



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Städtereinigung

Büsing, F. W.

Stuttgart, 1897

2. Kap. Selbstreinigung der Flüsse

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83772](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83772)

In erster Linie sind natürlich die Fäkalien als Infektionsträger zu fürchten; aber nicht weniger bedenklich müssen auch die übrigen flüssigen Abgänge aus dem Hause erscheinen, in welche mit dem Wasser, das zur Reinigung des Körpers, der Wäsche, der Krankenräume u. s. w. gedient hat, unter allen Umständen Infektionsstoffe, wenn solche überhaupt in dem betreffenden Hause vorhanden sind, gelangen müssen.

Hiernach würde es also, so weit es sich um Beseitigung der Infektionsgefahr handelt, nicht richtig sein, gegen die durch das Einleiten von Fäkalien hervorgerufene Verunreinigung **allein** vorzugehen und das Hausschmutzwasser als ungefährlich zu behandeln.

Da die Umgebung der Wohnung mehr oder weniger der Ablagerung von Infektionsstoffen durch Fäkalien, sowie durch feste und flüssige Abgänge des Haushaltes ausgesetzt ist, und das mit Höfen und Straßen in Berührung kommende Wasser von dort aus schädliche Stoffe den öffentlichen Wasserläufen zuschwemmen kann, so sind auch diese Schmutzwässer immer noch als infektionsverdächtig anzusehen und als solche zu behandeln.

Mit zunehmender Verdünnung derartiger unreiner Zuflüsse nimmt die Infektionsgefahr zwar ab, schwindet aber nie ganz, da noch ein einzelner Keim infizieren kann. Daher lässt sich auch in Bezug auf Infektionsstoffe nicht — wie bei toxisch wirkenden Verunreinigungen, die zur schädlichen Wirkung einer bestimmten Konzentration bedürfen — eine bestimmte Grenze für den der Abhilfe bedürfenden Grad der Verunreinigung angeben.

Infektionsstoffe sollen unter allen Umständen auch in den allergeringsten Mengen von den öffentlichen Wasserläufen ferngehalten werden.

(Wegen Litteraturangaben über Flussverunreinigung vergl. am Ende des Kapitels 2.)

2. Kapitel.

Selbstreinigung der Flüsse.

§ 55. Flussverunreinigung kann, wie Bodenverunreinigung, dauernd oder vorübergehend sein. Dauernder Verunreinigungszustand setzt dauernde Zuführung von Schmutzstoffen voraus, weil Wasser die Fähigkeit besitzt, zugeführte Fremdstoffe, sei es aufzulösen, sei es in andre Verbindungen überzuführen; daneben findet Sedimentierung statt. Diese Wirksamkeit eines Flusses wird als Selbstreinigung bezeichnet; sie ist bei verschiedenen Flüssen in sehr verschiedenem Grade vorhanden.

Insofern als die Thätigkeit des Flusses in der bloßen Sedimentierung von Fremdstoffen besteht, kann sie nicht, oder doch nicht immer, oder nicht ganz als Reinigung im engeren Sinne gelten. Denn Sedimentation bedeutet nur eine Ortsveränderung, bei der die Fremdstoffe im Wasser bleiben und gelegentlich sich auch wieder mit demselben mischen können. Ausnahmen finden bei Gewässern von besonderer Tiefe oder von großer Geschwindigkeit, oder mit besonderer Form des Bettes statt. Hier können die durch Sedimentierung ausgeschiedenen Stoffe dauernd an den Ablagerungsstellen verbleiben, durch Umbildungen verändert, auch vermöge Aufzehrung durch das Pflanzen- und Tierleben des Gewässers verschwinden. Bei großer Flussgeschwindigkeit werden die spezifisch leichteren Schwebestoffe große Strecken weit mitgeführt, bis sie zu Stellen mit minderer Flussgeschwindigkeit gelangen, wo

die Schwerkraft das Uebergewicht erhält und sie infolge davon zu Boden sinken. Im allgemeinen werden von dem Vorgange der Sedimentierung nur die spezifisch schwereren Schwebestoffe, d. i. die anorganischen, erfaßt, während die leichteren, organischen Stoffe, die vielfach auch von flockiger, das Sinken erschwerender Form sind, im bewegten Wasser dauernd, oder doch auf lange Zeit schwebend bleiben. Auf diese, dem Wasser mechanisch beigemengten Stoffe, und daneben auf diejenigen, welche gelöst im Wasser enthalten sind, ist die Selbstreinigungskraft eines Gewässers zu beziehen. Dieselbe hängt, wie leicht erkennbar, von verschiedenen Faktoren ab, und zwar der Menge der Fremdstoffe im Vergleich zur Wassermenge des Flusses, von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Wassers, die zum Teil von der geologischen Beschaffenheit und der Form des Flußbettes bedingt ist, und von Besonderheiten der verunreinigenden Stoffe.

Die Selbstreinigung erstreckt sich nur auf eine geringe Anzahl von anorganischen Verbindungen: Schwefelsäure, Chlor und Alkalien werden nicht davon berührt. Die Umbildung des Kohlenstoffes schreitet nicht so weit vor, daß Kohlensäure gebildet wird. Eisen wird aus Kohlenstoffverbindungen gelöst und in Eisenoxyd übergeführt, welches ausfällt, oder auch sich mit Schwefel verbindet.

§ 56. Die Selbstreinigung in dem vorstehend umschriebenen engeren Sinne ist ein Zersetzungsvorgang (S. 43 ff.), dessen Verlauf von dem Verlauf derjenigen Zersetzungsvorgänge, welche dort beschrieben sind, sich aber durch die Mitwirkung relativ großer Wassermengen und der Beschaffenheit des Wassers — hier kommen besonders Kohlensäure- und Sauerstoffanteile, sowie das vegetative Leben des Flusses in Betracht — unterscheidet.

