf, bei gleichzeitigem Vorhandensein von Ammoniak und mittleren Mengen an gelösten organischen Stoffen, so entstammt das Wasser einem verunreinigten Boden, wie er sich als Untergrund von Städten, Gehöften u. s. w. häufig findet. Ein solches Wasser kann bei einer einzelnen Untersuchung niedere Keimzahlen geben, aber bei einer Wiederholung hohe, ja auch sehr hohe Keimzahlen. Wenn man bei niederem Keimgehalt auf Grund einer einmaligen Untersuchung ein solches Wasser auch nicht geradezu beanstanden muss, so dürfte es doch stets ge-

rathen sein, darauf hinzuweisen, dass ein solches Wasser unter anderen Verhältnissen verunreinigt werden kann. Denn während zu einer Zeit die Filtrationsfähigkeit des Bodens noch eine genügende war, kann sie unter veränderten Verhältnissen nicht mehr ausreichen, und dann kann eine Verunreinigung des Wassers eintreten.

4. Die alleinige örtliche Besichtigung einer Wasserversorgungsquelle (Brunnen) kann niemals, wenn nicht grobe offensichtliche Verunreinigungen vorliegen, einen sicheren Aufschluss über die Beschaffenheit eines Wassers geben.

Eis.

Nicht selten wird auch zur Löschung des Durstes statt des Wassers Eis angewendet, sei es direkt durch Zergehenlassen im Munde oder nach dem Schmelzen (bezw. Auflösen) in anderen Getränken, um diese gleichzeitig abzukühlen.

Das durch die natürliche Winterkälte, wie auch das durch Kältemaschinen hergestellte Eis muss naturgemäss wesentlich alle Bestandtheile bezw. Verunreinigungen des zu seiner Bereitung verwendeten Wassers einschliessen. Für gewöhnlich besteht aber das künstliche, aus Wasserversorgungswasser hergestellte Eis aus zwei verschiedenen Schichten, aus dem vollkommen durchsichtigen Klareis oder Krystalleis und aus dem undurchsichtigen, schneeartigen Kern, dem Trübeis; beide Schichten sind nach A. C. Christomanos¹⁾ in ihrer Zusammensetzung verschieden; das Klareis ist fast reines Wasser, aus ihm sind alle Salze bis auf Spuren und fast der ganze Schwefelsäure- und Chlorgehalt — letzterer aber nur bei sehr raschem Gefrieren — ausgeschieden und die Bakterien wesentlich vermindert, während im Trübeis sich wesentlich alle Bestandtheile anreichern. Aus 1 l Trinkwasser mit 71 Bakterienkeimen in 1 ccm wurden durch Gefrierenlassen bis zu -14° 820 g Klareis und 170 g Trübeis erhalten, welches letztere in 1 ccm 450 Bakterienkeime enthielt, während das Klareis in 1 ccm nur 8—15 Keime ergab. Selbst bei der Darstellung von Kunsteis aus Meerwasser mit 2,3% Chlor wird letzterer Gehalt im Klareis bis auf Spuren herabgesetzt. Aus dem Grunde ist das Klareis vorwiegend zum innerlichen Gebrauch geeignet; das für diesen Zweck, auch für die Wundbehandlung und dergl. völlig ungeeignete Trübeis, ferner leicht zerbröckelndes Eis sollen nur zum Kühlen der Gefässe etc. von aussen verwendet werden.

Das natürliche Eis, das Roheis von Teichen, Seen, Flüssen etc. muss naturgemäss, je nach der Beschaffenheit des Wassers, noch grössere Verunreinigungen enthalten; C. Fränkel fand in Berliner Eis, welches aus verunreinigtem See- und Teichwasser gewonnen war, bis zu 25000, Heyroth²⁾ bis zu 14400 Keime in 1 ccm Schmelzwasser, Prudden in Eis aus dem Hudsonriver, welcher durch die Abwässer von Albany verunreinigt wird, bis 6 engl. Meilen unterhalb dieser Stadt ebenfalls viel Bakterienkeime und zwar in dem durchscheinenden Eis bis 398, in dem mit Luftblasen durchsetzten Eis, dem sogen. Schneeeis bis 9187 Keime, während in den beiden Eissorten von 6—50 Meilen unterhalb Albany nur 189 bezw. 3693 Keime in 1 ccm gefunden wurden.

Bei der Verwendung des natürlichen wie künstlichen Eises zu direktem Genuss oder zur Wundbehandlung sind daher dieselben Vorsichtsmassregeln zu beachten, wie bei der Verwendung des Wassers zu diesen Zwecken.

¹⁾ Oesterreich. Chem.-Ztg. 1898, 1, 486.

²⁾ Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1888, 4, 1.

Mineralwasser.

