I.

Die Beurtheilung der Genusswässer.

Unter Genusswasser im engeren Wortverstande begreift man dasjenige Wasser, welches zu Trink- und Kochzwecken dient, in weiterem Sinne begreift man auch das Hausgebrauchswasser darunter. Das Hausgebrauchswasser wird hauptsächlich zur Reinigung der Ess- und Trinkgeschirre, der Wäsche und Kleider, sowie des Hauses benutzt; es kommt also mit dem Menschen in unmittelbare Berührung, tritt zu ihm in directe Beziehung und muss daher auch im Grossen und Ganzen dieselben Eigenschaften besitzen, welche wir vom Genusswasser im engeren Sinne verlangen. Zudem ist eine scharfe Trennung zwischen Trinkwasser und Hausgebrauchswasser in der Praxis unmöglich; dahingegen lassen sich die den Betrieben und Industrien dienenden Wässer vom Trink- und Hausgebrauchswasser völlig abtrennen, sie werden als „Betriebswässer" hier nicht abgehandelt.

Wasser ist das allgemeinste Nahrungsmittel. Eine gute Beschaffenheit der Genusszwecken dienenden Wässer ist daher von höchster Bedeutung.

Von einem Genusswasser ist zu verlangen:

1. dass es keine schädlichen Eigenschaften besitze,
2. dass es so angenehm und appetitlich wie möglich sei.

A. Die Unschädlichkeit der Genusswässer.

Der Genuss eines Trinkwassers, in welches ausgesprochene Gifte oder bei anhaltendem Gebrauch schädlich wirkende Stoffe übergetreten sind, kann zu schweren Intoxicationen führen; ebenso können die verschiedensten Infectionskrankheiten durch das Wasser vermittelt werden, sofern ihre Keime darin enthalten sind.

Demnach muss nach dem alten, in Medicin und Gesundheitspflege herrschenden Grundsatz: „ne nocere", auch für die Be-

schaffenheit der Trinkwässer als erste und wichtigste Bedingung ihre absolute Unschädlichkeit gefordert werden. Desshalb sind:

Wässer, welche schädlich wirkende Stoffe oder Krankheitserreger enthalten, oder die Möglichkeit bieten, dass derartige Stoffe oder Krankheitserreger hinein gelangen, vom Genuss völlig auszuschliessen, oder erst dann zuzulassen, wenn sie von den eventuell darin enthaltenen schädlich wirkenden Stoffen oder Krankheitskeimen befreit worden sind.

a. Gifte.

Wenn man von absichtlichen Trinkwasser- (Brunnen-) Vergiftungen mit Arsenik und dergl. absieht, kommen von mineralischen Giften im Wesentlichen nur Bleiverbindungen in Frage, welche aus dem Material bleierner Leitungsröhren in das Wasser gelangen können [1]). Im Hinblick auf die ausgeprägten toxischen Eigenschaften der Bleisalze sowie der cumulirenden Eigenschaft des menschlichen Organismus für Blei dürfen im Trinkwasser auch nicht Spuren von Bleiverbindungen enthalten sein. Die strenge Aufrechterhaltung dieser Forderung ist um so berechtigter, als man die für die Lösung von Blei der Leitungsröhren durch Wasser prädisponirenden Momente kennt und in der Lage ist, dem Uebergang von Blei in das Wasser wirksam zu begegnen, indem man zur Leitung eines Wassers, welches freie Kohlensäure und gelösten Sauerstoff enthält, für das System der Zweigleitungen entweder überhaupt keine Bleiröhren verwendet oder dass man, wenn dieselben schon vorhanden sind, nach dem Vorgang der Stadt Dessau den Angriff des Bleies durch das Wasser mittelst kohlensauren Kalkes verhindert. Die Befolgung des Vorschlages, vor dem Gebrauch eines Genusswassers, welches Blei aufzunehmen vermag, jeweils — besonders wenn das Wasser einige Zeit ruhig in den Leitungsröhren gestanden hat — einige Liter bezw. soviel Wasser abzulassen, als in der bleiernen Nebenleitung enthalten war, stellt einen mit grossem Wasserverlust verbundenen Nothbehelf dar, welcher vor Bleiintoxicationen nicht mit voller Sicherheit schützt.

Andere ausgesprochene mineralische Gifte gelangen seltener in natürliche Wässer. Trotz seines allgemeinen Vorkommens in der Natur (vergl. S. 27) wird Arsen doch nur selten in mehr als wie Spuren zu bezeichnenden Mengen in natürlichen Wässern ange-

[1]) Vergl. S. 29 und das nachfolgende Kapitel über die Verunreinigung der Wasserläufe durch Abwässer.

troffen, und schädigende Einflüsse durch den Genuss derartiger Wässer sind nur ganz vereinzelt constatirt worden. Doch können grössere Mengen von arseniger Säure oder Arsensäure, des Weiteren auch Quecksilberverbindungen, schweflige Säure sowie auch einige andere Mineralgifte, von industriellen Abgängen herrührend, in Ausnahmefällen in Betracht kommen. Schwefelwasserstoff, eines der heftigst wirkenden Mineralgifte, tritt in meist minimalen Mengen in manchen Grundwässern auf; der Genuss eines auch nur einigermaassen erhebliche Mengen dieses giftigen Gases enthaltenden Wassers verbietet sich durch seinen ekelerregenden Geruch schon von selbst; ausserdem lässt sich der Schwefelwasserstoff leicht durch Lüftung entfernen.

Dass auch Kupfer und Zink in Genusswässer gelangen können, haben wir Seite 31 näher erläutert. Grössere Mengen von Salzen dieser beiden Metalle können ernstliche Vergiftungserscheinungen hervorrufen, doch handelt es sich bei Trinkwässern (auch künstlichen Mineral- und Luxuswässern), welche Kupfer- oder Zinksalze aus Leitungen oder Apparaten aufgenommen haben, stets um so geringe Mengen, dass Gesundheitsstörungen durch dieselben ausgeschlossen erscheinen und unseres Wissens thatsächlich auch nie beobachtet wurden, wie denn überhaupt weder chronische Kupfer- noch chronische Zinkvergiftungen bis jetzt mit Sicherheit festgestellt worden sind[1]). Man hat insbesondere dem Kupfer bis vor wenigen Jahren stark toxische Eigenschaften zugeschrieben und desshalb einen auch geringen Kupfergehalt in Nahrungsmitteln und Getränken strenge verpönt. Versuche haben aber gezeigt, dass einem 60 kg schweren Menschen bis zu 0,1 g Kupfer pro Tag verabreicht werden kann, ohne dass Gesundheitsstörungen eintreten, wobei es sich als gleichgültig erwies, in welcher Form das Kupfer genommen wurde. Beim Überschreiten dieser Dose traten die Erscheinungen acuter Kupfervergiftungen hervor[2]).

Während der chemische Nachweis mineralischer Gifte im Wasser bei Verwendung hinreichend grosser Mengen Wassers ohne Schwierigkeit und mit vollkommener Sicherheit geführt werden kann, ist die Erkennung toxisch wirkender organischer Substanzen um so schwieriger, als es sich hierbei meist nicht bloss um Gemenge verschiedenartiger und schwer zu trennender Stoffe, sondern auch um in chemischer Beziehung zu wenig scharf charakterisirte Verbindungen und um minimalste Mengen handelt.

---

[1]) Vergl. Kobert, Lehrbuch der Intoxicationen, Stuttgart 1893, S. 284 und 288.

[2]) Siehe: Tschirch, Das Kupfer, Stuttgart 1893, S. 106 und ff. und S. 134.

Man kann die in den natürlichen Wässern auftretenden organischen Bestandtheile — wenn man von den verschiedenartigen und unberechenbaren Verunreinigungen der Gewässer mit gewerblichen oder industriellen Abgängen absieht — im Allgemeinen in die Gruppen der Humussubstanzen und der Fäulnissproducte unterscheiden.

Die Humussubstanzen sind nicht giftig; selbst Wässer, welche relativ grössere Mengen davon enthalten, wirken, auch wenn sie andauernd genossen werden, nicht gesundheitsschädlich. Die an diesen Verbindungen reichen Wässer schmecken eigenartig fade und werden aus diesem Grunde für Genusszwecke, wenn angängig, nicht verwendet.

Was nun die organischen Fäulnissproducte anlangt, so üben die damit verunreinigten Wässer, wie die Erfahrung lehrt, giftige Wirkungen nicht aus.

Man glaubte früher, dass durch Wässer, welche viel organische Substanzen enthielten, Verdauungsstörungen erzeugt werden könnten. Die ärztliche Beobachtung hat indessen diese Annahme nicht gestützt. Fälle von Magenverstimmungen oder von Durchfällen, die auch nur mit Wahrscheinlichkeit auf den Genuss eines an organischen Stoffen reichen Wassers zurückgeführt werden mussten, sind nicht bekannt geworden.

Unter den Zerfallsproducten der organischen Substanzen sind die wichtigsten die Toxine und Toxalbumine. Sie entstehen unter gewissen, allerdings noch nicht genau bekannten Bedingungen bei der Fäulniss, und einige dieser Fäulnissbasen besitzen eine ganz erhebliche Giftigkeit, während andere relativ unschädlich sind.

Die Fäulnissbasen werden erzeugt durch bestimmte Mikroben, aber letztere büssen in verdünnten Medien und ausserhalb des Thierkörpers die Function, Gifte zu bilden, rasch ein, und andererseits sind die erwähnten Fäulnissproducte so labil, dass sie unter dem Einfluss der überall in den oberen Bodenschichten und überall im Wasser enthaltenen Mikroorganismen sehr rasch in Ammoniak und Kohlensäure oder in ungiftige Zwischenproducte zerfallen [1]).

Auch kennt die gesammte ärztliche Erfahrung aller Culturländer kein Beispiel, dass durch im Trinkwasser enthaltene Toxine eine Gesundheitsschädigung hervorgerufen sei.

Kann demnach auch den organischen Substanzen und ihren Abkömmlingen im Wasser, bis jetzt wenigstens, eine directe Gesundheitsschädigung nicht beigemessen werden, so verdient gleichwohl ihre Anwesenheit ernste Beachtung, da sie auf die Infectionsmög-

---

[1]) Vergl. auch S. 20 u. ff.

lichkeit des Wassers hinweisen kann und die Annehmlichkeit und Appetitlichkeit des Wassers wesentlich beeinflusst, zwei Punkte, auf welche später noch ausführlich zurückzukommen ist.

b. Krankheitserreger.

Zur Zeit weiss man noch nicht, wieviel Krankheitskeime unter gegebenen Bedingungen zu einer Infection erforderlich sind. Wahrscheinlich sind in den allermeisten Fällen eine Mehrzahl dazu nothwendig, indessen ist nicht ausgeschlossen, dass unter gewissen Bedingungen auch ein einziger Keim genügt; eine Milzbrandspore z. B., oder ein Cholerabacillus, welcher unbeschädigt den Magen passirt hat, kann im Darm, wenn er der Schädigung der lebenden Zelle nicht ausgesetzt ist, sondern auf ihm zusagendem Speisebrei lagert, sich vermehren und die tödtliche Krankheit bedingen. Andererseits steht fest, dass Wässer, welche pathogene Keime enthalten, auch ohne Schaden genossen werden können. Man braucht sich nur daran zu erinnern, dass der normale Magensaft auf manche Bakterien zerstörend einwirkt, dass eine Anzahl von Personen für gewisse Krankheiten unempfänglich ist, und dass bei der ungleichen Vertheilung der Krankheitskeime im Wasser die gerade genossenen Wassermengen frei von pathogenen Bakterien sein können, um einzusehen, dass der Genuss inficirten Wassers nicht unter allen Umständen Erkrankungen zur Folge haben muss.