Da als Verunreinigungen der Flüsse nicht nur anorganische, sondern auch organisierte Stoffe gelten, ist die Selbstreinigung auch auf die Vernichtung der mit den Fremdstoffen zugeführten Mikroben zu beziehen. Hierbei ist die Wirksamkeit von Meerwasser derjenigen vom Flußwasser überlegen.

Die genauere Kenntnis der Bedingungen und des Verlaufs der Selbstreinigung ist eine Errungenschaft erst der neueren und neuesten Zeit. Die englische Rivers Pollution Commission (S. 12) sah in derselben einen reinen Oxydationsvorgang, welcher durch den Sauerstoffgehalt des Wassers unterhalten werde. Je mehr davon vorhanden sei, oder je mehr künstlich zugeführt werde, um so rascher werde die Selbstreinigung vorschreiten und umgekehrt. Die Kommission stellte ausgedehnte Versuche mit verunreinigtem Wasser an, indem sie dasselbe in dünner Schicht vielfach wiederholt über ein Mühlrad gehen ließ und nach Erreichung bestimmter Umdrehungszahlen, d. h. nachdem das Wasser bestimmte, große Wegeslängen in Berührung mit der Luft zurückgelegt hatte, dasselbe analysierte. Sie faßte das Ergebnis dieser Arbeiten in folgenden kurzen Ausspruch zusammen*):

„Ob wir entweder die Verunreinigung eines Flusses mit organischen Stoffen an verschiedenen Stellen seines Laufes bestimmen, oder die Abnahme der organischen Stoffe in Kloakenwässern oder Harn ermitteln, die sich ergiebt, wenn diese Flüssigkeiten mit reinem Wasser gemischt und in Berührung mit der Luft heftig bewegt werden, oder endlich untersuchen, welcher Anteil an gelöstem Sauerstoff aus einem Wasser verschwindet, welches mit 5 % Kloakenwasser versetzt ward: in jedem dieser drei Fälle gelangen wir ausnahmslos zu der Schlufßfolgerung, daß die Oxydation der organischen Stoffe mit außerordentlicher Langsamkeit vor sich geht, und dies auch dann, wenn das verunreinigte Wasser mit einem sehr

*) Sixth Report of the Commission appointed in 1868 to inquire into the best Means of Preventing the Pollution of Rivers.

großen Volumen reinen Wassers versetzt ward. Es ist daher unmöglich zu sagen, einen wie langen Weg verunreinigtes Wasser durchlaufen muß, bevor die Oxydation der organischen Stoffe vollständig bewirkt ist. Man wird sicher gehen, wenn man annimmt, daß es im 'Vereinigten Königreich' keinen Fluß giebt, der lang genug ist, damit eine völlige Selbstreinigung desselben stattfinden könne.

Um so mehr, so fährt die Kommission — wohl mit einer zu hohen Wertschätzung dieses Teils der Selbstreinigung fort — ist auf die Sedimentierwirksamkeit der Flüsse zu rechnen, insbesondere bei langsam fließenden Gewässern. Beobachtungen von Mersey, Irwell und Darwen haben ergeben, daß dadurch folgende Mengen von verunreinigenden Stoffen niedergeschlagen werden:

	Mineralische Stoffe	Organische Stoffe	Im ganzen
	%	%	%
bei 18 km Lauf	47,8	50,0	48,6
18 " " " "	14,3	30,9	22,7
21 " " " "	10,6	13,3	11,3
21 " " " "	30,3	79,8	55,1

Diese und anderweite Untersuchungen aus früherer Zeit legten den nahen Zusammenhang offen, der zwischen den Mengen von Sauerstoff und Stickstoff, welche verunreinigtes Flußwasser enthält, besteht. Ermittelungen an der Seine bei Paris lieferten folgende Ergebnisse, nach denen die darin stattfindenden Wechsel in den Mengen jener beiden Stoffe in umgekehrten Richtungen verlaufen^{*)}:

Das Seinewasser enthält in 1 cbm:

	Sauerstoff	Stickstoff
	ccm	g
30 km oberhalb Paris	5,34	1,90
Nach dem Eintritt in das Weichbild von Paris	1,75	25,05
Im Innern der Stadt	4,60	20,00
5 km unterhalb Paris	1,05	98,08
15 " " " "	1,54	1,90
25 " " " "	1,91	3,50
55 " " " "	6,12	2,00
105 " " " "	8,96	1,40

Die Seine führt bei Kleinwasser 40—50 cbm in der Sekunde, hat unterhalb Paris 0,5—0,6 m Geschwindigkeit und empfängt zwischen 3 und 4 cbm Schmutzwasser in der Sekunde aus den égouts collecteurs, welche beide unterhalb der Stadt, bezw. bei Clichy und St. Denis, einmünden. Es bedurfte nach den obigen Zahlen einer Länge des Flußlaufs von fast 100 km (nach Arnould in den Nouveaux Éléments d'hygiène sogar 109 km), um denselben chemischen Zustand des Flußwassers wieder zu erreichen, wie er 30 km oberhalb der Stadt vorhanden war.