Unter Mineralwasser im Allgemeinen versteht man solche aus der Tiefe an die Erdoberfläche tretenden Wässer, die entweder durch eine grössere Menge fester oder gasiger Stoffe oder durch eine höhere Temperatur da, wo sie zu Tage treten, ausgezeichnet, ferner in Geschmack, Farbe und Geruch von dem gewöhnlichen Brunnen- und Trinkwasser verschieden sind. Dieselben dienen theils als Heilmittel, theils als Erfrischungsmittel. Hier sollen nur letztere Art Mineralwässer, auch Tafelwässer genannt, berücksichtigt werden. In den Vereinbarungen deutscher Nahrungsmittelchemiker¹⁾ werden 4 Gruppen Mineralwässer unterschieden; 1. Natürliche unveränderte, 2. durch Ausscheidung einzelner Stoffe, 3. durch Vermehrung vorhandener Bestandtheile veränderte und 4. nachgeahmte (künstliche) Mineralwässer. Diese Unterscheidung entspricht den thatsächlichen Verhältnissen und können Gruppe 2 und 3 als veränderte oder gleichsam halbnatürliche Mineralwässer den natürlichen oder künstlichen Mineralwässern gegenüber gestellt werden. Jedenfalls ist die Auseinanderhaltung dieser Arten Mineralwässer und eine genaue Bezeichnung der Natur eines Mineralwassers für die Herstellung wie für den Vertrieb gleich wichtig, weil gerade hierin viel gefehlt wird und der Handel mit Mineralwasser eine grosse Ausdehnung angenommen hat.

1. Natürliches Mineralwasser. Als natürliches Mineralwasser kann nur solches gelten, welches bei dem Abfüllen keine willkürliche Veränderung erfahren hat. Das abgefüllte Wasser darf also in seiner Zusammensetzung gegenüber dem Wasser der Quelle nur insofern Abweichungen zeigen, als diese durch das Abfüllen bedingt sind. Nicht zu beanstanden ist die Benutzung von Kohlensäure zur Luftverdrängung beim Abfüllen. Wird abgefülltes natürliches Mineralwasser als Wasser einer bestimmten, benannten Quelle in den Handel gebracht, so muss es derselben auch entstammen und die gleiche Zusammensetzung wie das der benannten Quelle — von den durch das Abfüllen bedingten Veränderungen (Verlust von Kohlensäure) abgesehen — besitzen²⁾.

Zu den Mineralwässern dieser Art sind nur wenige zu rechnen; nämlich Biliner, Giesshübler, Fachingen, Niederselters, Oberbrunnen in Salzbrunn und Staufenbrunnen in Göppingen.

2. Veränderte natürliche Mineralwässer. Bei der Veränderung der natürlichen Mineralwässer hat man drei Behandlungsweisen zu unterscheiden:

- a) Anreicherung mit Kohlensäure. Das Einpressen der Kohlensäure geschieht wie bei der Darstellung von künstlichem Mineralwasser.
- b) Beseitigung von Eisen und Schwebestoffen mit gleichzeitiger künstlicher Anreicherung von Kohlensäure.
- c) Entfernung des Eisens, Zusatz von Kochsalz und Anreicherung mit Kohlensäure oder letztere beiden Zusätze allein.

Es ist vorgeschlagen worden, diese Art Mineralwässer als „natürliches Mineralwasser entweder mit Kohlensäure versetzt oder desgl. enteisent und mit

¹⁾ Vergl. Heft II, 1899, 182.

²⁾ Diese Begriffsklärung ist von dem Verein selbständiger öffentlicher Chemiker Deutschlands in Gemeinschaft mit Vertretern von Mineralquellen-Verwaltungen (Zeitschr. f. öffentl. Chemie 1901, 7, 443) aufgestellt und glaube ich mich diesen, nicht aber den sonstigen, dort ausgesprochenen Grundsätzen anschliessen zu können.

Kohlensäure versetzt oder desgl. unter Zusatz von Kochsalz und Kohlensäure etc. bezw. als Tafelwasser aus dem natürlichen Mineralwasser (der Quelle)“ bezeichnen zu dürfen. Auch soll es, wenn die zugesetzte Kohlensäure der Quelle selbst entstammt, gestattet sein, dieses besonders hervorzuheben. Von anderer Seite aber wird darauf hingewiesen, dass künstlicher Zusatz von Kohlensäure bezw. dieser und Kochsalz und die Bezeichnung „Natürliches Mineralwasser“ ein Widerspruch ist, da durch beide Zusätze, abgesehen davon, dass auch mitunter hierdurch nicht unschädliche Stoffe zugefügt werden können, die Natur des Quellwassers verändert wird. Auch giebt es eine grosse Reihe von gewöhnlichen Wasserquellen, die den eigentlichen Mineralwasser-Quellen nur entfernt oder kaum mehr nahe stehen — eine scharfe Abgrenzung zwischen beiden giebt es wohl nicht — denen aber durch Zusatz von Kochsalz und Kohlensäure die allgemeine Eigenart der Mineralwässer ertheilt werden könnte und die alsdann auch noch als „Natürliches Mineralwasser“ etc. bezeichnet werden dürften, was ohne Zweifel unzulässig wäre. Aus dem Grunde erscheint es richtiger, dass die veränderten, in den Handel gebrachten Mineralwässer nur den Namen der Quelle bezw. des Brunnens tragen und dabei durch besondere Zusatz-Aufschriften die Behandlungsweise erkennen lassen, z. B. Gerolsteiner Sprudel ¹⁾, Hubertus-Sprudel und Kaiserbrunnen Aachen mit Kohlensäure bezw. solcher der eigenen Quelle gesättigt; Birresborn (Lindenquelle) unter Zusatz von Kochsalz mit Kohlensäure gesättigt; Rhenser und Roisdorfer Mineralquelle enteisent und mit Kohlensäure bezw. der eigenen Quelle gesättigt, Apollinarisbrunnen und Taunusbrunnen enteisent und unter Zusatz von Kochsalz und Kohlensäure etc; die anderen in der Tabelle aufgeführten Tafelwässer, Crefelder Sprudel, Drachenquelle, Geilnauer Quelle, Selters bei Weilbach, Viktoria-Sprudel u. a. dürften eine ähnliche Behandlung erfahren haben. Unter Harzer Sauerbrunnen versteht man Tafelwässer aus verschiedenen Quellen, von denen nur vereinzelte als schwache Sauerlinge anzusehen sind; die meisten Tafelwässer dieser Art werden durch Zusatz von Kochsalz und Soda zu reinem Quellwasser sowie durch Sättigen mit Kohlensäure hergestellt; sie gehören daher zu den künstlichen Mineral-(Tafel-)wässern.