Auf die Wirkung der mit dem Wasser eingeführten pathogenen Keime ist auch der Füllungszustand des Magens von Belang. Untersuchungen haben ergeben, dass in einen leeren Magen eingeführte Wassermengen eine Ausscheidung der Magensäfte in nennenswerthem Grade nicht hervorrufen, also die schädigende Einwirkung der Salzsäure nicht zur Geltung kommt, und dass eine beträchtliche Menge des genossenen Wassers rasch in den Darm übertritt; anderentheils vermag viel vorhandener Speisebrei die eingebrachten Bacillen einzuhüllen und vor Schädigung durch den Magensaft zu schützen.

Die Infection ist daher von den verschiedensten Verhältnissen abhängig. Wir müssen aber nicht mit den günstigen, sondern mit den ungünstigen Verhältnissen rechnen und daher jedes Wasser verwerfen, in welchem Krankheitskeime auch in ganz vereinzelten Exemplaren enthalten sind.

Leider bietet indessen der Nachweis der Krankheitskeime in inficirten Wässern manche Schwierigkeiten, auf deren völlige Beseitigung auch in Zukunft kaum gerechnet werden kann.

Die Krankheitskeime sind Einzelwesen, welche in einer grossen Wassermenge vertheilt, und zwar ungleichmässig vertheilt sind. Es

kann sich daher leicht ereignen, dass dieselben in der geringen Wassermenge, welche bakteriologisch überhaupt untersucht werden kann, zufällig nicht vorhanden sind. Zudem ist eine Anzahl von Krankheitskeimen noch unbekannt und die bekannten haben zum Theil wenig ausgesprochene Eigenschaften, so dass es schwer ist, sie mit Sicherheit zu diagnosticiren. Ein fernerer Grund, wesshalb die pathogenen Mikroorganismen selten gefunden werden, liegt darin, dass wir oft mit unseren Untersuchungen zu spät kommen. Die Zeit, welche von der Infection bis zum Ausbruch der Krankheit verstreicht, zusammengenommen mit der Zeit, welche vergeht, bis der Verdacht auf ein bestimmtes Wasser gelenkt worden ist, reicht in vielen Fällen hin, um die pathogenen Mikroorganismen, welche zuweilen nur relativ kurze Zeit im Wasser ausdauern, wieder aus dem Wasser verschwinden zu lassen.

Ueber den directen Nachweis der Krankheitserreger im Wasser ist an dieser Stelle wenig zu sagen.

Die verschiedenen Arten der im Wasser vorkommenden krankheitserregenden Organismen sind im Kapitel VI angegeben, ihre Lebensbedingungen und ihr Nachweis sind in den Kapiteln XIV und XV D. ausgiebig besprochen worden.

Was die Möglichkeit einer Infection durch Wasser angeht, so ist zu bedenken, dass wir uns nach den bislang vorliegenden Erfahrungen alle Erreger von Infectionskrankheiten als belebte Wesen vorzustellen haben, die entweder, wie die meisten der bis jetzt erforschten Krankheitskeime, Bakterien sind, oder ihnen in Grösse und Eigenschaften einigermaassen gleichen und ungefähr dieselbe Widerstandsfähigkeit wie die ausdauernsten bis jetzt bekannten Mikroorganismen besitzen.

Da die meisten Infectionserreger an den Menschen und den menschlichen Verkehr geknüpft sind, so bieten alle diejenigen Wässer die Möglichkeit einer Infection, welche durch Bakterien aus der Nähe der Menschen verunreinigt werden können.

a) Zu diesen Wässern sind die offenen Wässer stark bewohnter und bebauter Gegenden zu rechnen.

In geringem Grade durch den Wind, in viel höherem Grade durch ständige oder zeitweilige Zuflüsse, z. B. durch Waschwasser, Stadtabwasser, durch das von Regengüssen erzeugte Tagewasser etc. werden Massen von Bakterien in die offenen Wässer gespült. Die saprophytischen Bakterien sind, so viel bis jetzt bekannt ist, harmlos, und ihre Anzahl in einem Wasser ist an sich gleichgültig; aber

mit der vermehrten Zufuhr dieser Mikroorganismen steigt auch die Möglichkeit, dass sich darunter pathogene Keime befinden. Das plötzliche Ansteigen der Bakterienzahl eines offenen Wassers zeigt eine Verunreinigung und damit auch häufig eine gesteigerte Infectionsmöglichkeit an.

Für die Grösse der letzteren ergiebt sich ein gewisser Maassstab aus einem Vergleich der während der Verunreinigungen aufgefundenen Bakterienzahl mit der Zahl der unter normalen Verhältnissen in dem betreffenden Wasser vorkommenden Mikroorganismen.

Als offene Wässer sind anzusehen die Wässer der Seen, Flüsse, Bäche, offenen Reservoire, z. B. der Thalsperren, der Cisternen, der Reinwasserbecken der Wasserleitungen, sodann die Wässer der ungefassten Quellen und der nicht oder schlecht gedeckten Brunnen.

Zum Nachweis der Infectionsmöglichkeit dieser Wässer genügt die Berücksichtigung der localen Verhältnisse.

Es ist ganz gleichgültig, ob die bakteriologische Untersuchung bei offenen Wässern ein keimarmes oder keimreiches Wasser, ob die chemische Untersuchung ein in ihrem Sinne reines oder unreines Wasser ergiebt, — liegen die erwähnten Wässer in der Nähe der Heimstätten von Menschen, so können sie im gegebenen Falle Krankheitserreger leicht aufnehmen und dem Menschen vermitteln, daran kann ihre chemische und biologische Qualität nichts ändern.

Die Thatsache „offenes Wasser in bewohnter Gegend“ an sich genügt, um ein Wasser als infections-„verdächtig“ hinzustellen.

Verdächtige Wässer lassen sich nicht selten in unverdächtige umwandeln. Quellen können gefasst, offene, schlecht construirte Brunnen in oben und seitlich geschlossene verwandelt werden; die offenen Reservoire der Wasserleitungen lassen sich überdecken; Wasseransammlungen, z. B. kleinere Seen oder die hinter Thalsperren aufgesammelten Wässer, lassen sich dadurch schützen, dass man das Niederschlags- oder das tributäre Gebiet einschliesslich der nächsten Umgebung von Menschen und ihren Ausscheidungsproducten frei hält, z. B. auf den Abhängen nur Wald, in den Niederungen nur Wiesen duldet, die mineralischen Dünger erhalten, und die Reservoire von dem menschlichen Verkehr möglichst vollständig abschliesst. Cisternenwasser ist dann gefährlich, wenn das Regenwasser in der Nähe menschlicher Wohnungen aufgefangen wird. Die oft angebrachten Filter vermögen wohl den groben Schmutz abzuhalten, aber nicht das Cisternenwasser keimfrei zu machen.

Will man überhaupt ein an sich verdächtiges Wasser sicher unschädlich machen, so ist das beste Mittel hierzu die Erhitzung. Für die nicht sporenhaltigen Mikroben, also die allermeisten Krankheitserreger, genügt bereits eine fünfzehn Minuten währende Temperaturerhöhung auf 80° C., ein eigentliches Abkochen ist nicht einmal erforderlich, aber jedenfalls sicherer als das blosse Erhitzen auf 80° C., vor Allem desshalb, weil das Sieden leichter erkennbar und leichter controllirbar ist. Im Kleinbetriebe ist diese Methode, Krankheitskeime aus dem Wasser zu entfernen, anwendbar, aber für den Grossbetrieb ist sie bis jetzt viel zu theuer und hat aus diesem Grunde keine Verwendung gefunden.

Das souveräne Mittel, ein „verdächtiges" Wasser in ein brauchbares Genusswasser zu verwandeln, ist zur Zeit noch die Filtration. Man unterscheidet zwischen Kleinfiltern und Centralfiltern. Die ersteren verfolgen den Zweck, das für eine Haushaltung erforderliche Trink- und Hausgebrauchswasser — soweit letzteres nicht durch Erhitzung unschädlich gemacht wird — im Hause selbst keimfrei zu machen. Die bis jetzt verwendeten Filter dieser Art erfüllen ihren Zweck nicht, sondern lassen von vornherein Bakterien durch, sind also unbrauchbar. Keimdicht sind in der ersten Zeit des Betriebes nur einige wenige Filter, darunter die von Chamberland, Berkefeld, Nordtmeier, Pukall, Breyer und Hesse; aber auch diese haben zwei Fehler: 1. werden sie von den Bakterien durchwachsen. Nach den im hygienischen Institute von Gruber-Wien angestellten Untersuchungen wachsen jedoch die pathogenen Keime nicht hindurch, diese sollen vielmehr in dem Wasser als einem schlechten Nährmaterial bald absterben; aber die erwähnten Filter sind sehr zerbrechlich, sie bekommen leicht Spalten und Risse, welche unter dem Schmutzbelag schwer sichtbar ungezählte Mengen von Bakterien in das Filtrat hinein lassen, oder es finden sich von vornherein kleine Fehler in der Filtermasse, welche wunde Stellen für die Filtration darstellen und viele Bakterien durchlassen; daher muss jedes dieser Filter vor seinem Gebrauch und von Zeit zu Zeit während desselben bakteriologisch geprüft werden; 2. nimmt die Quantität des Filtrats sehr bald beträchtlich ab. Nach Untersuchungen, die ausser an anderen Stellen in grösserem Maassstabe mit dem Berkefeld-Filter im Nahrungsmittel-Untersuchungsamt der Stadt Breslau [1]) angestellt worden sind, verminderte sich die Filtrationsgeschwindigkeit zuerst erheblich, dann langsam. Nach einigen Tagen Gebrauchs dauerte es zehn bis fünfzehn Minuten, ehe eine Filter-

[1]) Bernhard Fischer, Jahresbericht 1893, Breslau.

ellarisiger

hes Bild	
ingender	auf N
Stunden alte i- elbständige, h mperatur nic- afte, bei Bg 7°) lebhafte Ber äden haben Sc ngen. Das b ngsterrain is s Tropfens.	Kein Fl (s.
Stunden alte s Bewegung i- niger lebhaft e r ist minim- r auch der illen gleich s-	Die Fl sta Ba
einzelnen B eglich, tan	

Tabellarische Zusammenstellung der für die Unterscheidung wichtigen Eigenschaften einiger pathogener Mikroorganismen.

Name	Färbung	Mikroskopisches Bild: gefärbtes Präparat	Mikroskopisches Bild: hängender Tropfen	Geisseln und Sporen	Cultur: in Gelatine: Stich	Cultur: in Gelatine: Platte	Cultur: auf Agarplatte	Cultur: auf Blutserum	Cultur: in Pepton[illegible]	Cultur: in Milch	Cultur: auf [illegible] Nährflüssigkeit	Cultur: auf [illegible]	Cultur: auf Kartoffeln	Cultur: [illegible]	Gasentwickelung		Thierexperimente
Typhusbacillen.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Bakterium coli commune.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Cholerabacillen.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]				[illegible]				[illegible]
Milzbrandbacillen.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]					[illegible]				[illegible]

Bleichende Farbe!	14,5			
Kalk:	148	mg	"	1 "
Magnesia	25	"	"	1 "
Schwefelsäure	22	"	"	1 "
Chlor	7,8	"	"	1 "
Ammoniak	0	"	"	" "
Salpetrig. Säure	deutlich			
Salpetersäure	0			
Kaliverm. Verbrauch organischer Substanz	4,1 mg.			

Hyg. Institut, Jena

St. G. W. & E. Werkstätt.
8/9.1910

Chem. Analyse von dem Leitungswasser der Stadt Arnstadt

I. Physikalische Untersuchung

1. Geschmack:	Gut		
2. Geruch:	Fehlt		
3. Farbe & Klarheit	Farb- & Geruchlos		
Abdampfrückstand:	356 mg	in	1 Liter
Glührückstand:	144 "	"	1 "
Glühverlust:	112 "	"	1 "
Gesamte Härte:	17,9 "	"	1 "
Bleibende Härte:	14,5		
Kalk:	148 mg	"	1 "
Magnesia	25 "	"	1 "
Schwefelsäure	22 "	"	1 "
Chlor	7,8 "	"	1 "
Ammoniak	0 "	"	" "
Salpetrig. Säure	deutlich		
Salpetersäure	0		
Kaliverm. Verbrauch-organischer Substanz	4,1 mg.		

