I.

Allgemeines über die Beschaffenheit der natürlichen Wässer.

Die natürlichen Wässer sind von sehr ungleicher Beschaffenheit. Keines derselben ist vollständig chemisch rein; sie alle enthalten in grösserer oder geringerer Anzahl und in wechselnden Mengen Stoffe verschiedener Art in Auflösung und häufig auch im aufgeschwemmten Zustande, welche ihre Eigenschaften beeinflussen.

Bei der Untersuchung der natürlichen Wässer können mannigfaltige Gesichtspunkte in Frage kommen; vornehmlich sind es jedoch hygienische und technische Interessen, durch welche Wasseruntersuchungen veranlasst werden und welche daher in diesem Werke in erster Linie Berücksichtigung gefunden haben.

In den einleitenden Bemerkungen, welche wir der Beschreibung der analytischen Methoden vorausschicken, beabsichtigen wir keineswegs, eine erschöpfende Geschichte der natürlichen Wässer zu geben; diese Bemerkungen zielen vielmehr nur darauf ab, den Analytiker auf dem soeben erwähnten Gebiete zu orientiren und seine Aufmerksamkeit auf diejenigen Punkte zu lenken, welche für die Beurtheilung der Beschaffenheit eines Wassers von besonderer Bedeutung sind.

Wir erinnern zunächst daran, dass das auf der Erde vorhandene Wasser, dank der von der Sonne ausgehenden bewegenden Kraft, in einem steten Kreislauf erhalten wird.

Das Wasser verdampft aus dem Meere, den Seen, Flüssen, Bächen etc., sowie von der durchfeuchteten Erdoberfläche aus in die umgebende Atmosphäre, in deren kühleren Schichten der Wasserdampf sich zu Wolken verdichtet. Aus der Luft gelangt das Wasser in Form von Thau, Reif, und zumal von meteorischen Niederschlägen, als Regen, Schnee, Hagel auf die Erdoberfläche zurück; auch giebt die mit Wasserdämpfen geschwängerte Luft bei dem Eindringen in den Boden an letzteren einen Theil ihrer Feuchtigkeit ab. Je nach der physikalischen Beschaffenheit des Bodens, auf welchen das Meteorwasser gefallen ist, fliesst der nicht alsbald wieder verdunstete Antheil desselben auf der Oberfläche als Tage-

wasser (Oberflächenwasser) nach dem nächsten Wasserlaufe ab, oder versickert in den Boden. Das Wasser sinkt darin, bis es auf eine undurchlässige Schicht gelangt, und sammelt sich sodann als Grundwasser in den Poren und grösseren Hohlräumen des darüber befindlichen Bodens an. Das Grundwasser fliesst auf der undurchlässigen Schicht nach der Richtung des grössten Gefälles in Bäche, Flüsse und Seen ab, oder tritt als Quelle wieder zu Tage. Die Brunnen sind künstlich erschlossene, mithin ebenfalls von Grundwasser gespeiste Quellen.

Ein allgemeiner Einblick in die Natur der aufgelösten und schwebenden Bestandtheile der natürlichen Wässer lässt sich gewinnen, wenn man prüft, mit welchen Stoffen das Wasser während seines Kreislaufes in Berührung kommt, welche dieser Stoffe davon leicht gelöst, welche anderen dadurch im aufgeschwemmten Zustande auf weite Strecken fortgeführt werden und unter welchen Bedingungen aufgelöste und schwebende Bestandtheile aus dem Wasser wieder verschwinden.

Hauptsächliche Bestandtheile der Atmosphäre und der Erdoberfläche. Uebergang derselben in das Wasser.

In der unsere Erde umgebenden Atmosphäre kommen ausser den beiden Hauptbestandtheilen derselben, den elementaren Gasen, Sauerstoff und Stickstoff, gewöhnlich nur wenige Stoffe in etwas erheblicherer Menge vor. Unter diesen ist neben Wasserdampf zumal Kohlensäure zu nennen. Ammoniak, Salpetersäure, salpetrige Säure, sowie der von der Erdoberfläche aufgewirbelte, aus Mineralsubstanz und organischer Materie bestehende Staub verdienen ausserdem Erwähnung. Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff sind in Wasser nur wenig löslich; Salpetersäure, salpetrige Säure und Ammoniak, sowie Kochsalz, welches in den in der Luft schwebenden Staubtheilchen fast immer vorhanden ist, werden leicht davon aufgenommen. Die Meteorwässer reissen den atmosphärischen Staub nieder, dessen unlösliche Bestandtheile, darunter auch Mikroorganismen, darin suspendirt bleiben. Die Anwesenheit der letzteren bedingt, dass leicht faulige Fermentationen im Regenwasser eintreten.

Die Erdoberfläche besteht zum weitaus überwiegenden Theile aus einer begrenzten Anzahl von Verbindungen nur weniger Elemente. Kieselsäure, Silicate und Doppelsilicate des Aluminiums, Eisens, Calciums, Magnesiums und der Alkalimetalle, Carbonate des Calciums, Magnesiums und Eisens, Oxyde des letzten Metalles,

Sulfate, Chloride, Phosphate und Nitrate des Calciums, Magnesiums und der Alkalimetalle sind diejenigen Mineralstoffe, denen wir daselbst am häufigsten begegnen. Kieselsäure und die angeführten Salze und Doppelsalze derselben, sowie die Carbonate des Calciums und Magnesiums setzen die Erdoberfläche hauptsächlich zusammen. Diese Körper sind an und für sich in reinem Wasser unlöslich oder nahezu unlöslich. Das in den Erdboden eindringende Meteorwasser ist aber bereits mit den erwähnten atmosphärischen Gasen beladen, welche im Verein mit den beim Durchsickern der Humusschichten des Erdbodens aufgenommenen Stoffen, als Kohlensäure, Salpetersäure, Humussäuren, Mineralsalze etc., seine lösende und verändernde Einwirkung auf die Gesteine beträchtlich steigern, zumal in grösseren Tiefen unter dem Einfluss höherer Temperaturgrade. Energischer noch als das flüssige Wasser wirken die Wasserdämpfe der unterirdischen Atmosphäre auf die Substanzen des Erdbodens ein.

Von Bedeutung für das Löslichkeitsvermögen des Wassers ist ferner die Dauer, während welcher es mit den Gesteinen in Berührung steht. Mit Kohlensäure beladenes Wasser vermag Carbonate des Calciums und Magnesiums aufzulösen und bei lange andauernder Einwirkung selbst die Silicate allmählich zu zersetzen, wobei Alkalimetallverbindungen und Kieselsäure in Lösung gehen. Die übrigen, oben aufgezählten, Mineralsubstanzen kommen auf der Erdoberfläche zwar weit verbreitet, aber in viel geringerer Menge vor. Von denselben nimmt das Wasser die Salze der Alkalimetalle, die Chloride und Nitrate des Calciums und Magnesiums, sowie das Sulfat des Magnesiums leicht, das Sulfat des Calciums schwieriger auf.

Bei der Verwitterung der Silicate werden die unlöslichen thonigen Bestandtheile derselben zum Theil als äusserst feine, amorphe Pulver abgeschieden, welche das Wasser im aufgeschwemmten Zustande oft auf weite Strecken fortführt. Die aus dieser Quelle stammenden suspendirten Substanzen setzen sich selbst bei ruhigem Stehen aus dem Wasser nur äusserst schwierig ab. Antheile derselben passiren die Poren auch sehr dichter Filter und bedingen vielfach die ins Grüne oder Gelbe spielende Farbe mancher Flusswässer, insoweit dieselbe nicht von aufgelösten organischen Verbindungen herrührt, was z. B. bei allen Wässern aus Torfmooren der Fall ist.

Die Menge der organischen Materie, welcher das Wasser während seines Kreislaufes begegnet, ist verschwindend klein der Menge von Mineralsubstanz gegenüber, mit welcher es auf dem gleichen Wege in Wechselwirkung tritt. Die auf der Erdoberfläche und in den oberen Erdschichten vorhandene unbelebte organische Materie

geht schnell in Verwesung über und wird bei genügendem Luftzutritt in kurzer Zeit zum grösseren Theil in Mineralsubstanz verwandelt.

Von dem dabei verbleibenden, schwierig oxydirbaren Rückstande, welchen wir gewöhnlich als Humussubstanz bezeichnen, werden nur geringe Antheile vom Wasser aufgenommen. Man hat die löslichen Bestandtheile des Humus wohl als Quellsäure, Quellsatzsäure, Huminsäure u. s. f. von einander unterschieden; diese Namen verdienen jedoch kein weiteres Interesse, weil die so bezeichneten organischen Substanzen chemisch durchaus ungenügend charakterisirt sind.

Unlösliche organische Stoffe werden von dem Wasser leicht aufgeschwemmt. Die gröberen Antheile derselben setzen sich bald ab und die feineren Antheile werden durch die im Wasser andauernden Oxydationsprocesse allmählich zerstört.

Lösliche Bestandtheile der natürlichen Wässer. Aus der vorstehenden Schilderung ist ersichtlich, dass unter normalen Verhältnissen eine nur kleine Anzahl von löslichen Substanzen in die natürlichen Wässer gelangen kann. Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure, Sulfate, Chloride, Nitrate, Nitrite und Phosphate des Ammoniaks, der Alkalimetalle, des Calciums und Magnesiums, durch Kohlensäure in Lösung gehaltene Carbonate des Calciums, Magnesiums und Eisens, Kieselsäure, Thonerde, sowie die löslichen Antheile der Humusstoffe finden sich darin am häufigsten. Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Calciumverbindungen und Kochsalz fehlen fast niemals in den natürlichen Wässern.

Berücksichtigt man, dass unter den soeben aufgezählten Stoffen die leicht löslichen auf der Erdoberfläche zwar weit verbreitet sind, der Menge nach aber gegen die schwer löslichen bedeutend zurücktreten, dass die Löslichkeit der Kohlensäure, des Sauerstoffs und Stickstoffs in Wasser, sowie der Carbonate des Calciums und Magnesiums in kohlensäurehaltigem Wasser begrenzt und nur gering ist, dass die aufgelösten oder aufgeschwemmten organischen Stoffe in den oberen Erdschichten bei genügendem Sauerstoffzutritt rasch mineralisirt werden und dass die zersetzende Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers auf Silicate sehr langsam erfolgt, so ist es ohne Weiteres verständlich, dass wir es in der überwiegenden Mehrzahl der natürlichen Wässer mit sehr verdünnten Lösungen weniger Stoffe in Wasser zu thun haben.

Wenn man sich ferner die Mannigfaltigkeit der auf der Erde vorhandenen geognostischen Formationen, die Ungleichheit ihrer Zusammensetzung, sowie ihre verschiedenartige Zersetzbarkeit ins

Gedächtniss zurückruft und schliesslich überlegt, dass die Umstände und Bedingungen, unter denen das Wasser auf die Bestandtheile des Bodens einwirkt, an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche weit von einander abweichen, so ist ebenso von vornherein klar, dass die angeführten Bestandtheile sich, wenn auch immer nur in geringen Mengen, so doch in sehr wechselnden Verhältnissen in den verschiedenen natürlichen Wässern vorfinden.

Die Litteratur verzeichnet eine grosse Anzahl von Wasseranalysen. Wir nehmen davon Abstand, diese einführenden, orientirenden Bemerkungen mit einer ausführlichen Wiedergabe derartiger Analysen zu beschweren, weil sie auf den in hydrologische Studien Eintretenden eher verwirrend als aufklärend wirken würden. Um jedoch den Leser in den Stand zu setzen, sich eine allgemeine Vorstellung von den ungefähren Mengenverhältnissen zu bilden, in denen die wichtigsten der erwähnten Substanzen sich in den natürlichen Wässern vorfinden, führen wir an, dass die von aussergewöhnlichen Verunreinigungen freien natürlichen Wässer in der Regel in 100000 Theilen:

1) nicht mehr als 50 Thle. mineralische und organische, bei dem Verdampfen auf dem Wasserbade zurückbleibende Stoffe,
2) nicht mehr als 18 bis 20 Thle. Erdalkalimetalloxyde (Calciumoxyd und Magnesiumoxyd),
3) nicht mehr als 2 bis 3 Thle. Chlor, beziehungsweise 3,3 bis 5 Thle. Kochsalz,
4) nicht mehr als 8 bis 10 Thle. Schwefelsäure (SO_3),
5) nicht mehr als 0,5 bis 1,5 Thle. 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 Thln. Wasser vorhandenen organischen Stoffe unter später angegebenen Bedingungen aus einer Chamäleonlösung gewöhnlich nicht mehr als 0,6 bis 0,8, höchstens 1 Thl. Kaliumpermanganat reduciren.

In besonderen, später näher erörterten Fällen treten allerdings, ohne dass aussergewöhnliche Verunreinigungen in Frage kommen, einzelne der erwähnten Verbindungen in erheblicherer Menge in den natürlichen Wässern auf. Immerhin beträgt die Gesammtmenge der gelösten und schwebenden Bestandtheile in der Mehrzahl der reineren natürlichen Wässer nur Hundertel und äusserst selten Zehntel Procente. Hiervon machen allerdings die Mineralwässer und das Meerwasser, auf die wir weiter unten zurückkommen werden, eine Ausnahme.

Schwebende Bestandtheile der natürlichen Wässer. Als schwebende Bestandtheile können alle an der Erdoberfläche vorhandenen unlöslichen Stoffe in die natürlichen Wässer gelangen, wenn sie damit in genügend fein vertheiltem Zustande zusammentreffen. Von Mineralstoffen kommen dabei zumal Trümmer von Silicaten, thonige, sandige, sowie kalk- und magnesiahaltige unlösliche Stoffe in Frage.