Die natürlichen Tafelwässer gehören zu den sogen. Sauerlingen und alkalischen Mineralwässern, welche die erste Gruppe der vorwiegend Heilzwecken dienenden Mineralwässer bilden. Man unterscheidet bei diesen ²⁾:

1. Sauerlinge und alkalische Mineralwässer.

- a) Einfache Sauerlinge mit wenig festen Bestandtheilen und viel freier Kohlensäure (z. B. Apollinaris, Birresborn, Marienquelle in Marienbad etc.). Der Gehalt an freier Kohlensäure schwankt von 498 bis 1539 cem in 1 l Wasser.
- b) Alkalische Sauerlinge oder auch Natron-Sauerlinge mit vorwiegendem Gehalt an doppeltkohlensaurem Natrium (z. B. Assmannshausen a. Rh., Billn in Böhmen, Neuenahr im Ahrthal etc.). Der Gehalt an doppeltkohlensaurem Natrium schwankt von 0,7792 bis 3,5786 g in 1 l Wasser.
- c) Alkalisch-muriatische Quellen oder Kochsalznatron-Sauerlinge, die neben freier Kohlensäure und Natriumbikarbonat auch noch Chlornatrium als wesentlichen Bestandtheil ent-

¹⁾ Angeblich Mischwasser zweier Quellen, von denen die eine nur wenig, die andere mehr Mineralstoffe enthält.

²⁾ Vergl. die Schrift von Alw. Goldberg: Die natürlichen und künstlichen Mineralwässer. Weimar 1892, worin die Zusammensetzung, Beschaffenheit und Gewinnung der Mineralwässer eingehend beschrieben ist.

halten (z. B. Ems, Niederselters, Weilbach (Lithionquelle), Kochel (Oberbayern), Offenbach a. Rh., Kaiser Friedrich-Quelle etc.). Der Gehalt an Kochsalz schwankt von 0,0400 bis 2,3346 g, der an Lithiumbikarbonat von 0,0040 bis 0,0278 g in 1 l Wasser.

- d) Alkalisch-salinische und alkalisch-sulfatische Quellen, die neben den vorgenannten Bestandtheilen noch mehr oder weniger Natriumsulfat enthalten (z. B. Karlsbad, Marienbad, Bertrich, Sulz, Tarasp etc.). Der Gehalt an Natriumsulfat schwankt von 0,0184 bis 3,5060 g in 1 l.

2. Eisenwässer. Diese enthalten neben den eben aufgeführten Bestandtheilen noch gewisse Mengen doppeltkohlensaures Eisenoxydul, nämlich 0,0120—0,1750 g in 1 l (kleine Mengen von doppeltkohlensaurem Eisenoxydul enthalten auch z. Thl. die unter 1. aufgeführten Mineralwässer). Man unterscheidet:

- Einfache Eisensäuerlinge mit wenig festen Bestandtheilen und viel freier Kohlensäure (z. B. Alexisbad im Harz, Alexanderbad im Fichtelgebirge, Schwalbach etc.).
- Alkalisch-salinische Eisensäuerlinge, gleichzeitig mit grösserem Gehalt an Kochsalz, doppeltkohlensaurem und schwefelsaurem Natrium (z. B. Flinsberg in Schlesien, Marienbad, Franzensbad etc.).
- Erdig-salinische Eisensäuerlinge, die neben den vorigen Bestandtheilen auch noch Chlorcalcium und Chlormagnesium enthalten (z. B. Driburg in Westf., Pyrmont, Wildungen, Rippoldsau in Baden etc.).

Manche Eisenwässer enthalten das Eisen auch in Form von Ferrosulfat (z. B. Alexisbad im Harz, Schwelm i. Westf.), oder auch zum Theil in Form von Ferrisulfat.

3. Kochsalzquellen, deren Hauptbestandtheil Chlornatrium neben geringeren Mengen anderer Chloride ist.

- Kalte einfache Kochsalzquellen (z. B. Cannstadt bei Stuttgart, Homburg v. d. H., Kissingen, Pyrmont, Soden etc.).
- Warme einfache Kochsalzquellen (Baden-Baden, Oeynhausens, Soden, Wiesbaden etc.).
- Kalte jod- und bromhaltige Kochsalzquellen (z. B. Tölz, Hall, Salzschlirf, Soden etc.).
- Warme jod- und bromhaltige Kochsalzquellen (z. B. Münster a. St., Warmbrunn im Riesengebirge).
- Kalte Salzsoolen in allen Soolbädern. Einige derselben, wie Oeynhausens, Nauheim, Münster a. St., enthalten gleichzeitig Kohlensäure.