Die Themse empfing in der Mitte der 80er Jahre bei Barking (und Crossnes) täglich 675 000 cbm Londoner Abwasser, bei einer Menge des von oben zugeflossenen Kleinwassers von nur 1 380 000—1 900 000 cbm. Das Verdünnungsverhältnis ist daher nur etwa 2,0—2,8, also außergewöhnlich gering. Doch ist zu beachten, daß in der Themse die Meeresflut sich bis etwa 70 km weit oberhalb Barking erkennbar macht. Von den genannten Einlaßstellen der Abwässer aus wurde der Fluß auf einer 25 km langen Strecke, die 10 km oberhalb Barking beginnt, verpestet (s. S. 83). Diese Thatsache macht sich im Sauerstoffanteil des Themsewassers wie folgt bemerkbar. Es betrug der Sauerstoffgehalt in 1 l Wasser durchschnittlich:

48 km oberhalb Barking	6,15 ccm
48—28 km oberhalb Barking	5,35 "
Bei Barking	2,89 "

^{*)} D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspf. 1876.

Von Barking bis 3,2 km stromabwärts	2,58 ccm
3,2 km unterhalb Barking	2,09 "
8 " " " "	1,27 "
23 " " " "	3,43 "
50 " " " "	4,77 "

Wesentlich anders das Oderwasser bei Breslau vor Einführung der heutigen Kanalisation, wo sämtliche Schmutzwässer der damals 250 000 Einwohner zählenden Stadt in den Fluß gingen. Obwohl die Geschwindigkeit der Oder bei gewöhnlichem Wasserstande nur 0,6 m ist und ihre Wassermenge in der Sekunde von 230 cbm bis 37 cbm abwärts wechselte, hatte das Oderwasser bereits 32 km unterhalb der Stadt nahezu seine normale Wasserbeschaffenheit wieder erlangt. (Genaueres siehe in Fischer, Das Wasser u. s. w.)

§ 57. Derartige Widersprüche, die auch bei vielen andern Untersuchungen zu Tage kamen, mußten auf die Vermutung von der Beteiligung noch anderer Faktoren an der Selbstanreinigung, als bloß des Sauerstoffs des Wassers und der Luft führen. Alexander Müller sprach zuerst den Gedanken aus, daß die Selbstanreinigung kein eigentlich chemischer, vielmehr ein biologischer Vorgang sei; die organischen Stoffe würden durch niedere Lebewesen aufgezehrt und nähmen in dem Verdauungsprozesse der letzteren die unschädliche — mineralische — Form an. Diese Erklärungsweise wurde von Hulwa bei Untersuchungen des Oderwassers bestätigt*).

Seitdem gilt es als feststehend, daß, gleichwie die Selbstanreinigung des Bodens auch die Selbstanreinigung der Gewässer der Tätigkeit von Mikroben zuzuschreiben ist. Der Beweis dafür ist auch experimentell vielfach erbracht worden: in sterilisiertem und danach mit organischen Stoffen verunreinigtem Wasser findet Selbstanreinigung nicht statt.

In neuerer Zeit ist eine Erweiterung der früheren Auffassung dahin eingetreten, daß die Selbstanreinigung nicht eine ausschließliche Leistung der Mikroben sei, sondern daß es sich bei denselben nur um ein einziges, freilich wichtiges Glied in der Kette der bezüglichen Erscheinungen handelt. Diese sei als ein vegetativer Prozeß mit verschiedenen Stufen zu denken. Zuerst bemächtigen sich die Kleinwesen, Pilze und farblose und chlorophyllführende Algen, der Schmutzstoffe und zerlegen dieselben bei der Verdauung in verschiedene Bestandteile — Eiweiß, Stärkemehl, Fett. Dadurch werden diese Kleinwesen selbst wiederum geeignete Nährmittel für höhere Gattungen niederer Wassertiere, und diese wieder bieten andern größeren Wasserbewohnern das notwendige Ernährungsmaterial. Auch das höher organisierte Pflanzenleben des Flusses sei durch mittelbare und unmittelbare Aufnahme der Stoffe wesentlich an der Selbstanreinigung beteiligt.

Danach vermag v. Pettenkofer auf die Anteile, welche Oxydation und Sedimentation an der Selbstanreinigung zukommen, weniger Gewicht zu legen, als auf den Anteil, den das gesamte Leben des Flusses (Pflanzen- und Tierwelt) äußert, und er denkt dabei auch weniger an Bakterien, als an eine Anzahl höher organisierter Pflanzen. Von besonderer Wichtigkeit seien darunter diejenigen mit geringer Empfindlichkeit gegen Temperaturen, wie z. B. die üppig gedeihende Euglena viridis. Je mehr Schmutzstoffe — unter Nichtüberschreitung einer gewissen Menge —, um so besser die Wasservegetation und um so energischer die Selbstanreinigung.

Die tägliche Wahrnehmung, daß in Gewässern mit üppigem Gedeihen von niederm Pflanzenleben, z. B. auf Geröllen, welche das Bett des Wasserlaufs be-

*) Hulwa, Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1883, auch Ergänzungshefte z. Zentralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. 1884 und König, Verunreinigung der Gewässer (S. 106).