Die allgemeine chemische Natur der organischen schwebenden Bestandtheile lässt sich nicht in so einfacher Weise definiren, da es sich dabei um die mannigfaltigsten Organismen bezw. Mikroorganismen und abgesehen davon, um die verschiedensten, durch den Lebensprocess von Pflanzen und Thieren erzeugten Substanzen, Abfälle und Reste von Thieren und Pflanzen, sowie unlösliche Umwandlungsproducte derselben handelt.

Die Organismen bezw. Mikroorganismen und unlöslichen Reste organisirter Materie, welche mehr oder weniger häufig in die natürlichen Wässer gelangen, sind bei Erörterung der mikroskopischen und bacteriologischen Untersuchung des Wassers ausführlich abgehandelt; aus diesem Grunde gehen wir darauf an dieser Stelle nicht weiter ein. Die schwebenden Bestandtheile setzen sich aus dem Wasser nach einiger Zeit zum grösseren Theile wieder ab. Dieser Process erfolgt um so rascher, je höher das Volumgewicht der schwebenden Bestandtheile und je weniger das Wasser bewegt ist.

Beschaffenheit verschiedener Arten des natürlichen Wassers.

Meteorwasser. Das reinste von der Natur dargebotene Wasser ist das Meteorwasser, insofern dasselbe aus staubfreier oder staubarmer Atmosphäre niedergefallen und auf reinen Flächen aufgesammelt worden ist. Den letzteren Bedingungen wird bei dem Auffangen des Regenwassers nur selten Genüge geleistet.

Die Zusammensetzung der Meteorwässer richtet sich nach der Beschaffenheit der Luftschichten, aus welchen sie sich niederschlagen. Sie sind mit Sauerstoff und Stickstoff gesättigt und enthalten ausserdem geringe Mengen von Kohlensäure gelöst. Salpetersäure und Ammoniak sind normale Bestandtheile der Meteorwässer, zuweilen finden sich darin auch geringe Mengen von salpetriger Säure. Gewöhnlich schwankt ihr Ammoniakgehalt zwischen 0,02 bis 0,5 Theilen, ihr Gehalt an Salpetersäure (N_2O_5) zwischen 0,1 bis 1 Theil in 100000 Theilen.

Der Salpetersäuregehalt ist im Sommer grösser als im Winter; die Ammoniakmengen sind dagegen im Sommer geringer.

Wenn Verunreinigungen durch die Sammelflächen ausgeschlossen sind, so beträgt die Gesammtmenge der beim Verdampfen eines Meteorwassers auf dem Wasserbade bleibenden, von atmosphärischem Staube herrührenden Rückstände gewöhnlich nur wenige Einheiten auf 100000 Theile Wasser. Die Rückstände bestehen zum grossen Theil aus organischen Substanzen; von Mineralstoffen sind als häufige Bestandtheile der Meteorwässer Chloride und Sulfate des Natriums sowie Calciums zu erwähnen. Der Kochsalzgehalt schwankt in der Regel zwischen 0,2 bis 2 Theilen in 100000 Theilen.

Quell- und Grundwasser (Brunnenwasser). Die reinsten Wässer, welche sich, abgesehen von dem Meteorwasser, in der Natur finden, sind diejenigen, welche, direct aus atmosphärischen Niederschlägen stammend, in unbebauten, z. B. gebirgigen Gegenden, nach der Filtration durch dünne, humusreiche Erdschichten sich auf einem aus Urgebirge oder aus einem schwierig zersetzbaren Gestein bestehenden undurchlässigen Untergrunde sammeln. Dieselben treten in der Regel als Quellen zu Tage. Solche Wässer enthalten meist nur wenige Hunderttausendtheile gelöster, fester Stoffe, welche gewöhnlich aus kohlensaurem Calcium und Kochsalz bestehen. Sie unterscheiden sich von dem Meteorwasser, in welchem diese Salze sich häufig in noch geringerer Menge befinden, zumal dadurch, dass sie frei von allen suspendirten Substanzen und fast frei von Salpetersäure und Ammoniak sind.

Einen etwas grösseren Gehalt an festen, gelösten, im Uebrigen aus denselben Salzen bestehenden Stoffen zeigen die Grund- und Quellwässer, welche kalkfreie Gebirgsformationen auf weitere Strecken durchsickert haben; der Gehalt an festen, gelösten Bestandtheilen steigt noch etwas — auf mehrere Zehntausendtheile —, wenn kalkhaltige Formationen in Frage kommen. Wir haben bereits S. 5 angeführt, bis zu welcher Höhe — im Allgemeinen und abgesehen von dem Meerwasser — der Gehalt der natürlichen Wässer an den darin häufig vorkommenden Substanzen steigt, so lange nachweislich directe verunreinigende Zuflüsse ausgeschlossen sind.

Hinter den daselbst mitgetheilten Zahlen bleiben die Mengen gelöster Stoffe gewöhnlich erheblich zurück, welche in der Mehrzahl der reinen Quell- und Grundwässer vorkommen; nur gelegentlich, wenn diese Wässer während ihres unterirdischen Laufes gyps-, salz- oder kohlehaltigen Schichten begegnet sind, treten darin grössere Mengen gelöster Substanzen, zumal von Natrium-, Calcium- und Magnesiumsalzen (darunter besonders Gyps- und Kochsalz), auf.

Um den Einfluss zu veranschaulichen, welchen die verschiedenen geognostischen Formationen auf die aus denselben entnommenen Wässer üben, lassen wir hierunter die Ergebnisse einer Anzahl bezüglicher Wasseranalysen folgen, welche E. Reichardt[1]) ausgeführt hat.

100000 Theile Wasser enthielten Theile:							
bei Quellwasser aus der Formation des	Abdampfrückstand	Salpetersäure N_2O_5	Chlor Cl	Schwefelsäure SO_3	Kalk CaO	Magnesia MgO	die darin vorhandenen organischen Stoffe reducirten Theile $KaMnO_4$
Granits . . . . . a	2,44	—	0,33	0,39	0,97	0,25	0,31
Granits . . . . . b	7,00	—	0,12	0,34	3,08	0,91	0,08
Granits c	21,00	—	Spur	1,03	4,48	2,10	0,09
Melaphyrs	16,00	—	0,84	1,71	6,16	2,25	0,38
Basalts	15,00	—	Spur	0,34	3,16	2,80	0,04
Thonsteinporphyrs . . .	2,50	—	—	0,34	0,56	0,18	0,16
Thonschiefers . . . . a	12,00	—	0,25	2,40	5,04	0,73	—
Thonschiefers . . . . b	6,00	—	0,88	0,17	0,28	0,36	0,35
Thonschiefers c	7,00	Spur	0,20	0,50	0,56	0,18	0,34
Thonschiefers . . . . d	18,00	Spur	1,06	1,00	4,40	1,08	0,42
bunten Sandsteins . . a	22,50	0,98	0,42	0,88	7,30	4,80	0,28
bunten Sandsteins . . b	30,00	0,40	0,32	0,34	9,52	0,72	0,18
bunten Sandsteins . . c	19,00	Spur	0,89	2,75	3,92	2,80	0,08
bunten Sandsteins . . d	9,00	—	0,75	—	1,00	0,36	0,05
Muschelkalks	32,50	0,02	0,37	1,37	12,90	2,90	0,14
dolomitischen Kalks . .	41,80	0,23	Spur	3,40	14,00	6,50	0,11
bei einer Gypsquelle . .	236,50	Spur	1,61	110,83	76,60	12,25	Spur

Die Grundwässer humusreicher Erdschichten (Moorgegenden), im Allgemeinen reich an organischen und anorganischen Bestandtheilen, sind besonders durch Eisenoxydul, Ammoniak und Schwefelwasserstoff charakterisirt, Verunreinigungen, welche darin nur selten fehlen. Wir haben in der folgenden Tabelle einige von Bernh. Fischer[2]) mitgetheilte Analysen derartiger Wässer zusammengestellt.

[1]) E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. 4. Auflage, Seite 33 und 34. Halle 1880.

[2]) Zeitschrift für Hygiene 13, 265 und 270.

	Zahl d. Untersuch.	Trockenrückstand	Glühverlust	Oxydirbarkeit[2] $KMnO_4$-Verbrauch	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Schwefelsäure	Chlor	Eisenoxydul	Mit Seifelösung n. Clark bestimmte Gesammt-Härte. Deutsche Härtegrade.	bleibende Härte. Deutsche Härtegrade.	Calciumoxyd	Magnesiumoxyd	Reaction
		100000 Theile Wasser enthielten Theile:													
A. Grundwasser b. Kiel															
Vom Schulenseewerk: Seebrunnen	16	**39,1**[1]	**11,4**	**1,28**	**0,07**	**0**	**0**	Spur	**1,89**	**0,2**	**14,0**	**3,4**	**14,11**	**2,24**	
		34,8—52	4,7—16,8	0,53—3,26	0,02—0,14				1,67—2,0	0,14—0,25	12,7—16,4	2,2—4,8	12,44—15,0	1,92—2,56	
Vom Schulenseewerk: Landbrunnen	11	**39,9**[1]	**13,3**	**1,52**	**0,12**	**0**	**0**	Spur	**1,89**	**0,24**	**13,7**	**3,2**	—	—	
		35 —51,3	5,9—25,7	0,73—2,42	0,015—0,21			(0,66)	1,48—2,0	0,12—0,37	—	—	13,77—15,5	1,82—2,34	
Hauptsammelbrunnen Gaarden	12	**34,9**[1]	**11,1**	**0,61**	**0,011**	**0**	**0**	—	**1,73**	**0,13**	**12,6**	**3,7**	—	—	
		32,0—45,5	5,7—17,5	0,08—1,98	0,01—0,025			3,77	1,44—2,13	0,0—34	—	—	11,2—12,5	1,444	
B. Grundwasser am Nordostseecanal															
bei Holtenau	1	72,75	47,5	0,74	0,09	0	0	—	22,95	0,36	13,7	3,4	—	—	
bei Levensau	1	28,7	4,33	0,85	0,025	0	0	—	1,79	0,13	10,7	3,0	—	—	
C. Grundwasser aus Oldenburg in Holstein.															
Tiefbrunnen															
I. Brunnentiefe 43 m	—	49,0	7,8	0,82	0,05	0	0	2,69	7,6	0,4	—	—	15,0	2,65	alk.
II. Brunnentiefe 60 m	—	83,33	9,17	1,06	0,125	0	0	3,04	21,7	0,35	—	—	12,75	3,47	alk.
III. Brunnentiefe 15 m	—	80,17	14,33	0,48	0,185	0	0	5,8	16,7	1,88	—	—	20,65	5,98	alk.

[1]) Die grossen Zahlen bedeuten die Mittelwerthe aus sämmtlichen Untersuchungen, die kleinen die Einzelwerthe bezw. die minimalen und maximalen der zu verschiedenen Zeiten entnommenen Proben.

[2]) Einschliesslich des für das Eisenoxydul nothwendigen Kaliumpermanganats.

Im Anschluss hieran theilen wir die von C. Bischoff[1]) ausgeführten Analysen zweier Wässer aus Tiefbrunnen mit, welche in den Berliner Alluvialboden eingesenkt sind.

100000 Theile Wasser enthielten Theile:								
bei	Abdampfrückstand	Chlor	Salpetersäure	Schwefelsäure	Ammoniak	Kalk	Magnesia	die darin vorhandenen organischen Stoffe reducirten Theile $KaMnO_4$
Brunnen A. Tiefe des Spiegels 78 bis 96 m	33,00	0,73	—	—	kaum Spur	15,01	1,03	0,47
Brunnen B. Tiefe des Spiegels 30,8 m	12,76	0,53	—	1,35	kaum Spur	5,40	0,18	0,18

Wie ersichtlich, zeigen verschiedene Wässer, welche ein und derselben Formation entstammen, erhebliche Unterschiede in ihrer Zusammensetzung. Es ist dies leicht verständlich, da einerseits die Mengenverhältnisse, in welchen die einzelnen Mineralien bezw. chemischen Verbindungen als Bestandtheile der nämlichen Formation auftreten, an verschiedenen Orten beträchtliche Abweichungen aufweisen und andererseits die Mengenverhältnisse, in denen die einzelnen Stoffe vom Wasser aufgenommen werden, wie aus a. a. O. gemachten Erläuterungen erhellt, nicht ausschliesslich von der chemischen Beschaffenheit der durchsickerten Gesteinsschichten abhängig sind.

Bach-, Fluss- und Seewasser. Der Gehalt an gelösten Bestandtheilen ist bei Bach-, Fluss- und Seewässern von der Beschaffenheit der Quellen, aus denen sie schöpfen, von der Zusammensetzung der ober- und unterirdischen Zuflüsse, welche sie erhalten, und endlich von dem Verlauf der unten erörterten, in Wasserläufen eintretenden Selbstreinigung des Wassers abhängig. Es bedarf keiner Erläuterung, dass stehende und fliessende Wässer in hervorragender Weise der Verunreinigung mit schwebenden Substanzen ausgesetzt sind und dass die letzteren selten ganz darin fehlen. Man pflegt kalk- bezw. magnesiareiche und kalk- bezw.