4. Bitterwässer. Sie enthalten neben Chloriden und Natriumsulfat noch mehr oder weniger Magnesiumsulfat (Bittersalz), z. B. Franz Josef-Bitterquelle und Hunyadi Janos bei Budapest, Ofener Rackoocy-Bitterquelle etc.

5. Alkalisch-erdige Quellen. Ihre Hauptbestandtheile sind kohlensaures und schwefelsaures Calcium, zuweilen auch kohlensaures Magnesium neben geringen Mengen Chlornatrium, Natriumsulfat etc., z. B. Wildbad, Adelholzen (Oberbayern), Lippspringe (Westfalen), Wildungen (Waldeck) etc.

6. Schwefelquellen. Dieselben enthalten freien Schwefelwasserstoff oder Sulfite der Alkalien neben Sulfaten und Chloriden der Alkalien und alkalischen Erden.

- Kalte Schwefelquellen (z. B. Eilsen, Naundorf, Weilbach etc.).
- Warme Schwefelquellen (z. B. Aachen, Baden b. Wien, Landeck, Teplitz, Bentheim etc.).

7. Gehaltarme oder indifferente Quellen (Wildbäder). Sie enthalten nur geringe Mengen Salze, besitzen aber eine mehr oder weniger hohe Temperatur (zwischen 20—65°), z. B. Badenweiler, Gastein, Teplitz, Bagaz-Pfäfers, Schlangenbad, Wildbad (Württemberg) etc.

Die Zusammensetzung einiger der verbreitetsten Tafelwässer Deutschlands möge aus folgenden Zahlen (Gew.-Thle. für 1000 Gew.-Thle. Wasser) erhellen.:

Mineral

Nummer	Bezeichnung	Analyse bei Mergelgraben		Biller Saartbrunn	Birnbohrer Quelle (EMG)	Krefelder Spredel ¹⁾	Dreilich-Quelle bei Huerf	Fuchlinger Quelle	Golfener Quelle u. d. Lahn	Glimmer Saartbrunn		Haberse-Spredel in Hainichen
		oben	unten							oben	unten	
Zeit der Untersuchung		?	?	1875	1886	?	1886	1857	1878	1886	1899	
Untersucher		Bischof, Mahr, Kyt	W. Olsch	H. Freudenthal	K. Verneuil u. Hille	Pröfzsch u. Hille	H. Freudenthal	H. Freudenthal	H. Freudenthal	Neuwast u. Kratochwil	A. u. H. Freudenthal	
1	Natron	1,3553	5,7178	2,8517	—	2,6882	3,5798	1,0602	1,1928	1,0768	2,1129	
2	Kali	—	—	—	—	—	—	—	0,1086	0,0805	—	
3	Lithion	—	0,0225	0,0022	—	—	0,0022	Spar	0,0104	0,0004	0,0074	
4	Ammon	—	—	—	—	—	0,0019	0,0019	—	—	0,0016	
5	Kalk	0,2759	0,4985	0,2729	0,0093	0,2932	0,0253	0,4905	0,2439	0,0212	0,7913	
6	Baryt	—	—	0,0002	—	—	0,0002	0,0002	—	—	0,0002	
7	Strontian	—	—	—	—	—	0,0010	Spar	0,0028	—	0,0021	
8	Magnesia	0,2756	0,1993	1,0929	0,4527	0,2738	0,2770	0,3021	0,2124	0,1241	1,2658	
9	Eisenoxydul	0,0167	0,0021	0,0351	0,0112	0,0854	0,0052	0,0083	0,0008	0,0075	0,0211	
10	Manganoxydul	—	0,0001	0,0007	0,0001	—	0,0088	0,0018	0,0014	0,0003	0,0007	
11	Chlorkalium	—	—	—	0,0854	—	0,0297	—	0,0304	0,0214	—	
12	Chloratrium	0,2765	0,2384	0,2576	0,4422	1,2516	0,8211	0,0242	—	—	1,2721	
13	Bromatrium	—	—	0,0004	0,0049	—	0,0010	—	—	—	0,0016	
14	Jodatrium	—	—	Spar	0,0002	—	Spar	—	—	—	wenig	
15	Schwefelsaures Kali	—	0,2419	—	—	0,1447	0,0479	0,0170	0,0209	0,0121	0,1377	
16	„ Natron	0,2128	0,4568	—	—	0,2009	—	0,0085	—	—	0,2043	
17	Arsensaures Natron	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0015	
18	Phosphorsaure Thonerde	—	0,0007	Spar	—	—	Spar	Spar	—	—	—	
19	Thonerde	—	—	—	—	—	—	—	0,0019	0,0027	—	
20	Phosphorsaures Natron	—	—	0,0002	0,0003 ²⁾	—	—	0,0004	—	—	0,0009	
21	Borataures Natron	—	—	Spar	0,0127 ²⁾	—	0,0004	Spar	—	—	0,0010	
22	Salpetersaures Natron	—	—	Spar	0,0029 ²⁾	—	0,0009	Spar	—	—	0,0115	
23	Kieselsäure	0,0127	0,0223	0,0245	0,0099	0,0202	0,0255	0,0247	0,0594	0,0450	0,0179	
24	Organische Stoffe	—	—	—	—	—	—	—	0,0015	0,0018	—	
	In Ganzen	2,6760	9,1219	7,1614	7,7782	9,2835	7,2353	4,8402	4,2793	3,4794	5,9693	
	Kohlensäure, freie	—	1,4408	2,2819	0,9188	1,0599	1,7809	2,7808	2,2758	1,8507	0,8707	
	Stickstoffgas	—	—	wenig	—	—	wenig	0,0152	—	—	—	