decken, oder am Rande desselben, oder von Pflanzenwuchs höheren Ranges auf Bänken im Gewässer und an den Ufern fast immer klares Wasser angetroffen wird, kann der erweiterten Auffassung von der Art des Selbstreinigungsvorganges als Stütze dienen. Immerhin besteht darüber heute noch keine ausreichend genaue Kenntnis, da man z. B. noch nicht weiß, welche Wirkung die An- oder Abwesenheit auch anorganischer Stoff spielt, welche mit Abwässern aus Fabriken zugeführt werden. Bekannt ist nur, daß mit Fabrikwässern verunreinigte Flüsse sich viel weniger leicht — bzw. gar nicht — reinigen im Vergleich zu Flüssen, die nur gewöhnliche häusliche Abwässer aufnehmen. Es wird z. B. der Anwesenheit der Bikarbonate des Calciums und Magnesiums von Löw, der Anwesenheit von Mangan und Eisenoxyden als Bestandteile des Flussbettes von Kämmerer eine günstige Wirksamkeit auf die Selbstreinigung zugeschrieben; Torfboden soll dagegen eine sehr hemmende Wirkung üben. Bokorný*) hat nachgewiesen, daß außer Pilzen (Algen) auch Phanerogamen und Diatomeen an der Umbildung organischer Stoffe teilnehmen. Aber die Umbildung vielleicht des größeren Teils der organischen Stoffe falle den Bakterien zu, die in großen Mengen nur auf kurzen Flusslängen unterhalb derjenigen Stellen angetroffen würden, wo große Mengen von Schmutzstoffen zugeführt werden; von hier an traten denselben in Chlorophyllalgen, Phanerogamen und Diatomeen Gehilfen am Werk zur Seite. Zu den Existenzbedingungen dieser gehöre aber Lichtzutritt und Abwesenheit, oder doch Anwesenheit nur geringer Mengen, von Kohlensäure.

Nach dieser Auffassung würde die Selbstreinigung in zwei, mehr oder weniger streng geschiedene Stadien zerfallen, wovon das erste das Fäulnisstadium ist. Dieses Stadium dauert so lange, als organische unzersetzte Stoffe vorhanden sind, die von Spalt-, Sproß- und Schimmelpilzen „verarbeitet“ werden. Ist diese Leistung vollendet, so erfolgt ein Wechsel in der Welt der Kleinwesen dahin, daß an die Stelle jener — farblosen — Organismen gefärbte — chlorophyllhaltige Algen — treten, die danach das sichere Merkmal der beginnenden Selbstreinigung sein würden.

Es ersieht sich, daß die genaue Kenntnis derartiger und anderer zugehörender Vorgänge von großer Bedeutung für ein etwaiges künstliches Eingreifen in den Selbstreinigungsvorgang zum Zwecke seiner Abkürzung sein könnte, und daß das heutige Wissen zur Sache noch große Lücken enthält.

§ 58. Von dem Zeitpunkte ab, wo die Erforschung der Welt der Kleinwesen den neuerlichen besonderen Aufschwung genommen hat, und wo die Mitwirkung der Kleinwesen an der Selbstreinigung der Gewässer näher erkannt ward, ist an die Stelle der früheren, auf rein chemischer Untersuchung beruhenden Beurteilung mehr und mehr die Beurteilung des Verunreinigungszustandes und der Selbstreinigung der Gewässer auf Grund der biologischen Ermittelung getreten. Man ermittelt die im Wasser enthaltene Anzahl von Keimen, ein Untersuchungsverfahren, das — wie schon auf S. 88 angegeben ward — vor der chemischen Untersuchung auch den Vorzug hat, das Bild ungleich schärfer zu liefern. Ein betreffendes Beispiel, das auch für die Selbstreinigungsfähigkeit gilt, ist bereits auf S. 92 mitgeteilt worden. Hier sollen noch einige weitere folgen**):

*) Chemiker-Zeitung, Bd. 18, auch Hygien. Rundschau 1894.

**) Die Mengen der in Wasser verschiedener Herkunft gewöhnlich (in 1 ccm) anzutreffenden Keime sind nach bisherigen Ermittlungen folgende:

1. in durch sorgfältige Sandfiltration gereinigtem Wasser	100
2. in gegen Infiltrationen geschütztem Quellwasser.	0—200
3. in gutem, vor Verunreinigung geschütztem Brunnenwasser . . .	5—150

1. Limmat bei Zürich.

In der Zeit vom Jahresbeginn bis 1. Mai 1889 von Schlatter ausgeführte Untersuchungen*) lieferten folgende Keimzahlen (in 1 ccm):

1. Bei der Oeribrücke	120
2. Beim Wasserwerkssteg	1560
3. Bei der Stadtmühle	1730
4. Beim Eintritt des städtischen Hauptsammlers, in drei verschiedenen, neben einander liegenden Wasserstreifen, bzw. 37000, 135400 und 133400	
5. Bei der Hardmühle, 0,45 km unterhalb der Stelle zu 4	18660
6. " " Handfähre, 0,75 km " " " " "	12430
7. " " Seidenfabrik, 0,75 km " " " " "	13050
8. " " Honigbrücke, 2,5 km " " " " "	7960
9. " " Engstringer Brücke, 6,5 km " " " " "	6050
10. Beim Kloster Fährli, 7,1 km " " " " "	4470
11. " " Dietikon, 10,5 km " " " " "	3420

In der oberen Strecke, bis etwa Nr. 8 reichend, ist die Limmat seeartig, daher bis hier die Sedimentierung von Bedeutung. Unterhalb Nr. 8 erhöht sich die Flussgeschwindigkeit auf etwa das Dreifache und scheidet hier die Tätigkeit der Sedimentierung aus. In dieser Strecke ist also die Besserung des Zustandes einzig das Ergebnis der Selbsteinigung engeren Sinnes.

2. Isar bei München.

Im Jahre 1887 wurden von Prausnitz folgende Keimzahlen gefunden**):

1. Oberhalb der Stadt 260 Keime.
2. In der Stadt, vor und hinter der Einmündung von Abwasserkanälen: wechselnd, von 400—122000 Keimen.
3. Bei Föhring, 10 km unterhalb der Stadt, 2100 Keime.