[1]) Siehe G. Wolffhügel, Wasserversorgung, Seite 52 im Handbuch der Hygiene und der Gewerbekrankheiten von M. v. Pettenkofer und H. v. Ziemssen. Leipzig 1882.

magnesiaarme Wässer als harte und weiche Wässer von einander zu unterscheiden. Wir haben bereits angeführt, dass die Kohlensäure, welche die Carbonate des Calciums, Magnesiums und Eisens in Lösung hält, bei längerer Berührung mit der Atmosphäre theilweise entweicht und dass in Folge dessen eine entsprechende Menge der betreffenden Carbonate sich abscheidet. Die Mehrzahl der Fluss- und Seewässer zeigt daher eine nur geringe Härte.

Um die Zusammensetzung der Fluss- und Seewässer noch weiter zu veranschaulichen, stellen wir im Folgenden die Analysen des Wassers einiger bekannten Flüsse und Seen zusammen [1]):

100000 Theile Wasser enthielten Theile:									
im	Abdampfrückstände	Chlor	Salpetersäure	Ammoniak	Schwefelsäure	Kalk	Magnesia	die darin vorhandenen organischen Substanzen reducirten Theile $KaMnO_4$	untersucht von
Rhein bei Cöln . . .	25,00	0,25	Spur	—	1,96	7,49	2,05	1,02	Vohl 21. X. 1870.
Elbe bei Magdeburg	26,00	3,83	0,14	—	4,80	5,60	1,60	0,61	Reichardt XI. 1870.
Oder bei Breslau . .	13,50	0,70	0,12	0,006	1,40	2,90	0,80	1,54	Poleck.
Donau bei Deggendorf	24,70	2,15	0,23	—	—	8,49	—	0,80	Emmerich u. Brunner.
Spree oberhalb Köpenick . . .	19,14	2,13	—	0,011	Spur	5,36		2,77	Tiemann I. 1883.
Züricher See	14,06	—	—	—	0,92	5,66	1,00	nicht bestimmt	Analysen älteren Datums.
Genfer See .	12,80	0,52	—	—	3,81	4,23	1,15	ebenso	
Tegeler See bei Berlin .	18,83	1,26	0,21	0,07	1,02	6,35	0,81	1,29	Finkener 26. II. 1869.

[1]) Diejenigen, welche ausführlichere Auskunft über die chemische Zusammensetzung der verschiedenen natürlichen Wässer zu erhalten wünschen, verweisen wir auf die sorgfältigen Zusammenstellungen von Wasseranalysen, welche in dem 6th Report of the Rivers Pollution Commission, den bereits citirten Werken von Reichardt und Wolffhügel, sowie in Ferdinand Fischer's Chem. Technologie des Wassers, Braunschweig 1878, und: Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurtheilung etc. Berlin 1891, enthalten sind. Den zuletzt erwähnten Monographien sind die soeben angeführten Zahlen grossentheils entnommen.

Mineralwässer und Meerwasser. Quellwässer, welche sich durch einen beträchtlichen Gehalt an Mineralsalzen und Gasen oder durch höhere Temperaturgrade auszeichnen, werden gemeinhin als Mineralwässer, letztere häufiger als Thermen bezeichnet. Maassgebend für die Unterscheidung der zahlreichen und verschiedenartigen Mineralwässer sind bald die der Menge nach vorwiegenden, bald diejenigen Bestandtheile, welchen sie vorzugsweise ihre Verwendung — sei es als Heilwässer oder als Tafelwässer — verdanken. Demzufolge unterscheidet man im Allgemeinen die Mineralwässer als Säuerlinge, alkalische Mineralwässer, erdige Mineralwässer, Bitterwässer, Kochsalzwässer, Eisenwässer und Schwefelwässer, und theilt diese Hauptgruppen wieder in verschiedene Unterabtheilungen ein [1]).

Hohe Preise und Transportkosten, geringe Haltbarkeit und andere Umstände haben zumal seit dem bahnbrechenden Vorgehen F. A. Struve's zur kunstmässigen Fabrikation der Mineralwässer geführt. Den auf Grund exacter chemischer Analysen hergestellten Nachbildungen der natürlichen Heilwässer haben sich bald nach beliebigen Vorschriften zusammengesetzte, gleich jenen mit Kohlensäure imprägnirte Salzlösungen angeschlossen, welche insgesammt als „künstliche Mineralwässer [2])“ bezeichnet werden und deren Fabrikation einen nicht unbedeutenden Industriezweig herangebildet hat.

Das Meerwasser weist einen durchschnittlichen Gehalt von 3 bis 4 Proc. fester Bestandtheile auf, darunter in weit überwiegender Menge Kochsalz. In einigen Binnenmeeren ist er höher, in anderen, besonders solchen mit starken Zuflüssen, geringer und sinkt beispielsweise in der Ostsee auf 0,7 bis 1,8 Proc. herab. Nur in grösseren Tiefen beträgt der Gesammtrückstand gegen 3 Proc. [3]).

---

[1]) Th. Husemann, Mineralwässer, Real-Encyklop. der ges. Pharm., 7, 56, 1889. Vergl. auch A. Goldberg, Die natürlichen und künstlichen Mineralwässer, Weimar 1892. Bei Beiden Tabellen über die Zusammensetzung der wichtigeren Mineralwässer, ebenso bei Fr. Raspe, Heilquellenanalysen, Dresden, W. Baensch 1885. Eine Gruppirung der Mineralwässer unter Zugrundelegung rein chemischer Gesichtspunkte empfiehlt K. v. Than, die ihn zu einer von der obigen etwas abweichenden Eintheilung der Mineralwässer führt. Tschermak's mineralog. Mitth. 1891, **11**, 87; Ref. im Chem. Centralbl. 1891, **1**, 951.

[2]) Ueber die künstliche Herstellung der Mineralwässer vergl. die bereits erwähnte Abhandlung von Goldberg, ferner: H. Hager, Vollständige Anleitung zur Fabrikation künstlicher Mineralwässer, Lissa 1860; B. Hirsch, Die Fabrikation künstlicher Mineralwässer, Braunschweig 1876; Goldammer, Real-Encyklop. der ges. Pharm., 7, 69 u. ff., 1889.

[3]) Siehe F. Fischer, Chem. Technologie des Wassers, Braunschweig 1880, S. 117 und 120.

Das Meerwasser kommt als Trinkwasser nicht, bezw. nur auf Schiffen nach vorausgegangener Destillation, als Gebrauchswasser in seltenen Fällen und nur für einen kleinen Bruchtheil der Bevölkerung in Frage. Verunreinigungen desselben können nur dann von Bedeutung werden, wenn in Häfen, engen Buchten etc. befindliches Meerwasser von der Verbindung mit dem Meere mehr oder weniger abgeschlossen ist. Derartige Verunreinigungen des Meerwassers sind unter Berücksichtigung seiner abweichenden Zusammensetzung von denselben Gesichtspunkten aus, wie die Verunreinigungen anderer Wässer, zu beurtheilen.

Wechsel im Gehalt der natürlichen Wässer an den einzelnen Bestandtheilen.

Die Umstände, welche bedingen, ob mehr oder weniger lösliche und unlösliche Substanzen in die natürlichen Wässer gelangen, sind, wie immer von Neuem hervorgehoben werden muss, äusserst mannigfaltig und einem steten Wechsel unterworfen. Je nachdem in der Luft mehr oder weniger Staub vorhanden ist und je nach der Beschaffenheit dieses Staubes können z. B. Meteorwässer schon während des Niederfallens zur Erde sich mehr oder weniger mit fremden Stoffen beladen.

Das Wasser wirkt besonders beim Eintritt der wärmeren Jahreszeit auf das während kälterer Perioden durch gebildetes Eis zertrümmerte und so der Einwirkung der Atmosphärilien zugänglicher gemachte Gestein. Durch starke atmosphärische Niederschläge, sowie durch das Eintreten einer niederen Temperatur können an oder in der Nähe der Erdoberfläche verlaufende Fäulnissprocesse, welche erhebliche Mengen löslicher Stoffe erzeugen, verlangsamt oder sistirt werden; Meteorwässer, welche bei dem raschen Durchströmen der oberen Erdschichten nur im begrenzten Umfange Gelegenheit gehabt haben, lösliche Stoffe aufzunehmen, können sich den Wasserläufen und den über schwer durchlässigen Schichten bereits angesammelten, reichlich mit gelösten Substanzen beladenen Wässern beimischen; profuse Regengüsse können Bestandtheile der obersten Erdschichten in offene Gewässer schwemmen etc. etc. Es ist daher ohne Weiteres ersichtlich, dass das zu verschiedenen Zeiten von derselben Quelle gelieferte oder aus dem nämlichen Brunnen entnommene oder an ein und derselben Stelle aus einem Flusse geschöpfte Wasser nicht immer die gleiche Zusammensetzung haben, d. h. nicht immer dieselben gelösten und schwebenden Bestandtheile in unveränderlichen Mengenverhältnissen enthalten kann. In der

Ebene, wo ein langsameres Vordringen und im Allgemeinen eine grössere Vertheilung der Meteorwässer stattfindet, wo daher mehr Gelegenheit zum Ausgleich der die normalen Mischungsverhältnisse störenden Momente gegeben ist, zeigt das Wasser, wie der eine von uns bei der Untersuchung von Wässern aus der norddeutschen Tiefebene vielfach beobachtet hat, in dem Gehalt an einzelnen Bestandtheilen zu verschiedenen Zeiten gewöhnlich weniger ausgesprochene Verschiedenheiten, als das Wasser in gebirgigen Gegenden; wie aber aus der Tabelle S. 9 ersichtlich ist, unterliegt der Gehalt an einzelnen Bestandtheilen moorigem Grund entnommener Wässer nicht unerheblichen Schwankungen. Es ist ferner selbstverständlich, dass auch in der Ebene das Wasser aus Flüssen, welche in Gebirgen entspringen, sich vielfach ebenso wie Gebirgswasser verhält. Unterschiede in der Zusammensetzung treten ferner zu verschiedenen Zeiten weit mehr bei den in der Nähe der Erdoberfläche entnommenen, als bei den tieferen Erdschichten entstammenden Wässern hervor. Die Gründe dieser Erscheinung bedürfen nach den bei Erörterung der Bodenfiltration gegebenen Erläuterungen keines weiteren Commentars.

Um zu veranschaulichen, in welcher Weise unter Umständen der Gehalt der natürlichen Wässer an einzelnen Bestandtheilen schwankt, theilen wir im Folgenden die Ergebnisse von Beobachtungen mit, welche E. Reichardt[1]) bei der während eines Jahres zwölf Male wiederholten Analyse dreier Wässer, und zwar: 1) des Wassers einer aus dem Kalkgebirge in der Nähe von Jena zu Tage tretenden Quelle, 2) des Wassers aus einem verunreinigten Pumpbrunnen in Jena und 3) des Wassers der Saale gemacht hat.

---

[1]) E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers 1880, Seite 62 und 63. Man vergleiche auch die Tabelle S. 9.

Es enthielten in 100 000 Theilen: die nachstehend verzeichneten Wässer: Theile:		Quell-wasser	Saale-wasser	Brunnen-wasser
Abdampfrückstand . . .	Min.-Zahl	29,00	8,00	160,00
	Max.-Zahl	47,00	31,20	241,00
Salpetersäure	Min.-Zahl	0,11	0,11	6,48
	Max.-Zahl	0,54	0,65	11,77
Chlor	Min.-Zahl	0,52	0,57	8,28
	Max.-Zahl	1,15	2,17	17,74
Schwefelsäure	Min.-Zahl	1,03	0,69	28,88
	Max.-Zahl	2,72	6,35	73,10
Kohlensäure	Min.-Zahl	18,09	6,01	18,76
	Max.-Zahl	36,43	12,84	96,88
Kalk u. Magnesia (Härte)	Min.-Zahl	13,59	2,30	45,20
	Max.-Zahl	18,49	11,69	60,42
Die darin vorhandenen organischen Stoffe reducirten $KaMnO_4$	Min.-Zahl	0,03	0,19	0,36
	Max.-Zahl	0,25	0,82	1,26

Natürliche Reinigungsprocesse des Wassers.

Das Wasser findet an der Erdoberfläche, zumal in bewohnten Orten, in der Nähe von landwirthschaftlichen, gewerblichen und industriellen Betrieben Gelegenheit, sich mit löslichen und schwebenden Bestandtheilen zu beladen. Den dadurch bedingten Verunreinigungen der Wässer wirken natürliche Reinigungsprocesse entgegen, welche mehr oder weniger vollständig verhindern, dass die in ein Wasser gelangten Stoffe von demselben auf grössere Entfernungen fortgeführt werden.

Das verunreinigte Wasser versickert entweder in den Boden, oder wird den offenen Wasserläufen zugeführt. Wir haben es auf beiden Wegen zu verfolgen.

Einfluss der Bodenfiltration. Der Boden, in welchem einerseits reine Wässer auf die früher erläuterte Weise sich mit gelösten und aufgeschwemmten Stoffen beladen, wirkt andererseits reinigend auf Schmutzwässer ein, die etwas weitere Strecken desselben durchströmen. Durch die Bodenfiltration werden den verunreinigten Wässern nicht nur aufgeschwemmte, sondern auch gelöste Bestand-

theile entzogen. Chemische und physikalische Momente wirken zusammen, um dieses Ergebniss herbeizuführen. Auf den Verlauf der Bodenfiltration ist daher sowohl die chemische Zusammensetzung des Erdbodens, als auch seine physikalische Beschaffenheit — zumal seine grössere oder geringere Porosität — von Einfluss.