¹⁾ In dem Krefelder Spredel werden weiter in 1000 Gewths. angegeben:
 Chlorlithium 0,0019 Chlorammonium 0,0125 Chlorbaryum 0,0076 Chlorstrontium 0,0061 Chlorkalium 0,2458
²⁾ Als Kalksalze angegeben

Wasser

Nummer	Bezeichnung	Kaltenbrunn in Aachen		Woltersbüchel Mineral-Quelle	Oberbrunn in Balbrunn	Börsener Spredel bei Kollha	Kollhaer Mineral-Quelle bei Bonn	Selters (bei Weilburg?)	Baudenbrunn in Gießen	Tannbrunn in Gießen-Karlsb.)	Wittolds-Spredel in Ober-Lahnstein	Viehy
		oben	unten									
Zeit der Untersuchung		?	?	1863	1881	1902	1878	1891	1902	1873	1883	?
Untersucher		Schriedde	H. Freudenthal	H. Freudenthal	H. Freudenthal	H. Freudenthal	Freitag	L. Ludwig	H. Freudenthal	H. Freudenthal	M. Freudenthal	?
1	Natron	0,7244	1,1266	2,1527	0,5899	0,5821	—	2,7892	—	1,4085	4,885	
2	Kali	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,052	
3	Lithion	0,0004	0,0050	0,0120	0,0102	—	—	0,0079	—	0,0131	—	
4	Ammon	—	0,0008	0,0007	0,0097	—	—	0,0021	—	0,0084	0,352	
5	Kalk	0,2197	0,4458	0,4383	0,4623	0,2086	2,1769	0,2354	1,8169	0,2684	0,434	
6	Baryt	—	0,0002	—	—	—	—	0,0009	wenig	—	—	
7	Strontian	0,0003	0,0028	0,0044	0,0002	—	—	0,0005	0,0026	0,0005	0,002	
8	Magnesia	0,0684	0,3081	0,4704	0,2428	0,2497	—	0,4289	0,2549	0,2886	0,308	
9	Eisenoxydul	0,0010	0,0042	0,0037	0,0029	0,0029	0,0019	0,0184	0,0182	0,0175	0,004	
10	Manganoxydul	—	0,0007	0,0008	0,0015	—	—	0,0004	0,0002	0,0005	0,0012	Spar
11	Chlorkalium	—	0,0176	—	—	—	—	0,0442	—	0,0192	—	
12	Chloratrium	2,6291	2,2346	0,1767	1,2586	1,8423	0,5376	0,5702	1,2655	1,2116	0,546	
13	Bromatrium	0,0031	0,0005	0,0008	0,0014	—	Spar	0,0014	—	0,0016	Spar	
14	Jodatrium	0,0006	wenig	wenig	0,0002	—	Spar	0,0004	—	0,0001	—	
15	Schwefelsaures Kali	0,1642	0,0483	0,0529	0,0426	—	—	0,0526	0,0008	0,0516	—	
16	„ Natron	0,2820	—	0,4594	0,7005	0,4828	—	0,2278	—	0,8157	0,291	
17	Arsensaures Natron	—	—	0,00015	—	—	—	—	—	Spar	—	
18	Phosphorsaure Thonerde	—	0,0004	—	—	—	—	—	—	—	—	
19	Thonerde	—	—	—	—	—	—	0,0002	—	—	—	
20	Phosphorsaures Natron	—	0,0002	—	—	—	—	0,00005	—	0,0009	0,130	
21	Borataures Natron	—	Spar	—	0,0057	—	—	—	—	0,0059	Spar	
22	Salpetersaures Natron	—	0,0007	0,0009	—	—	—	0,0121	0,0007	0,0043	—	
23	Kieselsäure	0,0042	0,0212	0,0021	0,0119	0,0092	0,0211	0,0074	0,0161	0,0218	0,070	
24	Organische Stoffe	0,0146	—	—	—	—	—	0,0040	—	—	—	
	In Ganzen	—	6,6768	3,8922	6,2920	3,2789	3,9223	7,0179	6,0976	6,0738	7,914	
	Kohlensäure, freie	—	2,2354	1,8786	3,1060	1,3182	2,2721	1,2404	2,4188	1,5151	0,208	
	Stickstoffgas	—	0,0041	—	—	—	—	—	—	—	—	

¹⁾ In dem Selterser Wasser sind ferret angegeben in 1000 Gewths. :
 Chlorlithium 0,0012 Chlorammonium 0,0009 Chlorbaryum 0,5408 Chlorstrontium 0,0222 Chlorkalium 0,0021 Chloratrium 0,0004 Chlorkali 0,0108
 Schwefelsaures Baryt 0,0021 Schwefelsaures Strontian 0,0004 Schwefelsaures Kali 0,0108
²⁾ In Tannbrunn-Wasser sind ferret angegeben in 1000 Gewths. :
 Chlorlithium 0,0023 Chlorammonium 0,0052 Chlorbaryum 0,0487 Chlorstrontium 0,0002 Chlorkali 0,0001

3. Künstliche Mineralwässer. Da sich die natürlichen Mineralwässer nur auf eine gewisse Strecke versenden lassen, ohne zu theuer für den allgemeinen Gebrauch zu werden, so pflegt man jetzt allgemein Mineralwasser künstlich herzustellen, indem man gewöhnlichem Quell- oder Brunnenwasser die entsprechenden Arten und Mengen Salze zusetzt und dann die Lösung mit Kohlensäuregas sättigt.