Das Isarwasser ist kalt, da seine mittlere Temperatur nur 9° beträgt (Grenzen 2,47° und 14,62°); Stromgeschwindigkeit und Wassermenge des Flusses sind groß: beim gewöhnlichen Niederwasser, von 38—40 cbm Menge . . . 1,19 m bei Mittelwasser, von 380—450 cbm 1,45—1,88 " bei Hochwasser, von 800 cbm 2,10—2,44 "

Aus diesen Verhältnissen erklärt sich eine gewisse Keimarmut des Isarwassers.

3. Rhein bei Köln.

Von Stutzer und Knublauch ausgeführte Untersuchungen***) lieferten folgende Ergebnisse:

1. Das Kölner Kanalwasser verunreinigt am linken Ufer den Fluss so stark, daß die Keimzahl dort in der Strommitte das Zwölffache, am rechten Ufer

4. im Wasser von Landseen	1 500
5. in Wässern von gut, doch nicht vollständig geschützten Quellen, auch in maschinell geförderten Quellwasser	10—3 000
6. in nicht sicher geschütztem Brunnenwasser	10—10 000
7. in den Wässern von Brunnen bei und in der Nähe von Wohnstätten	bis 80 000
8. in nicht verunreinigtem Flusswasser	bis 125 000
9. in stark verunreinigtem Flusswasser	bis 10 000 000.

*) Hygien. Rundschau, 1893.

**) Prausnitz, Der Einfluß der Münchener Kanalisation auf die Isar.

***) Zentralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. 1893, auch Hygien. Rundschau. 1894.

das Doppelte (gegen oberhalb) wird. Aber schon wenig unterhalb der Stadt erfolgt gleichmäßige Verteilung über den ganzen Stromquerschnitt.

2. Bis 3 km unterhalb der Stadt nimmt die Keimzahl wieder auf $\frac{1}{2}$, und bis 9 km unterhalb auf $\frac{1}{3}$ ab.
3. Der 15 km stromab erfolgende Anschluß der Wupper bringt wieder erhöhte Keimzahlen; aber 40 km stromab ist die Keimzahl wieder auf diejenige, welche im Strom oberhalb Köln angetroffen wird, gesunken.

Man kann hieraus schließen, daß ohne den Hinzutritt der Wupper die Selbstreinigung nach etwa 28 km Lauf des Flusses beschafft sein würde, und beim Wegfall des Schiffsverkehrs in noch kürzerer Strecke.

4. Elbe in Sachsen.

Bei Schandau, 65 km oberhalb Dresden, ist die Keimzahl 38000, bei Pirna, 20 km stromab, 26000, bei Dresden 20000, daselbst unterhalb der Einmündung des letzten Sammelkanals 38000 und bei Niederwartha, 15 km unterhalb Dresden, 10000. Die selbstreinigende Kraft der Elbe, welche die gesamten Dresdener Abwässer aufnimmt, dazu große Abwassermengen von den dicht besiedelten Ufern und die außerdem einen sehr regen Schiffsverkehr besitzt, ist eine sehr große, wie noch mehr erhellt, wenn angeführt wird, daß die Kleinstwassermenge des Sommers nur 52 cbm und die Stromgeschwindigkeit nur etwa 1 m beträgt.

5. Donau und Donaukanal bei Wien.

Untersuchungen von Heider*) haben folgende Ergebnisse geliefert:

Der Donaukanal (ein Arm der Donau) empfängt aus 120 Kanälen die sämtlichen Schmutzwasser der Stadt; er führt etwa 200 cbm Wasser gegen 1400 cbm des Hauptstroms. Die Stromgeschwindigkeit wechselt zwischen 1 und 2 m, liegt aber dem oberen Werte näher als dem unteren. Die Abwässer der Stadt sind (bei geringem Wasserverbrauch) von einer außergewöhnlichen Konzentration.

Die Keimzahl ist oberhalb Wien etwa 2000, am unteren Ende des Donaukanals aber 21000—1200000; 4 km nach Anschluß des letzten Schmutzwasserkanals ist noch keine gleichförmige Verteilung der Keimzahl auf den ganzen Querschnitt des Stromes erfolgt, vielmehr die Keimzahl am rechten Ufer noch größer als am linken.

Bei Hainburg, 40 km unterhalb Wien, und fast ebenso weit unterhalb des Wiederzusammensetzung von Donaukanal und Donau, hätten nach den Wassermengen rechnungsmäßig 9100 Keime angetroffen werden müssen, wogegen nur 6200 gezählt wurden; der Unterschied von etwa 3000 Keimen stellt die selbstreinigende Kraft des Flusses dar. Letztere würde aber beim Wegfall des Schiffsverkehrs (der freilich nicht sehr bedeutend ist) sich stärker geltend machen.

§ 59. Zum Schluß werden noch einige Beispiele zur Selbstreinigung der Flüsse mitgeteilt, in welchen die Selbstreinigung auf den chemischen Befund des Wassers bezogen ist. Ein paar der Beispiele gelten für dieselben Flüsse, für welche weiter oben die Selbstreinigung an den Keimzahlen nachgewiesen ist. Verunreinigungen der Flüsse mit Fabrikwassern werden durch die chemische Analyse am genauesten erkannt, Verunreinigungen mit häuslichen Abwassern sicherer durch die bakteriologische Untersuchung. Bei Verunreinigungen nur mit Fabrikwassern

*) Oesterreich. Sanitätswesen 1893; auch Hygien. Rundschau 1894.

liefert die chemische Untersuchung den einzigen brauchbaren Massstab, während bei Verunreinigungsn mit häuslichen Abwassern beide Untersuchungsmethoden gut anwendbar sein können. In Fällen wo zu den Verunreinigungen auch Fabrikwasser in einiger Menge beigetragen haben, wird es daher nötig sein, sowohl die chemische als die bakteriologische Untersuchung des betreffenden Wassers auszuführen.