Wasseruntersuchungs-Tabelle

Ort: Arnshaugk Leg. d. Wassers: Wasserleitung

Tag der Entnahme	Physikal. Befund	Zahl der aus 1 cm³ Wasser auf Nährboden Keime	Chemischer Befund: a) nach Anhang 2 der Trinkwasserverordnung					b) quantitative Untersuchung								Urteil über Zulässigkeit des Genusses d. Wassers
								Milligramm pro Liter Wasser								
			Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpeter-Säure	Gesamt-Härte	Bleibende Härte	Das zur Oxydation der organischen Substanz verbrauchte Kaliumpermanganat	Oxydierbarkeit	Chlor	Kalk	Magnesia	Kieselsäure	Abdampfrückstand bei 100-110° C	Glührückstand	
										Cl	CaO	MgO	SiO_2			
12.III.13	Kl.		0	0	0	19,5	3,3	3,36	16,8	8,2	73,8	41	23	387	270	s. g.
23.IV.13	"															
	"	22	0	0	0	20,2	2,9	3,02	15,1	9,3	140	44	24	390	284	s. g.
4.XI.13	"		0	0	0	19,8	3,2	3,10	15,5	9,8	136	44	23	386	279	" "
12.IX.14	"	3180	0	0	m.R.	17,3	2,5	3,8	19,0	8	129	31	18	365	226	" "
8.III.15	"		0	0	m.R.	18,4	4,4	2,2	11,0	12	128	40	39	350	292	s. g.
26.X.24	"		0	0	m.R	18,5	3,6	2,2		19,0	144	30	25,0	356	145	s. g.
7.2.26	"		0	0	m.R	16.96	1,28	3,79		7,9	167,4	1,59	28,8	375	329,0	s. g.

Vorsitzg. Käse 15,12 Deutsche H. Zat.

m.R. = minimale Reaktion

Hyg. Institut, Jena

St. G. W. & E. Werkzeug.
8./9. 1910

Chem. Analyse von dem Leitungswasser der Stadt Arnstadt

I. Physikalische Untersuchung

1. Geschmack:	Gut			
2. Geruch:	Fehlt			
3. Farbe & Klarheit	Farb- & Geruchlos			
Abdampfrückstand:	356 mg	in	1	Liter
Glührückstand:	144 "	"	1	"
Glühverlust:	112 "	"	1	"
Gesamte Härte:	17,9 "	"	1	"

kerze zwei Liter Wasser lieferte. Auskochen oder Abbürsten stellte die ursprüngliche Filtrationsgeschwindigkeit ungefähr wieder her.

Obscl
haltung m
Keimen fi
einer Stac
bleibt nur
Gestalt de

Die
Bakterien,
Bakterien
schwankte
1 : 28500.

Im K
mission vo
worden: in
nicht meh
gut angele
werden br
gewisse Z
mag; inde
Von den
ein anderc
Kanälen u.
pathogene
„Grenzzahl
von Seiten
gesehen wc
nicht an,
verbreitet
Stettin, sov
Typhusepic
verdächti
relativen
werke, de

Zur C
bakteriol

Das V
schichten a
organischer
wie z. B. d

Wasseruntersuchungs-Tabelle

Ort: Arnstadt Bez. d. Wassers: Wasserleitung

Tag der Entnahme	Physikal. Befund	Zahl der aus 1 cm³ Wasser entwickelten Keime	Chemischer Befund a) nach Anhang 2 der Kriegssanitäts-Ordnung: Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpeter-Säure	Gesamt-Härte	Bleibende Härte	b) quantitative Untersuchung: Milligramm pro Liter Wasser: Das zur Oxydat. verbrauchte Kalium entspr. perman. organ. ganat. Subst.		Chlor	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Abdampfrückstand bei 100–110° C.	Glührückst.	Urteil über d. Brauchbarkeit d. Wassers
										Cl.	Cab	Mg6	S.6.			
12.3.13	Kl.		0	0	0	19,5	3,3	3,36	16,8	8,2	138	41	23	387	270	s. g.
23.4.13	"	22	0	0	0	20,2	2,9	3,02	15,1	9,3	140	44	24	390	284	s. g.
4.11.13	"		0	0	0	19,8	3,2	3,10	15,5	9,8	136	44	23	386	279	" "
12.9.14	"	3180	0	0	m. R.	17,3	2,5	3,8	19,0	8	129	31	18	365	226	" "
8.3.15	"		0	0	m. R.	18,4	4,4	2,2	11,0	12	128	40	39	350	222	s. g.
26.10.24	"		0	0	m. R.	18,5	3,6	2,2		10,0	144	30	25,0	356	145	s. g.

Pharm. Zeitung 1914 Seite 922
Jahrbuch d. Pharmazie 1913 Seite 466
~~[illegible]~~
Vorsteher-Pfeiffer

m. R. = minimale Reaction

144
30
174
14
196
174
1
1936
1

Kalium permisit

kerze zwei Liter Wasser lieferte. Auskochen oder Abbürsten stellte die ursprüngliche Filtrationsgeschwindigkeit ungefähr wieder her.

Obschon mittelst Kleinfiltern eine einzelne gut geleitete Haushaltung mit, wenn auch nicht keimfreiem, so doch von pathogenen Keimen freiem Wasser versorgt werden kann, so ist die Versorgung einer Stadt mittelst Hausfiltern eine Unmöglichkeit. Für Städte bleibt nur die centrale Filtration, welche zur Zeit fast allein in Gestalt der „Sandfiltration" in Anwendung gezogen wird.

Die frühere Auffassung, dass gut betriebene Sandfilter alle Bakterien zurückhielten, ist irrig, es dringen vielmehr aufgebrachte Bakterien mit dem Wasser hindurch. Ihre Zahl ist verschieden, sie schwankte in den Piefke'schen Versuchen zwischen 1:386 und 1:28500.

Im Kaiserlichen Gesundheitsamt zu Berlin ist von einer Commission von Hygienikern und Wassertechnikern der Satz aufgestellt worden: im Cubikcentimeter des Filtrats sollen — im Allgemeinen — nicht mehr als 100 Bakterien vorhanden sein, eine Zahl, welche bei gut angelegten und gut betriebenen Filtern nicht oft überschritten zu werden braucht, obgleich gern zugegeben werden soll, dass sie für gewisse Zeiten und an gewissen Orten zu niedrig gegriffen sein mag; indessen ist das doch immer eine Ausnahme von der Regel. Von den 100 Bakterien sind nur ein Theil direct durchgedrungen, ein anderer Theil entstammt den unteren Filterschichten, den Kanälen u. s. w.; somit ist die Wahrscheinlichkeit recht gering, dass pathogene Bakterien unter den 100 Bakterien enthalten sind. Diese „Grenzzahl" im wahren Sinne des Wortes, wesentlich zu erhöhen, was von Seiten der Wassertechnik als eine bedeutende Erleichterung angesehen worden wäre, ging, vom gesundheitlichen Standpunkte aus, nicht an, weil selbst durch filtrirtes Wasser mehrfach Epidemien verbreitet sind. Es sei erinnert an die Cholera in Nietleben und Stettin, sowie die kleine Winterepidemie 1892/93 in Altona, an die Typhusepidemie von Berlin 1889 u. s. w. Die Filtration verdächtiger Wässer durch Sand gewährt also nur einen relativen Schutz, und es ist Sache der Leitung der Filterwerke, denselben möglichst dem absoluten zu nähern.

Zur Controlle der Leistungen der Filterwerke dient die bakteriologische Untersuchung.

Das Wasser wird auf dem Wege durch die keimreichen Sandschichten auch chemisch verändert, vor Allem wird ein Theil der organischen Substanz oxydirt; aber die chemischen Processe sind, wie z. B. die Untersuchungen von Proskauer lehren, geringwerthig

und sie treffen nicht den Kern der Sache, die Veränderung der Menge der Bakterien.

Die bakteriologische Untersuchung muss sich auf das Filtrat jedes einzelnen Filters erstrecken. Die Untersuchung des Mischwassers allein genügt nicht: wenn sechs Filter gut, ein Filter schlecht filtrirt, so braucht sich dieser Fehler in der Bakterienzahl des Gesammtwassers nicht bemerkbar zu machen, während die Untersuchung des einzelnen Filters Aufschluss giebt.

Hier möge hinzugefügt sein, dass nach den „Grundsätzen für die Reinigung von Oberflächenwässern durch Sandfiltration zu Zeiten der Choleragefahr“ [1]), welche von jener eben erwähnten Commission in Berlin im Januar 1894 aufgestellt sind, die tägliche bakteriologische Prüfung des Filtrats jeden Filters anempfohlen wird. Ein Filtrat mit mehr als 100 Bakterien im Cubikcentimeter sei vom Gebrauch auszuschliessen; bei nicht nur vorübergehender Lieferung ungenügenden Filtrats soll das Filter ausgeschaltet, der Fehler gehoben werden; wie jedes Filter eine Einrichtung haben muss, um sein Reinwasser gesondert entnehmen zu können, so soll es auch gesondert abgesperrt, von seinem Filtrat befreit und völlig entleert werden können. Da unmittelbar nach vollzogener Reinigung des Filters, d. h. Abhebung der Schlammschicht und der 1 bis 2 obersten Centimeter des Sandes, sowie nach Ergänzung der höchstens bis auf 30 cm abzutragenden Sandschicht das Filtrat minderwerthig ist, so soll es, soweit die Durchführung des Betriebes das irgend gestattet, fortlaufen lassen werden, bis die normale Keimzahl erreicht ist. Die Filterfläche sei reichlich bemessen, die Filtrationsschnelligkeit eine mässige und für jedes einzelne Filter einstellbare, vor plötzlichen Schwankungen oder Unterbrechungen gesicherte. Jedes Filter für sich muss in Bezug auf Durchfluss, Ueberdruck und Beschaffenheit des Filtrats controllirbar und von unten her mit filtrirtem Wasser füllbar sein. Verschiedenheiten im Wasserstand des Reinwasserbehälters dürfen keine Wirkung auf die Filter zulassen. Der Filtrationsdruck darf nie so gross werden, dass Durchbrüche der obersten Filterschicht eintreten können. Die Grenze, bis zu welcher der Ueberdruck ohne Beeinträchtigung des Filters gesteigert werden darf, ist für jedes Werk durch bakteriologische Untersuchung zu ermitteln. Die Filter sollen so construirt sein, dass jeder Theil ihrer Fläche möglichst gleichmässig wirkt. Wände, Boden, Luftschächte etc. sind wasserdicht herzustellen. Besondere Bedeutung für die Filtration haben neben der Schlammschicht die obersten Centimeter der

[1]) Veröff. d. Kais. Ges. Amtes 1894, No. 8, S. 114.

Sandschicht, bei Neufüllung eines Filters sollen sie daher zunächst abgehoben und dann nach Ergänzung der Füllung wieder oben aufgebracht werden. —

b) Quellen und Brunnen bieten dann die Möglichkeit einer Infection, wenn sie, in stark bewohnter und bebauter Gegend gelegen, entweder von einem Wasser gespeist werden, welches selbst Mikroorganismen enthält, oder wenn sie aus den oberen Bodenschichten, beziehungsweise von der Erdoberfläche her Mikroorganismen aus der Nähe des Menschen zugeführt erhalten.