Auf 100 l destillirtes (oder ganz reines Brunnen-) Wasser rechnet man z. B. 150—350 g Natriumkarbonat und 20—50 g Kochsalz, indem man dazu wechselnde Mengen von bald 20 g Chlorcalcium oder 10 g Chlormagnesium oder 50—100 g Natriumsulfat bezw. Magnesiumsulfat etc. je nach dem Verwendungszweck zusetzt. Die Kohlensäure wird entweder direkt aus Magnesiumkarbonat durch Schwefelsäure (oder Salzsäure) erzeugt oder jetzt allgemein als fertige, flüssige Kohlensäure bezogen.

Indem man statt der Salze Zucker, Wein- oder Citronensäure dem Wasser zusetzt und dieses mit Kohlensäure sättigt, erhält man die Limonade gazeuse. Ueber Brause-Limonade vergl. S. 974.

Das gemeinsame Gefäß für die Bereitung der künstlichen Mineralwässer ist das mit Manometer etc. versehene Mischungsgefäß, in welchem die Sättigung der Salzlösung mit Kohlensäure unter Druck und Rühren vor sich geht. Für Flaschen rechnet man 4, für Siphons 6 Atmosphären Druck. Ist bei der Flaschenfüllung der Druck auf 3 Atmosphären gesunken, so muss wieder Kohlensäure nachgedrückt werden, jedoch ohne zu rühren. Bei den früheren Pumpenapparaten, bei denen die Entwicklungsgefäße für Kohlensäure aus Thon oder Blei gefertigt waren, wurde die durch Waschapparate gereinigte Kohlensäure zunächst in Gasometern gesammelt und von diesen durch Druckpumpen in das Mischungsgefäß gepresst; dabei unterschied man kontinuierliche Pumpenapparate, bei denen die Arbeit, d. h. Einfüllen der Salzlösung und Einpressen der Kohlensäure ohne Unterbrechung fortgesetzt werden konnte, und intermittirende bezw. diskontinuirliche Apparate, bei denen man das fertig gestellte Erzeugniß erst vollständig aus dem Gefäß abfüllte, bevor man es wieder mit einer neuen Menge Salzlösung füllte und das Einpressen der Kohlensäure von neuem begaun. Den Pumpenapparaten folgten die sog. „Selbstentwickler“, bei denen die Kohlensäure aus dem Entwicklungsgefäß durch ihren eigenen Druck, nicht durch Pumpen in das Wasser bezw. in die hergestellte Lösung eingepresst wurde. Auch hierfür sind wie für die Pumpenapparate verschiedene Einrichtungen in Anwendung gebracht. Statt dieser Apparate wendet man jetzt aber fast allgemein flüssige Kohlensäure in Bomben an, welche vorwiegend aus der Kohlensäure, die der Erde entströmt, theilweise aber auch aus Karbonaten (Magnesit und Kalkstein), oder durch Verbrennen von Koks, oder aus der Gährungs-Kohlensäure genommen wird. Bei ihrer Anwendung zur Darstellung von künstlichem Mineralwasser braucht zwischen Bombe und Mischungsgefäß nur ein Reducirventil, verbunden mit einem Expansionsgefäß, welches mit Manometer und Sicherheitsventil versehen ist, angebracht zu werden. Hierdurch ist die Darstellung künstlicher kohlensäurehaltiger Wässer wesentlich vereinfacht. Auch ist bei Anwendung flüssiger Kohlensäure die Möglichkeit einer schädlichen Verunreinigung des herzustellenden Mineralwassers geringer als bei Anwendung von selbsterzeugter gasförmiger Kohlensäure, indess enthält auch die flüssige Kohlensäure mitunter Ver-

unreinigungen¹⁾ (z. B. je nach der Gewinnungsweise ausser beigemengter Luft Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, Kohlenoxyd und andere Stoffe). L. Grünhut²⁾ fand in 3 Proben flüssiger Kohlensäure 0,33—6,92 % Glycerin, 0—0,92 % sonstige organische Stoffe, 0,40—0,84 % Eisenoxydul und 0,03—0,27 % sonstige Mineralstoffe.

4. Physiologische Wirkung der Mineralwässer. Die kohlen-säurehaltigen Mineralwässer wirken sowohl durch ihre Salze wie durch die Kohlen-säure einerseits erfrischend, andererseits vortheilhaft auf die Ver-dauung. Dass Salze die Absonderung der Verdauungssäfte befördern, ist schon S. 208 und weiter S. 353 die Bedeutung des Kochsalzes für den Stoffwechsel auseinandergesetzt.