6. Oder bei Breslau. (Ergebnisse von 1877—81.)

	Gesamt- rückstand	Glühverlust	Organ. Substanz	Sauerstoff- verbrauch zur Oxydation	Milligramm für 1 l — Gramm für 1 cbm			
					Freies Ammoniak	Albuminoi- d-Ammoniak	Salpetrige Säure	Chlor
1. Oberhalb der Kanaleinlässe für die Abwässer	172,3	39,0	87,3	4,4	0,20	0,24	0,72	8,0
2. Dicht unterhalb des letzten Einlasses	532,8	179,2	491,3	24,9	10,34	2,98	0,85	29,8
3. Stromabwärts bis zu einer Strecke, wo völlige Mischung eingetreten	185,6	42,8	114,5	5,8	1,12	0,42	0,98	11,0
4. 8 km unterhalb des letzten Einlasses	179,0	43,3	85,9	4,4	0,48	0,33	0,87	10,4

Danach hat das Wasser unterhalb der Stadt schon nach 8 km Lauf seine ursprüngliche Beschaffenheit fast ganz wieder erlangt (vergl. S. 103).

7. Spree bei Berlin. (Ergebnisse von 1886—87.)

Stationen	Entfernung vom Anfangs- punkt km	Gesamt- rückstand	Kalk	Verbrauch von KMnO ₄	Am- moniak	Chlor	Milligramm in 1 l	
							Milligramm in 1 l	
1. Oberbaumbrücke am Ostende der Stadt	0,0	189,0	63,1	19,7	0,42	22,5		
2. Jannowitzbrücke	2,3	190,2	63,3	19,8	0,31	22,0		
3. Friedrichsbrücke	4,3	184,0	61,3	19,9	0,28	22,6		
4. Ebertsbrücke	4,9	187,0	63,7	19,9	0,37	22,4		
5. Marschallsbrücke	5,9	180,1	63,3	19,9	0,36	22,7		
6. Moltkebrücke	6,7	189,0	59,9	20,7	0,40	22,0		
7. Moabiter Brücke	8,5	196,0	62,7	21,4	0,37	22,1		
8. Schleuse bei Ruhleben	20,0	203,0	64,1	23,0	0,85	25,4		
9. Spandau, beim Zusammentritt mit der Havel	22,0	198,0	65,1	21,5	0,97	24,8		
10. Pichelsdorf	33,0	197,0	59,0	21,4	0,83	24,2		
11. Gatow	36,0	203,0	64,3	20,4	0,69	24,7		
12. Cladow	38,0	198,3	62,5	20,6	0,62	24,2		
13. Sacrow	45,0	194,0	62,2	19,6	0,41	23,9		

Ein Vergleich dieser Tabelle mit der auf S. 92 gegebenen der Keimzahlen lässt zwar einen allgemeinen Parallelismus zwischen den Angaben der beiden Tabellen erkennen; doch bleibt das Bild, welches der chemische Befund gewährt, an Schärfe gegen denjenigen sehr weit zurück, welches der Keimbefund geliefert hat.

8. Nebel und Warnow bei Güstrow und Rostock.

Stationen	Entfernung vom Anfangs- punkt km	Suspendierte Stoffe	Gesamt- rückstand	Glühverlust	Sauerstoff- verbrauch	Chlor	Schwefel- säure	Kalk	Magnesia	Keim- zahl in 1 ccm
1. Nebel, oberhalb der Güstrower Wasserwerke	0,0	—	29,60	8,10	0,63	3,80	—	7,00	—	1370
2. Nebel, in Güstrow, 20 m vor Eintritt in den Stadtteich .	1,05	—	28,40	9,40	0,63	3,80	—	5,50	—	3190
3. Nebel, in Güstrow, 30 m unterhalb d. Eintritts i. d. Stadtteich rechtes Ufer	1,09	—	29,05	8,30	0,61	3,60	—	5,125	—	26570
linkes Ufer	1,09	—	32,35	10,60	0,65	4,70	—	5,875	—	98650
4. Abwasser von Güstrow . . .	—	380	140,3	61,3	24,25	34,00	—	7,00	—	unzählbar
5. Nebel, in Güstrow, 100 m oberhalb des Schlachthofs . . .	1,60	—	30,80	9,05	0,58	4,40	—	8,125	—	38820
6. Nebel, in Güstrow 100 m oberhalb der Zuckerfabrik . . .	2,50	—	31,95	10,45	0,55	4,80	—	8,125	—	32450
7. Nebel, etwa 100 m unterhalb des Abflusses vom Rieselfeld .	3,30	—	32,15	9,55	8,47	5,10	—	15,50	2,00	518600
8. Nebel in Bützow, 100 m oberh. d. Vereinigung mit d. Warnow	9,2	—	37,25	16,95	0,65	4,60	—	7,375	—	18030
9. Warnow in Bützow, 100 m oberhalb d. Vereinigung m. d. Nebel	9,2	—	30,75	11,00	0,54	3,00	—	6,25	—	1340
10. Warnow, 100 m abwärts nach d. Vereinigung mit d. Nebel	9,4	—	34,25	20,15	0,58	3,30	—	6,25	—	6660
11. Warnow, im Dorfe Schwaan .	26,0	—	34,75	16,10	0,62	3,80	—	7,00	—	526
12. Warnow, zu Rostock . . .	44,5	—	36,95	15,95	0,63	3,90	—	5,88	—	240
13. Unter-Warnow, 2 km unterhalb Rostock rechtes Ufer	51,5	—	498,40	69,00	0,66	241,0	25,90	14,00	6,70	14950
linkes Ufer	51,5	—	510,50	66,00	0,68	252,5	28,10	14,00	8,65	26260
Unter-Warnow, 6,5 km unterhalb Rostock Strommitte	56,0	—	547,20	63,00	0,66	280,0	30,05	11,00	11,15	18890