Die Stoffe, welche in dem in den Boden eindringenden Wasser enthalten sind, treten mit den Bestandtheilen der Erdschichten alsbald in chemische Wechselwirkung. Die dabei stattfindenden Umsetzungen sind meist leicht verständlich:

Alkalimetallsilicate, welche von der an der Erdoberfläche erfolgten Verwitterung von Silicaten herrühren, geben mit gleichzeitig gelösten Calciumsalzen unlösliches Calciumsilicat, oder werden direct von Kalkschichten unter Bildung unlöslicher Doppelsilicate gebunden. In ähnlicher Weise werden lösliche Verbindungen der Phosphorsäure schnell in unlösliche Phosphate umgewandelt und daher von dem Boden energisch zurückgehalten. Im Wasser aufgelöste Salze schwerer Metalle, z. B. Sulfate des Eisens, Mangans und Zinks, werden von calciumcarbonathaltigen Bodenschichten leicht unter Abscheidung von Carbonaten oder Oxydhydraten der betreffenden Metalle zerlegt, u. s. f.

Bei dem Verweilen des Wassers im Boden findet jedoch nicht unter allen Umständen eine Verminderung, sondern je nach der chemischen Natur der durchsickerten Schichten gelegentlich auch eine Vermehrung der gelösten Mineralstoffe statt, da das Wasser nie aufhört, auch als Lösungsmittel eine Rolle zu spielen. Es ist bemerkenswerth, dass unreine Wässer, die viel Salze gelöst enthalten, in der Regel auf das durchströmte Gestein stärker zersetzend einwirken, als reine oder nahezu reine Wässer von nur geringem Salzgehalt. Kali, Kalk, Magnesia und Phosphorsäure werden z. B. der Ackerkrume weit leichter von einer Kochsalzlösung als von destillirtem Wasser entzogen, und Chlorcalcium, sowie Chlormagnesium verhalten sich in Auflösung in dieser Beziehung dem Chlornatrium durchaus analog[1]).

Wie schon bemerkt, wirken nicht nur chemische, sondern auch physikalische Factoren auf den Verlauf der Bodenfiltration ein.

Der Porositätsgrad des als Filter fungirenden Bodens bedingt die mehr oder weniger vollständige Entfernung der aufgeschwemmten Stoffe aus dem filtrirenden Wasser. Der Uebergang von solchen löslichen Substanzen, welche mit keinem Bodenbestandtheile schwer

---

[1]) Siehe auch J. König, Verunreinigung der Gewässer u. s. f. Berlin (Julius Springer) 1887, S. 391 und 404.

oder unlösliche Verbindungen bilden, aus dem Wasser in den damit durchtränkten Boden, ist ebenfalls ein wesentlich physikalischer, allerdings noch nicht völlig aufgeklärter Vorgang. Auffallend ist, dass die Anziehung des Bodens sich nicht gleichmässig auf alle löslichen Körper der gedachten Art erstreckt, dass z. B. auf einem humusreichen Boden Kalium- und Ammoniakverbindungen schnell aufgesogen werden, während Nitrate, Sulfate und Chloride anderer Metalle dieser Wirkung in weit geringerem Grade unterliegen. So lange das Wasser in den oberen Erdschichten verweilt, können demselben indessen durch Vegetationsvorgänge auch derartige Nitrate, Sulfate und Chloride, weil sie meist leicht in den Organismus der Pflanzen übergehen, in grösserer Menge entzogen werden. Bei der Reinigung von Schmutzwässern durch Berieselung ist die soeben erwähnte Mitwirkung einer vorhandenen Vegetation von hervorragender Bedeutung.

Ausser den erörterten verdienen auch die folgenden Vorgänge bei der Bodenfiltration Beachtung:

Während das Wasser durch luftreiche Bodenschichten sickert, findet in Folge von Fermentationen (Verwesungs- und Fäulnissprocessen) die Mineralisirung der gelösten organischen Materie statt. Aus den stickstoffhaltigen organischen Stoffen entstehen Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure. Ammoniak und salpetrige Säure gehen unter geeigneten Bedingungen in Salpetersäure über; andererseits können aber auch Nitrate durch die im Boden stattfindenden Fermentationen zu Nitriten und Ammoniak reducirt werden. Die zuletzt genannten beiden Verbindungen verschwinden vollständig aus dem Wasser, wenn dasselbe in der Erde längere Strecken zurücklegt, ohne dabei neuen Verunreinigungen ausgesetzt zu sein.

Einen zuweilen ganz erheblichen Gehalt an Ammoniak zeigen die Grundwässer aus Moorgegenden. Schon in wenig tiefen Bodenschichten sind solche Wässer vollkommen frei von gelöstem Sauerstoff; die Mineralisirungsprocesse der aus der Moorvegetation stammenden stickstoffhaltigen, organischen Substanzen verlaufen daher unter Verhältnissen, die eine Nitrification ausschliessen und bei welchen nur Ammoniak als stickstoffhaltiges Endproduct jener Processe aufzutreten scheint[1]).

Auch wird man das häufige Auftreten von Schwefelwasserstoff in solchen Grundwässern mit Reductionsvorgängen, die bei Abwesenheit freien Sauerstoffs stattfinden und bei welchen sich Schwefelwasserstoff aus Sulfaten bildet, in Zusammenhang bringen müssen.

[1]) Vergl. Bernh. Fischer, Ueber das Grundwasser in Kiel etc. Zeitschrift für Hygiene 13, 251.

Im Verein mit der aus der Bodenluft aufgenommenen Kohlensäure, die zum Theil von der Mineralisirung organischer Stoffe herstammt, bewirkt das Wasser die Auflösung von Carbonaten des Calciums und Magnesiums, welche in den meisten Bodenarten in grösserer oder geringerer Menge vorhanden sind. Die genannten Carbonate scheiden sich mehr oder weniger vollständig aus dem Wasser wieder ab, wenn die Kohlensäure, welche sie in Lösung hält, Gelegenheit findet, in kohlensäurearme Luftschichten zu entweichen. Ferrocarbonat wird häufig in tieferen, zumal braunkohlehaltigen Bodenschichten von Wässern aufgenommen, welche sich in den oberen Erdschichten bei der Verwesung der daselbst vorhandenen organischen Materie mit Kohlensäure beladen haben und gleichzeitig des gelösten Sauerstoffs zum grösseren Theil beraubt worden sind. Das durch Kohlensäure in Lösung gehaltene kohlensaure Eisen schlägt sich als unlösliches Eisensesquioxydhydrat nieder, sobald sauerstoffreiche Luftschichten im Boden auf das betreffende Wasser einwirken.

Auf den Verlauf der die Aufnahme bezw. Entfernung der angeführten löslichen Bestandtheile des Wassers bewirkenden chemischen Processe und Fermentationen ist also auch die Durchlüftung des Bodens von wesentlichem Einfluss. Dieses wird wieder durch die Porosität des Bodens und das von der Durchlässigkeit der Erdschichten, sowie der grösseren oder geringeren Neigung der undurchlässigen Schicht abhängige, schnellere oder langsamere Fliessen des Grundwassers bedingt u. s. f.

In den tieferen Gesteinsschichten gelangen nur dann weitere lösliche Stoffe in das Wasser, wenn die ersteren Gyps, Alkalimetallsalze oder z. B. in Braunkohlen- oder Steinkohlenlagern Kohlensäurequellen enthalten, welche letzteren das Wasser besonders befähigen, von Neuem zersetzend auf das durchströmte Gestein zu wirken. Diese Verhältnisse treffen indessen nicht als Regel, sondern nur ausnahmsweise zu.

Wie aus der vorstehenden Schilderung erhellt, ist die Zusammensetzung der dem Boden entstammenden Wässer von vielen und wechselvollen Factoren abhängig. Im Allgemeinen aber geht die Tendenz der bei der Bodenfiltration eintretenden Processe dahin, Stoffe, welche das Wasser an der Erdoberfläche oder in den oberen Bodenschichten aufgenommen hat, daraus mehr oder weniger wieder zu entfernen. Wässer, welche weite Bodenschichten durchströmt haben, zeigen daher in der Regel einen geringeren Gehalt an gelösten Stoffen als Wässer, welche in der Nähe der Erdoberfläche entnommen sind. Die ersteren sind vor den letzteren auch

dadurch ausgezeichnet, dass schwebende Bestandtheile und organische Stoffe sich darin entweder gar nicht, oder nur in äusserst geringer Menge vorfinden, dass sie ganz frei von leicht veränderlichen organischen Verbindungen sind und directe Zerfallproducte pflanzlicher und thierischer Reste nicht enthalten.

Die Selbstreinigung der Wasserläufe. Es ist eine bekannte Thatsache, dass starke Verunreinigungen, welche mit schmutzigen Tagewässern, Sielwässern und den Abflüssen aus landwirthschaftlichen, sowie gewerblichen oder industriellen Betrieben in Flüsse und Bäche gelangen, darin nach kurzer Zeit nicht mehr nachzuweisen sind. Diese Erscheinung darf nicht allein auf Rechnung der stattfindenden starken Verdünnung der verunreinigenden Zuflüsse gesetzt werden, sondern wird ausserdem durch eine Reihe anderer Vorgänge bedingt.

Die schwebenden Bestandtheile setzen sich in den Wasserläufen allmählich ab; die dazu erforderliche Zeitdauer ist von dem Grade der Vertheilung der suspendirten Substanzen, ihrem Volumgewicht und der Bewegung (Geschwindigkeit) des Wassers abhängig.

Die Bicarbonate des Calciums, Magnesiums und Eisens, welche durch ober- und unterirdische Zuflüsse in die Flüsse, Bäche etc. gelangen, verlieren nach und nach Kohlensäure, und die dadurch entstehenden, äusserst fein vertheilten Niederschläge reissen gelöste Bestandtheile mit nieder. Die Fermentationen, die Oxydations- und Reductionsvorgänge, welche die Zersetzung und Mineralisirung der organischen Stoffe, sowie die Umwandlung von Ammoniak in Salpetersäure bewirken, schreiten, allerdings weit langsamer als im Boden, auch im Wasser fort.

Die in den Wasserläufen vorhandene Vegetation, sowie die Flächenanziehung des Flussbettes wirken zusammen, um dem Wasser lösliche Bestandtheile zu entziehen. Endlich darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Flussbetten keineswegs undurchlässig sind. Es gelangt durch dieselben sowohl Grundwasser in die Flüsse, wie aus diesen wiederum Wasser in den benachbarten Boden übertritt. Es besteht mithin zwischen dem Wasser der Flüsse, Bäche etc. und dem Grundwasser eine andauernde Wechselwirkung und daher durch Endosmose und Exosmose auch ein fortwährender Austausch der in dem einen und anderen gelösten Stoffe. Auf der Gesammtheit dieser Vorgänge beruht die Selbstreinigung der Wasserläufe [1]).

[1]) Siehe auch Capitel „Selbstreinigung" im II. Theil dieses Werkes.

Es ist nach dem Gesagten selbstverständlich, dass weder die Wirkung der Bodenfiltration, noch die der Selbstreinigung der Wasserläufe eine unbegrenzte ist. Man darf daher keineswegs erwarten, dass ein schmutziges Wasser, nachdem es auf eine kurze Strecke einen Boden passirt hat, der andauernden Verunreinigungen ausgesetzt ist, ausgiebig gereinigt werde, oder dass ein kleiner, stark verunreinigter Wasserlauf, nachdem er wenige tausend Fuss weiter geflossen ist, wieder brauchbares Wasser liefere. Wir bemerken dies ausdrücklich, da derartige Anforderungen des Oefteren an das Wasser von Flachbrunnen, die sich in schmutzigen Höfen in der Nähe von Düngerhaufen oder Senkgruben befinden, sowie von kleinen Bächen gestellt werden, welche Sielwässer und industrielle Abfallwässer in grösster Menge aufnehmen.

Einfluss bewohnter Orte auf die Beschaffenheit der Wässer, welche den Untergrund derselben durchströmen.

Wir haben bisher allgemein die Bedingungen ins Auge gefasst, unter denen lösliche und aufgeschwemmte Bestandtheile von den natürlichen Wässern aufgenommen und daraus wieder entfernt werden. Besondere Verhältnisse zur Verunreinigung des Wassers sind in dem Untergrunde bewohnter Orte gegeben, wenn in denselben, was gewöhnlich geschieht, grosse Mengen pflanzlicher und thierischer Ueberreste gelangen. Fäces und Urin, Abfälle aus der Küche, gewerblichen Anstalten u. s. w. kommen dabei in Frage.

Die organische Materie der pflanzlichen Organismen besteht zum grössten Theil aus Kohlehydraten und in naher Beziehung dazu stehenden Verbindungen, zum geringeren Theil aus Eiweisssubstanzen, Fetten u. s. f. Die zuletzt genannten Körperklassen finden sich zumal in dem thierischen Organismus. In den Urin gehen die verschiedenartigsten Verbindungen über. Von organischen Stoffen kommen darin Harnstoff, Harnsäure und Hippursäure in grösserer Menge vor; ausserdem sind Körper, welche der Harnsäure nahe stehen, wie Allantoin, Oxalursäure, Xanthin, Guanin, Kreatin, Kreatinin, ferner einbasische Säuren der aliphatischen Reihe, sowie Oxalsäure, Milchsäure, Glycerinphosphorsäure und die Aetherschwefelsäuren des Phenols, Kresols, Brenzcatechins, Indoxyls und Skatoxyls als organische Harnbestandtheile, und Kochsalz, Chlorkalium, Kaliumsulfat, Natriumphosphat, Calcium- und Magnesiumsalze, lösliche Kieselsäure und Ammoniakverbindungen als mineralische Harnbestandtheile zu nennen. In den Fäces befinden sich

Mucin, zerfallene Epithelzellen, Reste der Galle (Gallensäuren und Gallenfarbstoffe), Cholesterin, Calciumsalze der höheren Fettsäuren, unverdaute Speisereste pflanzlichen und thierischen Ursprungs, darunter zumal Hornsubstanzen, sowie Cellulose u. s. f.