W. Jaworski³⁾ hat aber nachgewiesen, dass auch Kohlensäure, ähnlich wie alle Gase, eine vermehrte Magensaft - Absonderung bewirkt, indem sie den Säuregrad und die peptonisirende Wirkung erhöht und gleichzeitig ein gewisses subjektives Wohlbehagen hervorruft, sowie den Appetit anregt.

Für die alkalischen Sauerlinge, d. h. die Natriumbikarbonat enthaltenden Mineralwässer treten als weitere günstige Wirkungen hinzu, dass sie im Falle zu starker Absonderung von Magensäure letztere neutralisiren und weiter bei Schleim-hautkatarrhen der Athmungs- und Verdauungsorgane den vermehrten abgesonderten Schleim dünnflüssig machen und lösen, ohne dabei, wie das Natriumkarbonat, ätzend zu wirken.

Andere Salze, besonders die Sulfate des Natriums und Magnesiums, wirken dagegen bis zu einer gewissen Grenze günstig auf die Darmentleerung (vergl. S. 253).

5. Beurtheilung und Verunreinigungen. Die wichtigste Frage zur Beurtheilung der Mineralwässer ist:

a) Was ist ein natürliches, was ein verändertes bzw. künstliches Mineral-wasser? Diese Frage ist verschieden beantwortet worden (vergl. S. 1415 u. A. Goldberg l. c. S. 65).

Durch Kaiserliche Verordnung „betreffend den Verkehr mit künstlichen Mineralwässern“ vom 9. Februar 1880 wurde folgendes bestimmt:

„Unter künstlich bereiteten Mineralwässern sind nicht nur die Nachbildungen bestimmter in der Natur vorkommender Mineralwässer, sondern auch andere künstlich hergestellte Lösungen mineralischer Stoffe in Wasser zu verstehen, welche sich in ihrer äusseren Beschaffenheit als Mineralwässer dar-stellen, ohne in ihrer chemischen Zusammensetzung einem natürlichen Mineralwasser zu entsprechen. Auf mineralische Lösungen der letztgedachten Art, welche Stoffe enthalten, die in den Verzeichnissen B und C zur deutschen Pharmakopöe aufgeführt sind, findet die vorstehende Bestimmung keine An-wendung; dieselben gehören vielmehr zu denjenigen Arzneimischungen, welche nach § 1 der Verord-nung vom 4. Januar 1875 als Heilmittel nur in Apotheken feilgehalten oder verkauft werden dürfen.“

Die seit dem 1. Mai 1890 in Kraft getretene Kaiserliche Verordnung vom 27. Januar 1890 „be-treffend den Verkehr mit Arzneimitteln“ (Reichsgesetzblatt 1890 No. 5, S. 9, Gesetznummer 1884), durch welche unter anderen auch die früheren für den Verkehr mit künstlichen Mineralwässern gelte-nden Bestimmungen vom 9. Februar 1880 aufgehoben wurden, enthält die auf künstliche Mineralwässer bezüglichen Bestimmungen in § 1:

¹⁾ Vergl. H. Lange, Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genussmittel 1898, 1, 286; J. C. A. Simon Thomas, ebendort 1900, 3, 864.

²⁾ Chem.-Ztg. 1895, 19, 555.

³⁾ Zeitschr. f. Biologie 1884, 20, 234.

„Die in dem anliegenden Verzeichnisse aufgeführten Zubereitungen dürfen, ohne Unterschied, ob sie heilkräftige Stoffe enthalten oder nicht, als Heilmittel nur in Apotheken feilgehalten und verkauft werden.

Diese Bestimmung findet auf Verbandstoffe (Binden, Gazen, Watten u. dergl.), auf Zubereitungen zur Herstellung von Bädern, sowie auf Seifen nicht Anwendung.

Auf künstliche Mineralwässer findet sie nur dann Anwendung, wenn dieselben in ihrer Zusammensetzung natürlichen Mineralwässern nicht entsprechen und wenn sie zugleich Antimon, Arsen, Baryum, Chrom, Kupfer, freie Salpetersäure, freie Salzsäure oder freie Schwefelsäure enthalten.“

Von den im Verzeichniss A unter 4 aufgeführten trockenen Gemengen von Salzen oder zerkleinerten Substanzen sind übrigens auch ausgenommen: Brausepulver, und zwar sowohl einfache, als auch mit Zucker und ätherischen Oelen gemischte, desgleichen Salze, welche aus natürlichen Mineralwässern bereitet oder aus den solchergestalt bereiteten Salzen nachgebildet sind, ferner Pastillen, aus natürlichen oder aus künstlichen Mineralwässern bereitet.

Das Reichsgericht hat ferner in einem Urtheil vom 7. Dezember 1900 erkannt, dass ein Mineralwasser, welches nach der Förderung längere Zeit der Luft und durch Berührung mit den Geräthen und dem Salze der Gefahr der Verunreinigung mit Mikroorganismen ausgesetzt ist, welches ferner durch Ausscheiden der Eisentheile, durch Entweichen von Kohlensäure und durch Zusetzen einer beträchtlichen Menge von Kochsalz in seiner chemischen Zusammensetzung verändert wird, weder in öffentlichen Bekanntmachungen, noch Reklameschriften, noch auf Etiquetten der versandten Flaschen und Krüge als „natürlich kohlensaures Wasser“ oder in ähnlicher, über die künstliche Herstellungsart desselben täuschender Weise bezeichnet werden darf.

b) Verunreinigung durch Mikrophytenkeime. Betreffs der Beschaffenheit des für die Herstellung von künstlichem Mineralwasser zu verwendenden Wassers, betreffs der Reinlichkeit der Räume, Apparate wie der hierin bzw. hiermit beschäftigten Arbeiter sind fast überall genaue und scharfe Polizeiverordnungen¹⁾ erlassen.