9. Elbe.

Stationen	Suspendierte Stoffe	Ver- dampfungs- rückstand	Glühverlust	Organische Substanz	Sauerstoff- verbrauch zur Oxydation	Ammoniak	Salpetersäure	Chlor	Schwefel- säure	Kalk	Magnesia
1. Zwischen der böhmischen Grenze und Krippenbach .	—	118,4	—	99,4	—	0,13	2,7	5,9	—	—	—
2. Unterhalb Schandau . . .	—	112,1	—	83,2	—	0,12	2,7	5,8	—	—	—
3. Unterhalb Pirna	—	117,1	—	85,6	—	0,12	2,7	5,8	—	—	—
4. Unterhalb Pillnitz	—	116,9	—	82,0	—	0,11	3,4	5,8	—	—	—

Stationen	Suspendierte Stoffe	Ver- dampfungs- rückstand	Glühverlust	Organische Substanz	Sauerstoff- verbrauch zur Oxydation	Ammoniak	Salpetersäure	Chlor	Schwefel- säure	Kalk	Magnesia
	Milligramm in 1 l										
5. Am Dresdener Wasserwerk .	—	116,4	—	86,6	—	0,12	2,7	5,7	—	—	—
6. Dresden, oberhalb bei der Marienbrücke	—	119,7	—	85,0	—	0,26	3,0	5,8	—	—	—
7. Uebigau, 100 m unterhalb des letzt.Schmutzwassereinflusses	—	128,1	—	88,6	—	0,17	3,4	5,8	—	—	—
8. Bei Niederwartha, 15 km stromab von Dresden . . .	—	114,4	—	82,6	—	0,14	3,6	6,0	—	—	—
9. 1 km oberhalb der Saale- Einnmündung (km 0,0)											
linkes Ufer	16	135	42	—	5,1	—	—	12	52	15	—
rechtes Ufer	10	182	42	—	5,4	—	—	12	56	15	—
10. Oberhalb Barby (km 4,0)											
linkes Ufer	16	540	122	—	4,7	—	—	192	133	61	32
Strommitte	20	207	67	—	5,4	—	—	50	64	23	—
rechtes Ufer	9	137	50	—	5,6	—	—	14	52	15	—
11. Unterhalb Frohse											
linkes Ufer	12	425	155	—	5,2	—	—	126	76	38	22
Strommitte	12	287	92	—	5,0	—	—	88	60	31	15
rechtes Ufer	13	262	140	—	5,6	—	—	40	52	15	—
12. Bei Buckau, am Magdeburger Wasserwerk (km 35)											
linkes Ufer	9	392	102	—	5,0	—	—	122	76	46	16
Strommitte	11	405	130	—	5,2	—	—	122	68	31	20
rechtes Ufer	13	355	215	—	5,2	—	—	88	64	31	—
13. Bei Buckau, am Magdeburger Wasserwerk, bei besonders niedrigen bzw.hohen Wasser- ständen											
	—	3279	—	—	—	—	—	1640	—	185	73,5
								4118	—	99	31,7
								1069	—	131	46,8
								625	—	95	36
								188	—	50	29,2
14. Bei Hamburg	—	242	64	—	3,7	—	—	32	40,8	56,5	Spur

Die Analysen zu 1—8 sind im April 1891 ausgeführt; diejenigen zu 9—12 entstammen dem Anfang der 90er Jahre, die Analysen zu 13 den Jahren 1893 und 1894. Die Analyse zu 14 gehört dem Jahre 1890 an. Danach erscheint wenigstens eine annähernde Vergleichbarkeit zulässig.

Bei den Analysen zu 9—13 ist, abgesehen von der Höhe der den chemischen Betrieben an der Saale entstammenden Verunreinigungen, die mangelhafte, noch nicht einmal nach dem langen Laufe von 34 km erreichte vollständige Verteilung der Verunreinigungen auf den ganzen Wasserquerschnitt auffallend; sie erklärt sich aber zum Teil aus der großen Breite, bei geringer Tiefe und nur mittlerer Geschwindigkeit des Elbstromes.

Wegen der Keimzahlen in der Strecke oberhalb und bei Dresden sind die Angaben auf S. 106 zu vergleichen. Mit den in den Analysen zu 9—12 angegebenen chemischen Befunden korrespondieren Keimzahlen, die in den Grenzen von 450 und 3500 wechseln. Bei den durch chemische, an Bergbau anschließende Fabrikbetriebe entstehenden Flussverunreinigungen gibt daher der chemische Befund des Flusswassers das schärfere Bild.