Wenn diese Stoffe, in engen Räumen zusammengedrängt, bei mangelndem Zutritt des Sauerstoffs der Luft unter dem Einfluss von ungeformten Fermenten und Mikroorganismen in Fäulniss übergehen, so verlaufen wesentlich andere Reactionen, als diejenigen sind, welche bei reichlichem Zutritt des Sauerstoffs der Luft eintreten und welche z. B. die in der Ackerkrume vorhandenen organischen Reste rasch in Mineralstoffe verwandeln.

Zur Zeit sind die Fäulnissvorgänge noch ungenügend aufgeklärt. Es spielen dabei bekanntlich Mikroorganismen eine hervorragende Rolle. Wir lassen die betheiligten Mikroorganismen an dieser Stelle absichtlich möglichst bei Seite, um die Aufmerksamkeit des Lesers in erster Linie auf die durch Fäulnissprocesse bewirkten chemischen Veränderungen zu lenken.

Wir wissen, dass Kohlensäure, Wasserstoff, Sumpfgas (Methan), Ammoniak und Schwefelwasserstoff gewöhnliche Producte der Fäulniss organischer Materie sind und dass salpetrige Säure sowie Salpetersäure aus stickstoffhaltigen organischen Stoffen entstehen, wenn dieselben in Gegenwart von Alkali- und Erdalkalimetallcarbonaten faulen. Auch ist es bekannt, dass der Harnstoff des Urins bei der Fäulniss in kohlensaures Ammoniak übergeht. Ausserdem hat die neuere Forschung eine ganze Reihe von organischen Verbindungen kennen gelehrt, welche unter dem Einfluss von Fermenten und fermentbildenden Mikroorganismen sich aus Eiweisssubstanzen, Fetten und Kohlehydraten bilden. Um dem Leser eine Anschauung von der Mannigfaltigkeit der dabei in Frage kommenden organischen Substanzen zu verschaffen, geben wir im Folgenden eine gedrängte Uebersicht derselben, indem wir gleichzeitig hervorheben, dass diese Reihe durchaus keinen Anspruch auf Vollständigkeit macht und dass wir noch weit davon entfernt sind, alle Producte der Fäulniss von Eiweisskörpern, Fetten und Kohlehydraten zu kennen.

Als Producte der Fäulniss von Eiweisssubstanzen sind Peptone, Amidoderivate von ein- und zweibasischen Säuren der fetten Reihe (Leucin, Glutaminsäure, Asparaginsäure etc.), Säuren der fetten Reihe (Valeriansäure, Buttersäure u. s. f.), monosubstituirte Ammoniake, Trimethylamin, Phenol, Kresol, Indol, Skatol, Tyrosin, Hydroparacumarsäure, Paroxyalphatoluylsäure, Hydrozimmtsäure und Alphatoluylsäure seit einiger Zeit bekannt; ausserdem verdienen

die von L. Brieger[1]) unter den Producten der Fäulniss von Proteïnsubstanzen aufgefundenen organischen Basen: Cholin, Neuridin, Neurin, Muscarin, eine mit dem Aethylendiamin isomere Base, Gadinin, Cadaverin (Pentamethylendiamin), Putrescin, Saprin, Mydaleïn, Dimethylamin und Triäthylamin, unter denen Neurin, Muscarin, die Isomere des Aethylendiamins und Mydaleïn durch hervorragend giftige Eigenschaften ausgezeichnet sind, besondere Beachtung. Die Fette zerfallen bei Fermentationen zunächst in Glycerin und Fettsäuren; Stärke wird durch ungeformte Fermente allmählich in Zucker übergeführt, woraus durch fermentbildende Mikroorganismen Alkohole, Aldehyde und Säuren der fetten Reihe entstehen können. F. Hoppe-Seyler[2]) hat dargethan, dass Cellulose bei Fermentationen, welche durch eine bestimmte, im Schlamm von Flüssen, Bächen und Seen enthaltene Spaltpilzart (Amylobacter von van Tieghem) eingeleitet werden, ohne nachweisbare Bildung von Zwischenproducten allmählich in Kohlensäure und Methan zerfällt. Der genannte Autor hat bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen, dass die bei Fermentationen häufig beobachtete Reduction anwesender Sulfate zu Sulfiden (von Eisensulfat zu Schwefeleisen und Gyps zu Schwefelcalcium) durchaus nicht im Verlauf eines selbständigen chemischen Processes erfolge, sondern auf secundären Reactionen beruhe, welche durch die bei Gährungen ausgelöste chemische Energie ermöglicht werden. — Endlich sind als Producte einer eigenartigen, mit der obigen Fermentation der Cellulose allem Anschein nach in keinerlei Zusammenhang stehenden Verwesung von Kohlehydraten die chemisch ungenügend charakterisirten, schwierig völlig zu oxydirenden Körper zu nennen, welche als Huminsubstanzen (Quellsäure, Quellsatzsäure, Huminsäure, Geïnsäure etc.) bezeichnet worden sind und aus denen die in den reineren natürlichen Wässern vorhandenen organischen Stoffe zum grösseren Theil bestehen.

Aus der vorstehenden Schilderung erhellt, dass die verschiedenartigsten organischen Verbindungen in Wässer gelangen können, welche einen mit organischen Abfällen verunreinigten Boden auslaugen. Gleichzeitig treten auch Mineralverbindungen in grösserer Anzahl in solche Wässer über. Dieselben haben meist Gelegenheit, Phosphate, Sulfate und Chloride der Alkalimetalle aufzunehmen, welche sich in thierischen Dejectionen, sowie pflanzlichen und thierischen Ueberresten finden, und beladen sich ausserdem mit

---

[1]) Ueber Ptomaïne und Weitere Untersuchungen über Ptomaïne von L. Brieger. Berlin 1885.

[2]) F. Hoppe-Seyler, Zeitschrift für physiologische Chemie 1886, **10**, 5. Heft, S. 401.

weiteren Mengen löslicher Salze des Calciums und Magnesiums, welche durch Einwirkung der bei der Fäulniss gebildeten Säuren, Kohlensäure und Salpetersäure, auf die Bestandtheile des Bodens entstehen.

Die Verunreinigungen des Bodens sind ungleichartig. Aus den Eiweisskörpern bilden sich bei Fermentationen andere Producte, als aus Fetten und Kohlehydraten. Ein und dieselbe organische Materie kann durch Fermentationen, welche unter verschiedenen Bedingungen verlaufen, in verschiedener Weise verändert werden. Wir brauchen daher nicht besonders hervorzuheben, dass die mit Fäulnissproducten verunreinigten Wässer nicht immer die nämlichen und besonders nicht alle oben angeführten Verbindungen enthalten.

An welchen Eigenschaften sind nun mit Fäulnissproducten verunreinigte Wässer zu erkennen? Der Gedanke liegt nahe, darin die organischen Verbindungen aufzusuchen, welche Fäulnissproducte sind und welche sich in den von Fäulnissproducten freien Wässern niemals finden. Allein es kommen dabei so mannigfach verschiedene Verbindungen in Frage, dieselben sind selbst in stark verunreinigten Wässern immer in so geringer Menge vorhanden, werden darin so leicht weiter zersetzt, und der analytische Nachweis einzelner von ihnen in sehr verdünnten Lösungen bietet zur Zeit noch so grosse Schwierigkeiten dar, dass man denselben bis jetzt in den natürlichen Wässern selten versucht und sich bei der Wasseranalyse bisher, mit wenigen Ausnahmen, auf allgemeine Reactionen der organischen Stoffe beschränkt hat.

Der Nachweis der fraglichen Verunreinigung der Wässer ist daher auf andere Weise zu führen. Wir wollen versuchen, im Folgenden zu erläutern, an welchen allgemeineren Eigenschaften mit Fäulnissproducten verunreinigte Wässer als solche zu erkennen sind.

Eine mit Fäulnissproducten beladene Bodenlauge wird Reste organisirter Materie und Mikroorganismen enthalten, insofern die schwebenden Stoffe daraus durch eine ausreichende Bodenfiltration noch nicht entfernt sind; sie wird sehr intensive Reactionen auf organische, zumal stickstoffhaltige Verbindungen geben, da, wie erwähnt, die bei mangelndem Sauerstoffzutritt verlaufenden Fermentationen organische Materie nicht alsbald vollständig mineralisiren; sie wird gewöhnlich hohe Härtegrade zeigen, da Kohlensäure ein stetes Product von Fäulnissprocessen ist und die in kohlensäurehaltigem Wasser löslichen Carbonate des Calciums und Magnesiums kaum

jemals im Untergrunde bewohnter Orte fehlen; sie wird grössere Mengen von bei allen Fäulnissprocessen gebildetem Ammoniak enthalten, wenn sie von dem Fäulnissherde bis zu dem Orte der Entnahme weitere Strecken des diese Verbindung energisch zurückhaltenden Bodens nicht passirt hat; sie kann salpetrige Säure enthalten, wenn Fermentationen darin noch andauern, oder wenn sie auf dem Wege vom Fäulnissherde bis zur Entnahme sauerstoffreichen Luftschichten nicht begegnet ist; es können sich darin grössere Mengen von Salpetersäure befinden, wenn ein reichlicher Zutritt sauerstoffhaltiger Luft zu den Fäulnissherden des Bodens das Eintreten der Salpetersäuregährungen bereits ermöglicht hat. Schwefelwasserstoff wird in faulender Bodenlauge vorhanden sein, so lange dieselbe nicht mit eisenoxydhaltigen Erdschichten oder sauerstoffreicher Luft in Berührung gekommen ist, wodurch die betreffende Verbindung leicht unter Bildung von Schwefeleisen, beziehungsweise Abscheidung von Schwefel zersetzt wird. Ausser den angeführten eigentlichen Fäulnissproducten werden in die gefaulte Bodenlauge diejenigen löslichen Mineralstoffe gelangen, welche in den faulenden Stoffen bereits präformirt enthalten sind und daher gleichzeitig mit den Fäulnissproducten von dem Wasser aufgenommen werden. Phosphate, Sulfate, Chloride der Alkalimetalle und unter den letzteren zumal Kochsalz kommen, wie bereits angeführt wurde, hierbei besonders in Frage. Ein hoher Kochsalzgehalt des Grundwassers entstammt vielfach dem Urin; Kalisalze gelangen auch aus faulenden Fleischtheilen in das Wasser. Ein hoher Kaligehalt deutet jedoch nicht unter allen Umständen auf faulige Verunreinigungen, da das Grundwasser Kaliverbindungen auch aus der Asche der Brennmaterialien auslaugen kann, welche allerdings meist zusammen mit pflanzlichen und thierischen Ueberresten in den Boden gelangt.

Die erläuterten Eigenschaften eines mit Fäulnissproducten verunreinigten Wassers sind mit Hülfe des Mikroskops und der chemischen Analyse unschwer zu erkennen. Auf diese Eigenschaften ist daher ein Wasser zu prüfen, wenn man ein Urtheil über eine etwaige Verunreinigung desselben mit faulender Bodenlauge gewinnen will.

Von den Fäulnissproducten und den dieselben begleitenden Substanzen, welche das Wasser an irgend einer Stelle eines verunreinigten Untergrundes aufnimmt, bleiben nur wenige längere Zeit darin. Die früher geschilderten Wirkungen der Bodenfiltration bedingen, dass die Bodenlauge immer reiner wird, je weitere Strecken sie im Untergrunde zurücklegt. Die schwebenden Bestandtheile,

darunter die Reste organisirter Materie und auch die Mikroorganismen, die leicht veränderlichen organischen Verbindungen, Ammoniak, salpetrige Säure, Phosphorsäure und Kalisalze werden daraus zuerst entfernt, während davon die Sulfate, Nitrate und Chloride des Natriums, des Calciums und Magnesiums, wie auch die durch Kohlensäure in Lösung gehaltenen Carbonate der zuletzt genannten beiden Elemente oft auf weitere Entfernungen fortgeführt werden.

Wenn man ermitteln will, ob gefaulte oder faulende Bodenlauge direct in irgend ein Wasser gelangt, so hat man dasselbe auf die Anwesenheit von Resten organisirter Materie, auf das Vorhandensein einer grösseren Anzahl von Mikroorganismen, auf gelöste organische Substanzen, auf Ammoniak, salpetrige Säure, und, wo möglich, auch auf Kaliumsalze, d. h. auf diejenigen Bestandtheile der Bodenlauge, welche daraus durch Bodenfiltration am leichtesten entfernt werden, in erster Linie zu prüfen. Wenn neben grösseren Mengen dieser Stoffe erhebliche Quantitäten von Nitraten, Sulfaten, Chloriden und Carbonaten des Natriums, Calciums und Magnesiums in einem Grundwasser zugegen sind, so wird dadurch die Verunreinigung desselben mit Fäulnissproducten um so deutlicher angezeigt. Wenn die zuletzt erwähnten, schwierig von dem Boden zurückgehaltenen Salze sich indessen ohne die zuerst angeführten Substanzen oder neben nur sehr geringen Mengen der zuerst erwähnten Körper in einem Grundwasser befinden, so ist man durchaus zu der Annahme berechtigt, dass das Wasser, selbst wenn eine Verunreinigung desselben mit Fäulnissproducten stattgefunden hat, vor der Entnahme dem reinigenden Einflusse einer ausgiebigen Bodenfiltration ausgesetzt gewesen ist. Durch den ausschliesslichen Nachweis von Sulfaten, Nitraten und Chloriden in einem Grundwasser kann man daher keinen Aufschluss darüber erlangen, ob sich in demselben noch wesentliche Mengen von den eigentlichen Fäulnissproducten befinden.