Im Allgemeinen darf man das Grundwasser und den Boden in einer gewissen Tiefe, meistens von etwa vier Metern an, als keimfrei betrachten; nur an einzelnen ungünstig situirten Stellen wird das Grundwasser in dieser Tiefe Bakterien enthalten. Daher liegt die Annahme nahe, dass die Bakterien den Brunnen und Quellen öfter von oben her durch unreine Zuflüsse, als durch das Grundwasser zugeführt werden.

Ueber den directen Nachweis des Keimgehaltes des Grundwassers ist in dem Capitel XV, C. „Entnahme“ gesprochen, dort ist auch bereits gesagt, dass man nicht immer die directe Untersuchung anwenden könne, und man daher sein Urtheil nicht selten auf Schlüsse gründen müsse.

Die in einem Quellwasser vorkommenden Bakterien können in dasselbe entweder durch ungenügende Bodenfiltration bezw. durch naheliegende Ritzen und Spalten im Gestein eingedrungen sein, oder sie entstammen den dicht vor der Mündung durchströmten oberen Erdschichten. Die letzteren Verunreinigungen lassen sich durch eine gut angelegte, tiefe Fassung vermeiden; jedoch siedeln sich auch in den Fassungen Mikroorganismen an, welche beim Bau der Fassungen dorthin gelangen, sich vermehren und sich dem Wasser in der Regel allerdings nur in geringer Zahl beimischen.

Die vorsichtig entnommene Probe muss beim Fehlen unreiner Zuflüsse keimfrei sein. Werden etwa drei bis fünf oder acht Bakterien im Cubikcentimeter Wasser gefunden, so sind dieselben gewöhnlich auf Fehler in der meistens nicht ganz leichten Entnahme zurückzuführen.

Gelingt es nicht, das Wasser frei von jeder äusseren Beeinflussung im Moment des Heraustrittes zu fassen, so gilt der Satz:

Quellen, welche gut gefasst sind und welche weder unreine Zuflüsse zugeführt bekommen, noch die Bakterien den oberen Bodenschichten entnehmen, enthalten gewöhnlich nicht mehr als höchstens 50 Mikroorganismen im Cubikcentimeter Wasser.

Den Nachweis, dass die geringe Zahl von etwa 50 Keimen den Fassungen entspringt, den Nachweis, dass die Quelle gut gefasst ist und dass sie, soweit erkennbar, keine fremden Zuflüsse erhält, muss in der Hauptsache die Besichtigung der Oertlichkeit liefern; die bakteriologische und chemische Untersuchung ergeben über eine geringe eintretende Verunreinigung, welche naturgemäss in dem strömenden Wasser stark verdünnt wird, nur selten einen Anhalt.

Wie weit Quellen von Schmutzstätten und menschlichen Ansiedelungen entfernt sein sollen, lässt sich nur nach sorgfältigster Abschätzung der örtlichen Verhältnisse und auch da nur selten und ungefähr angeben. Vor Allem kommt in Betracht die Richtung und Höhenlage des Grundwasserstromes und der kleinen Quellströme, die Raschheit der Wasserbewegung, die Homogenität der Poren u. dergl.; grössere Verunreinigungen werden durch die chemische Analyse angezeigt, kleine indessen nicht; die bakteriologische Untersuchung giebt ebenfalls sehr geringe Auskunft, eine vermehrte Bakterienzahl kann ja einer ganz ungefährlichen Gegend entstammen, so dass sich oft die Beantwortung der gestellten Frage recht schwierig gestaltet.

Ueber die Möglichkeit des Hineingelangens von Keimen mit dem Grundwasser in die Brunnen entscheidet am sichersten der Versuch (siehe Capitel XV, C, Entnahme); wenn dieser nicht angängig ist, oder wenn man sich über den Eintritt von Keimen von der Oberfläche her oder aus den oberflächlichen Bodenschichten unterrichten will, dann gewährt die Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse in erster Linie die Entscheidung.

Man muss sich ein Urtheil zu verschaffen suchen über Art, Tiefe und Lage der undurchlässigen Schicht und der übergelagerten Schichten, man muss untersuchen, wie tief der Humus hinabreicht, ob die oberen Bodenlagen umgearbeitet worden sind, und was gewachsener, was aufgeschütteter Boden ist; ferner ist die Durchlässigkeit der tiefer liegenden Schichten, der Stand und die Schwankungen des Grundwassers, sowie seine Strömungsrichtung zu ermitteln. Weiter ist in Rücksicht zu ziehen, ob in der Nähe sich Quellen der Verunreinigung, z. B. Kothgruben, unreine Hofräume u. s. w. finden, welche bis in die vielleicht weitporige, lockere Grundwasserzone (Kieslager) oder bis in ihre unmittelbare Nähe hinabreichen. Nach diesen und ähnlichen örtlichen Befunden lässt sich auf keimfreies oder keimhaltiges Grundwasser schliessen.

Sollen die Schmutzstätten das Wasser nicht beeinflussen, so muss ihre Entfernung von dem Brunnen dann sehr gross sein, wenn der Boden Spalten und Risse oder weite offene Poren enthält, in welchen das Grundwasser sich lebhaft bewegt; hierbei gilt allerdings die Voraussetzung, dass die Strömung auf den Brunnen hin gerichtet sei. Ist aber der Boden engporig und vor Allem gleichmässig in seiner Porengrösse und ist ferner die Grundwasserströmung gering, dann scheint schon für einen gewöhnlichen Hausbrunnen eine zwischengelagerte Schicht von etwa 10 m Stärke (Kurth) die Gefahr einer Infection durch das Grundwasser auszuschliessen. Wird allerdings ein Brunnen intensiv in Anspruch genommen, z. B. bei Centralversorgungen, so ist wegen des rascheren Wasserzuflusses diese Entfernung vielleicht nicht ausreichend. Abschliessende Beobachtungen darüber liegen zur Zeit nicht vor.

Die Möglichkeit des Eindringens von Verunreinigungen von oben oder von der Seite her ergiebt die Besichtigung des Brunnens selbst. Leider sind die ganz überwiegende Mehrzahl aller Brunnen so construirt, dass sie die Möglichkeit einer Infection nicht ausschliessen.

Wir haben bereits gesagt, dass die Wässer offener Brunnen den Oberflächenwässern gleich zu stellen, also von vorn herein als verdächtig zu bezeichnen sind. Die übrigen Brunnen sind meistens mit undichten Deckeln geschlossen, gewöhnlich steht auch die Pumpe auf dem Brunnen selbst, und dort, wo das Saugerohr den Brunnendeckel durchsetzt, ist eine weite Oeffnung. Die Brunnenwände sind aus durchlässigen Steinen, jedenfalls mit durchlässigen Fugen gemauert. Alles Wasser, was in der Umgegend des Brunnens niedergeht, wird naturgemäss nach der Seite des geringsten Widerstandes, also zum Brunnenkessel hin fliessen, und auf diesem Wege die Bakterien der obersten Bodenschichten, und damit eventuell pathogene Keime, mitnehmen. In dem Brunnen erkennt man an den dunklen Schmutzstreifen, der Nässe und den Vegetationen den Eintritt der Oberflächenwässer.

Jedoch sind nicht alle Wässer, die von oben oder von der Seite her in durchlässige Brunnen hineinlaufen, gefährlich, sondern nur diejenigen, welche aus der Nähe des Menschen stammen und mit pathogenen Keimen beladen sein können. Sind nun schlecht construirte Brunnen so gelegen, dass dies nicht zu fürchten ist, liegt z. B. ein Brunnen abseits vom Verkehr, wird in seiner Nähe nicht mit Fäcalstoffen gedüngt, an ihm nicht gewaschen, sind Kothgruben u. s. w. nicht vorhanden, oder steht die Pumpe so, dass das Ab- bezw. Waschwasser nicht in den Brunnen hineinlaufen

kann, dann ist durch die örtlichen Verhältnisse eine Gefahr ausgeschlossen. Genaue Maasse, wie weit von dem Brunnen entfernt nicht mit menschlichen Fäcalien gedüngt, nicht Wäsche gewaschen werden soll, lassen sich nicht angeben, doch dürfte nach der Analogie der Verbreitung der Bakterien im Grundwasser (Kurth) auch hier für Hausbrunnen mit gewöhnlichem Betriebe und bei gleichmässiger Porengrösse des Erdreichs eine Entfernung von 10 m Radius genügen. Bei Centralversorgungen muss die Entfernung grösser sein. Pfuhl verlangt etwa 50 m, doch ist diese Zahl willkürlich und kann nur als ein vorläufiger Anhalt dienen.

Zu den gefährlichsten Wässern gehören die Waschwässer, weil an der Leibwäsche die verschiedensten pathogenen Keime haften. Wird Wäsche in der Nähe der Brunnen gespült, so liegt die Gefahr vor, dass direct oder indirect die Krankheitserreger in der kürzesten Zeit, also auch in lebendem Zustande in das Trinkwasser gelangen.

Ist ein Brunnen in gefährdeter Lage schlecht eingedeckt, nicht wasserdicht gemauert, so ist die Möglichkeit einer Infection gegeben, daran ändert auch eine gute oder schlechte chemische und bakteriologische Beschaffenheit nichts. Die bakteriologische Untersuchung kann nur die Art und Anzahl der gerade anwesenden Bakterien angeben, sie sagt aber nichts darüber aus, ob nicht bei Gelegenheit mehr und andere Keime hineingelangen. Starke Regengüsse, die Nähe von Schmutzstätten, Tümpeln, Unrathgruben u. s. w. können temporär den Keimgehalt wesentlich beeinflussen.

In einwandsfreier Weise lässt sich zuweilen die Verbindung eines Brunnenkessels mit der Erdoberfläche durch die mikroskopische Untersuchung des Schlammes des Brunnens erweisen.

Finden sich dort geformte Bestandtheile, welche dem Haushalte des Menschen in der weitesten Bedeutung entstammen, z. B. Fäcalreste, in erster Linie also mit Gallenfarbstoff imprägnirte Fleischstückchen oder Reste gekochter Stärkekörnchen oder Theilchen von Cerealien, Partikel von Kartoffelschalen, Woll-, Leinen- oder Baumwollfasern, so ist der Brunnen vor dem Eindringen von Verunreinigungen und somit auch von Krankheitserregern nicht genügend geschützt.

Die chemische Untersuchung giebt den Gehalt des Wassers an gelösten Stoffen an; nun ist sehr wohl möglich, dass das eigentliche Brunnenwasser, das Grundwasser, chemisch gut ist, z. B. keine Spur von Stadtlauge enthält; wird aber inficirte Wäsche am Brunnen gespült und läuft das Spülwasser in den Brunnen zurück, so ändert sich dadurch die chemische Beschaffenheit der Gesammtwassermasse

keineswegs. Dringt, um ein anderes Beispiel zu wählen, aus einer undichten Grube — und die allermeisten Gruben sind undicht — bei einem gewissen Hochstand der Jauche etwas davon in den Brunnen ein, so würde kurz vorher und einige Zeit nachher das beste und reinste Wasser gefunden werden; trotzdem können mit der Jauche unzählbare Mengen von Krankheitskeimen zuströmen.

Früher glaubte man, viele Bakterienindividuen und -arten sprächen für eine Infectionsmöglichkeit oder -wahrscheinlichkeit; waren neben den Mikroorganismen noch reichlich organische Substanzen, Salpetersäure oder gar salpetrige Säure bezw. Ammoniak vorhanden, dann erschien die erstere Möglichkeit noch gesteigert; denn, so sagte man, wohin die Stoffe der regressiven Metamorphose dringen, dahin können auch einmal pathogene Keime kommen. Die regressiven Stoffe zeigen die Nähe von Infectionsquellen an und das Filter, welches die Infectionserreger zur Zeit noch zurückhält, kann später undicht werden. Waren aber wenig Keime vorhanden, ergab dazu noch die chemische Untersuchung ein reines Wasser, so schloss man vom Laboratorium aus auf die Unverdächtigkeit des Wassers.