10. Isar bei München.

Stationen	Organische Substanz	Verbrauch von KMnO ₄	Chlor	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Ver- dampfungs- rückstand	Kohlensaurer Kalk	Keimzahl in 1 ccm
	Milligramm in 1 l								
Oberhalb München									
nach Trockenheit . . .	19,4	—	1,4	—	—	0,5	219,5	80,9	—
bei Hochwasser . . .	26,5	—	1,1	—	—	0,1	210,3	69,6	—
Durchschnittszahlen . .	22,76	4,55	3,77	—	—	—	211,0	—	366
Bogenhauser Brücke (km 1)									
nach Trockenheit . . .	23,9	4,78	2,8	0	0	—	242,0	—	12610
nach Regenfall . . .	93,05	18,41	1,63	0	—	0,48	195,2	—	2356
Nach Einmündung des Eisbaches (km 3,3)									
nach Trockenheit . . .	33,05	6,61	3,7	0	0	—	246,8	—	27870
nach Regenfall . . .	47,53	9,51	1,63	0	0	0,60	199,6	—	2001
Oberföhring (km 4,4)									
nach Trockenheit . . .	31,25	6,25	3,9	0	0	—	240,0	—	27730
nach Regenfall . . .	46,85	9,37	1,63	0	0	0,60	199,2	—	1433
Unterföhring (km 7 u. 8) . .									
nach Trockenheit . . .	24,80	1,96	3,6	0	Spur	—	245,6	—	20600
nach Regenfall . . .	46,19	9,24	1,63	0	0	0,56	208,0	—	3368
Ziegelstadel (km 10)									
nach Trockenheit . . .	22,45	4,49	3,6	0	0	—	237,6	—	12160
nach Regenfall . . .	50,35	10,07	1,63	0	0	0,60	192,0	—	2430
Ismannning (km 13)									
nach Trockenheit . . .	26,65	5,33	3,0	0	Spur	—	240,8	—	19050
Freising (km 33)									
nach Trockenheit . . .	26,10	5,42	4,5	0	Spur	—	262,8	—	6891

Die hier aus Prausnitz: Der Einfluß der Münchener Kanalisation auf die Isar, München 1890, mitgeteilten Zahlen entstammen dem Ende der 80er Jahre. Die Zahlen weisen die Besonderheit auf, daß bei Anschwellungen des Flusses der Stickstoff eine starke Vermehrung erfährt, bei gleichzeitiger Abnahme der gelösten Stoffe (Gesamtrückstand). Die Besonderheiten der Isar, welche die Selbstreinigung derselben sehr begünstigen, sind bereits auf S. 105 kurz angeführt.

Nach allem, was vorstehend mitgeteilt ist, handelt es sich bei der Selbstreinigung der Gewässer um einen sehr verwickelt liegenden Vorgang und zeigt fast jeder Fluß hierbei Besonderheiten.

Beim Rhein vollzieht sich die Selbstreinigung auf nur 20 km langem Lauf (bei Köln sowohl als bei Bonn). Dieselbe Flußlänge reicht für die Elbe bei Hamburg aus, da nur etwa 20 km unterhalb des Hamburger großen Schmutzwasser-auslasses Altona sein Trinkwasser dem Flusse entnehmen kann. Zur Selbstreinigung der Isar bei München und der Oder bei Breslau genügen etwa 30 km Flußlauf.

An der Lahn bei Marburg findet schon bei 7 km Flußlauf eine Verminderung der Keimzahl von 10430 auf 4220 statt, obwohl die sekundliche Wassermenge des Flusses nur 4 cbm ist. Es hat dementsprechend den Städten Marburg und Wetzlar die Erlaubnis erteilt werden können, ihre Abwässer nach zuvoriger Sedimentation der gröberen Stoffe dem Flusse zu übergeben, und ähnlich für mehrere

Städte an Rhein und Nahe (Koblenz, Neuwied, Kreuznach). Wegen Marburg vergl. Hygien. Rundschau 1894.

Der Mississippi bei St. Louis ist nach 19 km Lauf wieder rein, beim Verhältnis der Abwassermenge zur Flusswassermenge = 1 : 800 und 1,33 m sekundlicher Flussgeschwindigkeit. Dagegen wird am Merrimack bei Lowell nach 19 km Lauf und beim Verhältnis der Abwassermenge zur Flusswassermenge = 1 : 300 nach 19 km langem Lauf noch die Hauptmasse der Schmutzstoffe im Flusswasser angetroffen. Die Flussgeschwindigkeit ist groß, aber auch die Wassermenge des Flusses, da sie 700 cbm sekundlich beträgt. Chicago übergiebt seine Schmutzwasser einem kleinen Flusslauf, der dieselben nur auf $\frac{1}{4}$ verdünnt. Noch 54 km unterhalb der Stadt ist der Zustand des Flusses unleidlich, und bei Frostwetter wird sogar nach 250 km Flusslauf noch die Hauptmasse (?) der Schmutzstoffe im Flusswasser angetroffen.

Außer den im vorstehenden angezogenen Schriften sind zum Kapitel der Flussverunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse u. a. noch folgende Schriften zu nennen:

König, Die Verunreinigung der Gewässer; Berlin 1887.

Derselbe, Die Prinzipien und die Grenzen der Reinigung von fauligen und fäulnisfähigen Schmutzwässern; Berlin 1885.

Fleck, Ueber Flussverunreinigung, deren Ursachen, Nachweis und Verhinderung; Dresden 1884.

Gerson, Die Verunreinigung der Wasserläufe durch die Abflußwässer aus Städten und Fabriken; Berlin 1888.

Die Einleitung der Fäkalien Münchens in die Isar; Protokoll u. s. w.; München 1892.

v. Pettenkofer, Die Verunreinigung der Isar durch das Schwemmsystem von München; München 1890.

Derselbe, Zur Schwemmkanalisation von München. München 1891.

Schuster, Ueber die Abschwemmung der Fäkalien in München; München 1891.

Jurisch, Die Verunreinigung der Gewässer; Berlin 1890.

Röchling, Rivers Pollution and Rivers Purification.

Waring, Modern Methods of Sewage Disposal; New York 1894.