Es ist bekannt, dass verschiedene Grundwasserströme in dem Untergrunde oft nahe bei einander, durch undurchlässige oder wenig durchlässige Schichten getrennt, von den höher gelegenen Punkten nach den tieferen Stellen fliessen und dass stagnirendes Grundwasser sich zuweilen auf Mulden undurchlässiger Schichten in grösserer Menge ansammelt. Ob faulende Bodenlauge sich rascher oder langsamer fortbewegt, rascher oder langsamer grösseren Mengen reineren Wassers beimischt, wird hauptsächlich durch diese Verhältnisse bedingt. Es ist somit ohne Weiteres verständlich, dass in geringer

Entfernung von einander in den Boden eingelassene Brunnen unter Umständen Wasser von durchaus verschiedenem Gehalt an gelösten und schwebenden Bestandtheilen liefern, und dass nicht in jeden Brunnen, welcher sein Wasser aus dem Untergrunde bewohnter Orte schöpft, faulende Bodenlauge direct oder unvollständig filtrirt gelangen wird. Da die undurchlässigen Schichten oft Risse enthalten, so sind allerdings fast alle durch einen stark verunreinigten Boden niedergetriebenen Brunnen, und unter ihnen besonders diejenigen, welche ihr Wasser den oberen Erdschichten entnehmen, dieser Eventualität in höherem oder geringerem Grade ausgesetzt. Nur dem Umstande, dass das Wasser sich im Boden in der Regel nur langsam weiter bewegt, in einem solchen Falle also lange Zeit der Wirkung der Bodenfiltration unterliegt, ist es zu danken, dass auch in das Wasser derartiger Brunnen nicht immer starke Verunreinigungen gelangen.

Um zu veranschaulichen, bis zu welchem Grade Verunreinigungen unter geeigneten Bedingungen von der Bodenlauge aus in Brunnen gelangen, führen wir an, dass z. B. J. Fodor[1]) bei der Untersuchung der Pester Brunnen Wässern begegnet ist, welche in 100000 Theilen

bis zu 584,5 Theile feste Rückstände,
„ „ 77,7 „ Chlor,
„ „ 135,0 „ Salpetersäure (N_2O_5),
„ „ 0,51, ja sogar 21,8 Theile salpetrige Säure (N_2O_3) sowie
„ „ 13,0 Theile Ammoniak

enthielten, und deren in 100000 Theilen vorhandenen organischen Substanzen bis zu 17,6 Theile Kaliumpermanganat reducirten.

Die angeführten Werthe sind allerdings aussergewöhnlich hohe, hinter welchen die bei der Analyse stark verunreinigter Wässer anderer Städte gefundenen Zahlen meist sehr erheblich zurückbleiben. Auch in Pest ergeben sich andere Durchschnittszahlen; so wurden z. B. in 80 Brunnen des durch stark verunreinigten Untergrund ausgezeichneten Josefsstadttheiles auf 100000 Theile berechnet im Mittel gefunden:

299 Theile feste Rückstände,
39,4 „ Chlor,
63,2 „ Salpetersäure,
0,02 „ salpetrige Säure,
0,46 „ Ammoniak, und zur Oxydation der organischen Stoffe erforderlich:
1,45 „ Kaliumpermanganat.

[1]) J. Fodor, Boden und Wasser, S. 286 und 287. Braunschweig 1882.

Verunreinigungen der Wasserläufe, Teiche und Seen.

Den Wasserläufen, Teichen und Seen werden aus Aborten, sowie durch Abwässer aus Haushaltungen, landwirthschaftlichen und anderen gewerblichen Betrieben etc. vielfach dieselben Substanzen direct zugeführt, welche in dem verunreinigten Untergrunde bewohnter Orte vorhanden sind.

Manche Wasserläufe haben auch die verschiedenartigsten Abwässer der Grossindustrie aufzunehmen. Wir wollen versuchen, die Natur dieser Abwässer etwas näher zu kennzeichnen. Von der Textilindustrie gehen mannigfache Verunreinigungen aus. Die Wollwäschereien, Bleichereien, Färbereien und Druckereien schicken in ihren Abwässern Seife, Walkerde, Leim, Blut, Koth, Farbstoffe und Chemikalien in die Wasserläufe. Beim Rosten der Lein- und Hanffaser gehen eiweissartige Substanzen in Fäulniss über, Pflanzenfette werden dabei zersetzt, indem die bereits im vorigen Capitel charakterisirten Producte entstehen. Verunreinigungen mit leicht zersetzlichen, theilweise faulenden organischen Verbindungen gehen von Papierfabriken, Stärke- und Zuckerfabriken, Brauereien und Spiritusbrennereien, sowie Leimfabriken und Gerbereien aus.

Arsen, sowie seine Sauerstoff- und Schwefelverbindungen finden mancherlei gewerbliche Anwendungen, so metallisches Arsen bei der Schrotbereitung, arsenige Säure bei der Darstellung grüner Malerfarben, Arsensäure als Oxydationsmittel in der Theerfarbenindustrie, arsenige Säure und Arsensäure als Beizen in Färbereien und Druckereien, Schwefelarsen (Rhusma) als Mittel zum Enthaaren thierischer Häute u. s. f. Von allen den genannten Betrieben können Abwässer ausgehen, in denen beachtenswerthe Mengen von Arsen enthalten sind.

Reichardt[1]) fand im Schlamm eines Wassers, in welches sich die Abwässer einer Gerberei ergossen, etwa 100 Schritte von der Einflussstelle entfernt, gegen 0,6 Proc. Arsenik in der bei 100° getrockneten Masse. In einem zweiten Falle, wo die giftige Wirkung erst eine halbe bis eine Stunde von den Gerbereien entfernt bemerkt wurde, enthielt der bei 100° getrocknete Schlamm 0,014 Proc. Arsenik und in noch grösserer Entfernung noch 0,013 Proc.[2]).

---

[1]) Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers, Halle 1880, S. 111.

[2]) Wir wollen bei dieser Gelegenheit nicht versäumen, auf die allgemeine Verbreitung des Arsens in der Natur und damit in Zusammenhang stehend auf sein häufiges, wenn auch meist nur spurenweises Auftreten in

Die Abwässer der Gasfabriken enthalten neben theerigen Bestandtheilen zumal Ammoniakverbindungen (Ammoniumcarbonat, Rhodanammonium, Schwefelammonium), und mannigfaltig verschiedene chemische Verbindungen ergiessen sich mit den Abwässern chemischer Fabriken in die Wasserläufe u. s. f.

Wenn die mit faulenden Abfällen beladenen Abwässer in Flüsse, Seen etc. gelangen, so verlangsamen sich in Folge der stattfindenden Verdünnung die Fermentationen, sie hören zum Theil ganz auf, oder nehmen unter veränderten Bedingungen einen anderen Verlauf. Die in den Abwässern verschiedener Fabriken vorhandenen gelösten chemischen Verbindungen setzen sich vielfach unter Erzeugung von Niederschlägen um, und die bereits Seite 19 bei Besprechung der Selbstreinigung der Wasserläufe erörterten Umstände bedingen, dass die den Flüssen, Seen etc. zugeführten Verunreinigungen nach einiger Zeit darin nicht mehr nachzuweisen sind. Ob ein Fluss im Stande ist, grössere oder geringere Verunreinigungen auf die angegebene Weise zu bewältigen, hängt besonders von seiner Wassermenge und der Stärke seiner Strömung ab. Stagnirende oder langsam fliessende Gewässer von geringer Mächtigkeit werden durch zugeführte organische Verunreinigungen zuweilen geradezu in Fäulnissherde verwandelt, in denen die verschiedenartigsten Fermentationen verlaufen. Auch starke Verunreinigungen mit Mineralstoffen, besonders mit löslichen Calcium- und Magnesiumsalzen aus chemischen Fabriken, mit aufgeschwemmten Erden und löslichen Metallsalzen, z. B. Eisenvitriol aus Bergwerken, können sich bei Gewässern von geringer Mächtigkeit in unangenehmster Weise bemerkbar machen und die allgemeinere Verwendung der betreffenden Wässer verhindern.

Nicht unerwähnt bleibe der Einfluss der Vegetation des Wassers auf dasselbe, der so lange ein günstiger ist, als die Pflanzen leben. Bei massenhaftem Absterben derselben, wozu u. a. beträchtliche Schwankungen des Wasserspiegels Veranlassung bieten können,

---

den natürlichen Wässern aufmerksam zu machen. Wässer, welche mit Erdschichten der Steinkohlenformation und Pyriten in Berührung treten, erweisen sich besonders arsenhaltig. Es ist bekannt, dass Arsen in Form arsensaurer Salze in vielen natürlichen Mineralwässern in Mengen bis zu 0,05 und mehr Theilen (As_2O_5) in 100000 Theilen Wassers enthalten ist und in den Ockerabsätzen der meisten Mineralwässer gefunden wird. Aber auch in den Rückständen von gewöhnlichen Brunnenwässern, in den Kesselsteinen von Dampf- und selbst Theekesseln wird es angetroffen. Daher findet man es nach Otto (Anl. zur Ausmittelung der Gifte, Braunschweig 1884, 6. Aufl., S. 154) sicher in fast allen Brunnenwässern und Quellwässern, „wenn man nur hinreichend grosse Mengen davon verarbeitet“.

kann durch ihre Zersetzungsproducte das Wasser erheblich verunreinigt und durch einen ekelhaften Sumpfgeruch für viele Zwecke unbrauchbar werden[1]).

Verunreinigungen von Trinkwässern durch Leitungen und Apparate.

Die Sammelbehälter städtischer Wasserleitungen besitzen zumeist gemauerte oder cementirte, seltener aus Eisenblech bestehende Innenwände, von welchen erstere namentlich auf die Beschaffenheit des Wassers so gut wie nicht einwirken. Hingegen kann bei einer mangelhaften Anlage, welche eine gründliche Reinigung der Bassins verhindert, in Folge Ablagerung faulenden, übelriechenden Schlammes das Wasser verdorben werden[2]).

Als Material[3]) für das Netz der Hauptleitungen dienen gewöhnlich Röhren aus Gusseisen, seltener aus Stein, Cement etc.; für kleinere Anlagen sind wohl auch noch Holzröhren im Gebrauch, die zumal bei intermittirender Wasserzufuhr dem Wasser häufig einen widerlichen Modergeruch ertheilen.

Dem Rosten der eisernen Röhren wird durch Theeren derselben nur theilweise begegnet[4]). Es bildet sich daher in der ersten Zeit des Betriebes sog. Eisenocker, durch welchen das Wasser so lange verunreinigt wird, bis sich nach einiger Zeit eine schützende Kruste von Kalk, Magnesia (Phosphaten, Silicaten) u. dergl. angesetzt hat, welche den weiteren Angriff des Eisens durch das Wasser hindert.

Entsprechend der vorwiegenden Verwendung von Blei- und verzinkten Eisenröhren für das System der Nebenleitungen kommen für Leitungswässer häufig Verunreinigungen mit Verbindungen von Blei und Zink in Frage. Erfahrungsmässig werden besonders neue Röhren aus Blei oder Zink stark angegriffen, zumal beim ruhigen Stehen des Wassers in der Leitung, doch nicht von allen Wässern gleich stark. Den energischsten Angriff auf Blei hat man beobachtet, wenn Bleiröhren mit Zinn mangelhaft ausgekleidet waren,

---

[1]) Vergl. Lueger, Die Wasserversorgung der Städte. Darmstadt 1893, S. 372.

[2]) Vergl. F. Fischer, Ein Wassergutachten. Zeitschr. f. angew. Chemie, Jahrg. 1892, S. 573.

[3]) Vergl. F. Fischer, Chem. Technologie des Wassers. Braunschweig 1880, S. 311.

[4]) Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkw. Halle 1880, S. 105.

oder der Zinnmantel rissig geworden war, wobei die Einwirkung des Wassers durch eine elektrolytische Wirkung der beiden Metalle unterstützt wurde. Mit der Zeit bildet sich über der Innenwand der Röhren ein Ueberzug, welcher diese bei ungestörtem Betriebe in der Regel wirksam vor weiterem Angriff durch das Wasser schützt.

Man hat die Ursache des Angriffs von Blei durch Wasser bald in der Anwesenheit bestimmter Stoffe, wie Ammoniak, Gyps, organische Substanzen, bald in dem Grade der Härte eines Wassers gesucht und sich im Allgemeinen der Ansicht zugeneigt, dass weiche Wässer Blei mehr angreifen als harte, wobei es übrigens nicht an genau entgegengesetzten Meinungen fehlte. Indessen haben erst die Untersuchungen von M. Müller[1]) die Frage geklärt, indem sie zeigten, dass freie Kohlensäure in Verbindung mit gelöstem Sauerstoff die Agentien für die Lösung von Blei in Wasser darstellen. Wir entnehmen den bezüglichen Mittheilungen folgende Ergebnisse[2]):

Wasser, welches nur Sauerstoff gelöst enthält, greift Blei nur mässig an; durch das Hinzutreten von Kohlensäure wird der Angriff aber energischer und ist am weitestgehenden, wenn die Kohlensäure dem Volum nach in etwa doppelt so grosser Menge in dem Wasser enthalten ist, als der Sauerstoff. Das entstandene Bleioxyd wird in Carbonat verwandelt, welches als Bicarbonat langsam in Lösung geht. Wird noch weiterhin Bleioxyd gebildet, so entzieht dieses bei Mangel an freier Kohlensäure die halbgebundene Kohlensäure des Bicarbonats und sämmtliches Bleicarbonat schlägt sich als basisches Salz nieder. Von den in natürlichen Wässern vorkommenden Salzen erwiesen sich in allen Fällen „schützend" die Bicarbonate der Alkalien und Erdalkalien, welche stets sämmtliches Blei ausfällten, während sich Sulfate, Chloride, Nitrate, Ammoniaksalze, sowie organische Substanzen vollkommen indifferent verhielten.