Diese Annahme und dieses Vorgehen sind nicht in allen ihren Theilen correct. Wir haben in dem bakteriologischen Theile des Buches gezeigt, dass die Anzahl der Bakterien in einem Brunnen von den verschiedensten Factoren abhängig ist, dass die einmal in den Brunnen gelangten Keime sich dort halten und vermehren können, und dass ihre Individuen- und Artenzahl entweder gar nicht oder nur bis zu einer gewissen engen Grenze mit der Neueinfuhr von Bakterien zusammenhängt. Der Mikrobenbefund in Brunnenwässern sagt also nichts.

Man meinte dann, ein starkes Absinken der Bakterienzahl durch Abpumpen spreche für Reinheit des eintretenden Wassers, eine geringe Abnahme für unreine Zuflüsse. Die Beobachtungen der letzten Jahre haben die Haltlosigkeit auch dieser Annahme ergeben. (Siehe Capitel XII.)

Sogar aus einem hohen Bakteriengehalt neben chemisch schlechtem Befund darf man noch keinen directen Schluss auf die Gesundheitsschädlichkeit eines Wassers ziehen. Vielfach sind die organischen Stoffe, die Salze, die Salpetersäure, im Laufe von Monaten oder Jahren hinuntergedrungen in das Grundwasser und haben seine Zusammensetzung bilden helfen.

Aber auf diesem Wege und in dieser Zeit haben die Wässer alle ihre Bakterien abgegeben und ein Undichtwerden aller der

Filterschichten, welche das Aufschlagwasser, das Tagewasser, passirt, um zum Grundwasser zu gelangen, ist gewöhnlich nicht anzunehmen. Die in einem Brunnen mit tief stehendem Grundwasser vorhandenen Bakterien haben mit dem Grundwasser — besondere Fälle, z. B. im grobporigen Boden ausgenommen — gar keinen genetischen Zusammenhang; denn die in den Brunnen gelangenden Bakterien gehen einen ganz anderen Weg als die gelösten Stoffe, sie stammen von der Bodenoberfläche oder aus den obersten Bodenschichten und dringen bei den in der gewöhnlichen Weise gemauerten Brunnen von dort her in den Brunnen ein.

Steht aber das Wasser im Brunnen nicht tief, oder sind die Bodenschichten weitporig, oder finden sich im Wasser die Beweise frischer Zersetzung, also in erster Linie Ammoniak und salpetrige Säure, so deutet das — siehe die unten erwähnte Ausnahme — allerdings auf die Möglichkeit einer Infection hin.

Die reinigende Wirkung eines gut filtrirenden, feinkörnigen Bodens erstreckt sich, wie wir a. a. O. ausgeführt haben, nicht nur auf ein Zurückhalten der Schwebestoffe verunreinigter Wässer, sondern auch auf die Entziehung gelöster Stoffe und die Mineralisirung, d. i. den chemischen Abbau, der organischen Bestandtheile zu einfachsten Verbindungen wie Kohlensäure, Methan, Ammoniak, Wasser etc. Verunreinigte Wässer, welche längere Strecken eines derartigen Bodens durchwandert bezw. hinreichend lange im Boden verweilt haben, erscheinen daher nach einiger Zeit so weit gereinigt, dass sie in ihrer chemischen Zusammensetzung im Wesentlichen nur noch den Charakter der Bodenformation zum Ausdruck bringen.

Einige Salze, zumal Chloride und Nitrate, werden vom Boden weniger leicht zurückgehalten, und desshalb ist es nicht sehr auffallend, wenn Brunnenwässer, welche dem Untergrunde bewohnter Orte entnommen sind, häufig grössere Mengen derselben aufweisen, als in den Grundwässern unbewohnter Gegenden gefunden werden. Hingegen verschwinden Ammoniak und salpetrige Säure schon nach kürzerer Zeit vollständig aus dem Wasser. Da man aber mit Recht gerade diese beiden als die am meisten charakteristischen Zwischen- bezw. Endproducte der Fäulniss stickstoffhaltiger, organischer Substanzen betrachten darf, welche in reinen natürlichen Wässern — von den gewöhnlich ammoniakhaltigen Grundwässern von Moorgegenden und den oft ammoniakhaltigen Tiefbrunnenwässern abgesehen — entweder nicht oder doch nur in verschwindend geringen Mengen vorzukommen pflegen, so wird man das Auftreten dieser beiden Stoffe in mehr als Spuren betragenden Mengen stets als Mahnung begrüssen müssen, der Ursache ihres Erscheinens sorg-

fältig nachzuforschen. Ist der unmittelbare Zutritt von Schmutzwässern, Jauche u. dergl. ausgeschlossen, so muss diese Ursache auf eine unzureichende Zerlegung fäulnissfähiger Substanzen durch den Boden zurückgeführt werden, sei es, dass dem Reinigungsvermögen des Bodens zu viel zugemuthet wird, sei es, dass das verunreinigte Wasser zu kurze Zeit im Boden verweilt, wodurch eben die Gefahr in Aussicht gerückt ist, dass auch die Filtrationskraft des Bodens ungenügend werde und schädlich wirkende Mikroben, Krankheitserreger in das Wasser gelangen könnten.

Um die Bedeutung auch sehr gering erscheinender Mengen von salpetriger Säure richtig zu würdigen, sei daran erinnert, dass dieselbe nicht als Endproduct, sondern als Zwischen-, d. h. als Uebergangsproduct des Stickstoffs organischer Verbindungen in Salpetersäure bezw. in Ammoniak zu betrachten ist, und dass sie ferner eine äusserst unbeständige Substanz darstellt, welche ebenso leicht zu Salpetersäure oxydirt, als zu Ammoniak reducirt wird. Eine Aufspeicherung von salpetriger Säure im Boden ist damit ausgeschlossen und desshalb darf man sie gewöhnlich von vornherein nicht in Mengen, wie beispielsweise Salpetersäure, im Wasser erwarten.

Bei dem chemischen Befund ist noch zu berücksichtigen, worauf Gruber[1]) in seiner schönen, zusammenfassenden Arbeit: „Die Grundlagen der hygienischen Beurtheilung des Wassers" besonders hinweist, dass die aufgefundene Salpeter- und salpetrige Säure, das Ammoniak, Zeichen einer localen Zersetzung des in nicht gut verwahrten Brunnen vorhandenen Schlammes sein können, und dass die organischen Substanzen entstanden sein können aus dem vermodernden Holz der alten Brunnen- und Pumpentheile.

Im Gegensatz zu der früheren Annahme wird also die Infectionsverdächtigkeit eines Brunnenwassers gewöhnlich nicht durch den chemischen oder bakteriologischen Befund, sondern meistens durch die Lage und die Construction des Brunnens festgestellt. Sind in einem in ungünstiger Localität gelegenen, schlecht gemauerten Brunnen wenig Bakterien enthalten, findet sich ein Wasser, welches nicht mit menschlichen Abgängen in Form der Stadtlauge verunreinigt worden ist, so ist trotzdem das Wasser verdächtig, denn es ist durchaus keine Garantie gegeben, dass diese guten Verhältnisse bleibende sind. Ein einziger Eimer inficirten Wassers, welcher in der Nähe dieses „reinen Brunnens" ausgegossen wird, ist im Stande, eine mörderische Epidemie auszulösen. Liegen

[1]) Vierteljahrsschrift für öff. Gesundheitspflege 1893, S. 415.

ausserdem Schmutzreservoire, Kothgruben u. dergl. in der Nähe, ist der Boden grobporig, dann ist die Gefahr der Infection nahe gerückt, man darf sagen, in solchen Fällen ist das Eindringen von Krankheitserregern nur eine Frage der Zeit.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn die Brunnen gut construirt sind. Ist das Grundwasser selbst keimfrei und ist es erschlossen durch ein Eisenrohr (Nortonrohr-, amerikanischer, abessinischer Brunnen), oder durch einen wasserdicht eingedeckten und bis in die keimfreie Zone hinein wasserdichten Kesselbrunnen, gleichviel, ob er aus Eisenringen, Cementbetonringen, aus Stein und Cement etc. gebaut ist, dann ist das Wasser dieser Brunnen unverdächtig, gleichgültig, wie sonst seine Beschaffenheit sein mag, pathogene Bakterien können unter keinen Umständen hineindringen. In einem derartigen Brunnen können sich auch der Länge des Weges wegen, welchen das Wasser zurückzulegen hat, die Zeichen unvollständiger Zersetzung, also in erster Linie salpetrige Säure und Ammoniak, nicht finden.

Die zur Zeit bestehenden gewöhnlichen Pumpbrunnen führen allein schon wegen ihrer Construction ein verdächtiges Wasser.

Muss hiernach die grösste Mehrzahl der gewöhnlichen Pumpbrunnen verworfen werden, so ist zu wünschen, dass möglichst statt der theuren und unhandlichen Kesselbrunnen die billigeren und bequemeren Rohrbrunnen angelegt werden. Wo das aus irgend welchen Gründen nicht angängig ist, da soll der Kesselbrunnen wasserdicht hergestellt sein, und die Technik besitzt eine Reihe von Mitteln, diese Forderung zu erfüllen. Die Pumpe soll nicht auf, sondern einige Meter entfernt von dem Brunnen stehen, und eine dicht gemauerte Rinne für raschen Abfluss des Ablaufwassers sorgen.

Selbst ein schlechter Kesselbrunnen lässt sich nach R. Koch's[1]) Angaben oft leicht und billig in einen guten Rohrbrunnen verwandeln. Man reinige den Kesselbrunnen gründlich, bringe ein eisernes Pumpenrohr hinein und überwölbe den Brunnen in mindestens 2 m Tiefe oder ziehe Eisenschienen hindurch, auf welche ein Abschluss gelegt wird, und schütte dann den Kessel bis oben hin mit feinem Sande zu. Man kann auch den Brunnenkessel bis zum höchsten Wasserstande mit grobem Kies füllen und darüber bis zum Brunnenrande feinkörnigen Sand schichten. Die feinporige Sandschicht hält alle Unreinlichkeiten zurück.

Liegt die undurchlässige Schicht innerhalb des bakterienhaltigen Bezirkes des Bodens, so ist zu versuchen, ein tiefer stehendes

[1]) R. Koch, Wasserfiltration und Cholera, Zeitschrift f. Hygiene und Infectionskrankheiten 14, 425.

Grundwasser zu erbohren, oder unverdächtiges Wasser von aussen zuzuführen; wo selbst das nicht angängig ist, da bleibt nur übrig, durch eine möglichst geschützte Lage des Brunnens und absolute Reinhaltung seiner Umgebung das Eindringen von pathogenen Keimen zu verhindern, eine Methode, welche bei gehöriger Sorgfalt auch auskömmlich ist.

Die Frage von der Inficirbarkeit der Pumpbrunnen muss eigentlich von dem Programm der Hygieniker verschwinden, sie ist als abgegeben zu betrachten an die Sanitätspolizei und die Gesundheitstechnik.

Ist auch zu der hygienischen Begutachtung von schon bestehenden Brunnen die Besichtigung der Brunnen selbst und der Oertlichkeit, in welcher sie stehen, wie schon früher erwähnt wurde, unerlässlich, so führt sie doch durchaus nicht immer zum Ziele. In einem solchen Falle kann die chemische Untersuchung noch werthvolle Aufschlüsse geben. Anwesenheit reichlicher Mengen von Chlorverbindungen, von Salpetersäure, hohe Härtegrade weisen auf erhebliche Bodenverunreinigungen und damit, wenn auch entfernt, auf die Möglichkeit einer Infection hin; wichtiger sind die Befunde von Ammoniak und salpetriger Säure. Ist die Zerlegung von Stickstoffsubstanzen im Brunnen selbst ausgeschlossen, kommen Reductionsvorgänge, wie z. B. bei Tiefbrunnen- oder Moorwässern, nicht in Betracht, so weisen nach dem jetzigen Stande unseres Wissens diese Befunde auf benachbarte, mit den Brunnen leicht communicirende Zersetzungen hin, und dann ist die Möglichkeit einer Infection näher liegend, als wenn nur die Endproducte der Zersetzung sich finden. Von Zeit zu Zeit sollten daher Brunnen mit Untergrundwasser in bewohnten Orten chemisch untersucht werden. Der chemische Befund wird häufig auf die Nothwendigkeit der Anstellung oder Wiederholung einer localen Untersuchung hinweisen.