In erster Linie soll destillirtes Wasser oder sonst ein reines, vor oberirdischen Zuflüssen geschütztes Grundwasser verwendet werden.

Aber die Anwendung selbst von destillirtem Wasser sichert noch nicht immer die genügende Reinheit eines Wassers besonders von Bakterienkeimen, zumal wenn es, um den Blasengeschmack zu beseitigen, durch Holzkohle filtrirt und letztere nicht häufig erneuert wird. So fand Morgenroth²⁾, dass destillirtes Wasser beim Verlassen der Blase keimfrei war, nach Filtration, beim Verlassen des Holzkohlenfilters dagegen 50 000 Keime in 1 ccm enthielt. Weitere Quellen für die Verunreinigung bilden die verwendeten Salze des Handels und besonders die behufs Neufüllung zurückgelieferten Krüge und Flaschen. Morgenroth empfiehlt das destillirte und filtrirte Wasser, ebenso die Salzlösungen vor dem Einpressen der gereinigten Kohlensäure, ferner auch die Flaschen und Verschlüsse vor dem Füllen zu sterilisiren; auf diese Weise gelang es, keimfreies kohlensäurehaltiges Wasser zu erhalten, während ohne diese Vorsichtsmaßregeln hergestellte künstliche Mineralwässer bis gegen 100 000 Keime in 1 ccm enthielten. A. Zimmermann³⁾ fand in künstlichen Mineralwässern Dorpats ebenfalls zwischen 8000—39 500 Keime in 1 ccm, dazu in einigen Proben noch erhebliche Mengen organischer Stoffe, in anderen Proben salpetrige Säure und Ammoniak.

Auch J. Sohnke⁴⁾ hat gefunden, dass durch die verwendeten Gegenstände (z. B. Salz und aus dessen Umhüllung Papier, Lack, ferner Korke etc.) an sich manche Bakterienkeime in das künstliche Mineralwasser gelangen können, besonders auch dann, wenn die eingeleitete Kohlensäure Luft einschliesst.

Diese Bakterienkeime nehmen zwar, wie auch C. Leone⁵⁾ nachgewiesen hat, in dem mit Kohlen-

¹⁾ Vergl. z. B. die Polizeiverordnung f. d. Reg.-Bez. Posen vom 19. Nov. 1897, f. d. Reg.-Bez. Potsdam vom 15. Dez. 1898, f. d. Reg.-Bez. Wiesbaden vom 6. Febr. 1900 etc. (Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genussmittel 1898, 1, 807; 1899, 2, 758; 1901, 4, 45).

²⁾ Zeitschr. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genussmittel 1899, 2, 826.

³⁾ Ebendort 1901, 4, 234.

⁴⁾ Zeitschr. f. Mineralwasser-Fabrikation 1876, 273.

⁵⁾ Archiv f. Hygiene 1886, 4, 168.

säure gesättigten Wasser immer mehr ab, während sich dieselben in dem zur Herstellung des Mineralwassers verwendeten Wasser rasch vermehren; indess muss doch gefordert werden, dass auch die verwendeten Rohstoffe von vornherein thunlichst bakterienfrei sind. Zweifellos müssen in dieser Hinsicht an ein Mineralwasser dieselben Anforderungen gestellt werden, wie an ein gewöhnliches Trinkwasser.

e) Sonstige Verunreinigungen. Durch Anwendung unreiner flüssiger Kohlensäure können die Verunreinigungen dieser (vergl. vorstehend S. 1421) in das Wasser gelangen; werden zur Gewinnung der Kohlensäure Kalkstein (oder Magnesit) und Schwefelsäure angewendet, so können dem Wasser Arsen- und Kohlenwasserstoffe zugeführt werden.

Durch Anwendung von Zink-, Kupfer- und Bleigefässen bezw. Rohrleitungen können Zink, Kupfer und auch Blei in das Wasser gelangen. Beim Aufbewahren des künstlichen Soda- oder Selterswassers in den sog. Siphons geht unter Umständen Blei in dasselbe über.

Auch schlechte und undichte Korke können zu Verunreinigungen Veranlassung geben.

Beim längeren Lagern von Mineralwässern werden unter der Einwirkung freier, unter Druck stehender Kohlensäure mitunter Alkalien, Kalk, Kieselsäure aus der Masse der Glasflaschen und schlecht glasirten Krüge gelöst, Vorgänge, welche wie bei Bier durch Temperatur und Lichteinwirkung begünstigt werden.

Unter Umständen nehmen ursprünglich geruchlose Mineralwässer beim Lagern auch einen fauligen (Schwefelwasserstoff-) Geruch und Geschmack an, die nur durch eine nachträgliche Zersetzung durch Bakterien hervorgerufen sein können, daher stets ein Zeichen fehlerhafter Füllung bezw. Aufbewahrung sind.