In gutem Einklang mit den Ergebnissen der Laboratoriumsversuche Müller's stehen die praktischen Erfahrungen, welche anlässlich einer Massenvergiftung mittelst bleihaltigen Leitungswassers im Jahre 1886 zu Dessau gemacht worden sind. Die umfassenden Untersuchungen C. Heyer's[3]) haben gezeigt, dass die

[1]) Journ. f. prakt. Chemie 36, 317 (1887).

[2]) Zu analogen Resultaten gelangte Reichardt: Lösung des Bleies in den Röhren der Wasserleitungen. Archiv der Pharmacie, 66. Jahrg. (1887), S. 858.

[3]) C. Heyer, Ursache und Beseitigung des Bleiangriffs durch Leitungswasser. Dessau 1888. — Vergl. auch Wolffhügel, Wasserversorgung und Bleivergiftung, Arb. aus dem Kais. Gesundheitsamt 2, 484.

Lösung des Bleies in den Nebenleitungen bedingt war durch die gleichzeitige Anwesenheit freier Kohlensäure und Luft im Wasser, welche letztere auf der Pumpstation in ausgiebiger Menge mit dem Wasser in die Leitung gepresst wurde. Verschieden hohe, dem Wasser künstlich ertheilte Härtegrade änderten nicht das Mindeste an der bleilösenden Wirkung des Wassers, doch wurde diese vollkommen beseitigt, als die freie Kohlensäure dem Wasser durch zugemischtes gepulvertes Calciumcarbonat entzogen und keine Luft mehr in die Röhren gepumpt wurde. Heyer fand übrigens, dass auch in Gegenwart grosser Mengen Calciumbicarbonats freie Kohlensäure enthaltendes Wasser Blei reichlich auflöste, welches allerdings beim Stehen rascher wieder ausfiel, als aus weichem Wasser.

Nach Snyder[1]) wird metallisches Zink sowohl in Gegenwart als in Abwesenheit von Sauerstoff gelöst, wenn Ammoniaksalze, Chloride und Sulfate, deren Lösungen Zinkoxyd aufnehmen, zugegen sind. Lösungen von Carbonaten und Phosphaten lösen Zinkoxyd nicht auf und erweisen sich darum „schützend"; freie Kohlensäure soll die Lösung des Zinks verzögern durch die Bildung von basischem Zinkcarbonat, welches das Metall mit einer schützenden Decke überziehe.

Zinnerne oder kupferne Röhren kommen für Leitungen seltener in Betracht. Zinn- und Kupferverbindungen können in solche Wässer übergehen, welche abwechselnd mit Luft (und Kohlensäure) auf die Wandungen kupferner Röhren, Gefässe etc. einwirken und welche etwas erheblichere Mengen von Mineralsalzen enthalten, Verhältnisse, welche bei der Herstellung künstlicher Mineralwässer, sowie der Reinigung von Wässern in Destillirapparaten zuweilen eintreten können.

Was die quantitativen Verhältnisse anbelangt, um welche es sich bei derartigen Verunreinigungen handelt, so bemerken wir Folgendes:

In 100000 Theilen Wasser sind bis 2 Theile Blei gefunden worden, indessen verdienen schon die allergeringsten Mengen Blei der toxischen Eigenschaften dieses Metalls wegen ernstliche Beachtung. Bei dem erwähnten Dessauer Fall, wo 92 Personen an ausgesprochener Bleikolik erkrankten und schätzungsweise mindestens die doppelte Anzahl Personen unter den Folgen von Bleiaufnahme litten, betrug der höchste beobachtete Bleigehalt 1,08 Theile, durchschnittlich aber 0,414 Theile in 100000 Theilen Leitungswasser.

---

[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. **11**, 939.

In etwas grösserer Menge ist Zink in Leitungswässern gefunden worden; 0,3 bis 10 Theile Zink sind mehrfach in 100000 Theilen Wasser beobachtet worden.

Bei seiner allgemeinen Verbreitung im Boden kann das Kupfer in vielen Trinkwässern angetroffen werden[1]), doch handelt es sich hierbei fast immer um so minimale Mengen, dass von einem Einfluss auf die Qualität eines Trinkwassers durch dieselben keine Rede sein kann. In einem zum Theil durch kupferne Röhren geleiteten Trinkwasser fand dagegen Reichardt[2]) 0,08 bis 0,72 Theile Kupfer in 100000 Theilen Wasser.

Zinn tritt gewöhnlich nur in Spuren in die Leitungswässer und künstlichen Mineralwässer über.

Künstliche Reinigungsprocesse der Wässer.

Reinigung von Trink- und Gebrauchswässern. Für die Wasserversorgung der Städte kommt sowohl Grund- als Tagewasser in Betracht. Das aus Quellen bezogene Wasser ist seiner Beschaffenheit nach zwar gewöhnlich das beste, der Menge nach aber für grössere Städte häufig unzureichend oder doch nur für den Trinkbedarf genügend. Daher ist zur Deckung des Wasserbedarfs der Städte die Benutzung von Oberflächenwasser meist unvermeidlich. Wie aber schon an anderen Orten auseinander gesetzt wurde, ist dasselbe stets oder periodisch mit schwebenden, zum grossen Theil organisirten Körpern derart verunreinigt, dass es vor seinem Gebrauche einem Reinigungsprocess unterworfen werden muss.

Von den zu diesem Zwecke vorgeschlagenen zahlreichen Reinigungsverfahren hat sich für den Grossbetrieb nur die bereits in vielen Städten eingeführte Sandfiltration[3]) bewährt. Wie im zweiten Theile dieses Werkes des Näheren erläutert ist, betheiligt sich der Sand an der Filtration des Wassers nur insofern, als er schleimbildenden Organismen für ihre Ansiedelung eine geeignete Unterlage gewährt, an deren schleimigen Hüllen die feinen Suspensionen des durchsickernden Wassers hängen bleiben. Daher ist die Reinigung des filtrirenden Wassers eine vorwiegend physikalisch-biologische und erstreckt sich hauptsächlich auf die Beseiti-

---

[1]) Vergl. A. Tschirch, Das Kupfer, S. 3 u. ff. Stuttgart 1893.

[2]) Archiv der Pharmacie 1873, S. 513, citirt bei Tschirch, Das Kupfer, siehe oben.

[3]) Ueber Einrichtung und Betrieb der Filter vergl. Lueger, das bereits citirte Werk 2, 419; ferner Piefke, Aphorismen über Wasserversorgung, Zeitschr. f. Hygiene 7, 171 und 8, 331.

gung der das Wasser trübenden Suspensionen und die Verringerung der Mikrobenzahl, während der Gehalt an gelösten Mineralsalzen unverändert bleibt. Nach den Erfahrungen von Plagge und Proskauer[1]), Bertschinger[2]) u. A. wird jedoch der Gehalt an organischer Substanz (Glühverlust und Oxydirbarkeit) im Allgemeinen herabgemindert und Ammoniak meist vollkommen aus dem Wasser entfernt. Indessen bieten die Sandfilter auch bei der vollkommensten Einrichtung und dem sorgfältigst überwachten Betriebe keine Gewähr für die Lieferung eines in hygienischer Hinsicht stets einwandfreien Genusswassers[3]), so dass man in den letzten Jahren die in etwas tieferen Schichten keimfreien Grundwässer für die Wasserversorgung der Städte mehr und mehr heranzuziehen unternommen hat.

Wie schon Seite 18 angeführt wurde, enthalten viele Grundwässer, zumal der Norddeutschen Ebene, nicht unbeträchtliche Mengen von Ferrosalzen, vorzugsweise aus kohlensauren, zum Theil auch phosphorsauren und humussauren Eisenoxydulsalzen bestehend. Daneben enthalten sie besonders organische Substanzen, häufig Chlor, Ammoniak und meist geringe Mengen Schwefelwasserstoff, und zwar in unbewohnten und unbebauten Gegenden ebensowohl als in bewohnten und bebauten, so dass aus der Gegenwart der letzteren Stoffe auf eine Verunreinigung des Bodenwassers durch thierische Abfallstoffe ohne volle Berücksichtigung der Oertlichkeit nicht immer mit Sicherheit geschlossen werden kann[4]). Der allgemeineren Verwendung der Grundwässer stand früher vornehmlich der erwähnte, häufig angetroffene Eisengehalt hindernd entgegen, indem dieselben nicht nur einen unangenehmen, tintenartigen Eisengeschmack besitzen, sondern auch beim Stehen an der Luft durch Abscheidung des Eisens als Ferrisalze sich alsbald trüben. Inzwischen haben Oesten[5]) und Piefke[6]) solche Wässer der allgemeinsten Verwendung erschlossen, indem sie dieselben vermittelst einer gründlichen Durchlüftung und darauf folgenden Filtration von dem störenden Eisengehalt zu befreien lehrten, wobei ausserdem auch

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 2, 401 (1887).

[2]) Chem. Centralbl. Jahrg. 1889 2, 607, Ref.

[3]) Man vergleiche hierüber den II. und III. Theil dieses Werkes.

[4]) Siehe Proskauer, Beiträge zur Kenntniss der Beschaffenheit von stark eisenhaltigen Tiefbrunnenwässern etc. Zeitschr. f. Hygiene 9, 148.

[5]) Publicirt von Proskauer, ebenda.

[6]) Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 34, 61 u. 85. — Vergl. ferner Bernh. Fischer, Ueber das Grundwasser in Kiel mit besonderer Berücksichtigung seines Eisengehaltes etc. Zeitschrift für Hygiene 13, 251.

Ammoniak und Schwefelwasserstoff, sowie organisirte wie unorganisirte Schwebestoffe entfernt werden.

Reinigung der Abwässer. Die öffentlichen Wasserläufe werden einerseits als die natürlichen Abflusscanäle für die dem menschlichen Haushalt und den Gewerben entstammenden Schmutzwässer benützt, andererseits stellen sie häufig wichtige Bezugsquellen für den Wasserbedarf von Städten sowie industriellen Anstalten vor. Eine beträchtliche Verunreinigung eines Flusses kann somit schwere Uebelstände veranlassen, so dass die Behörden mehr und mehr darauf dringen, dass besonders in kleinere Flüsse nicht ungebührlich viel Verunreinigungen gelangen und dass toxische Substanzen von den Wasserläufen überhaupt fern gehalten werden.

Städte sowohl als Fabriken können den Anforderungen, welche nach dieser Richtung an sie gestellt werden, meist Genüge leisten, indem sie die stark verunreinigten von den weniger verunreinigten Wässern sondern und aus den ersteren die gröberen Verunreinigungen entfernen, bevor sie dieselben in die öffentlichen Wasserläufe entlassen. Bei der grossen Verschiedenartigkeit der Schmutzwässer hinsichtlich der Menge und Beschaffenheit der Verunreinigungen kann hierbei von einem einheitlichen Reinigungsverfahren natürlich keine Rede sein.

Die vollkommenste Art der Abwasserreinigung besteht in der Ueberrieselung angemessen grosser, für den Zweck geeigneter Flächen Landes mit den Schmutzwässern. Die theils suspendirten, theils gelösten organischen oder mineralischen Stoffe werden mittelst der oben geschilderten, bei der natürlichen Bodenfiltration in Betracht kommenden Vorgänge dem Wasser zum grössten Theil entzogen. Kali- und Ammoniaksalze, Nitrate, Nitrite und Phosphate, die bei anderen Klärungsarten verloren gehen, werden als werthvolle Düngemittel von der Vegetation der Rieselfelder aufgenommen, indess die gereinigten und desinficirten Wässer, durch Canäle wieder gesammelt, grösseren Wasserläufen zugeleitet werden. Im grossartigsten Maassstabe ist dieses Verfahren auf die Filterwässer vieler grosser Städte (Berlin, Breslau, Paris etc.), aber auch auf die Abwässer von Fabriken mit bestem Erfolge in Anwendung gebracht worden.

Für die Berieselung muss ein ausreichender Flächenraum, sowie ein einigermaassen durchlässiger Boden zur Verfügung stehen, wenn dieselbe befriedigende Resultate liefern soll. Wenn diese Verhältnisse nicht zutreffen, so geschieht die Reinigung der Abwässer auf mechanischem Wege, eventuell unter Zuhülfenahme chemischer Mittel,

indem man sich entweder darauf beschränkt, die Abscheidung der suspendirten Substanzen in rationell angelegten Klärbassins, bezw. mit Hülfe anderer mechanischer Vorrichtungen, Centrifugalmaschinen u. s. f., zu bewirken, oder indem man durch chemische Fällungen auch einen Theil der gelösten Stoffe aus den Schmutzwässern entfernt und diese in mehr oder minder vollkommen gereinigtem Zustande baldmöglichst einem grösseren Wasserlaufe übergiebt. Das Absetzen der schwebenden Bestandtheile ist ausser durch Erzeugung chemischer Niederschläge zuweilen auch dadurch zu fördern, dass man in dem zu reinigenden Wasser kleine Mengen einer leicht und fein zu vertheilenden, sowie schnell zu Boden sinkenden Substanz, z. B. amorphe Kieselsäure, Thon, Schlämmkreide etc., aufrührt, welche die ursprünglich vorhandenen suspendirten Stoffe mit niederreisst.