Man darf jedoch bei der Abschätzung eines Wassers nicht allein die Infectionsmöglichkeit berücksichtigen, es kommt, wie umstehend gezeigt werden wird, die Appetitlichkeit ebenfalls in Frage. So kommt es, dass der chemische Befund nicht allein die Veranlassung giebt zur genauen Besichtigung des Brunnens, sondern auch zu seiner Reinigung, ja, was hygienisch noch wichtiger ist, zur Reinigung bezw. Reinhaltung des Bodens in der Umgebung des Brunnens. Nicht selten giebt die Untersuchung eines Brunnenwassers die Veranlassung, die Gruben, Jauchebehälter, Canäle u. s. w. auf ihre Dichtigkeit zu prüfen, und bestehende Uebelstände, die man bis dahin übersehen oder nicht genügend gewürdigt hatte, abzustellen. In solchen Fällen greift der chemische Werth einer

Wasseruntersuchung über die Hygiene des Trinkwassers hinaus und weit in die allgemeine Hygiene hinein.

Manche Wasserversorgungen beziehen ihr Wasser aus oberflächlichen Schichten des Bodens oder aus Brunnen bezw. Galerien neben den Flüssen. Bei einigen derselben tritt, obwohl sie gewöhnlich ein tadelloses Wasser liefern, nach Regengüssen oder nach Hochwasser eine Trübung des Wassers ein. Dieselbe ist der Ausdruck für eine zeitweilig verschlechterte Bodenfiltration.

Wenn die Trübungen nur aus feinstem Thon und aus Erdpartikelchen bestehen, so haben dieselben wohl einen Einfluss auf das Aussehen des Wassers, sie werden somit die Verwendbarkeit desselben für Genusszwecke herabmindern, aber eine schädliche Wirkung in gesundheitlicher Beziehung kommt ihnen nicht zu. Anders ist es, sofern bewohnte Oertlichkeiten in Betracht kommen, wenn Bakterien in vermehrter Zahl in einem derartigen Wasser gefunden werden. Die Mikroorganismen sind um vieles grösser als die feinsten Thonpartikel; ihre Anwesenheit zeigt daher eine erheblichere Unzulänglichkeit der Filtration an und weist auf die Möglichkeit einer Infectionsgefahr hin.

Steigt daher nach starkem Regen, nach Hochwasser etc. der Bakteriengehalt eines gegen oberflächliche Zuflüsse geschützten Wassers an, so darf man auf eine zeitweilig ungenügende Filtration schliessen, welche in stark bewohnter oder bebauter Gegend in sanitärer Beziehung bedenklich ist.

Lässt sich dieser bedeutende Fehler nicht durch constructive Verbesserungen heben, dann ist, soweit angängig, das trübe bakterienhaltige Wasser, ähnlich wie bei der Sandfiltration, fortlaufen zu lassen. Erweist sich auch dieses nicht möglich, so ist besonders in Epidemiezeiten derartiges Wasser im abgekochten Zustande zu geniessen.

B. Die Annehmlichkeit und Appetitlichkeit der Genusswässer.

Wenn wir im Auge behalten, dass wir bei jedem Nahrungs- und Genussmittel stets auf eine gute Qualität hinsichtlich seines Geschmacks, appetitlichen Aussehens und seiner Reinheit dringen und seine absolute Unschädlichkeit eigentlich als eine ganz selbstverständliche Forderung voraussetzen, so ist ohne Weiteres klar, dass mit Erfüllung dieser wichtigsten Bedingung, der Unschädlichkeit, der Reihe von Anforderungen, welche wir an das Wasser als Genussmittel stellen, noch nicht entsprochen ist.

Die Annehmlichkeit und Appetitlichkeit eines guten Trinkwassers ist vorwiegend durch seine physikalischen Eigenschaften und durch seine chemische Beschaffenheit bedingt. Als gute, angenehm schmeckende Trinkwässer werden wir nur solche Wässer bezeichnen, welche durch klares und farbloses Aussehen, völlige Geruchlosigkeit, gleichmässige Temperatur und angenehm kühlenden Geschmack zum Genuss und Gebrauch einladen und erfrischen. Daher wird man Wässer, welche durch erhebliche Mengen schwebender Bestandtheile getrübt und deutlich gefärbt sind, moderig, faulig, unbestimmt übel oder überhaupt riechen und fade, laugenhaft, bitter, süsslich, kratzend, faulig oder unbestimmt widerlich schmecken, hoch oder ungleichmässig temperirt sind, als Genusswässer verwerfen.

Diese Anforderungen ergeben sich in erster Linie aus Rücksichten auf die erforderliche Appetitlichkeit eines zum Genuss zu verwendenden Wassers.

Von grosser Wichtigkeit ist die gleichmässig kühle Temperatur. Wässer, welche im Sommer warm (über 15° C.), im Winter kalt (unter 8° C.) sind, werden ungern genossen. Oft ereignet es sich, dass Leitungswasser derartig grosse Temperaturdifferenzen zeigt, wenn nämlich entweder die Rohre sehr oberflächlich verlegt oder die Reservoire nicht geschützt sind, oder wenn Oberflächenwasser, Fluss- oder Seewasser zur Versorgung herangezogen wird. Die Bevölkerung wird dadurch nicht selten veranlasst, das gleichmässig temperirte, wenn auch in hygienischer Beziehung mangelhaftere Wasser der Stadtbrunnen dem besseren aber ungleichmässig temperirten Leitungswasser vorzuziehen.

Wenn die Temperatur eines Quell- oder Brunnenwassers von der mittleren Temperatur des Ortes erheblich abweicht oder stark schwankt, d. h. unter 8° sinkt und über 12° steigt, so darf man daraus in der Regel folgern, entweder dass das betreffende Wasser den oberen Bodenschichten entstammt, also nur wenig oder gar nicht durch Filtration gereinigt ist, oder dass Tagwässer sich demselben beimischen, oder endlich, dass zwischen dem bezüglichen Wasser und einem benachbarten offenen Wasser (Bach-, Fluss- oder Seewasser) eine directe Verbindung besteht.

Nur Wässer, welche, wie diejenigen mancher Thermen und artesischer Brunnen, schnell aus grossen Bodentiefen zu Tage gefördert werden, zeigen, ohne dass eine der obigen Voraussetzungen zutrifft, eine erheblich höhere aber constante Temperatur.

Ein ausgesprochener Geruch und Geschmack, sowie eine deutliche Färbung des Wassers zeigen die Anwesenheit beachtenswerther Verunreinigungen in dem Wasser an, über deren Bedeutung der locale Befund den erforderlichen Aufschluss giebt. Aus dem Vorhandensein einer deutlichen Trübung geht hervor, dass das Wasser entweder durch natürliche bezw. künstliche Filtration nicht genügend gereinigt wird, oder dass es an der Entnahmestelle zufälligen Verunreinigungen ausgesetzt ist.

Manche Wässer sind indessen unappetitlich und werden zum Genuss und Hausgebrauch ungern verwendet, wenn sie auch nicht in direct sinnfälliger Weise verunreinigt sind.

Naturgemäss ist es von jeher das Bestreben der Menschen gewesen, das am meisten gebrauchte Nahrungs- und Genussmittel, das Wasser, sich auf möglichst bequeme Weise zu verschaffen, und so wurde von alters her der Brunnen dicht am Hause gegraben.

In dem Haushalte der Menschen aber entstehen viele Abfälle unappetitlicher Art, die nur zum geringen Theil aus der näheren Umgebung der Menschen entfernt werden. Diese Stoffe gelangen zum grossen Theil auf oder in den Boden, werden dort ausgelaugt und gelangen in das Grundwasser und damit in die Brunnen hinein. Es ist ein im höchsten Grade widerlicher Gedanke, sich sagen zu müssen, dass das Wasser, welches als Trinkwasser dient, mit Faulstoffen, mit Fäcalien von Mensch und Thier in Berührung gewesen ist. Sind derartige Wässer, wie wir wenigstens bis jetzt annehmen dürfen, auch nicht gerade gesundheitsschädlich, hält auch der Boden die in den Fäcalien eventuell vorhandenen Krankheitskeime zurück, so ist es doch nicht angenehm, Theile dieser Stoffe wieder in sich aufnehmen zu müssen.

Ein Wasser, welches Abfallstoffe oder Reste von Abfallstoffen aus der Nähe des Menschen enthält, nennen wir unrein und ist schon allein wegen seiner Unappetitlichkeit vom Genuss und Hausgebrauch möglichst auszuschliessen.

Als „rein“ dürfen wir im Gegensatz zu den vorhin genannten Wässern alle diejenigen Wässer betrachten, welche während ihres natürlichen Kreislaufes einem mit menschlichen oder thierischen oder pflanzlichen Abfällen erheblich verunreinigten Erdboden nicht begegnet sind und dem entsprechend nur geringe Mengen löslicher oder schwebender Bestandtheile aufgenommen haben.

Wir haben auf Seite 4 u. ff. die Bedingungen für den Uebergang der löslichen Bestandtheile des Bodens in das Wasser be-

sprochen und darauf hingewiesen, dass mit Ausnahme der Meer- und Mineralwässer die natürlichen Wässer in 100000 Theilen in der Regel

1. nicht mehr als 50 Theile mineralische und organische, bei dem Verdampfen auf dem Wasserbade zurückbleibende Stoffe,
2. nicht mehr als 18 bis 20 Theile Erdalkalimetalloxyde (Calcium- und Magnesiumoxyd),
3. nicht mehr als 2 bis 3 Theile Chlor, entsprechend 3,3 bis 5 Theilen Kochsalz,
4. nicht mehr als 8 bis 10 Theile Schwefelsäure (SO_3),
5. nicht mehr als 0,5 bis 1,5 Theile Salpetersäure (N_2O_5) enthalten, dass
6. Ammoniak und salpetrige Säure darin entweder gar nicht oder in kaum nachweisbaren Spuren vorkommen, und dass
7. die in 100000 Theilen Wasser vorhandenen organischen Substanzen nicht mehr als 0,8 bis höchstens 1 Theil Kaliumpermanganat reduciren.

Wir fügen diesen Angaben noch hinzu, dass die in 100000 Theilen reiner natürlicher Wässer enthaltenen organischen Stoffe bezw. stickstoffhaltigen organischen Körper in der Regel nicht mehr als 0,5 Theile organischen Kohlenstoff und nicht mehr als 0,02 Theile Albuminoidammoniak enthalten.

Wir haben in den vorstehenden Ausführungen wiederholt und nachdrücklich betont, dass, wie bei der Beurtheilung der Unschädlichkeit, so auch der Reinheit eines Wassers die analytischen Befunde in den meisten Fällen nur durch eine genaue Localkenntniss richtig zu interpretiren sind. Indessen sind Vergleichszahlen, wie die oben aufgeführten, für den Analytiker, welcher ein Urtheil über die relative Reinheit eines Wassers abgeben soll, gleichwohl unentbehrlich. Da die Zahlen, welche wir für die anzustellenden Vergleiche zu Grunde zu legen vorschlagen, mehrfach angefochten und vollständig missverstanden worden sind, so unterlassen wir nicht, nochmals darauf hinzuweisen, dass dieselben nicht als Grenzzahlen in dem Sinne aufzufassen sind, dass ein Wasser als unbrauchbar oder gar schädlich erklärt werde, wenn der Gehalt an einzelnen, an sich unschuldigen Bestandtheilen die durch diese

Zahlen gegebene Grenze überschreitet. Unsere Zahlen können nur dazu dienen,

1. die Vorstellung, was man sich unter „reinen“ natürlichen Wässern zu denken habe, zu ermöglichen und
2. zu constatiren, ob und in welchem Maasse verunreinigende Zuflüsse zu reineren Wässern stattfinden, dann nämlich, wenn bei einem Vergleich die gefundenen analytischen Werthe von jenen beträchtlich abweichen und nicht in den natürlichen Bodenverhältnissen begründet sind.