Die zum Theil complicirten und kostspieligen Klärungsanlagen zur mechanisch-chemischen Reinigung von Schmutzwässern, auf deren Construction des Näheren einzugehen hier nicht der Ort ist, lassen sich im Allgemeinen auf wenige Haupttypen zurückführen. Sie bestehen im Wesentlichen entweder aus grossen, flachen Becken (System Lindley), aus gemauerten Tiefbrunnen (System Müller-Nahnsen), oder aus Behältern mit aufgesetzten, eisernen Cylindern (System Röckner-Rothe), in welchen — mit oder ohne Zuhülfenahme künstlich erzeugter Fällungen — die Trennung der Unreinigkeiten von den Wässern bewerkstelligt wird.

Eine zu einem Schmutzwasser gesetzte Substanz kann eine reinigende Wirkung im chemischen Sinne nur dann ausüben, wenn sie entweder mit den vorhandenen mineralischen und organischen Körpern schwer- bezw. unlösliche Verbindungen eingeht, oder, wie manche Oxydationsmittel, die anwesenden organischen Stoffe mehr oder weniger vollständig zerstört. Zu beachten ist allerdings, dass sehr voluminöse Niederschläge, die in unreinen Wässern erzeugt werden, den letzteren durch blosse Flächenanziehung gewisse Antheile gelöster Substanzen entziehen können; allein die in solche Fällungen übergehenden Mengen an und für sich löslicher Verbindungen, z. B. von Kalisalzen, sind sehr gering und fallen bei den erörterten Reinigungsprocessen kaum ins Gewicht.

Betrachtet man die Dinge von dem soeben erläuterten Standpunkte aus, so ist es klar, dass gelöste stickstoffhaltige organische Stoffe, ebenso wie Kalium- und Ammoniakverbindungen sich z. B. aus Sielwässern oder den Abwässern von Brennereien und Brauereien dadurch nicht entfernen lassen, dass man diese Wässer nach einander mit Aluminium- bezw. Magnesiumsulfat und überschüssigem

Kalk versetzt. Ebenso ist es einleuchtend, dass eine gleichartige Behandlung der Abwässer von Zuckerfabriken nicht dazu beitragen kann, den Gehalt dieser Abwässer an gelösten, dem Zucker verwandten, organischen Stoffen zu vermindern, da dieselben mit den zugesetzten Reinigungsmitteln unlösliche Verbindungen nicht eingehen. Im Gegentheil wirkt Kalk [1]) in diesem Falle auf vorhandene unlösliche organische Materie zersetzend ein, was zur Folge hat, dass weitere Mengen organischer Stoffe sich in dem betreffenden Wasser auflösen. Derartiger Wässer entledigt man sich mit Erfolg nur durch die bereits erwähnte Bodenfiltration.

Nach den in der chemischen Litteratur niedergelegten Erfahrungen eignet sich unter den chemischen Hülfsmitteln vor Allem gelöschter Kalk, besonders der unreine, eisen- und magnesiumhaltige sog. Wasserkalk [2]). Auch Süver'sche Masse, d. i. eine mit wenig Theer versetzte Mischung von Kalk und Chlormagnesium, wird als ein in vielen Fällen zum Ziele führendes Fällungsmittel empfohlen, welches in vortrefflicher Weise die Abscheidung einer grossen Anzahl mineralischer und organischer Substanzen, zumal von Farbstoffen, organischen Säuren u. s. f., bewirkt und auch eine vollständige Entfernung des Arsens aus arsenhaltigen Abwässern ermöglicht. Als gleichzeitig mechanisch und chemisch wirkende Fällungsmittel sind ferner thonreiche, mit Schwefelsäure aufgeschlossene Silicate, welche ausser fein vertheiltem Thon und Kieselsäurehydrat Aluminiumsulfat enthalten, Ferrosulfat, Ferriverbindungen [3]), Manganchlorür, Zinkchlorid, durch Säuren löslich gemachte Calcium- und Magnesiumphosphate u. s. f., in Verbindung mit der Kalkfällung in Vorschlag gebracht worden.

Die Anwesenheit überschüssigen Calciumhydrats in den geklärten Abwässern ist insofern von einiger Bedeutung, als dadurch die Entwickelung von Mikroorganismen und damit das Eintreten von Fermentationen beeinträchtigt wird. Diese Wirkung geht allerdings rasch vorüber; sie hört auf, sobald das Calciumhydrat auf irgend einem Wege — durch die Kohlensäure der Luft oder durch

---

[1]) Siehe: Die Ergebnisse der amtlichen Verhandlungen über die Reinigung der Abflusswässer aus Rohzuckerfabriken in der Campagne 1884/85. Beilage zum Novemberheft des Jahrgangs 1886 der Zeitschrift für Rübenzucker- Industrie des Deutschen Reiches.

[2]) H. Schreib, Chem.-Zeitg. **13**, 17 und 30.

[3]) A. u. P. Buisine verwenden an Stelle von Kalk mit Vortheil Ferrisulfat (Compt. rend. **115**, 661), Anderson Ferricarbonat (Chem.-Zeitg. **15**, 282). Hierher ist auch die sog. „Clarine" zu rechnen, eine mit Ferrihydrat übersättigte Lösung von Ferrichlorid (Journ. of the soc. of chem. Ind. **11**, 4. Chem. Centalbl. 1892, **1**, 447).

ein hinzutretendes kohlensäurereiches Wasser — in Calciumcarbonat umgewandelt worden ist. Bei einem grossen Kalküberschuss kann indessen die Reinigung eines Wassers wieder insofern fragwürdig werden, als seine Härte übermässig erhöht, suspendirte organische Stoffe in Lösung übergeführt, oder andere Missstände, z. B. für die Fischzucht, hervorgerufen werden können.

Die mit und ohne Fällungsmittel erhaltenen Bodensätze sind zuweilen als Düngemittel vortheilhaft zu verwerthen; aus der aus seifehaltigen Abwässern gewonnenen Kalkfällung können durch Zersetzen mit Salzsäure die Fettsäuren wieder gewonnen werden etc.

Ob in einem gegebenen Falle die Kalkfällung genügt, oder ob gleichzeitig andere Fällungsmittel, wie Alaun, bezw. andere lösliche Thonerdeverbindungen, oder Eisenvitriol u. s. f. in Anwendung zu bringen sind, ob behufs Beförderung des Absetzens der suspendirten Substanzen der Zusatz einer leicht aufschwemmbaren, fein zu vertheilenden, amorphen Substanz angezeigt ist u. s. f., hängt natürlich von der Natur der in den Abwässern vorhandenen Verunreinigungen ab; der Sachverständige kann diese Fragen nur von Fall zu Fall entscheiden und weitere allgemeine Vorschriften lassen sich nach dieser Richtung nicht geben.

Um Missverständnissen vorzubeugen, bemerken wir auch ausdrücklich, dass man von der Wirkung der obigen Fällungsmittel nicht allzu viel erwarten darf und dass diejenigen Unrecht haben, welche sie als Universalmittel zur Reinigung aller Arten von Abwässern, beziehungsweise zur Abscheidung von allen möglichen mineralischen und organischen Körpern anpreisen.

Von sonstigen Klärungsmethoden seien noch die verschiedenartigen Seih- und Filtrationsverfahren mittelst Torf, Koks, Sägespäne etc. genannt, ferner die wiederholt empfohlene elektrolytische Reinigung[1]), bei welcher in die Abwässer eingesenkte grosse Eisenplatten als Elektroden dienen.

Besonderen Werth legt König[2]) auf eine gründliche Durchlüftung der Abwässer und schlägt zu dem Zwecke vor, die geklärten, an gelösten organischen Stoffen noch reichen Abwässer mit Hülfe von Gradirwerken oder anderen Vorrichtungen mit Luft zu sättigen, da das Eintreten von Fermentationen in derartigen Wässern unvermeidlich, ja behufs schneller Mineralisirung der gelösten organischen Verunreinigungen erwünscht sei, durch die Anwesen-

---

[1]) Vergl. F. Fischer, loc. cit. S. 80.

[2]) J. König, Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen, nebst Mitteln zur Reinigung der Schmutzwässer. Berlin 1887, S. 76.

heit überschüssigen Sauerstoffs aber am sichersten verhindert werde, dass die Gährungen einen übeln, die Nachbarschaft durch Verbreitung von Fäulnissgerüchen etc. belästigenden Verlauf nehmen.

Zu dem gleichen Zwecke ist neuerdings der Zusatz von Oxydationsmitteln, z. B. von mangansaurem Natrium und Schwefelsäure, zu den geklärten Abwässern in Vorschlag gebracht. Es sollen dadurch die am leichtesten vergährbaren organischen Substanzen zerstört und in Folge dessen die lästigen Fermentationen ebenfalls hintangehalten werden.

In den Abwässern von Salinen, Sodafabriken und von Fabriken, welche Abraumsalze der Salzlager verarbeiten, sind häufig neben Kochsalz und anderen Alkalimetallsalzen erhebliche Mengen von Chloriden und Sulfaten des Calciums und Magnesiums enthalten. Der Einverleibung dieser Abwässer in grössere Ströme stehen wesentliche Bedenken nicht entgegen; aber die Härte des Wassers kleinerer Wasserläufe wird dadurch ungebührlich gesteigert und das Wasser derselben aus diesem Grunde zu den meisten gewerblichen Verwendungen untauglich. Wenn grössere Wasserläufe für den gedachten Zweck nicht zur Verfügung stehen, so bleibt daher nichts übrig, als solche Wässer an Orten, an denen eine Benachtheiligung von Brunnen nicht oder am wenigsten zu befürchten ist, in den Boden versickern zu lassen, sie also dem Grundwasserstrome zu übergeben, da auf diesem Wege die wünschenswerthe Vertheilung der in kleinen Mengen harmlosen Salze noch am schnellsten erreicht wird. Möglichst genaue, vorherige Erhebungen über Stärke, Geschwindigkeit und Richtung der in Frage kommenden Grundwasserströme sind dabei angezeigt.

Für die zur Dampfkesselspeisung benutzten Wässer ist im Hinblick auf die Gefahr der Kesselsteinbildung schon ein relativ niedriger Härtegrad unzulässig. Für diesen Zweck zu verwendende Wässer müssen daher „weich“ gemacht werden durch Aufkochen und Zusatz einer ihrer permanenten Härte entsprechenden Menge Soda; oder sie werden in der Kälte mit der berechneten Menge Soda und Aetzkalk, oder mit Aetzkalk und Chlorbaryum behandelt, wodurch das gleiche Ziel erreicht wird[1]).

Für alle die Fälle, wo genauere Auskunft über die Reinigung eines bestimmten Abwassers erwünscht ist, verweisen wir auf die bereits citirten Werke von J. König, „Die Verunreinigung der Gewässer“ und von F. Fischer, „Das Wasser, etc.“, in welchen

---

[1]) Vergl. Jones, Zeitschr. f. angew. Chemie 1892, S. 474; ferner Schreib, ebend., S. 514.

die bei der Reinigung der verschiedensten Abwässer bisher in Anwendung gekommenen Methoden zusammengestellt sind. Ueber diesbezügliche neuere Vorschläge referirt ausführlich die von F. Fischer redigirte „Zeitschrift für angewandte Chemie“ wie überhaupt über alle mit der Verwendung, Reinigung, Untersuchung und Beurtheilung der Wässer zusammenhängenden Fragen, auf welche wir deshalb an dieser Stelle besonders aufmerksam machen wollen.

Farbe und Temperatur der natürlichen Wässer.

Reines, von Suspensionen durchaus freies Wasser erscheint in mässig hohen Schichten farblos, in stärkeren Schichten blau und vollkommen durchsichtig. Gelöste Salze bedingen eine Aenderung der Intensität der blauen Farbe und der Durchsichtigkeit[1]); gelöste organische Substanzen bewirken je nach ihrer Menge einen Uebergang der blauen Farbe in eine grüne bis gelbe. Aus Moorboden entstammende Wässer, welche ansehnliche Mengen humussaurer Salze gelöst enthalten können, zeigen bei grosser Durchsichtigkeit in stärkeren Schichten hin und wieder eine orangerothe bis selbst kaffeebraune Farbe. Durch Suspensionen veranlasste Trübungen rufen grüne oder gelbe, aufgeschwemmter Sand graue Färbungen hervor. Städtische und industrielle Abwässer ertheilen den Tagewässern meistens eine schmutziggelbe bis braune Farbe.

Die Temperatur der natürlichen Wässer ist von dem Wärmegrade ihrer Umgebung abhängig. Die Temperatur schwankt daher bei den Tagewässern und den in der Nähe der Erdoberfläche entnommenen Wässern mit den Temperaturveränderungen der Atmosphäre und der oberen Bodenschichten. Das Quellwasser und das Wasser der etwas tieferen Brunnen hat gewöhnlich und nahezu constant die mittlere Jahrestemperatur des Entnahmeortes, und nur Wässer, deren Speisungsgebiet aussergewöhnlich tief liegt, zeigen andauernd höhere Wärmegrade (Thermen). Beträchtliche Temperaturschwankungen von Quell- und Brunnenwässern deuten darauf hin, dass den betreffenden Wässern auf kurzen Wegen Sickerwässer zuströmen, oder dass dieselben in directer Verbindung mit Tagewässern, d. h. den Wässern von Flüssen, Seen, Teichen etc. stehen.

[1]) Vergl. Lueger, l. c. S. 372.