Die meisten als rein bekannten natürlichen Wässer enthalten von den einzelnen chemischen Verbindungen weit geringere Mengen, als in der obigen Liste angegeben sind. Geringe chemische Verunreinigungen der Wässer geben sich daher bei dem Vergleich mit den angeführten Zahlen nicht zu erkennen. Geringe Verunreinigungen mit den oben berücksichtigten chemischen Verbindungen beeinträchtigen aber auch die Verwendbarkeit eines Wassers für Genusszwecke nicht; aus diesem Grunde haben wir die Vergleichszahlen absichtlich nicht allzu niedrig gewählt.

Wenn in einem mehr oder weniger weiten Gebiet die Bodenbeschaffenheit eine annähernd gleichartige ist, so kann man zu brauchbaren Vergleichszahlen auch dadurch gelangen, dass man auf analytischem Wege die mittlere Zusammensetzung einer Reihe von Wässern erforscht, welche man an verschiedenen Stellen des betreffenden Gebietes aus notorisch vor Verunreinigungen vollständig geschützten Brunnen oder Quellen entnommen hat.

Solche örtliche Vergleichszahlen sind bei der chemischen Beurtheilung der Reinheit natürlicher Wässer den obigen allgemeinen Vergleichszahlen sogar entschieden vorzuziehen. Leider ist die Beschaffenheit des Untergrundes auf weitere Strecken nur selten genügend gleichartig, um häufig die Aufstellung örtlicher Vergleichszahlen zu gestatten. Dazu kommt, dass zuverlässige örtliche Vergleichszahlen bislang noch zu vereinzelt festgestellt worden sind, und dass der Analytiker nicht immer in der Lage ist, sie ad hoc selbst zu bestimmen. Bei der chemischen Wasseranalyse sind daher allgemeine Vergleichszahlen nicht zu entbehren. Man kann sonach mit diesen Zahlen den Begriff der „Reinheit“ der natürlichen Wässer umgrenzen und Wässer, welche wesentlich höhere Gehaltswerthe an jenen Bestandtheilen aufweisen, als unreine bezw. der Verunreinigung verdächtige bezeichnen.

Ihre wahre Bedeutung als Grundlagen für die Beurtheilung der Reinheit eines Wassers erhalten diese Vergleichszahlen aber erst

durch die Berücksichtigung der Localität. Wir haben auf S. 8 durch einige Beispiele illustrirt, wie die chemische Zusammensetzung der Quellwässer direct abhängig ist von den verschiedenartigen geognostischen Formationen, denen sie entstammen und deren chemischen Charakter sie in ihrer Zusammensetzung wiederspiegeln. Daher wird man z. B. bei Wässern aus Kalk- oder Dolomitformationen von hohen Härtegraden nicht überrascht sein können und sie gegebenen Falles auch dann nicht als unrein ansprechen, wenn ihre Härte selbst erheblich mehr als 20 deutsche Härtegrade betragen sollte. Hingegen müsste ein hoher Gehalt an Kalk oder Magnesia, überhaupt an Salzen in einem Wasser im Granitgebirge auffallen und könnte nur in besonderen localen, geologischen Verhältnissen oder durch verunreinigende Zuflüsse begründet werden.

Ist ein Wasser im obigen Sinne als „rein" erkannt und dabei als klar und wohlschmeckend befunden, so ist es doch für den Trinkbedarf und für den Hausgebrauch nicht gleichgültig, ob es hart oder weich ist. Man hat mit Recht behauptet, dass Personen, welche weiches Wasser gewöhnt sind, nicht selten an Durchfall erkranken, wenn sie den Wohnort wechseln und hartes Wasser zu trinken gezwungen werden. Es darf indessen nicht vergessen werden, dass auch der Wechsel zwischen hartem und weichem Wasser eine derartige geringfügige Affection bewirken kann, und dass mit dem Wasserwechsel meistens auch ein Wechsel in der Ernährung und in der Lebensweise gegeben ist.

Hierbei kommt zweifellos mehr eine Schwäche der Verdauungsorgane als eine krankmachende Eigenschaft des Wassers in Frage; ein Wechsel im Genuss eines anderen Getränkes hat oft dieselben Folgen.

Auf der anderen Seite sei darauf hingewiesen, dass eine mässige Härte die Annehmlichkeit eines Wassers als Trinkwasser erhöht.

Für die Zubereitung von Speisen (Hülsenfrüchten) und Getränken (Kaffee, Thee), für die Zwecke der Reinigung unter Anwendung von Seife, zum Waschen, also im Allgemeinen für den Hausgebrauch ist weiches Wasser geeigneter als hartes. Man darf daher den Satz aufstellen: Bei Wasserversorgungen sind weiche Wässer den harten vorzuziehen.

Reine Wässer sind charakterisirt durch ihren geringen Gehalt an organischen Substanzen und durch das Fehlen von Ammoniak und salpetriger Säure.

Finden sich in einem Wasser mehr organische Substanzen, als sub 7, Seite 751 angegeben, oder ist gar Ammoniak und salpetrige

Säure in mehr als Spuren vorhanden, so deuten diese Befunde darauf hin, dass im Boden Faulstoffe vorhanden sind, die noch nicht völlig bis in ihre Endproducte zerlegt sind. Unter den organischen Stoffen sind die Huminkörper von grosser Beständigkeit, aber ihre Anwesenheit im Wasser beeinflusst insofern die Appetitlichkeit nicht, als sie im Allgemeinen nur Pflanzenstoffen entstammen; dagegen beeinträchtigen sie das gute Aussehen und den Geschmack des Wassers: Wässer mit grösserem Gehalt an Huminkörpern sind daher, wenn angängig, als Genuss- und Hausgebrauchswässer zu vermeiden.

Die stickstoffhaltigen organischen Stoffe, sowie Ammoniak und salpetrige Säure, weisen hingegen auf unvollendete, also örtlich und zeitlich nahe liegende Fäulnissvorgänge insonderlich animalischer Substanzen hin. Auswurfstoffe von Menschen und Thieren sowie Fäulnissproducte derselben können durch die Gries'sche Diazobenzolsäurereaction direct nachgewiesen werden, sofern die Verdünnung keine zu beträchtliche ist (vergl. S. 53). Auch ist der Nachweis nur dann gesichert, wenn der Zufluss phenolhaltiger Abwässer von Gasanstalten oder Chemischen Fabriken zu dem zu untersuchenden Wasser ausgeschlossen ist. Können wir auch, wie Seite 732 gezeigt worden ist, den Fäulnissproducten bislang eine directe Schädlichkeit nicht zuschreiben, so ist ihre Anwesenheit im Wasser doch im höchsten Grade unappetitlich, sogar ekelerregend, auch kann ein solches Wasser zu Reinigungszwecken nicht dienen.

Von den übrigen Producten der Fäulniss scheidet sich die Phosphorsäure rasch in Form unlöslicher Verbindungen aus dem Wasser aus, hingegen sind die Salpetersäure, sowie die Bicarbonate und Sulfate des Calciums und Magnesiums beständiger und sie zeigen, wenn auch nicht so sehr auf weite Entfernungen, so doch auf längere Zeit hin die Zersetzungsvorgänge an.

Gerade das Untergrundwasser der Städte und Ortschaften enthält die erwähnten Substanzen oft in überreichem Maasse, sie stellen sich dar als die Folge der Verunreinigungen, welchen der Boden ausgesetzt war, und sind oft geradezu die Gradmesser dieser Verschmutzungen. Nicht mit Unrecht bezeichnet man Untergrundwässer, welche die Stoffe der regressiven Metamorphose in reichem Maasse enthalten, als Stadtlauge, ein Name, welcher zwar nicht streng wissenschaftlich, aber bezeichnend ist.

Sehr häufig sind die offenen Wässer regelmässigen oder periodischen Verunreinigungen mit Schmutzstoffen ausgesetzt. Können auch durch eine sorgfältig geleitete Filtration diesen Wässern die Schwebestoffe bis auf jene schon mehrfach erwähnten feinsten Thon-

theilchen entzogen werden, so bleibt ihr Gehalt an Salzen und des grösseren Theiles an organischen Stoffen doch unverändert, die, an sich zwar meist ungiftig, im Hinblick auf ihren zuweilen bedenklichen Ursprung aber den Genuss, den ein solches Wasser gewährt, zu einem fragwürdigen machen müssen.

Besonders kann die chemische Beschaffenheit kleiner Flussläufe und Seen von den Abgängen gewerblicher und industrieller Anstalten stark beeinflusst werden (vgl. S. 27). Auch durch städtische Abwässer (Canal-, Sielwässer), welche die Abwässer des menschlichen Haushaltes, Spülwasser, sowie Harn, Koth etc. aufgenommen haben, können offene Wässer in beachtenswerthem Grade verunreinigt werden. Derartige Verunreinigungen sprechen sich durch eine Erhöhung des Gehaltes an Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Ammoniak, organischer Substanz, an Natrium und auch an Calcium und Magnesium aus. Der Gehalt dieser Wässer an Schwefelsäure schwankt zwischen zu weiten Grenzen, als dass man daraus immer auf den Grad der Verunreinigung eines natürlichen offenen Wassers mit Sielwässern schliessen könnte. Die für solche Schmutzwässer charakteristische Phosphorsäure verschwindet ziemlich rasch aus dem Wasser, indem sie mit Eisen, Kalk und Magnesium schwer lösliche Verbindungen eingeht und meist nur noch in den ersten Ablagerungen der Wässer nachgewiesen werden kann. Auch die Bestimmung der organischen Substanzen, des Ammoniaks u. a. bieten keine sicheren Anhaltspunkte für die Bestimmung der Grösse der Verunreinigung eines offenen Wassers mit städtischen Abwässern. Dagegen kann man die Zunahme an Chlor, das sich im Wasser längere Zeit unvermindert erhält, als ungefähren Maassstab für die angedeutete Verunreinigung anlegen. Auch für die Beurtheilung jeder Verschmutzung des Grundwassers ist das Chlor von hohem Werth. Es ist im unbebauten, unbewohnten Boden im Allgemeinen in sehr geringen Mengen enthalten. Nur an einzelnen Stellen findet es sich aus vorgeschichtlichen Erdperioden in grösserer Menge abgelagert. Abgesehen von diesen Stellen, kommt das Chlor nur durch den Menschen, und zwar hauptsächlich in Gestalt des Kochsalzes, in den Boden und damit in das Untergrundwasser hinein. Das Chlor, welches sich im Grundwasser bewohnter Orte findet, entstammt dem Hausabwasser oder dem Urin der Menschen und Thiere und sein Nachweis spricht, wenn die Oertlichkeit nicht dagegen ist, für eine directe Verunreinigung durch den Haushalt des Menschen.

Erwähnt sei noch, dass zuweilen in den aus grösseren Tiefen stammenden Wässern auch Ammoniak gefunden wird. In diesen Fällen

besteht eine Verunreinigung durch Fäulnissvorgänge menschlicher Abfallstoffe nicht. Das Ammoniak ist vielmehr durch Reductionsprocesse stickstoffhaltiger pflanzlicher und thierischer Substanzen in der sauerstofffreien Tiefe der Erde entstanden.

Aus dem Angeführten ergiebt sich:

Wässer, welche deutliche Reactionen auf organische, zumal stickstoffhaltige organische Substanzen geben, welche gleichzeitig beachtenswerthe Mengen von salpetriger Säure oder Ammoniak enthalten, oder deren Gehalt an Salpetersäure und an den die organischen Fäulnissproducte gewöhnlich begleitenden anorganischen Salzen: an Chloriden und Sulfaten der Alkalimetalle, des Calciums und Magnesiums, sowie an Bicarbonaten des Calciums und Magnesiums ein hoher ist, sind, sofern auch der örtliche Befund dafür spricht, als verunreinigt anzusehen, sie sind somit unappetitlich und für Genuss- und Hausgebrauchszwecke so weit als möglich auszuschliessen.

In vielen Gegenden findet sich in der Tiefe des Bodens Grundwasser, welches durch einen beträchtlichen Eisengehalt ausgezeichnet ist[1]). In der norddeutschen Tiefebene, deren Diluvium eisenhaltiges Wasser führt, besteht der Boden in der Hauptsache aus Sanden und Kiesen mit eingelagerten eisenhaltigen Gesteinstrümmern. Das niedergehende Wasser nimmt aus der Atmosphäre Sauerstoff und Kohlensäure auf, giebt aber in der Erde den Sauerstoff allmählich ab und nimmt aus den oberen Bodenschichten Kohlensäure und organische Substanzen mit. Das sauerstofffreie, kohlensäurereiche Wasser löst allmählich das Eisen der Gesteine und hält es in der Hauptsache als kohlensaures Eisenoxydul, zu einem geringeren Theile als phosphorsaures Eisenoxydul in Lösung.

Nicht selten sind derartige eisenhaltige Wässer reich an organischen Substanzen, die dann in der Hauptsache aus Huminkörpern bestehen und meistens eingelagerten Moorschichten ihre Entstehung verdanken. Diese Körper reduciren, wenn es ihnen an Sauerstoff fehlt, sauerstoffhaltige Verbindungen, sogar schwefelsaure Salze, und erzeugen so Schwefelwasserstoff; die stickstoffhaltigen Verbindungen aus den Moorbestandtheilen finden sich dann als Ammoniak wieder. So kommt es, dass eisenhaltige Wässer nicht selten auch Schwefel-

---

[1]) C. Piefke, Ueber die Nutzbarmachung eisenhaltigen Grundwassers für die Wasserversorgung von Städten. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1891.

wasserstoff und Ammoniak führen und einen moorigen und zugleich tintenartigen Geschmack haben. Kommt derartiges Wasser mit Luft in Berührung, so wird das zuerst vollständig klare Wasser milchig weiss getrübt, es entsteht Ferricarbonat, welches sich nach kurzer Zeit in Ferrihydrat verwandelt. Der Zutritt von Luft ist hierbei nach den Untersuchungen von B. Fischer[1]) die Hauptsache, die Abnahme des Kohlensäuregehaltes ist von geringerer Bedeutung.

Das Vorkommen freien Schwefelwasserstoffs neben gelöstem Eisen in natürlichen Wässern hat nichts Auffallendes an sich. Es ist hinreichend bekannt, dass eine grosse Anzahl natürlicher Mineralwässer, welche vermöge eines Gehalts an freier Kohlensäure sauer reagiren, zum Theil ganz beträchtliche Mengen Schwefelwasserstoffs neben Eisenoxydulverbindungen aufweisen[2]). Es kann daher nicht befremden, wenn in sauren Grundwässern, wie die oben beschriebenen, neben Eisen und Schwefelwasserstoff auch Ammoniak angetroffen wird. B. Fischer's Analysen der Grundwässer der Umgebung von Kiel haben eine Reihe eisenhaltiger Wässer kennen gelehrt, deren besondere Merkmale in einer verhältnissmässig hohen Oxydirbarkeit, dem Vorhandensein geringer Mengen von Ammoniak und Schwefelwasserstoff und der völligen Abwesenheit von Salpetersäure und salpetriger Säure bestehen. Nach den Mittheilungen Proskauer's[3]) über die Beschaffenheit verschiedener, von ihm untersuchter Grundwässer hält es B. Fischer[4]) für zweifellos, dass die für das Grundwasser von Kiel als typisch erkannte Zusammensetzung auch dem Grundwasser vieler anderer Gegenden Norddeutschlands eigen ist. Doch hat Proskauer in einzelnen Fällen Spuren von salpetriger Säure nachzuweisen vermocht. Auffallend ist die Beobachtung B. Fischer's, dass die von ihm untersuchten Wässer unmittelbar nach der Entnahme häufig alkalische Reaction zeigten, wie er glaubt infolge freien Ammoniaks, während, wie bereits erwähnt, solche Grundwässer meist reichlich freie Kohlensäure enthalten[5]).

---

[1]) Bernhard Fischer, Ueber das Grundwasser von Kiel mit besonderer Berücksichtigung seines Eisengehaltes und über Versuche zur Entfernung des Eisens aus demselben. Zeitschrift für Hygiene 13, 254.

[2]) Vergl. R. Fresenius, Schwefelwasserstoff in alkalischen Säuerlingen, Berichte der deutsch. chem. Ges. 10 (1877), S. 688.

[3]) Proskauer, Beiträge zur Kenntniss von stark eisenhaltigen Tiefbrunnenwässern und die Entfernung des Eisens aus denselben. Zeitschrift für Hygiene 9, 148.

[4]) loc. cit. S. 273.

[5]) Schwefelammonium fällt aus neutralen oder alkalischen Lösungen sämmtliches Eisenoxydul als Eisensulfür. Es könnte nun in den von B. Fischer

Der Eisengehalt des Wassers ist gesundheitlich indifferent, trotzdem verwirft die Hygiene mit Recht ein Wasser, dessen Gehalt an Eisen über 0,03 Theile Eisen auf 100000 Theile Wasser hinausgeht.

Der zunächst milchige, dann rothbraune, flockige Niederschlag macht das Wasser unansehnlich und unappetitlich. Dieser Fehler wird noch wesentlich vergrössert, wenn sich die grauen oder röthlichbraunen, mit Eisen incrustirten Flöckchen der Crenothrix polyspora (s. S. 433 u. 448) im Wasser finden. Das unappetitliche Aussehen und der tintenartige Geschmack veranlasst vielfach die Bevölkerung, zu dem schlechten Flachbrunnenwasser, welches wegen seines Sauerstoffgehaltes höchstens spurenweise Eisen führt, zurückzukehren.

Der Ocker lagert sich ausserdem in den Wasserleitungsrohren ab und bildet dort entweder eine leicht bewegliche Schlammschicht, welche zeitweilig aus den geöffneten Hähnen als rothbraune Masse herausstürzt, oder er bildet mit der Crenothrix feste Ballen und Knollen, welche im Stande sind, die Rohre vollständig zu verlegen.

Das eisenhaltige Wasser ist auch für den Hausgebrauch, z. B. zum Reinigen der Wäsche, nicht zu verwenden; ebenso ist es für einzelne Industrien, wie weiter unten gezeigt werden wird, nicht zu gebrauchen. Eisenhaltiges Wasser wäre also hiernach vom Gebrauche auszuschliessen, wenn es nicht gelänge, das Eisen und mit ihm den Schwefelwasserstoff daraus zu entfernen. Glücklicherweise giebt es bewährte Verfahren zur Enteisenung des Wassers. Die von Oesten-Proskauer[1]) und von Piefke[2]) angegebenen Verfahren bestehen darin, dass dem Wasser mittelst Fall durch Luft hindurch (Oesten-Proskauer), oder durch Rieseln über grosse Flächen, z. B. Coaksthürme (Piefke), reichlich Sauerstoff zugeführt und zugleich Kohlensäure entzogen wird, und dass der grossflockige Ocker hierauf durch Schnellfilter aus dem Wasser entfernt wird. Bei dem Lüften entweicht zugleich der Schwefelwasserstoff.

---

mitgetheilten Analysen als ein chemischer Widerspruch erscheinen, dass neben Schwefelammonium Eisen gelöst im Wasser enthalten sei. Doch erinnert R. Fresenius daran (Qual. Analyse, 16. Aufl., S. 174), dass in höchst verdünnten Eisenoxydullösungen sich Eisensulfür erst in der Wärme und bei längerem Stehen abscheidet. Um so verdünnte Lösungen handelt es sich aber offenbar in den oben besprochenen Wässern.

[1]) Publicirt von Proskauer, Zeitschr. f. Hygiene, 9, 148.

[2]) Piefke, Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1891.

Auf diese Weise gelingt es bei vorsichtigem Betriebe leicht und ohne erhebliche Kosten, das Eisen bis auf Spuren aus dem Wasser zu entfernen. In den allermeisten Fällen ist aber dem beabsichtigten Zweck völlig Genüge geleistet, wenn so viel Eisen aus dem Wasser herausgenommen ist, dass das Wasser selbst bei tagelangem Stehen sich nicht mehr trübt, dass die Crenothrix nicht mehr darin wächst, und der tintenartige Geschmack verschwunden ist. Dieses ist der Fall, wenn das Wasser nicht mehr als 0,03 mg Eisen in 100 ccm enthält und daher ist die Forderung gerechtfertigt:

Trink- und Hausgebrauchswasser soll in 100000 Theilen nicht mehr als 0,03 Theile Eisen enthalten.

Stellt man den in dem Verlangen nach Unschädlichkeit und guter Qualität summarisch zusammengefassten Anforderungen an Genusswässer die Thatsache entgegen, dass Oberflächenwässer auch bei sorgfältigster Filtration die Gefahr einer Infection nie vollkommen ausschliessen, dass zudem ihr Genuss durch die Vorstellung der Möglichkeit einer Verunreinigung mit Schmutzstoffen der unangenehmsten und ekelhaftesten Art stark beeinträchtigt wird, und dass ferner derartige Wässer eine gleichmässige kühle Temperatur nicht besitzen, so ergiebt sich, dass man bei der Wasserversorgung der Städte, wo immer möglich, von der Verwendung von Tagewässern gänzlich absehen sollte. Den weitgehenden Ansprüchen, welche man nach jenen beiden Richtungen hin an Genusswässer zu stellen berechtigt ist, genügen daher bei guter Fassung nur weiche Quellwässer oder aus hinreichender Tiefe oder in grösserer Entfernung von Betrieben geschöpfte, also reine Grundwässer. Die Heranziehung dieser beiden Arten von Wässern muss desshalb in Fragen der Wasserversorgung in erster Linie angestrebt werden, sofern ihrer Beschaffung nicht unüberwindliche ökonomische oder technische Schwierigkeiten entgegenstehen.

Quellwässer. Bevor eine Quelle gefasst wird, muss man wissen, ob ihr Wasser den Kriterien guter Genusswässer entspricht, und ferner, ob nicht seine Qualität zeitweilig oder dauernd von Tagewässern beeinflusst wird. Die örtliche Besichtigung giebt darüber nicht immer die nöthige Auskunft; dagegen bietet oft die Constanz der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung, sowie die gleichmässige Armuth an Bakterien die Gewähr, dass ein Quellwasser tieferen, vor äusseren Einflüssen geschützten Bodenschichten entstammt.

Grundwässer. Unter anderen Verhältnissen, zumal in der Ebene, ist man für den Bezug von brauchbarem Genusswasser auf

die Benutzung von Grundwasser angewiesen. Liegt der Wasserspiegel tief genug, und ist der Boden engporig, so zeigen sich auch Grundwässer frei von Bakterien und besitzen constante Temperatur und Zusammensetzung. Ist ausserdem ihre Hebung in hygienisch-technischer Beziehung tadellos, so müssen sie in Bezug auf Unschädlichkeit und gute Qualität den besten Quellwässern zur Seite gestellt werden.